



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Industriell Økonomi	Vårsemesteret, 2021 Åpen / Konfidensiell
Forfattere: Abdulah Mukic <i>Abdulah Mukic</i>	Ibrahim Sahin <i>Ibrahim Sahin</i>
Veileder(e): Knut Erik Bang	
Tittel på masteroppgaven:	Utfordringer og muligheter med implementering av BIM ved bruk av Lean Construction, der det settes søkelys på byggebransjens videre teknologiske utvikling.
Engelsk tittel:	Challenges and opportunities with the implementation of BIM using Lean Construction, where the focus is on the construction industry's further technological development.
Studiepoeng: 30	
Emneord: Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) Lean Construction Teknologisk utvikling Implementering	Sidetall:132..... + vedlegg/annet:14..... Stavanger,06.07.2021..... dato/år



«Utfordringer og muligheter med implementering av BIM ved bruk av Lean Construction, der det settes søkelys på byggebransjens videre teknologiske utvikling»

Abdulah Mukic

Ibrahim Sahin

Industriell økonomi: Prosjektledelse med bygg

Institutt for sikkerhet, økonomi og planlegging

Det teknisk-naturvitenskapelige fakultetet

Universitetet i Stavanger

Stavanger, 06.07.2021

Forord

Denne oppgaven ble skrevet vår 2021 som siste del på et toårig masterstudium ved Institutt for sikkerhet, økonomi og planlegging under Teknisk naturvitenskapelig fakultet ved Universitetet i Stavanger (UIS).

Oppgaven er valgt på bakgrunn av vår interesse for modernisering av byggeprosjekter der vi har som formål å kartlegge utfordringer og muligheter ved implementering av BIM og Lean Construction i byggeprosjekter. BIM og Lean 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. Det har blitt valgt å studere på byggeprosjektet i Bergen, KHiB-prosjektet.

Vi vil først og fremst rette en takk til alle respondentene som har tatt seg tid til å besvare vår spørreundersøkelse, samt intervjuobjektene som har tatt seg ytterligere tid til å dele deres verdifulle erfaringer med oss. En stor takk rettes mot Irfan Ahmed Aftab og Hans Thomas Holm for deres betydelige og positive påvirkning til oppgavens forløp gjennom erfaringsdelinger, samt kommet med nyttige innspill og dokumenter.

En stor takk rettes også mot vår veileder, Knut Erik Bang, for hjelp til utforming av oppgaven, samt gode råd og tilbakemeldinger underveis.

Avslutningsvis vil vi takke våre familier og venner for deres støtte og motivasjon under denne oppgaveskrivingen.

Stavanger, 06.juli, 2021



Abdulah Mukic



Ibrahim Sahin

Sammendrag

Byggebransjen blir stort sett kritisert for å være ineffektiv, og har derfor også stort forbedringspotensial når det gjelder kostnadseffektivitet, produktivitet, gjennomføringsevne og sløsing. Dette er bemerkelsesverdig spesielt når man sammenlikner byggebransjen med andre bransjer. Derfor har bransjen som en reaksjon til disse problemene kommet med ulike initiativer med mål om en utvikling og forandring. Som følge av dette har nyere teknologi, verktøy og metoder blitt fremmet, og som har ledet til et paradigmeskifte for måten et byggeprosjekt prosjekteres og gjennomføres.

Gjennomgående funn i litteratur peker på manglende basiskunnskaper om Lean-filosofien, manglende kompetanse innen BIM, motstand mot endring i byggebransjen, samt for lite vektlegging på kontinuerlige forbedring og inkludering av alle aktører i leveringskjeden.

Det er blitt benyttet både kvalitative og kvantitative metoder til informasjonshenting. Der teoridelen ble tilegnet ved dokumentgjennomgang, ble den empiriske dataen tilegnet ved spørreundersøkelse, gjennomføring av dybdeintervjuer og en dokumentanalyse med etterfølgende casestudie av KHiB-prosjektet.

Forskningsstudiet avdekker et bredt spekter av funn, hvor noen aspekter fremstår som sentrale både i empirien og i litteraturen, men også noen forskjeller finnes det her. Dette vil bli vist nærmere i Kapittel 6, der empiriske dataen settes opp mot litteraturfunn. Videre vil det i Kapittel 7 diskuteres rundt forskningsspørsmålene som blir stilt for å prøve å svare på problemstillingen til masteroppgaven: **Utfordringer og muligheter med implementering av BIM ved bruk av Lean Construction, der det settes søkelys på byggebransjens videre teknologiske utvikling**, og avslutningsvis vil det bli en konklusjon og en anbefaling til videre arbeid i Kapittel 8.

Abstract

The construction industry is largely criticized for being inefficient, and therefore has great potential for improvement in terms of cost efficiency, productivity, feasibility and waste. This is remarkable especially when one compares the construction industry with other industries. Therefore, in response to these problems, the industry has come up with various initiatives with the goal of development and change. As a result, newer technology, tools and methods have been promoted, which have led to a paradigm shift in the way a construction project is designed and implemented.

Consistent findings in the literature point to a lack of basic knowledge about Lean philosophy, a lack of competence in BIM, resistance to change in the construction industry, as well as too little emphasis on continuous improvement and inclusion of all players in the supply chain.

Both qualitative and quantitative methods of information retrieval have been used. Where the theory part was acquired by document review, the empirical data was acquired by questionnaire, conducting in-depth interviews and a document analysis with subsequent case study of the KHiB project.

The research study reveals a wide range of findings, where some aspects appear to be central both in the empirical and in the literature, but there are also some differences here. This will be shown in more detail in Chapter 6, where the empirical data is set up against literature findings. Furthermore, Chapter 7 will discuss the research questions that are asked to answer the problem of the master's thesis: **Challenges and opportunities with implementation of BIM using Lean Construction, where the focus will be on the construction industry's further technological development**, and finally there will be a conclusion and a recommendation for further work in Chapter 8

Innholdsfortegnelse

FORORD	I
SAMMENDRAG	III
ABSTRACT	IV
FIGURLISTE	VIII
TABELLISTE	IX
AKRONYMER	X
1 INTRODUKSJON	1
1.1 FORMÅL OG PROBLEMSTILLING	1
1.2 AVGRENSNINGER	2
1.3 OPPGAVENS UTFORMING	3
2 METODEBESKRIVELSE	5
2.1 KONSEPTER	5
2.1.1 <i>Forskningsmetoder</i>	5
2.1.2 <i>Reliabilitet og validitet</i>	6
2.1.3 <i>Mixed methods</i>	6
2.2 ANVENDTE METODER	6
2.2.1 <i>Litteraturstudie</i>	7
2.2.2 <i>Spørreundersøkelse</i>	8
2.2.3 <i>Dybdeintervjuer</i>	9
2.2.4 <i>Valg av Intervjuobjekter og respondenter</i>	10
3 BYGNINGSINFORMASJONSMODELL (BIM)	13
3.1 INTRODUKSJON TIL BYGNINGSINFORMASJONSMODELL (BIM).....	14
3.2 BRUKSOMRÅDER	14
3.3 BIM-DIMENSJONER	15
3D-BIM: MODELL	15
4D-BIM: TID	16
5D-BIM: KOSTNAD	17
6D-BIM: BÆREKRAFT	17
7D-BIM: FDV	17
3.4 ÅPENBIM & LUKKETBIM	19
IFC – Omforent lagringsformat.....	20

	<i>IFD – Enighet om Terminologi</i>	20
	<i>IDM – Forretningsprosesser koblet til BIM</i>	21
3.5	FREMDRIFTSSTYRING VED BRUK AV BIM	21
3.5.1	<i>Level of Development (LOD)</i>	21
3.5.2	<i>MMI – Modell Modenhets Indeks</i>	22
3.6	BIM TIL BYGGEPLASS	25
3.7	HVORDAN IMPLEMENTERE BIM	27
3.7.1	<i>Fordeler ved implementering av BIM</i>	28
3.7.2	<i>Utfordringer ved implementering av BIM</i>	31
4	LEAN OG BIM	33
4.1	HISTORIEN OM LEAN	33
4.2	GRUNNPRINSIPPENE INNEN LEAN TANKEGANG	35
4.3	DE SYV KILDENE TIL SLØSING IFØLGE LEAN TANKEGANG	37
4.4	HVORDAN IMPLEMENTERE LEAN?	41
4.5	LEAN CONSTRUCTION	43
4.5.1	<i>Last Planner® System</i>	45
4.5.2	<i>5S</i>	51
4.5.3	<i>Fordeler av Lean Construction</i>	54
4.5.4	<i>Utfordringer ved implementering av Lean Construction</i>	57
4.6	BIM SOM ET VERKTØY INNEN LEAN CONSTRUCTION	60
4.6.1	<i>BIM og Lean Construction i byggebransjen</i>	60
4.6.2	<i>Mer bærekraft i byggebransjen ved hjelp av Lean Construction og BIM</i>	63
5	CASE-STUDIE: KHIB-PROSJEKTET	66
5.1	KORT OM KUNST- OG DESIGNHØGSKOLEN I BERGEN - KHIB	66
5.2	LEAN OG BIM I PROSJEKTET	68
5.3	SUKSESSFÅTØRER VED IMPLEMENTERING AV BIM OG LEAN CONSTRUCTION I KHIB	69
6	RESULTAT FRA EMPIRISK DATA	74
6.1	SPØRREUNDERSØKELSE	74
6.1.1	<i>Bakgrunnsspørsmål: Spørsmål 1-5</i>	74
6.1.2	<i>BIM og Lean Construction: Spørsmål 6-18</i>	76
6.2	OPPFØLGINGSINTERVJU	85
6.2.1	<i>Bruken av BIM</i>	85
6.2.2	<i>Bruken av Lean</i>	91
6.2.3	<i>Synergier mellom BIM og Lean Construction</i>	93
6.2.4	<i>Suksessfaktorer for implementering av nye verktøy og metoder</i>	94

7	DISKUSJON	96
7.1	HVA ER PREMISSENE FOR IMPLEMENTERING AV BIM OG LEAN CONSTRUCTION?	96
7.2	I HVILKEN GRAD BLIR LEAN CONSTRUCTION OG BIM IVERKSATT I BYGGEBEDRIFTER I DAG?	97
7.3	HVORDAN KAN KOMBINASJON AV BIM OG LEAN CONSTRUCTION FØRE TIL MER BÆREKRAFT I BYGGEPLASSER?.....	99
7.4	HVA ER PREMISSENE FOR Å TA I BRUK NYERE TEKNOLOGI I BYGGEBRANSJEN, OG HVORDAN KAN DEN TEKNOLOGIEN IMPLEMENTERES?.....	100
8	KONKLUSJON	104
	VIDERE ARBEID	106
	BIBLIOGRAFI	109
	VEDLEGG	I
	VEDLEGG A: SPØRREUNDERSØKELSE	I
	VEDLEGG B: INTERVJUGUIDE	IX

Figurliste

FIGUR 2-1 - METODE FOR LITTERATURSØKING (HELSEBIBLIOTEKET, 2018)	7
FIGUR 3-1 - BYGNINGSINFORMASJONSMODELL (CURTIS MINER ARCHITECTURE, 2017).....	13
FIGUR 3-2 - BIM I FORSKJELLIGE FASER (SBR DIGITALIZATION LLC).....	13
FIGUR 3-3 - BIM DIMENSJONER (MIGILINSKAS, POPOV, JUOCEVICIUS, & USTINOVICIUS, 2013)	15
FIGUR 3-4 - (AUTODESK REVIT).....	18
FIGUR 3-5 - SOLIBRI	18
FIGUR 3-6 - (AUTODESK AUTOCAD)	18
FIGUR 3-7 - (NORCONSULT)	18
FIGUR 3-8 - (BENTLEY)	18
FIGUR 3-9 - (ENERGYPLUS)	18
FIGUR 3-10 - ÅPENBIM OG LUKKETBIM (MATLAND).....	19
FIGUR 3-11 - BIM-TREKANTEN BASERT PÅ STATSBYGG MANUAL (STATSBYGG, 2009) s.5	20
FIGUR 3-12 - LOD-GRADING AV BYGNINGSELEMENTENE (GRANI, 2016)	22
FIGUR 3-13 – PROSJEKTERINGSAKTIVITETER SOM LEDER FREM TIL MMI-VERDIENE (FLØISBONN, SKEIE, UPPSTAD, MARKUSSEN, & SUNESEN).	22
FIGUR 3-14 - MMI I PROSJEKTERINGSPLANLEGGING (FLØISBONN, SKEIE, UPPSTAD, MARKUSSEN, & SUNESEN).	24
FIGUR 3-15 - NETTBRETT (NTB KOMMUNIKASJON, 2018).....	26
FIGUR 3-16 – BIM-KIOSK (NTB KOMMUNIKASJON, 2018).....	26
FIGUR 3-17 - (A) INFORMASJONSFLYT MELLOM ULIKE AKTØRER UTEN EN SENTRAL DATABASE. (B) INFORMASJONSFLYT MELLOM AKTØRER MED EN SENTRAL DATABASE (BIM) (CHEN, ET AL., 2004).....	30
FIGUR 4-1 - LEANS SØYLER (WHAT IS JIDOKA: PRINCIPLES OF LEAN MANUFACTURING, 2021).....	34
FIGUR 4-2 - HOVEDPRINSIPPENE FOR LEAN MANAGEMENT (PLANET TOGETHER, 2021)	36
FIGUR 4-3 - 7 KILDER TIL SLØSING IFØLGE LEAN TANKEGANG (AEC SOLUZIONI, 2015).....	38
FIGUR 4-4 - PROPORSJONER AV SLØSINGKILDER (CHAFI & BAJJOU, 2017)	39
FIGUR 4-5 - HOVEDPRINSIPPENE INNEN LEAN CONSTRUCTION (LEKNESSUND, 2021)	44
FIGUR 4-6 - FASEPROGRAMMERING - "PULL-PLANNING SYSTEM" (LEKNESSUND, 2021)	47
FIGUR 4-7 - EKSEMPEL PÅ ANSVARFORDELING I FORHOLD TIL ROLLE OG TIDSHORISONT (LEKNESSUND, 2021)	48
FIGUR 4-8 - SYV FORUTSETNINGER FOR SUNNE AKTIVITETER (BØLVIKEN, 2021).....	49
FIGUR 4-9 - THE LAST PLANNER SYSTEM (BALLARD H. G., 2000).....	50
FIGUR 4-10 - 5S (LEKNESSUND, 2021)	52
FIGUR 4-11 - ØKT SIKKERHET (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 2015)	55
FIGUR 4-12 - AVHENGIGHETEN MELLOM BIM OG LEAN CONSTRUCTION RESULTERER I NØDVENDIGE ENDRINGER SOM SKAPER MERVERDI (LEAN CONSTRUCTION BLOG, 2021).....	61
FIGUR 4-13 - LEAN OG BIM (ARCDox, 2016)	62
FIGUR 5-1 - KUNST OG DESIGNHØGSKOLEN I BERGEN (STATSBYGG & KHIB TEAM, 2018)	67

FIGUR 5-2 – VISUALISERING (LEKNESSUND, 2021)	71
FIGUR 6-1 - FORDELING AV AKTØRENE MED ULIKE STILLINGER.....	75
FIGUR 6-2 – BAKGRUNNSSPØRSMÅL OM RESPONDENTEN OG BEDRIFTEN DERES.	75
FIGUR 6-3 - BIM-DIMENSJONER OG KJENNSKAP TIL DISSE DIMENSJONENE	76
FIGUR 6-4 - ULIKE INTERESSER FRA DE ULIKE AKTØRENE I BRANSJEN	78
FIGUR 6-5 – LEAN CONSTRUCTION SOM GJENNOMFØRINGSSTRATEGI	79
FIGUR 6-6 - DE FEM STORE IDEENE OG LEAN CONSTRUCTION	81
FIGUR 6-7 - LEAN KONSEPTER	82

Tabelliste

TABELL 2-1 - UTFORMING AV SPØRREUNDERSØKELSE	8
TABELL 2-2 - EPOSTTEKST.....	10
TABELL 3-1 - PROGRAMMER FOR Å BEREGNE DE ULIKE ELEMENTENE/DIMENSJONENE.....	18
TABELL 3-2- (FLØISBONN, SKEIE, UPPSTAD, MARKUSSEN, & SUNESEN)	23
TABELL 4-1 - SAMMENLIGNING AV TRADISJONELL OG LEAN TANKEGANG (BEST & VALENCE, 2002)	41
TABELL 4-2 - PLANHIERARKIET I LAST PLANNER SYSTEMET	46
TABELL 5-1 - OPPDRAGSGIVER OG UTFØRENDE (STATSBYGG & KHiB TEAM, 2018)	68
TABELL 6-1 – MENINGER RUNDT BRUKEN AV BIM I BYGGEBRANSJEN.....	77
TABELL 6-2 - RESPONDENTENES MENINGER OM LEAN CONSTRUCTION	80
TABELL 6-3 – EGENSKAPER SOM GJØR BIM OG LEAN ETTERTRAKTET	83

Akronymer

ARK	Arkitekt
BIM	Building Information Modeling
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
FDV	Forvaltning, drift og vedlikehold
KHiB	Kunst- og designhøgskolen i Bergen
IDM	Information Delivery Manual
IFC	Industry Foundation Classes
IFD	International Framework for Dictionaries
LCI	Lean Construction Institute
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LOD	Level of Development
LPS	Last Planner System
MMI	Modell Modenhets Indeks
RIB	Rådgivende ingeniør bygg
RIE	Rådgivende ingeniør elektronikk
RIV	Rådgivende ingeniør varme-, ventilasjons- og sanitærteknikk
TPS	Toyota Production System

1 Introduksjon

Building Information Modeling (BIM) er dagsaktuelt tema i byggebransjen og etterspørres i dag i større grad enn noensinne. Større aktører i bransjen samt krav fra statlige aktører om bruk av BIM har satt veldig stor fart i veksten og populariteten til BIM de siste årene. Årsak til BIMs utvikling og spredning i byggebransjen er bransjens behov for stadig effektivisering og kostnadsbesparelser. Dette behovet forårsaket også implementering av ny arbeidsmetodikk som inkluderer god kvalitet med mindre ressursbruk og kontinuerlig forbedring. Denne metodikken, kjent som LEAN, var først tatt i bruk i Toyota produksjonssystem, og grunnet dens suksess har den blitt spredd til andre bransjer, inkludert byggebransjen. Vi vil derfor i denne oppgaven klargjøre videreutvikling av LEAN i byggebransjen og se på hvilke områder byggesektoren kan øke sin produktivitet, samt å se på utfordringer og muligheter ved implementering av BIM og LEAN i byggeprosjekter.

Det tenkes å gjennomføres spørreundersøkelser for denne oppgaven der ulike personer fra forskjellige aktører skal fortelle litt om deres erfaring og oppfatning i bruken av BIM og LEAN Construction, samt deres oppfatning av hvordan BIM og LEAN Construction kan kombineres. Dette skal følges opp med dybdeintervjuer for å belyse temaet fra flere synsvinkler, og dermed resultere i et mer troverdig og pålitelig resultat.

1.1 Formål og problemstilling

Formålet i oppgaven er å bruke litteraturstudie og kvalitativ- og kvantitativ metode til å evaluere utfordringer og muligheter ved implementering av BIM og LEAN Construction i byggeprosjekter. Problemstillingen til oppgaven lyder som følgende:

«Utfordringer og muligheter med implementering av BIM ved bruk av Lean Construction, der det settes søkelys på byggebransjens videre teknologiske utvikling»

KAPITTEL 1: Introduksjon

For å kunne svare grundig på denne problemstillingen har det blitt utarbeidet spørreundersøkelse, samt et oppfølgingsintervju. Det har også blitt valgt en case-studie der BIM og Lean Construction blir benyttet.

Målsetting:

- Hvilke fordeler og ulemper finnes det ved implementering av BIM og Lean Construction i byggeprosjekter for en mer bærekraftig arbeidsprosess?
- Hvordan vil den teknologiske utviklingen i byggebransjen fremme bruken av BIM kombinert med Lean Construction?

Forskningsspørsmål:

- Hva er premissene for implementering av BIM og Lean Construction?
- I hvilken grad blir Lean Construction og BIM iverksatt i byggebedrifter i dag?
- Hvordan kan kombinasjon av BIM og Lean Construction føre til mer bærekraft i byggeplasser?
- Hva er premissene for å ta i bruk nyere teknologi i byggebransjen, og hvordan kan den teknologien implementeres?

1.2 Avgrensninger

Tidsperspektivet i denne oppgaven vil blant annet være en begrensning i denne oppgaven. For å få et håndterbart omfang i oppgaven har antallet intervjuer blitt begrenset. Her må det også nevnes at det burde vært like mange intervjuobjekter fra de ulike aktørene for å få et bedre innsyn i bruken av BIM i prosjektene. Her er en også nødt til å nevne at disse intervjuobjektene kan ha kommet med falske kommentarer eller svar for å ikke sette prosjektet eller bedriften i dårlig lys. Dermed vil ikke svarene gi det beste grunnlaget for å sammenlikne bruken av BIM og Lean for ulike aktører, og det kreves et større arbeid der flere intervjuobjekter deltar, i et større tidsperspektiv for å kunne gi et grundig og presist svar på problemstillingen.

Det finnes mange verktøy innen Lean Construction, men grunnet oppgavens omfang er det nødvendig å begrense antall verktøy som blir brukt for å støtte argumenter for hvorfor Lean Construction er nyttig filosofi i byggebransjen. Lean Construction-verktøy som er valgt for

denne oppgaven er The Last Planner® System og 5S, og i tillegg til disse er BIM sett på som verktøy innen Lean Construction. Disse er valgt fordi de kan i sin helhet implementeres i alle prosjektfaser.

1.3 Oppgavens utforming

Oppgaven er delt i 8 kapitler hvor konklusjon og diskusjon er henholdsvis skrevet i kapittel 7 og 8, der oppgaven avsluttes med bibliografi og vedlegg. Innholdet i hvert kapittel er beskrevet i tabellen gitt nedenfor.

Kapittel 1	Forklarer kort hva oppgaven handler om, samt vise til begrensninger for oppgaven.
Kapittel 2	Anvendte forskningsmetoder
Kapittel 3	I dette kapittelet skal BIM forklares i teorien.
Kapittel 4	Dette kapitlet fremstiller historien bak LEAN Construction, og hvordan LEAN kan bli brukt i sammenheng med BIM.
Kapittel 5	Her skal Case-studie om KHiB-prosjektet presenteres
Kapittel 6	I resultatkapittelet skal resultater fra intervjuene bli beskrevet. Her har det blitt valgt intervjuobjekter fra ulike aktører i bransjen for å se på oppgaven fra et bredere perspektiv.
Kapittel 7	Diskusjon
Kapittel 8	Oppgavens konklusjon vil bli presentert i dette kapittelet. Konklusjonen skal oppsummere oppgaven og besvare den gitte problemstillingen. Her vil også forslag til videre arbeid formidles.
Bibliografi	Oversikt over litteratur benyttet i oppgaven.

KAPITTEL 1: Introduksjon

Vedlegg Her skal spørreundersøkelsesspørsmål og intervju spørsmål benyttet for oppgaven vises.

2 Metodebeskrivelse

Dette kapitlet skal presentere de metodene som har blitt benyttet for å innhente, og vurdere informasjonen som har blitt benyttet i oppgaven. Først vil forskjellige konsepter som har blitt til grunnlag for innhenting av informasjon og datamateriale bli beskrevet. Videre skal det begrunnes for valg av forskningsmetodene, og metodene skal forklares mer utdypende. Litteraturstudiet presenteres først, og deretter skal det redegjøres for hvordan de empiriske dataene ble tilegnet litteraturstudiet. Dette inkluderer blant annet spørreundersøkelsen og dybdeintervjuene.

«Metode er den håndverksmessige siden av vitenskapelig virksomhet, eller mer presist læren om de verktøy som kan benyttes for å innsamle informasjon»
(Halvorsen, 1989)

2.1 Konsepter

Her skal de forskjellige konseptene som har blitt til grunnlag for innhenting av informasjon til oppgaven henvises. Leseren skal da kunne vurdere grunnlaget som resultatet er utformet på. Konseptene som skal bli sett nærmere på er forskningsmetoder, reliabilitet og validitet og «*mixed methods*».

2.1.1 Forskningsmetoder

Forskningsmetoder er framgangsmåter som benyttes i vitenskapelig forskning. Hvilke metoder som brukes i en konkret undersøkelse, vil avhenge av blant annet hva slags samfunnsforhold som skal undersøkes, og hva problemstillingen for undersøkelsen er. Avhengig av hva slags data undersøkelsen baseres på, skilles det mellom kvalitativ og kvantitativ metode (Grønmo, 2021). Ifølge Grønmo brukes kvalitative forskningsmetoder ved innsamling og analyse av data, som vanligvis foreligger i form av tekst. Disse dataene kan være observasjon, etnografi, intervjuer eller innholdsanalyse. Kvantitative analyser derimot uttrykkes i form av tabeller, figurer og statistikk.

KAPITTEL 2: Metode

2.1.2 Reliabilitet og validitet

Reliabilitet eller pålitelighet er et uttrykk for hvor pålitelige data vi har, og hvor nøyaktig datainnsamlingen er foretatt. Reliabilitet brukes i vitenskapelig forskning om konsistens, eller hvor stabile og pålitelige de utførte målingene er. Kilder med høy reliabilitet skal kunne få samme resultat ved uavhengige målinger. Validitet eller gyldighet angir om undersøkelsen virkelig måler det den har til hensikt å måle, og dersom det er lav validitet kan man risikere å trekke feilaktige slutninger. Med høy validitet kan en si at metoden benyttet for undersøkelsen egner seg som måleinstrument, og at metoden måler det man ønsker å undersøke.

“To attain absolute validity and reliability is an impossible goal for any research model” (LeCompte & Goetz, 1982)

2.1.3 Mixed methods

Uttrykket "mixed methods" refererer til en fremvoksende forskningsmetodikk som fremmer systematisk integrering, eller "metodetriangulering", av kvantitative og kvalitative data innenfor en enkelt undersøkelse eller et vedvarende undersøkelsesprogram. Den grunnleggende forutsetningen for denne metoden er at slik integrering tillater en mer fullstendig og synergistisk bruk av data enn separat kvantitativ og kvalitativ datainnsamling og analyse. Nyttan ved å benytte metodetriangulering er at problemstillingen blir belyst fra ulike synspunkter som gjør det enklere å finne skjevheter i dataene. Dette vil kompensere for svakheter og styrker ved hver forskningsmetode, som vil resultere i at påliteligheten i resultatene økes.

2.2 Anvendte metoder

I denne oppgaven er både kvalitativ og kvantitativ forskningsmetode benyttet, hvor det er benyttet metodetriangulering ved analyse av resultatene. Kvalitative forskningsmetoder består av litteraturstudie og dybdeintervjuer. Kvantitative forskningsmetoden som har blitt benyttet er spørreundersøkelse. Det vil ved bruk av kvalitative metoder først bli gjort et litteraturstudium, der hensikten er å tilegne seg kunnskap om temaene. Deretter vil det bli gjort dybdeintervjuer, samt spørreundersøkelser for å supplere informasjonen funnet fra litteraturstudiet.

2.2.1 Litteraturstudie

Litteraturstudie danner det fundamentale grunnlaget for innhenting av informasjon for denne masteroppgaven. Ulike søkemotorer ble benyttet for innhenting av informasjon, der det spesielt ble lagt vekt på bruk av pålitelige og troverdige kilder. Det meste av litteratur ble funnet gjennom søkemotorene Google Scholar og Oria. Google Scholar gir en enkel måte å søke etter vitenskapelig litteratur i stor utstrekning (Google, 2021). Universitetsbibliotekets søkemotor, Oria, har tilgang på det meste av bøker, artikler og masteroppgaver. Ettersom søkemotoren Google ikke er en sikker søkemotor der alt av innhold ikke kan vises til gode referanser, er man nødt til å trå varsomt. Denne søkemotoren ble som regel benyttet ved innhenting av figurer, eller ved innhenting av informasjon via Store Norske Leksikon.



Figur 2-1 - Metode for litteratursøking (*Helsebiblioteket, 2018*)

KAPITTEL 2: Metode

2.2.2 Spørreundersøkelse

Formålet med å gjennomføre en omfattende spørreundersøkelse var å få et bredt perspektiv på problemstillingen, gjennom å spørre erfarne personer fra norske byggebransjen. Målgruppen for spørreundersøkelsen var aktører på tvers av den norske byggebransjen. Spesielt toppledelse, samt prosjektledere og anleggsledere satt høyere på prioriteringen grunnet deres stillinger og påvirkning på prosjekter grunnet det overordnede ansvaret.

Spørreundersøkelsen ble laget i Google Forms, der deltagerens bakgrunn i byggebransjen ble spurt om først, fulget av deltagerens erfaring og til slutt opplevelser og inntrykk av Lean Construction og BIM. Fleste parten av spørsmålene stilt til deltagerne ble skrevet på egenhånd, men det ble også stilt spørsmål til deltagere ut ifra litteraturstudie som har blitt utforsket for å kunne svare godt på problemstillingen.

Spørreundersøkelsen er utformet på følgende måte,

Tabell 2-1 - Utforming av spørreundersøkelse

Spørsmål	Beskrivelse
1-5	Bakgrunn til deltageren
6-11	BIM
12-16	Lean Construction
17	BIM og Lean Construction
18	Forespørsel om et mulig dybdeintervju

2.2.3 Dybdeintervjuer

Etter å ha fullført spørreundersøkelser på et tilstrekkelig antall respondenter, ble det gjennomført semistrukturerte dybdeintervjuer som en fortsettelse på disse spørreundersøkelsene. Dette for å tilrettelegge for metodetriangulering av resultatene, som nevnt tidligere i punkt 2.1.3, som gir anledning til en dypere forskning av tendensene. Mens spørreundersøkelsene var veldig strukturerte og ga ingen rom for respondentene til å reflektere, tillot dybdeintervjuene at deltagerne fikk muligheten til å vise deres mening og erfaring rundt temaet.

Intervjuene ble planlagt på forhånd og det ble skrevet ned en intervjuguide, se vedlegg B. Hensikten med intervjuguiden var at den kunne brukes som en veiledning under gjennomføring av intervjuene, samt gi deltageren en formening om hvilke spørsmål som forventes at de svarer på. Her var det viktig å stille spørsmål som skulle utdype tendensene som ble fanget på spørreundersøkelsen, samt stille spørsmål som ga rom for deltagerne til å reflektere over egne meninger og erfaringer som ikke kom tydelig frem på spørreundersøkelsen.

«Utgangspunktet for det kvalitative forskningsintervjuet er samtalen.. Både ved kvantitativ og kvalitativ forskningstilnærming er intervju en grunnleggende datainnsamlingsmetode. Formålet er å skaffe seg en rik og grundig beskrivelse av en hendelse eller et fenomen med utgangspunkt i respondentenes liv eller ved å oppsummere svarene i et standardisert spørreskjema» (Drageset & Ellingsen, 2017)

2.2.4 Valg av Intervjuobjekter og respondenter

Undersøkelsen ble oversendt relevante fagfolk i byggebransjen som kunne gi en realistisk og relevant oppfatning av posisjon byggebransjen befinner seg i. Letingsprosess for relevante folk inkluderte kjennskap til største bedrifter i Norge og søk via Google og andre digitale plattform for å nå flest mulig fagkyndige folk. Dette søket resulterte i at 502 eposter fikk tilsendt denne undersøkelsen, inkludert både firmapost og ansattes jobbepost hvor det var synlig på bedriftens nettside. Fremgangsmåte var å finne fram liste over ansatte med deres rolle i en bedrift og plukke ut dem som virket interessant, med tanke på rollen, for vår problemstilling, og sende undersøkelse til deres jobbepost.

Hvis liste over ansatte ikke var tilgjengelig, eller ansattes rolle ikke var synlig, valgte vi å sende undersøkelse til firmapost hvor vi ba om undersøkelses videresending til ansatte som hadde ansvar, eller kanskje hadde erfaring fra tidligere prosjekter i BIM og Lean Construction. For å få dette til var det nødvendig med to forskjellige eposttekster, en tekst som sendtes til personer som, grunnet stilling, burde ha kompetanse innenfor ønskende felt der deres kompetanse ble påpekt, og andre eposttekst som ble sendt til firmaposter, i tilfeller hvor, som sagt, bedrifter ikke hadde synlig ansattliste.

Tabell 2-2 - Eposttekst

Alternativ	Eposttekst
1	<p><i>Epost sendt til ansatte:</i></p> <p>Vi er to studenter som skriver masteroppgave, der hovedproblemstillingen er utfordringer og muligheter ved implementering av BIM og Lean i byggeprosjekter. I den forbindelse hadde vi satt veldig stor pris på om du hadde tatt deg tid til å svare på denne korte undersøkelsen.</p> <p>Målet med denne spørreundersøkelsen er å få innsyn i bransjens implementeringsgrad av BIM og Lean. For å kunne finne dette ut, er det nødvendig med respons fra fagkyndige folk fra bransjen. Derfor har vi bestemt oss å sende denne undersøkelsen til deg. Ved spørsmål kontakt oss på a.mukic@stud.uis.no eller i.sahin@stud.uis.no.</p>

2

Epost sendt til firmapost:

Vi er to studenter som skriver en masteroppgave der hovedproblemstilling er utfordringer og muligheter ved implementering av BIM og Lean i byggeprosjekter. I den forbindelse hadde vi satt stor pris på om denne undersøkelsen kunne ha nådd flest mulig ansatte innen bygg og prosjektledelse hos dere. Vi håper at du kunne ha hjulpet oss med dette og sendt undersøkelsen videre til ansatte som har ansvar for prosjektledelse og BIM i din bedrift.

Undersøkelsen består av 18 spørsmål og vil ta omtrent 10 minutter å gjennomføre med mange valgfrie spørsmål. Noen få minutter brukt på undersøkelsen kan hjelpe oss mye med å svare på problemstillingen.

Målet med denne spørreundersøkelsen er å få innsyn i bransjens implementeringsgrad av BIM og Lean. For å kunne finne dette ut, er det nødvendig med respons fra fagkyndige folk fra bransjen. Ved spørsmål kontakt oss på a.mukic@stud.uis.no eller i.sahin@stud.uis.no.

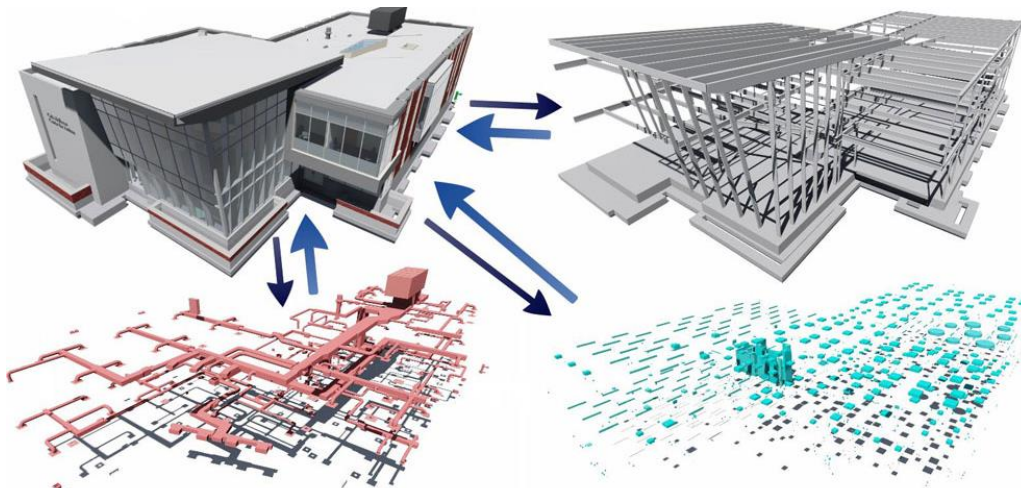
På den måten har vi forsøkt å tiltrekke flest mulig relevante og erfarne folk til å ta undersøkelsen. Målgruppa var først og fremst prosjekt- og prosjekteringsledere fordi det er oftest dem som møter utfordringer med effektivitet i prosjekter, samt at de har mest kunnskap om BIM og Lean Construction i byggebransjen. Deres svar gir bred innsikt i utnyttelsesgrad av BIM og Lean Construction.

Intervjuobjektene ble da valgt fra aktørene som deltok i spørreundersøkelsen. Dette fordi disse aktørene som allerede hadde deltatt i undersøkelsen, visste hva temaet handlet om. Viktigere var det at disse hadde sagt seg villig til å bli intervjuet. Det ble totalt valgt 2 toppledere, 4 prosjektledere og 1 kalkulator for dybdeintervjuene. Det ble også lagt vekt til at personer fra samme bedrift med ulike stillinger ble intervjuet. Hensikten med dette var å kunne se på implementeringen av BIM og Lean Construction fra ulike synsvinkler ettersom det kan forekomme ulike meninger rundt praksisen av verktøyene.

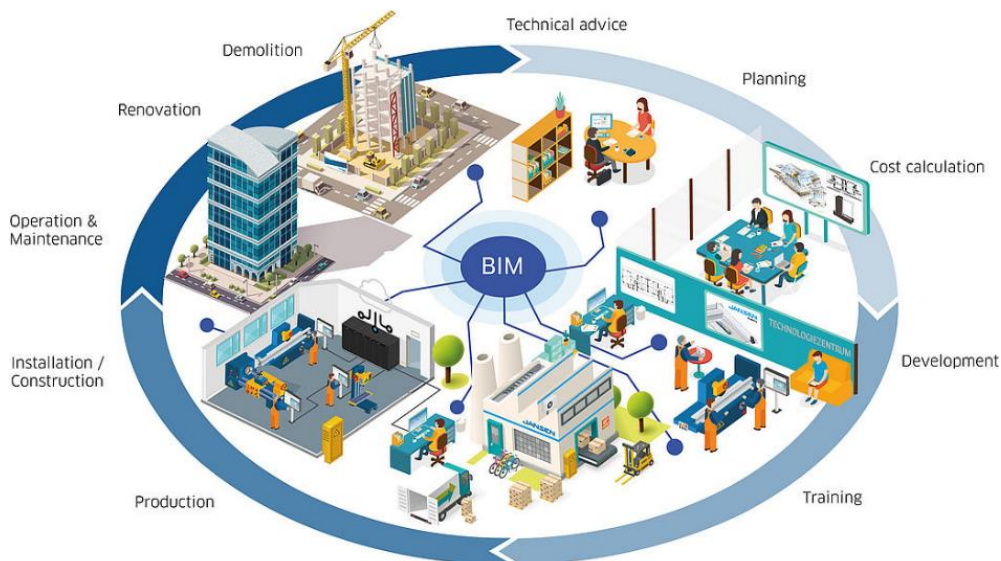
3 Bygningsinformasjonsmodell (BIM)

I dette kapitlet skal teori relatert til BIM presenteres, der ulike dimensjoner skal klargjøres informativt. Videre skal det i dette kapitlet vises til hvordan dette verktøyet kan implementeres, samt vise til fordeler og utfordringer ved denne implementeringen. Det skal i tillegg komme med forslag på hvordan BIM kan benyttes aktivt på byggeplassen. Kort forklart oppsummerer Chen og QU, BIM på følgende måte,

BIM is an information technology enabled approach that involves applying and maintaining an integral digital representation of all building information for different phases of the complex construction project lifecycle (Chen & Qu, 2011)



Figur 3-1 - Bygningsinformasjonsmodell (Curtis Miner Architecture, 2017).



Figur 3-2 - BIM i forskjellige faser (SBR digitalization LLC)

3.1 Introduksjon til Bygningsinformasjonsmodell (BIM)

I det 21. århundre har evolusjonen innen informatikk endret arbeidsprosessen i enhver bransje. Trådløs kommunikasjon, mobil overvåking og elektronisk dokumentasjon systemer blir integrerte komponenter i moderne forretningsmodeller. Når det kommer til byggebransjen på verdensbasis, er BIM-teknologien den mest betydningsfulle utviklingen. BIM er en informasjonsteknologibasert tilnærming som innebærer å anvende og opprettholde en integrert digital representasjon av all bygningsinformasjon for forskjellige faser av den komplekse byggeprosjektets livssyklus (Chen & Qu, 2011) i form av et datalager. BIM administrerer både grafiske perspektiver og bygningsinformasjon, slik at det skjer en datamaskinstøttet generering av tegninger og rapporter, designevaluering, prosjektplanlegging og organisering av ressurser fra anleggsdesign til drift.

3.2 Bruksområder

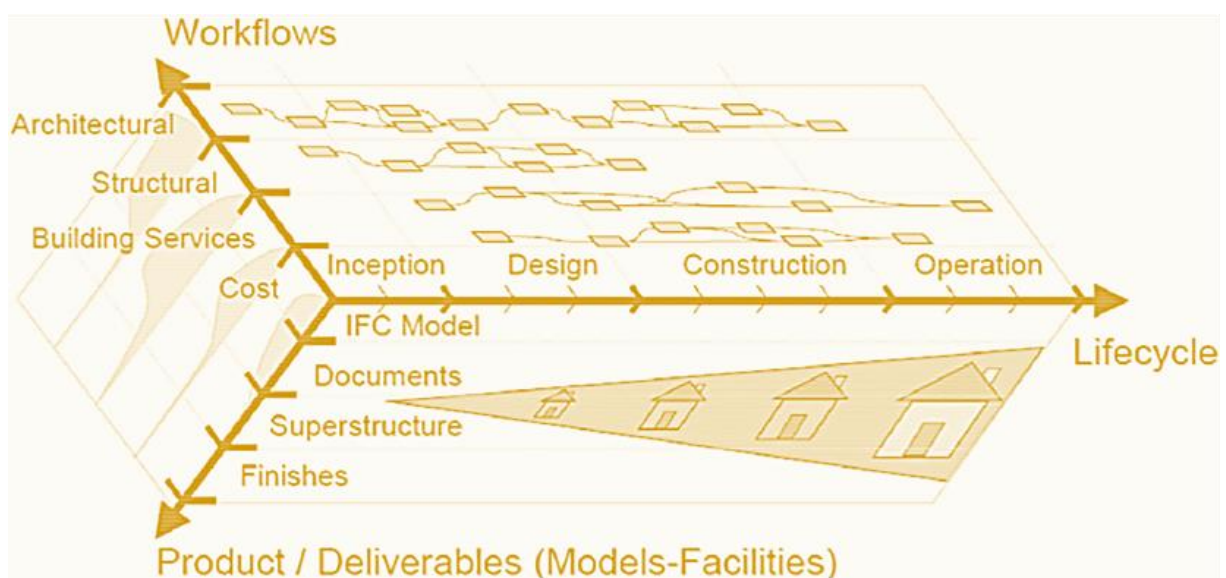
BIM gir store fordeler og har atskillige bruksområder. For eksempel kan prosjekteringsgruppen bruke BIM til å analysere løsninger, vurdere eventuelle feil og mangler ved prosjektet, samt visualisere. Slik Azhar (Azhar S. , 2011) nevner dette, finnes det bruksområder som:

- Visualisering: Enkelt lage 3D-modeller
- Kollisjonssjekk: Siden BIM-modellene er laget i 3D med volum, vil alle elementer automatisk bli sjekket i BIM for kollisjonskontroll. Det forekommer problemer for eksempel ved installering av rør.
- Kostnadsestimering: BIM har innebygd kostnadsestimering. Ettersom materialmengder blir automatisk oppdaterte, vil også kostnadene tilknyttet dette oppdateres automatisk.
- Kalkulering. Gjennom BIM kan belastningsberegninger kalkuleres enkelt.
- Anleggsadministrasjon: Anleggsadministrasjonsavdelinger kan bruke BIM til renovering, plassplanlegging og vedlikehold.

BIM er i konstant utvikling, og desto flere elementer som tilføyes modellen, desto flere dimensjoner tilføyes det også. På denne måten kan for eksempel sløsing av tid unngås, ved å tilføye fremtidsplanlegging inn i 3D modellen. BIM-dimensjonene vil bli nærmere beskrevet i neste kapittel, og påfølgende programmer tilknyttet de ulike dimensjonene skal bli presentert i kapittel 3.3.

3.3 BIM-dimensjoner

BIM har flere dimensjoner som gjør at den skiller seg ut ifra den tradisjonelle måten å designe. I dette kapitlet skal de ulike BIM-dimensjonene beskrives, samt vises til programmer der disse beregningene kan utføres på. Figur 3.3 illustrerer de ulike dimensjonene som finnes i BIM.



Figur 3-3 - BIM dimensjoner (Migilinskas, Popov, Juocevicius, & Ustinovichius, 2013)

3D-BIM: MODELL

Visualisering

Den mest kjente og brukte BIM-dimensjonen er 3D-BIM. 3D representerer, som kjent for alle, de tre geografiske dimensjonene (x,y,z) til en bygningsstruktur. De geografiske egenskapene hjelper ulike interessenter fra ulike grupper til å visualisere bygningens struktur i tre dimensjoner før selve prosjektet starter. Med dette kan alle interessenter samarbeide

KAPITTEL 3: BIM

effektivt for modellering, samt løse typiske strukturelle problemer som kan oppstå, før selve prosjektet er i gang (Schoen, 2020).

Kollisjonskontroll

Den viktigste type feil, som kollisjonskontrollen blir benyttet til, er å finne ut om to eller flere objekter kolliderer i BIM (buldingSMART, 2013). Det er veldig viktig at disse feilene oppdages veldig tidlig slik at det ikke oppstår ekstra kostnader tilknyttet rettelse av feilene på byggeplassen. Kollisjonskontroll er spesielt viktig der ARK (arkitekt), RIB (Rådgivende ingeniør bygg), RIV (Rådgivende ingeniør varme-, ventilasjons- og sanitærteknikk) og RIE (Rådgivende ingeniør elektronikk) samler alle dataene sine på en BIM modell, hvor alle fagdisipliner sentraliserer sitt område. Typiske feil som kan oppstå er for eksempel at rør som kolliderer med søyle. Kostnaden for å implementere BIM kan bli fullstendig dekket bare av å spare på eventuelle kollisjonskostnader som kan oppdages i BIM (Kensek, 2014).

Prefabrikkering

Grunnet en veldig detaljert BIM modellering kan man i dag benytte disse modellene til prefabrikkering. Med dette kan man øke produktiviteten, samt være mer kostnadseffektiv i form av at mindre arbeid pågår i byggeplassen som vil bety besparelse av tid.

4D-BIM: TID

Fremdrift

4D-BIM er relatert til planlegging av byggeplassen ved å legge til et nytt element til 3D-BIM, som er tid. Med planleggingsdata blir det enklere å skissere hvor mye tid det vil ta å fullføre prosjektet, og prosjektets utvikling med tiden. Informasjonen kan gi utdyping om tiden det tar for installasjon eller konstruksjon, tiden det tar å gjøre prosjektet operativt, rekkefølgen av installasjon av forskjellige komponenter, sammen med annen planleggingsinformasjon. Med 4D ønskes det tidlig oppdagelse av konflikter ved å sømløst administrere informasjon relatert til byggeplassens status, og visualisere effekten av endringer som er gjennomført (Schoen, 2020)

Animasjon av fremdriftsplanlegging

Ved hjelp av animasjoner tilknyttet byggeprosessen av bygningen kan man enklere planlegge fremdriften. Ulike scenarioer av fremdriften kan simuleres, som igjen vil gi flere mulige alternativer for hvilken vei man bør fortsette prosjektet med. Dette kan også bli brukt til å presentere prosjektet.

5D-BIM: KOSTNAD

Et av de viktigste elementene i et prosjekt er kostnaden knyttet til prosjektet. 5D-BIM tilrettelegger for å analysere kostnadene som vil påløpe over tid i prosjektaktivitetene. Med dette kan man også få en oversikt over kostnadene av å gjøre noen endringer, og hva det vil koste å gjøre disse endringene. Dette kan for eksempel gjelde endringer knyttet til omfang, materiale og arbeidskraft. Disse beregningene er veldig tidskrevende på den tradisjonelle måten, og dermed kan man benytte tiden til andre beregninger.

6D-BIM: BÆREKRAFT

6D-BIM brukes til å analysere energibruken til en bygning, og videre hjelpe til med å få energiestimater allerede i designfasen. 6D-Bygningsinformasjonsmodellen tar hensyn til ulike faser av livssyklusen til bygningen, og gir en prediksjon av energiforbrukskravene. Denne tilnærmingen hjelper da med å få en ide om hele kostnaden for en eiendom, og hvordan pengene kan brukes for å oppnå bærekraft og kostnadseffektivitet. Med dette kan man gjøre analyser knyttet sertifisering av BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology).

7D-BIM: FDV

7D-BIM omhandler FDV (forvaltning, drift og vedlikehold). Modellen vil altså inneholde alle spesifikasjoner, drift, manualer og andre nyttige dokumenter for fremtidig vedlikehold av bygget.

KAPITTEL 3: BIM

Tabell 3-1 - Programmer for å beregne de ulike elementene/dimensjonene

2D-BIM	3D-BIM	
AutoCAD	Kollisjonskontroll	Revit



Figur 3-6 - (Autodesk AutoCAD)



Figur 3-5 - Solibri



Figur 3-4 - (Autodesk Revit)

4D-BIM	5D-BIM
SYNCHRO	ISY CALCUS



Figur 3-8 - (Bentley)



Figur 3-7 - (NorConsult)

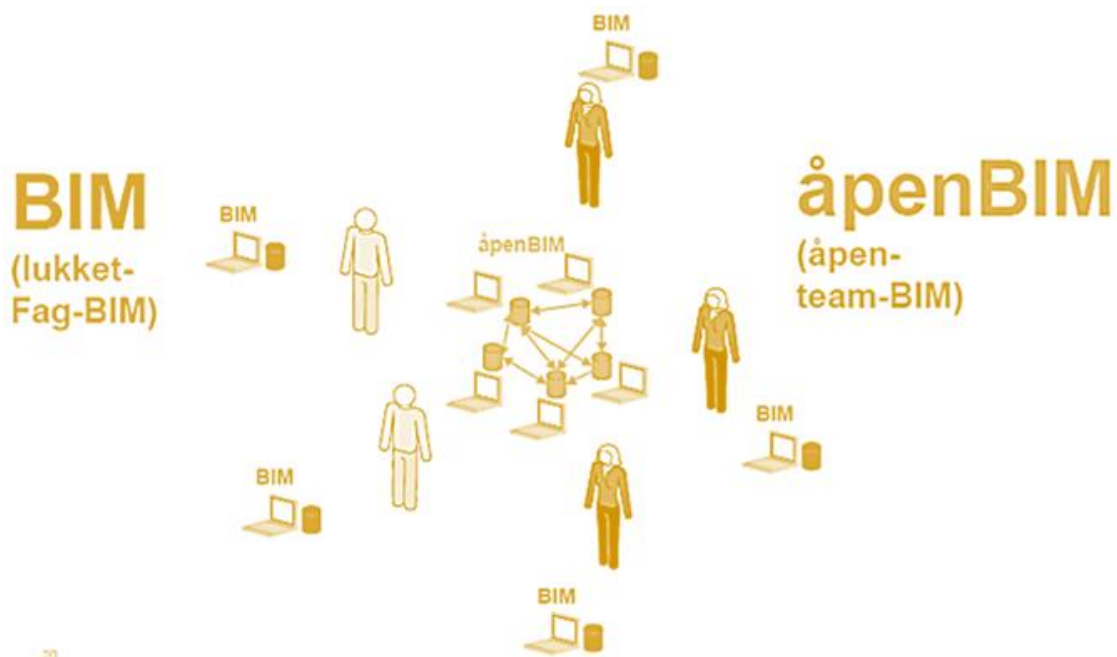
6D-BIM
EnergyPlus



Figur 3-9 - (EnergyPlus)

3.4 ÅpenBIM & LukketBIM

I dag finnes det mange programmer som brukes til å lage BIM-modeller, og forskjellige aktører i bransjen benytter seg av ulike programmer. Dette skaper problemer siden filen som er blitt laget i det spesifikke programmet, ikke lar seg åpne og redigeres av andre aktører som ikke har lisens til dette programmet. Ettersom lisenser for ulike programmer koster mye penger for bedriftene å skaffe seg, oppstår det en hemning ved informasjonsvekslingen. Denne type BIM-modeller kalles da for en lukketBIM eller proprietær BIM.

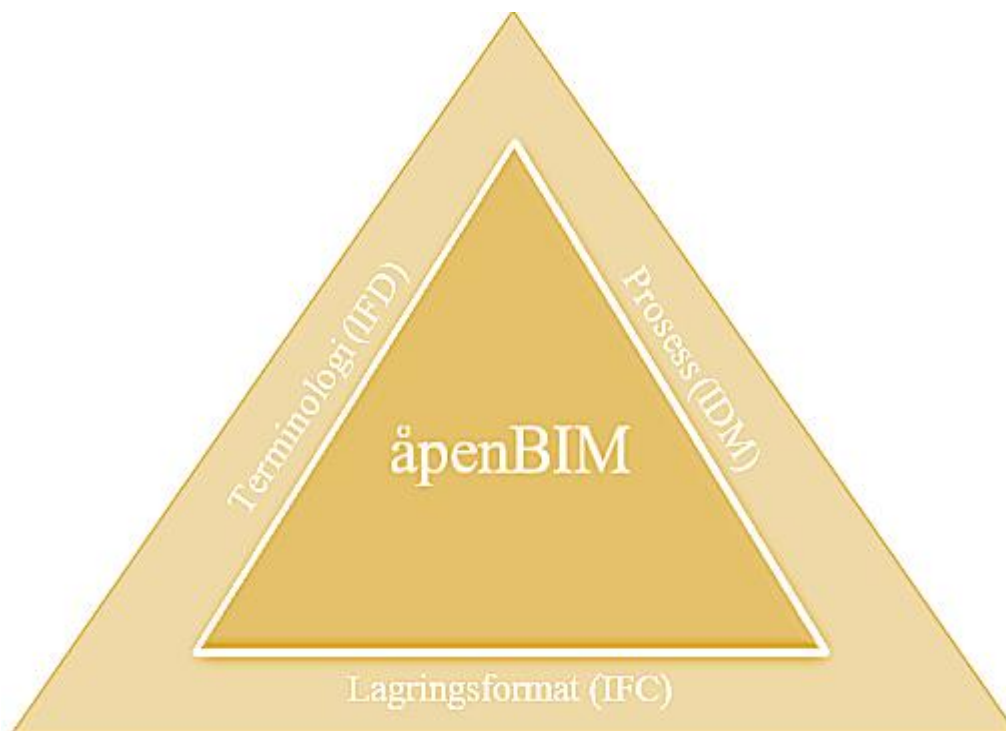


Figur 3-10 - åpenBIM og lukketBIM (Matland)

Bygningsinformasjonsmodellering legger vekt på prosessen, både alene og i partnerskap. Dette handler om å jobbe uavhengig og samarbeidende om å bygge prosjekter ved hjelp av utveksling/deling av digitale informasjonsmodeller (Oldfield, Oosterom, Beetz, & Krijenen, 2017). Dette aspektet ved BIM er utviklet av industrien med sikte på å «**bringe de mange trådene av forskjellig informasjon som brukes i konstruksjon, inn i et enkelt miljø**» (buildingSMART, Information Delivery Manual: Guide to Components and Development, 2007). Som en løsning på problemer med lukketBIM, har en internasjonal organisasjon ved navnet buildingSMART, utarbeidet et rammeverk med formålet gitt ovenfor i fet skrift.

KAPITTEL 3: BIM

Det må til tre hovedelementer for at en mønsterverdig utnyttelse BIM skal oppstå - omforent lagringsformat (IFC), enighet om terminologi (IFD) og kobling av BIM til relevante forretningsprosesser (IDM). Disse er hovedelementene for åpenBIM og refereres også til som BIM-trekanten, gjengitt i BIM-Manual 1.1 (Statsbygg, 2009)



Figur 3-11 - BIM-trekanten basert på Statsbygg Manual (Statsbygg, 2009) s.5

IFC – Omforent lagringsformat

Begrepet IFC står for Industry Foundation Classes, og er et filformat som åpner opp for utveksling av komplekse modeller, uavhengig av programvarer som ulike aktører i byggebransjen benytter. IFC format er basert på ISO standarden ISO 16739 (Norway, IFC, 2014)

IFD – Enighet om Terminologi

IFD, International Framework for Dictionaries, som er dataordboken til buildingSMART, gir grunnlag for felles terminologi i bruken av åpenBIM slik at alle modeller tolkes entydig av aktører og forhandlere. Dette gjør at programvarene automatisk skjønner innhold og egenskaper i modellene som utveksles. buildingSMART Dataordbok er basert på ISO standarden 12006-3 (Norway, IFD, 2017)

IDM – Forretningsprosesser koblet til BIM

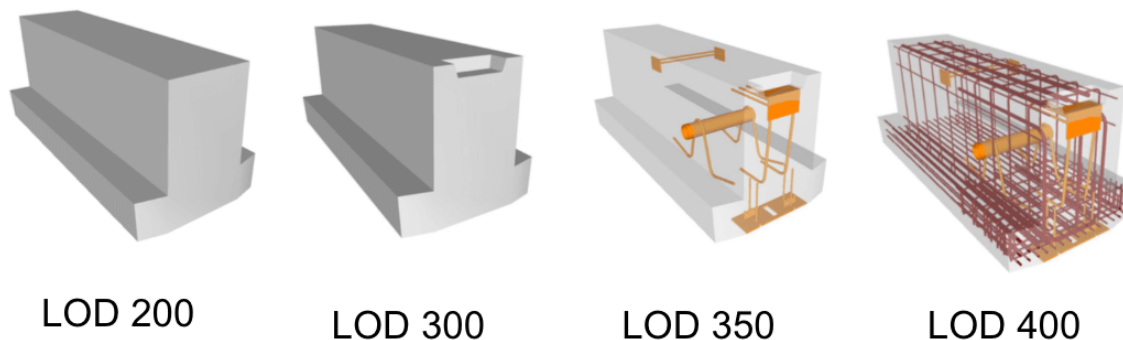
buildingSMART Proses, som også blir kalt for IDM, Information Delivery Manual, er en standardisert prosess og leveranse spesifikasjon som beskriver aktører, prosedyrer og krav til leveranser i prosjekter. IDM er basert på ISO standarden ISO 29481 (buildingSMART, IDM, 2020)

3.5 Fremdriftsstyring ved bruk av BIM

Prosjekter deles gjerne inn i flere aktiviteter/deler, der de aktivitetene deles inn i ulike «leveransepakker». For at BIM skal være et verktøy for å styre dette prosjekteringsforløpet er det nødvendig at disse «leveransepakkene» gis en **status** eller **verdi**. I dette kapitlet skal det nevnes flere måter å beskrive utviklingsnivået og modenheten til bygningselementene som blir benyttet i BIM-modellene.

3.5.1 Level of Development (LOD)

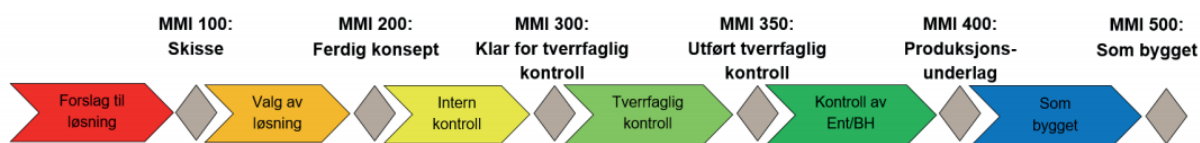
Alle modeller for et byggeprosjekt må vikles sammen med kontekstuelle datarike bygningskomponenter og/eller elementer. All informasjon tilknyttet kontekstuelle datarike bygningskomponenter og elementer blir hovedsakelig henvist fra spesifikasjonen LOD (Levy, 2012). LOD, Level of Development-konseptet ble introdusert i BIM for å gjøre det mulig for bygge aktører å spesifisere og designe med et høyt nivå av innholdsklarhet, samt øke påliteligheten til modellene. Dette for å kunne automatisk kostnadsberegne enklere i prosjektene deres også. LOD kan assosieres med detaljnivå av bygningsmodellelementene. Der LOD 100 ikke er veldig definitiv, og beskriver elementene som et område eller volum, vil høyere grad av LOD spesifisere elementene nøyaktigere. LOD 200 viser til at antall elementer i modellen stemmer, og at disse komponentene er estimert nøyaktig. Videre i LOD 300 vil elementer identifiseres, og reelle kostnader kan brukes. I LOD 400 er det en grafisk representasjon i modellen som en bestemt gjenstand med mengder, størrelse, form, plassering og orientering av komponenten med detaljering, fabrikasjon, montering og installasjonsinformasjon (BIMForum, 2020).



Figur 3-12 - LOD-grading av bygningselementene (Grani, 2016)

3.5.2 MMI – Modell Modenhets Indeks

Som svar på behovet for et sett med standardiserte modelleringsdefinisjoner for å identifisere klar kommunikasjon av modellens nøyaktighet og fullstendighet til interessentene i prosjektet, ble det utviklet et sett med MMI-definisjoner (Wang, Harper, Lee, Harris, & Berryman, 2018). LOD-spesifikasjonen gir et rammeverk for å vurdere modelleringsfremdrift per fagområde. For å bygge videre på dette rammeverket har MMI blitt bygget videre på en lignende nummereringskonvensjon som gjenspeiler modelleringsprogresjon, fra prosjektfasen til byggefasen og videre til anleggsstyring (Fløisbonn, Skeie, Upstad, Markussen, & Sunesen). Bygningskomponentene blir kategorisert i nivåer gitt fra 100 til 600 (Wang, Harper, Lee, Harris, & Berryman, 2018). De ulike tabellkodene er gitt i figur 3.13, og videre i tabell 3.2 er de ulike verdiene beskrevet nærmere.



Figur 3-13 – Prosjekteringsaktiviteter som leder frem til MMI-verdiene (Fløisbonn, Skeie, Upstad, Markussen, & Sunesen).

Tabell 3-2- (Fløisbonn, Skeie, Uppstad, Markussen, & Sunesen)

MMI-verdier	Fase	Beskrivelse
MMI 100	Skisse	Proessen frem mot denne verdien innebærer å etablere ett eller flereforslag til løsning. Bygningskomponentene på dette nivået anses som et skisseforslag, og større endringer på design kan forekomme.
MMI 200	Ferdig konsept	I motsetning til MMI-100, er det ikke ventet at store endringer skjer i denne fasen. Objektene ansees som godt gjennomtenkte med tanke på design av konseptuell løsning.
MMI 300	Klar for tverrfaglig kontroll	På dette nivået skal objektene være koordinerte innen enkeltdisipliners modeller. Objektene skal ha riktig størrelse og plassering, samt at ingen konflikt oppstår med andre objekter i samme disiplin.
MMI 350	Utført tverrfaglig kontroll	Ved oppnådd MMI 350 skal objektene være tverrfaglig koordinert med hensyn til alle objekter i tilgrensende disipliner. Tverrfaglig koordinering vil ofte være en iterativ prosess, først ved slutført koordinering mellom alle tilgrensende disipliner oppnår objektene denne statusen.
MMI 400	Produksjonsunderlag	Status som produksjonsunderlag forutsetter at objektene er kontrollert og godkjent for bygging. Eventuelle konflikter eller innspill til endring av design sendes til prosjekterende disipliner for gjennomgang. Ved utsjekk av alle tilbakemeldinger, er objektet klar for produksjon.
MMI 500	Som bygget	Avhengig av krav til «som bygget»-dokumentasjon oppdateres modellene i henhold til denne statusen av de prosjekterende.

KAPITTEL 3: BIM

3.5.2.1 Praktisering av MMI

I form av definerte områder/soner i prosjekter kan man planlegge utviklingen av MMI. Kodene som er definert i systemet benyttes av hver disiplin til å planlegge sine egne leveranser i soner av prosjektet og signalisere behov for BIM-leveranser fra andre fagdisipliner (Fløisbonn, Skeie, Upstad, Markussen, & Sunesen). Dette gjør det enklere å planlegge BIM-leveranser med samme modenhet til samme områder og til samme tid. Som et resultat av dette kan kvaliteten av tverrfaglig kontroll heves, og dermed også besparelse av tid og mulig feil prosjektering.

Ukenr.	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Milepæler											MMi 300		MMi 350		MMi 400	
Entreprenør																
Arkitekt																
RIB																
RIV																
RIE																
BIM																

Figur 3-14 - MMI i prosjekteringsplanlegging (Fløisbonn, Skeie, Upstad, Markussen, & Sunesen).

3.6 BIM til byggeplass

I dette underkapitlet skal viktigheten av informasjonsveksling i byggeplassen for implementering av BIM i byggeprosjekter trekkes frem, samt vises til hvordan en god kommunikasjon mellom ulike aktører kan effektivisere byggeprosjektet.

Effektiv kommunikasjon vil bidra til at prosjektteamet jobber sammen på en effektiv måte. Å opprettholde effektiv kommunikasjonsflyt bidrar til å gjøre et prosjekt mer oversiktlig og øker sannsynligheten for at prosjektet kan gjennomføres på den tiden man har til disposisjon, og innenfor oppsatt budsjett. Dårlig kommunikasjon gir svakere koordinering og øker uoversiktligheten for de ulike bidragsyterne. Prosjektet får større kostnader med tanke på å få utført operasjoner som avhenger av hverandre, og å få realisert ferdige utførelser av den kvaliteten man ønsker. Manglende kommunikasjon og dårlig kommunikasjon øker kort sagt kompleksiteten i allerede komplekse byggeprosjekter (Røsdal & Ørstavik, 2011).

Slik Røsdal og Ørstavik beskriver det, vil dårlig eller manglende kommunikasjon øke kompleksiteten i allerede komplekse byggeprosjekter. En viktig faktor for å kunne implementere BIM i byggeprosjekter er dermed hvordan denne informasjonsvekslingen skal foregå i byggeplasser.

Ifølge Chen og Kamara (2008) er den mest effektive måten å skaffe seg informasjon for byggerne på, er informasjon skaffet på riktig sted til riktig tid. Altså at informasjon er tilgjengelig der arbeidet skal utføres. Ulike eksempler på hvordan denne informasjonen kan skaffes på riktig sted til riktig tid kan være gjennom eksempelvis nettbrett eller mobil der disse BIM-modellene er tilgjengelige på apper. Dette gjør at hvem som helst kan enkelt ta med seg nettbrettet/mobilen og se på BIM-modellen for å utføre arbeidet. Andre fordeler som da kan trekkes frem ved bruk av nettbrett og mobil er redusert feil grunnet utdaterte tegninger, mindre printing og distribusjon av papirer for eksempel. En annen måte å skaffe informasjon angående BIM-modellene er i såkalte BIM-kiosker.. Disse kioskene kan være etablert i containere som er flyttbart (råbyggfase), som videre i innredningsfasen kan være mer mobil ved at den har blitt montert hjul på. Noen av fordelene som kan nevnes ved BIM-kioskene er at den reduserer risikoen for å jobbe etter gamle tegninger, at den øker forståelsen for hva

KAPITTEL 3: BIM

som bygges, osv. Ulemper som trekkes frem ved BIM-kiosk er at det krever ressurser for å holde funksjonene og informasjonen oppdaterte, kan være en tidstyv, osv.



Figur 3-15 - Nettbrett (NTB kommunikasjon, 2018)



Figur 3-16 – BIM-kiosk (NTB kommunikasjon, 2018)

3.7 Hvordan implementere BIM

Byggebransjen er kjent med å bruke lang tid før de tar i bruk nyere teknologi, spesielt i byggeplasser. I de seneste årene har nyere teknologi begynt å bli mer aktivt i bruk, og nye problemer oppstår når denne nye teknologien skal implementeres og tas i bruk. I dette underkapitlet skal utfordringer og muligheter knyttet til suksessfull implementering av BIM i byggeprosjekter utdypes. Nedenfor skal en liste med punkter for suksessfull implementering av BIM nevnes ut ifra Kesnek (2014),

1. **Identifisere en BIM-leder.** I likhet med en byggeleder på en byggeplass, må en BIM-leder administrere alle prosesser som tilrettelegges for brukere av modellene. Dette innebærer arbeid om koordinering av informasjon hentet fra arkitekter, rådgivende ingeniører og leverandører for eksempel.
2. **Identifisere mål.** Det må spesifiseres konkrete mål for hva en ønsker å oppnå med bruken av BIM. Dette er viktig å gjennomføre i alle prosjektfaser.
3. **Planlegge.** Det bør lages en opplæringsplan og dokumenter der de ansatte i bedriften blir forklart hvordan BIM skal implementeres i prosjektene. Her er det viktig at kostnaden av programvarer, maskinvarer (for eksempel BIM-kiosk) og ekstra mannskap blir beregnet.
4. **Forberedelse.** Implementering av BIM kan føre til endringer i arbeidsprosesser, samt organiseringen av bedriften. Her er det viktig at bedriften gjør seg kjent med standarder som BIM-manualer for eksempel.
5. **Investering.** Her er det viktig at det investeres i PC'er med nok kapasitet til å kjøre disse programvarene. Programvarene selv vil også ha en kostnad, så bedriften må ha nok kapital til å investere i maskinvare.
6. **Opplæring.** Opplæringen bør starte i ledelsen først. Når ledelsen har forstått og lært opp BIM, vil implementeringen av dette skje mye mer effektivt innad i bedriften. Implementeringen bør starte fra mindre prosjekter, og bør utvides etter hvert. Dette

innebærer også at det stadig blir opplæring av BIM, og nye kurs blir holdt for oppdatering av nye metoder og programvarer.

7. **Hold deg til planen, men vær fleksibel samtidig.** Endringer skjer ikke fort, og derfor kan implementeringsprosessen vil ta lengre tid før arbeidsprosessen endres. Derfor er man nødt til å være fleksibel med tanke på nye programvarer som kan komme i markedet.
8. **Analysere BIM-implementeringen.** Det er viktig å finne ut av hvilke fordeler og ulemper som har oppstått grunnet implementeringen av BIM. Ettersom disse ulempene og problemene som oppstår løses, vil man kunne bruke BIM mer effektivt.

3.7.1 Fordeler ved implementering av BIM

Gjennom litteraturen har det blitt funnet flere fordeler ved implementering av BIM i byggeprosjekter. Det skal i dette underkapitlet trekkes frem ulike fordeler ved implementering av BIM, basert på Azhar et al. (2008) og Eastman et. Al (2018),

1. Raskere og mer effektive prosesser.

Når BIM blir implementert hensiktsmessig, muliggjør BIM byggeprosess som resulterer i bedre kvalitet til lave kostnader og redusert prosjektvarighet (Sacks, Koskela, Dave, & Owen, 2010). Dette innebærer at informasjon kan nå enklere deles med andre aktører eller i ulike grupper, samt gi verdiskapning for bedriften. Videre kan også informasjon lagret i et prosjekt tas med til neste prosjekt, kalt for «re-using»

2. Bedre design.

a. Tidligere og mer presis visualisering av bygningen.

3D modellen er generert direkte fra BIM programvaren, istedenfor at slik det er i den tradisjonelle måten at visualiseringen skapes ved flere 2D-tegninger.

b. Flere grupper kan jobbe med samme prosjekt til samme tid

BIM-teknologien muliggjør at flere grupper kan jobbe med prosjektet samtidig, ettersom filene blir oppdaterte på sky. Det gjør at alle grupper jobber med en oppdatert fil, slik at element-kollisjoner, eller typiske feil unngås tidlig i prosjektet.

c. Kostnadsestimering

Ved hjelp av at BIM registrerer alle elementer som blir benyttet i prosjektet, kan en enkelt lage kostnadsestimeringer. Dette kan for eksempel hjelpe med å innse tidlig i designfasen at prosjektet overstiger budsjettet, og dermed enten 1. avslutte prosjektet før det påløper mer kostnad, 2. Gjøre nye beregninger der kvaliteten reduseres eller andre grove tiltak for å kunne fullføre prosjektet.

d. Designere kan manipulere designgeometri effektivt ved å dra nytte av de parametriske relasjonene, samt atferdsmessige «intelligensen», som opprettholder sammenheng i design og automatisert generering og utforming av detaljerte komponenter (Sacks, Koskela, Dave, & Owen, 2010).

3. *Forbedring av energieffektivitet og bærekraft*

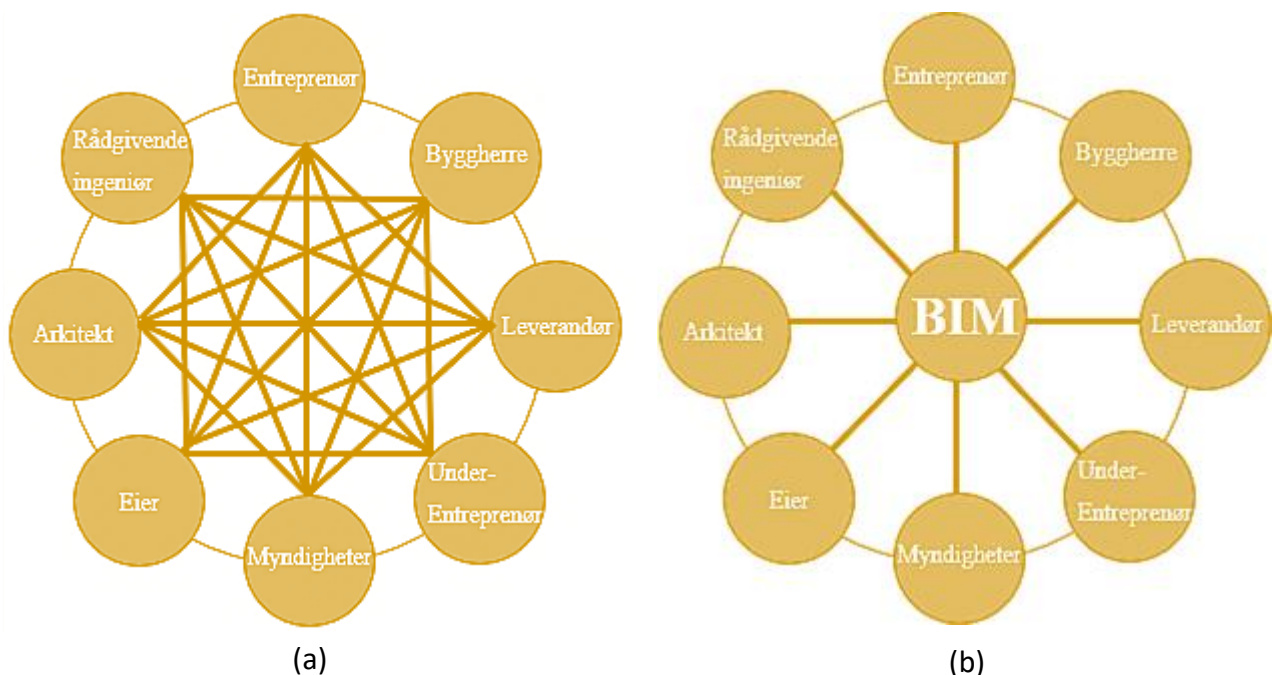
Kobler man BIM-modellen til energiberegningsprogrammer og gjør de nødvendige analysene, vil man kunne få en evaluering av energiforbruket til bygningen allerede i tidlig designfase. Dette krever på den tradisjonelle måten mye ressurs ettersom disse analysene ikke kan gjennomføres før alle 2D-tegninger er fullførte, og en eventuell endring som kommer frem ved energianalysen vil påkoste en allerede ferdig designet bygg store beløp. Videre blir BIM-systemer i økende grad brukt for bærekraftige designprosesser og designvurderingsanalyser som **LEED** (Leadership in Energy and Environmental Design) og **BREEAM** (Azhar, Carlton, Olsen, & Ahmed, 2011).

4. Bedre produksjonskvalitet

Å utvikle en skjematisk modell før generering av en BIM-modell muliggjør en nøyere evaluering av den foreslåtte planen i forhold til krav om funksjonalitet og bærekraft. Ulike verktøy som finnes i BIM, som for eksempel nevnt i punkt 3, er også med å heve kvaliteten på prosjektet.

5. Bedre koordinering

Implementering av BIM-teknologien vil bidra til større effektivitet i byggebransjen gjennom økt samarbeid mellom forskjellige prosjektdeltagere, mindre kollisjoner og gjentatte arbeid med korreksjoner og justeringer (Migilinskas, Popov, Juocevicius, & Ustinovichius, 2013). Et godt samarbeid gir også bedre koordinering mellom entreprenør og underentreprenør også. Som et resultat av dette vil kollisjonskontroller og korreksjoner av feil utføres før en bygging har startet på byggeplass.



Figur 3-17 - (a) Informasjonsflyt mellom ulike aktører uten en sentral database. (b) Informasjonsflyt mellom aktører med en sentral database (BIM) (Chen, et al., 2004)

3.7.2 Utfordringer ved implementering av BIM

I forrige kapittel har fordeler ved implementering av bygningsinformasjonsmodell blitt beskrevet. I dette kapitlet skal utfordringer som følge av implementering av BIM bli sett nærmere på. Disse utfordringene har blitt utforsket og funnet gjennom litteratursøk. Basert på Criminale et.al (2017) er punktene nevnt under de største utfordringene ved implementering av BIM.

1. *Tid trengt for å ansette/opplære*

Selv om de fleste nyutdannede kommer med ferske BIM-kunnskap er det ikke slikt at det nødvendigvis endrer mye i bedriften når det gjelder implementeringen av BIM. Det tar ofte veldig lang tid før ansatte med flere års erfaring med den tradisjonelle metoden klarer å bruke BIM like effektivt på prosjektene deres.

2. *Kostnad knyttet til opplæring/ansettelse*

Som nevnt i punkt nr.1, tar opplæringen særdeles lang tid for personer med bakgrunn fra å benytte tradisjonelle metoder. Kostnader knyttet til at det ansettes fagfolk med BIM-kunnskap for å opplære ansatte er derfor en viktig utfordring som Criminale et.al (2017) trekker frem.

3. *Kulturendring*

Ikke bare kostnadmessig, men det finnes alltid personer som ikke ønsker å komme seg ut ifra komfortsonen, og derfor ikke ønsker å ta i bruk ny teknologi. Denne kulturendringen hos bedriften kan da være et stort problem ettersom det krever en helomvending av bedriften med tanke på nåværende praksis, og for bedriften som ikke ser gevinsten ved BIM kan ytterligere utfordringer oppstå.

4. *Kostnad knyttet til programvarer*

Det finnes mange ulike programmer for å gjøre beregninger og modelleringer med BIM, slikt det er beskrevet i kapittel 3.3 BIM-dimensjoner. Lisensene for de ulike programvarene kan være ganske dyre for en bedrift med mange ansatte, og ettersom ikke alle programvarer støtter åpenBIM (se kap. 3.4), kan det da være behov for kjøp av lisenser til flere enn én programvare. Dette kan da være en stor barriere for

KAPITTEL 3: BIM

implementering av BIM, spesielt for mindre bedrifter som ikke har nok ressurser for slike kostnader.

5. *Eierskap til BIM-modellene*

Det kan ofte være utfordringer for hvem som skal 'eie' BIM-modellene og hvem som har rettigheter til å gjenbruke disse modellene videre. Dette skaper også problemer ved sikkerheten til modellene ettersom ulike prosjektgrupper har aksess til modellene og kan fritt dele disse.

4 Lean og BIM

I dette kapitlet er teori rundt Lean Construction gjennomgått ved hjelp av en oppfattende litteraturstudie som inkluderte utforskning om: 1. Leans historie, 2. Lean Construction og 3. Kombinasjon mellom BIM og LEAN Construction i byggebransjen, samt at forklaring på hvordan disse to er med på å skape mer bærekraft i byggebransjen er gitt. Kapitlet søker i så måte å besvare forskningsspørsmål 1, 2 og 3. Leans historie forteller om denne metodikkens opphav, samt at hvorfor denne metodikken er blitt så populær blant andre sektorer. Deretter er Lean Construction, forklart der fordeler og utfordringer med denne byggeindustriens filosofi blir presentert. Denne filosofien er basert på mindre sløsing og derfor inkluderes utforskningsmetode som veldig klart definerer noen kilder til sløsing og hvordan disse påvirker flyten i prosessene og fremdriften i prosjektene.

4.1 Historien om LEAN

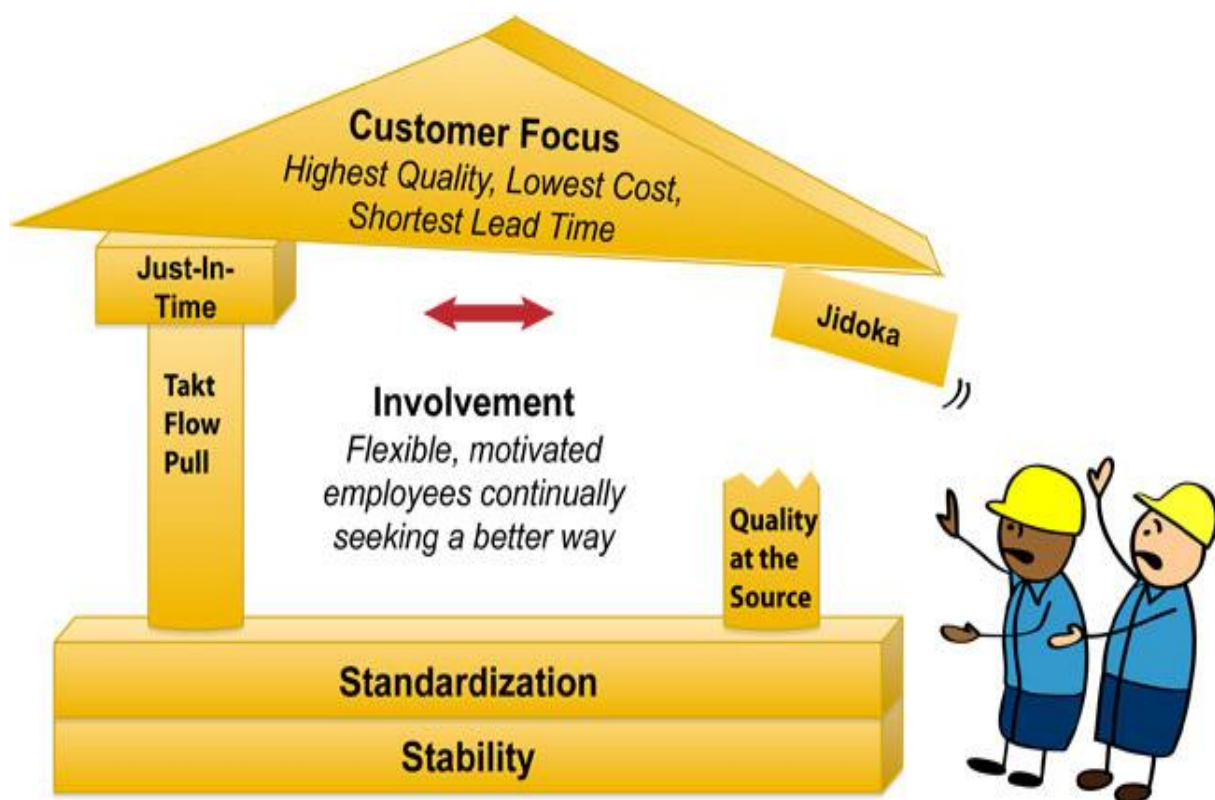
Det var rett etter andre verdenskrig at Toyota la grunnlaget for Lean management, ved å organisere produksjonsprosessen på en fleksibel og tilpasningsdyktig praksis (Krijnen, 2008). Målet med ny tankegang var å få nyetablert Toyota, som gikk fra tekstilproduksjon til bilproduksjon, til å kunne konkurrere med andre aktører i bilindustrien som Ford og General Motors. De amerikanske konkurrentene hadde ressurser og veletablert forsyningskjede med stort antall kunder. Toyota, derimot, var i en helt annerledes situasjon, som var preget av mangel på ressurser og kompetent arbeidskraft, mange færre kunder enn konkurrentene hadde, og flere andre hindringer som sto i veien for bedriften som ville penetrere i et monopolistisk marked.

Siden det var urealistisk å konkurrere med Ford og General Motors uten å ha samme vilkår, måtte Toyotas ledelse finne løsning som tiltrakk nye kunder uten å øke produksjonskostnaden. Løsningen var å ha arbeidsmetodikk som baserte sine prosesser og ressurser til å produsere kun det som skaper verdi for kunden eller det som er nødvendig for selve produksjonen. Alle andre aktiviteter bør elimineres eller reduseres i størst mulig grad i tilfeller hvor det ikke er mulig å få dem eliminert. Å innføre Lean i en virksomhet er derfor en grundig prosess og kan begrunnes med følgende sitat fra Albert Einstein:

KAPITTEL 4: Lean og BIM

«Det er galskap å gjøre det samme som man alltid har gjort og så forvente forbedring av resultatene.» (Tøien, 2021)

Toyota-produksjonssystemet er bygget på to hovedprinsipper: «Just-in-Time» produksjonsleveranse og **jidoka**, som er praksis å aldri la en mangel gå inn i neste stasjon, se figur 4-1. (Thomas W. Kehr, 2016)



Figur 4-1 - Leans søyler (*What is Jidoka: Principles of Lean manufacturing, 2021*)

Etter den første oljekrisen på begynnelsen av 1970-tallet begynte Toyota å trekke oppmerksomhet da folk la merke til at den led mindre under nedturen og kom seg mye raskere enn konkurrentene. Nøkkelen for deres suksess var å ha en prosess som inkluderte «kostnadsreduksjon gjennom eliminering av sløsing» og «full utnyttelse av arbeidernes evner». Kostnadsreduksjon var et resultat av kombinasjon mellom «Just-in-Time» og jidoka, mens «Full utnyttelse av arbeidernes evner» baseres på å minimere bortkastet bevegelse av arbeidere, sikre deres sikkerhet og gi dem større ansvar ved å la dem delta i å styre og forbedre jobbene sine.

I løpet av de siste 60 årene ble Lean Toyotas filosofi som bedriftskulturen bygger på. Alle arbeidsmetoder og arbeidstrinn som brukes av Toyota-ansatte i dag er hentet fra Lean. For en Toyota-ansatt er det like viktig å lære å produsere eller selge en bil, som det å vite hvordan man arbeider i henhold til Lean. (Krijnen, 2008)

Lean, som en gjennomføringsprosess var respons på Toyotas behov om å bli konkurransedyktig i en situasjon som var veldig ugunstig for dette bilmerket. Innføring av Lean i Toyota bilproduksjon har vært en suksess (Thomas W. Kehr, 2016), og Lean har blitt en ønskelig prosess i andre bransjer senere, inkludert byggebransjen. Leans vekst og popularitet er forårsaket av gjennomtenkte mål for hvert steg i prosjektprosessene. Hensikt med disse målene har alltid vært å enten maksimere ressursene man har eller å minimisere kostnader som er forårsaket av unødig sløsing av tid og arbeidskraft. Hver bedrift som ønsker en langsiktig vekst, må fremvise kontinuerlig forbedring, og strebe for å oppnå bedre flyt i prosessene.

4.2 Grunnprinsippene innen Lean tankegang

Toyota produksjonsprosess er basert på et system som alltid starter med å bestemme verdien for en kunde, og som til slutt vil bestemme produksjonsprosessen som vil brukes (Krijnen, 2008). For eksempel produserer Toyota bare biler som blir etterspurt av markedet i stedet for masseproduksjon. På denne måten produserer Toyota bare etter kundens behov og tidspunkt. Denne fleksibiliteten har vært grunnen til at amerikanerne har merket Toyota-produksjonssystemet *Lean* som kan bety bl.a. slank, sparsom og jevn. Hovedprinsippene innen Lean, ifølge boken "The Machine That Changed The World" (Womach, Jones, & Roos, 2007), er å:

Definere verdi

Det viktigste i LEAN er å få kartlagt og forstått fullt ut kundens ønsker og jobbe mot riktig implementering av disse ønskene.

Kartlegge verdistrømmen

Det andre prinsippet i LEAN er å identifisere og kartlegge verdistrømmen. Målet med dette prinsippet er å bruke kundens verdi som referansepunkt for å identifisere alle aktiviteter som kreves for å ta et prosjekt fra råvarer til det endelige leverte produktet. Aktiviteter som ikke

KAPITTEL 4: Lean og BIM

gir kundene merverdi kan deles inn i 2 kategorier: ikke-verdifulle men nødvendige og ikke-verdifulle og unødvendige. Ikke-verdifulle og unødvendige aktiviteter er rent sløsing og bør fjernes. Ikke-verdifulle, men nødvendige, bør reduseres så mye som mulig. Å redusere og eliminere sløsing sikrer at kundene får akkurat det de ønsker til lavest mulig pris.



Figur 4-2 - Hovedprinsippene for Lean management (*Planet together, 2021*)

Lage flyt

Når ikke-verdifulle aktiviteter er fjernet fra verdistrømmen, er det viktig at de resterende trinnene flyter jevnt uten forsinkelse eller flaskehals. Strategier for å oppnå dette inkluderer nedbrytning av trinn, omkonfigurering av produksjonsprosesser som utjevner arbeidsmengden, oppretting av tverrfunksjonelle team og opplæring.

Etablere trekk

For å kunne lykkes med produksjonsprosess som baserer seg hovedsakelig på det som er verdi for kunden, trenger du et fleksibelt produksjonssystem med korte ledetider. I stedet for å skyve produktene gjennom systemet, etablerer du et trekk. Ved å etablere trekk skaper man da mindre sløsing, som et resultat av at kun nødvendige ressurser blir brukt. Alle prosessene må være i kø for å la produktet strømme gjennom systemet så raskt som mulig.

Kontinuerlig forbedring

Dette prinsippet gjør Lean til en del av organisasjonskulturen. Hver ansatt bør strebe mot perfektion mens de leverer produkter basert på kundens behov. Bedriften skal være en lærende organisasjon og alltid finne måter å bli litt bedre hver dag.

4.3 De syv kildene til sløsing ifølge Lean

Dette delkapitlet tar for seg forklaring av hvorfor det er viktig å indentifisere og eliminere sløsing, samt at de mest kjente sløsingkilder i byggebransjen er presentert og forklart litt dypere. Byggesektoren kjennetegner et konkurransedyktig marked, som alltid streber mot lavere priser slik at byggebedrifter tvinges til å redusere marginen og optimaliserer ressursene. Hovedtiltaket for å lykkes i bransjen, er å jobbe mot å indentifisere kilder til sløsing og reduisering av disse i størst mulig grad.

Når det er snakk om forsøpling i en bedrift, er det forskjellige kategorier/prosedyrer som forårsaker dette. For å nevne noen, har vi feil som krever utbedring, produksjon som ingen trenger, slik at varelager og gjenværende varer hopper seg opp, prosesseringstrinn som ikke er nødvendig, flytting av ansatte og transport av varer fra ett sted til et annet uten noe formål, grupper av mennesker i en nedstrøm aktivitet som står og venter fordi en oppstrøms aktivitet ikke har levert i tide, og varer og tjenester som ikke tilfredsstiller kundens behov (T.Jones, 1996).

Lean handler om å involvere medarbeiderne i å utvikle kvalitet og resultater gjennom søkelys på kunde verdi, flyt og kontinuerlig forbedring. Sentralt i dette er bl.a. å indentifisere og fjerne alle kilder til sløsing. I byggebransjen er 8 sløsingkilder som må reduseres eller elimineres i størst mulig grad, se figur 4-3:

Overproduksjon

Dette handler om å produsere mer enn etterspørselen er i markedet, både internt og eksternt. For eksempel, arbeid som ikke skal bli brukt, og som skal ende som avfall til slutt. I følge [4] betyr overproduksjon bruk av mer materiale enn nødvendig, flere ressurser enn nødvendig og / eller overdimensjonert utstyr for oppgaven å utføre. En indikator på overproduksjon er mengden avfall som kastes i søppelbiler og som evakueres månedlig, ukentlig eller daglig, avhengig av prosjektets størrelse.



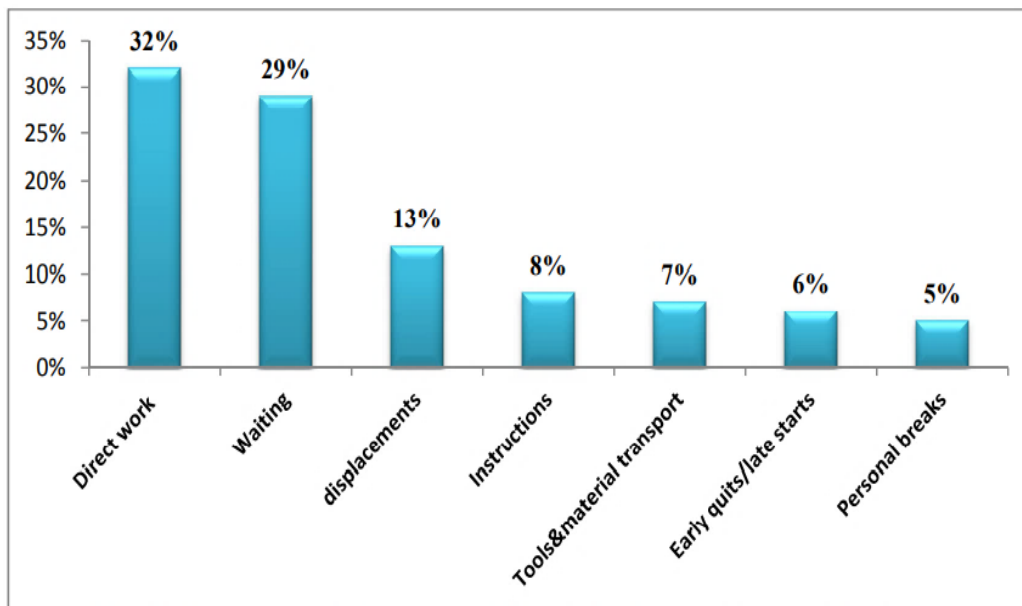
Figur 4-3 - 7 kilder til sløsing ifølge Lean tankegang (AEC Soluzioni, 2015)

Unødvendig lager/kø

For store varebeholdninger genereres vanligvis på grunn av den store mengden, basert på prinsippet om at mer lastebilen blir lastet med, vil transportkostnadene optimaliseres. Men ulempene med denne tilnærmingen at materialene som leveres på stedet, og som ikke vil bli brukt på kort sikt, er kilder til forskjellige utgifter: lagringskostnader, lagerstyring og bortkastet tid på å søke etter det materialet som er søkt. I tillegg til det, blir de frie overflatene mindre på stedene, og plassen som brukes av disse materialene eliminerer muligheten for å bruke dem til andre oppgaver som bidrar til å blokkere og avbryte produksjonsflyten.

Omarbeiding (feil og avvik, reklamasjoner)

Defektene er kilder til generering av direkte og indirekte sløsing. Direkte, av ressursene som brukes til å implementere (materialer, utstyr, arbeidskraft) og indirekte av inntektene som ikke genereres under reparasjonsfasen. Disse gir negative effekter på selskapets lønnsomhet (desynkronisering av resten av arbeidet, uorden, fare for personellsikkerheten, manglende motivasjon fra operatørene samt dagmulkt forårsaket av sen leveranse).



Figur 4-4 - Proporsjoner av sløsingkilder (Chafi & Bajjou, 2017)

Unødvendig transport

Transport er en viktig prosess for produksjonen, men i motsetning til dette kan unødvendige transportaksjoner bidra til generering av ekstra sløsing i produksjonskjeden som ikke tilfører verdi til sluttproduktet. Den unødvendige transporten har ikke optimalisert logistisk flyt, og suksessen til de fleste byggeprosjekter skyldes i stor grad prosjektgruppens evne til å organisere sine logistikkstrømmer (levering, evakuering av utstyr og materialer).

Overprosessering

Overprosessering er de unødvendige oppgavene som utføres på produktet uten å bli bedt om det av klienten. I tillegg inkluderer overbehandling også bruk av verktøy og instrumenter som er for dyre og mer robuste enn nødvendig for å tilfredsstille det interne og eksterne

KAPITTEL 4: Lean og BIM

kundebehovet. Dette betraktes som kilde til sløsing fordi den ikke tilfører verdi til sluttproduktet.

Unødvendig bevegelse (forflytning, leting etter verktøy, materialer etc.)

Studier utført ved en større global konstruksjon viste at en arbeider gikk mellom syv og ni kilometer per dag. Disse forskyvningene kan skyldes flere faktorer som å søke etter informasjon (plan, bestillinger, detaljer, osv.), verktøy, materialer eller overgang fra et arbeidsområde til et annet. Unødvendige forskyvninger av operatørene for å lete etter utstyret har en negativ innvirkning på kvaliteten på de flyttede produktene (skade, nedbrytning ...), og de fremmer risikoen for arbeidsulykker på en byggeplass.

Ubenyttet kompetanse

Manglende bruk av personalets ferdigheter blir sett på som den syvende kilden til sløsing fordi selskapene ikke utnytter et stort potensial som er tilgjengelig, og som kan produsere kreative ideer og skape merverdi for kunden. I et tradisjonelt styringssystem, etterlater ikke ordrene gitt av den overlegen stor margin for initiativ og kreativitet, enten det er individuelt eller kollektivt. Så lite informasjon sirkulerer på tvers, og operatører må alltid utføre sitt arbeid uten å gi tilbakemelding eller forslag for å fremme selskapets ytelse og pålitelighet.

Venting

Venting er en veldig viktig kilde i sløsingshavet som ikke gir noe verdi for kunden. Det kan knyttes til dårlig synkronisering av arbeidssekvenser eller bestillinger. Figur 4-4 viser proporsjoner av sløsingkilder.

Forklaring om hva forskjellige sløsingkilder innebærer er inspirert av rapporten «*A Comparative Study between Lean Construction and the Traditional Production System*» (Chafi & Bajjou, 2017).

4.4 Hvordan implementere Lean?

Byggebransjen er ekstremt preget av mye sløsing, spesielt i tradisjonelle styringsystemer, noe som fører til lave ytelser, overskridelser av kostnader / forsinkelser og dårlige sikkerhetsforhold (Chafi & Bajjou, 2017). Målet med Lean tankegang er å nå det som virkelig tilfører verdi til klienter på den «leaneste» måten, og eliminere sløsing gjennom mer effektive prosesser som optimaliserer hovedkompetansen til verdikjede i produksjon (Clare L. Comm, 2005).

Tabell 4-1 - Sammenligning av tradisjonell og LEAN tankegang (Best & Valence, 2002)

Lean	Tradisjonell
Fokus er på produksjon	Fokus er på transaksjoner og kontrakter
Beslutningskjede inkluderer alle prosjetdeltakere	Beslutninger diskuteres og tas av ledere
Alle prosjektfaser er hensyntatt i designfasen.	Ikke alle prosjektfaser er hensyntatt i designfasen.
Produkt og fremdrift er planlagt sammen, allerede i designfasen.	Fremgangsmåte og produksjon starter etter at produktdesign er bestemt.
Aktiviteter utføres i det siste ansvarlige øyeblikket	Aktiviteter utføres tidligst mulig
Læring er innlemmet i prosjekt, firma og forsyningskjede	Læring skjer sporadisk
Stakeholderes interesser er justert.	Stakeholderes interesser er ikke justert.

KAPITTEL 4: Lean og BIM

Leans ideal som maksimerer verdi og minimiserer sløsing har 3 perfektjonsdimensjoner:

1. Produkt som er unikt og tilpasset
2. Umiddelbar levering
3. Ingen behov for lager.

I starten var det skepsis mot Lean i byggesektoren fordi produksjon i sektoren var preget av unike prosjekter som ikke åpnet rom for samme arbeidsmetode som i bilbransjen. Senere utvikling av byggebransjen har vist mer standardisert produksjon som lager forskjellige byggekomponenter, som deretter blir tiltransportert og sydd sammen på en byggeplass. Denne utviklingen har gjort at LEAN tankegang er blitt ettertraktet grunnet gode løsninger innen ledelse av dynamiske prosesser. Generell oppfatning er at byggebransjen ligger godt etter andre bransjer i utnyttelsesgrad av teknologi og tid på grunn av store og lange arbeidsprosesser som fortsatt preger:

1. **Kvalitet** – av det endelige produktet;
2. **Tid** – som brukes på ikke-verdifulle og unødvendige aktiviteter;
3. **Ressursutnyttning** – fortsatt veldig stort potensial for mer bærekraft i byggesektoren som må tas hensyn til. Mye av bygnings- og rivningsavfallet i selve bransjen kan resirkuleres eller håndteres på mer miljøvennlig måte som igjen kan skape mer økonomisk verdi for aktører i bransjen.

For små bedrifter er det lett å bruke Lean fordi det er ikke mange involverte, men i større bedrifter kan dette være til stor utfordring på grunn av store og lange arbeidsprosesser der dette inkluderer mange mennesker. I små bedrifter er det, som sagt ikke så mange arbeidsprosesser som gjør det enklere å styre dem og enklere å unngå å gjøre en del unødvendig arbeid. Bransjens utfordring er å komme med best mulig løsning for store prosjekter og derfor er Lean blitt et aktuelt verktøy for å komme med tiltak som skal effektivisere produksjon og forbedre samarbeid ved tidlig involvering av prosjektets interessenter i et byggeprosjekt.

Produktivitetsforbedringer i byggebransjen har stagnert de siste tiårene sammenlignet med andre bransjer som informasjonsteknologi, produksjon og landbruk. Fra PlanGrid og FMIs

rapport, Construction Disconnected¹, anslås det at byggesektoren i USA vil miste 177 milliarder dollar i 2018 grunnet ikke-produktiv arbeidsaktivitet. Tapet inkluderer å lete etter prosjektdata og informasjon, konfliktløsning og håndtering av feil og omarbeid. I tillegg anslår rapporten at dårlig data og kommunikasjon bidrar til 31 milliarder dollar i omarbeiding. Med dette nivået av sløsing over hele kloden er det ikke rart at mange organisasjoner leter etter måter å påvirke produktiviteten positivt og til slutt deres bunnlinje. (Autodesk Construction Cloud, 2021)

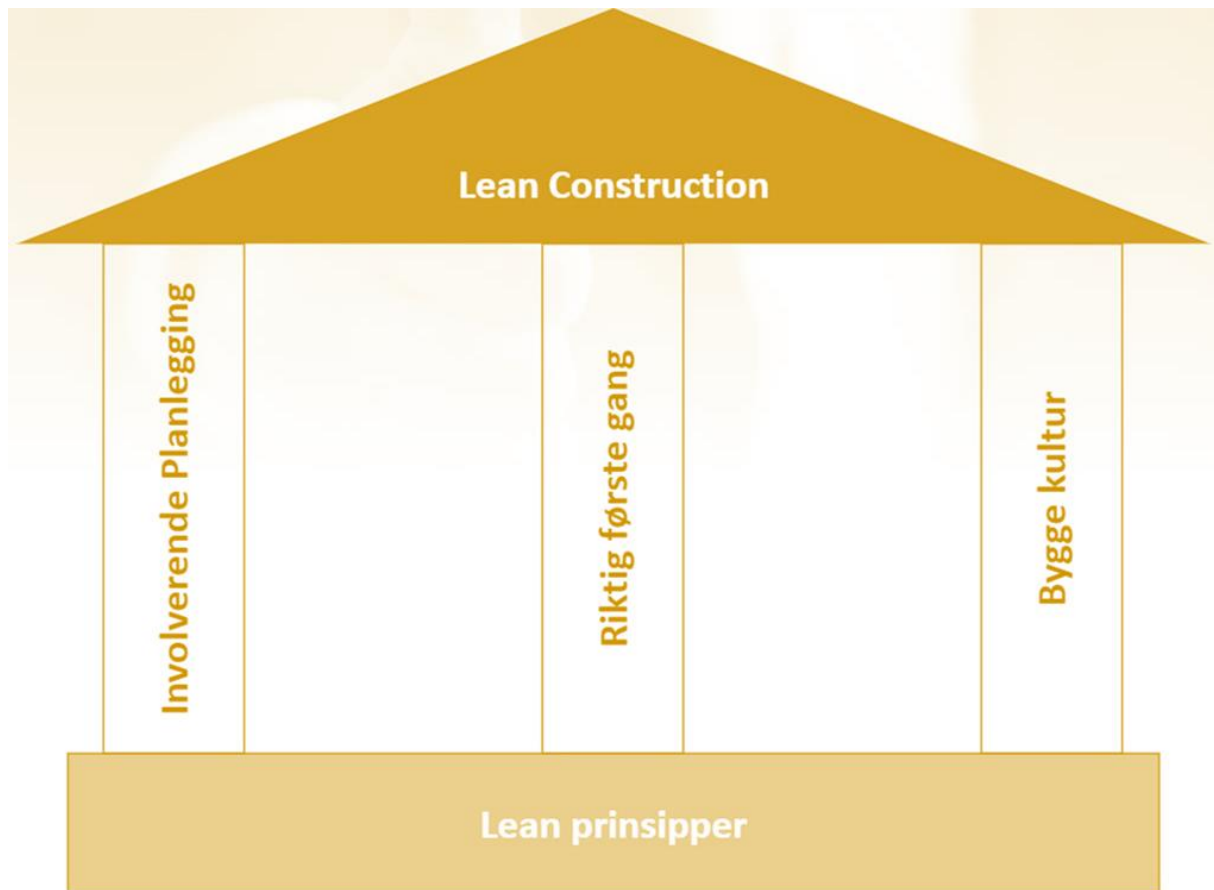
4.5 LEAN Construction

I følgende delkapitlet er Lean Construction presentert sammen med de mest relevante verktøyene for implementering av LEAN Construction: The Last Planner System og 5S. Videre i kapitlet skal det drøftes hvordan BIM (Building Information Modeling) kan sees på som et LEAN-verktøy for mer effektivt arbeid. Lean Construction er en ambisjon om å forstå og forbedre byggenæringens prosjektbaserte produksjon (Bølviken, 2021), og baserer seg på å skape verdi i byggeprosjekter og bygninger ved å allokere bransjes ressurser til en tilstand hvor mest energi blir utnyttet med minimal sløsing gjennom alle prosjektfaser.

Et meget sentralt kjennetegn med tekningen bak Lean Construction er å «slåss» mot forstyrrelser og hindringer før produksjonen finner sted, etter inspirasjon fra Toyotas produksjonssystem (Ballard & Howwel, 2004).

Andre viktige deler av tankesettet er å planlegge sammen med dem det gjelder, og å planlegge mer og mer desto nærmere vi kommer selve produksjonen, og ikke minst tenke flyt i produksjonen, herunder å sette søkelys på å fjerne sløsing (Kalsaas, 2017). Mer nylig begynner Lean filosofien å innpasses i byggesektoren.

¹ Construction Disconnected rapport ligger her: <https://blog.plangrid.com/2018/08/fmi-plangrid-construction-report/>



Figur 4-5 - Hovedprinsippene innen Lean Construction (*Leknessund, 2021*)

Grunnleggende i Lean Construction er å lede produksjonsprosesser fra tidlig prosjektfase til bygget er ferdigstilt og levert til kunden. De Lean Construction prinsippene som gjelder for fremdriftsplanlegging er å:

- begrense fremdriftsplaner til milepæler, og langsiktige leveranser som utførende skal jobbe mot og
- produsere fremdriftsplaner med teamet som skal utføre arbeidet, ved hjelp av en bakoverplanlegging, og bestemme som en gruppe hvordan best mulig flyt i aktivitetene skal oppnås. (Best & Valence, 2002)

4.5.1 Last Planner® System

Etablering av termen Lean Construction er sterkt knyttet til utviklingen av Last Planner, dette gjelder både Last Planner som en metodikk for planlegging og styring av prosjektbasert produksjon og, ikke minst, tankesettet som ligger bak (Kalsaas, 2017). Last Planner er den mest kjente metoden for effektiv implementering av Lean Construction. Grunnleggende prinsipper i Last Planner systemet er å øke suksessen til byggeaktiviteter ved å redusere risikoen eller usikkerheten som oppstår i planleggingsfasen eller andre faser.

Implementering av Last Planner systemet betyr å involvere med hensyn til håndverkere og horisontalt mellom prosjekterende og utførende entreprenører. Ved å iverksette The Last Planner system er målet (Kalsaas, 2017):

- | | | | |
|---|---|---|--|
| 1 | Å fjerne sløsing | 4 | Å motvirke variasjon |
| 2 | Å redusere ledetiden i forsyningskjeden | 5 | Kontinuerlig forbedring |
| 3 | Å forenkle forsyningskjeden (antall steg, deler, komponenter og relasjoner) | 6 | Å øke gjennomsiktigheten (visuell ledelse) |

Det primære fokuset er å redusere sløsing, jamfør 4.3.

Årsak til hvorfor denne metoden er allerede spredt i byggesektoren i Norge er fordi den har vist å fungere bedre i praksis enn den mer tradisjonelle formen for produksjonsplanlegging og styring. (Ballard & Howwel, 2004)

Last Planner systemet (LPS) er LCIs system for produksjonskontroll. Systemets hovedoppgave er å holde kontroll og ha oversikt over aktiviteter som skal utføres gjennom hele prosjektet. Kontrollen skal arbeide for å skape en ønsket fremtid fremfor å lete etter årsakene til hvorfor man ikke er der planen tilsier man burde vært. (Ballard H. G., 2000)

Elementene i Last Planner System

The Last Planner System utføres ved å:

1. Planlegge mer detaljert jo nærmere du kommer aktiviteten
2. Utarbeide ukeplanen (workplan) med de som skal gjøre jobben

KAPITTEL 4: Lean og BIM

3. Identifisere og fjerne hindringer før aktiviteten skal gjennomføres
4. Kreve pålitelige løfter av alle deltakende i planlegging
5. Lære av planlegging ved å finne årsaker og utføre preventive tiltak. (Ballard, Hammond, & Nickerson, Production Control Principles, 2009)

Følgende delkapittel skal drøfte de 5 plannivåene i Last Planner der alle er like viktige for vellykket Last Planner implementering. Disse plannivåene danner et forenelig system der man kan kontrollere fremdriften, se figur 4-9.

Hovedplan

Det første plannivået i The Last Planner systemet er hovedplan, se tabell 4-2, som med andre ord, er hovedfremdriftsplan som planlegger aktiviteter i prosjektet fra start til slutt. Den består av milepæler og faser, og har som hensikt å gi en indikasjon på tidsbruk frem til bygget skal stå ferdig uten å gå i detalj. Ut fra fremdriftsplanen dannes faseplaner, som settes sammen av tverrfaglige team i forkant av den aktuelle fasen.

Tabell 4-2 - Planhierarkiet i Last Planner systemet

Nivå	Planhierarki	Funksjon
Strategisk	Hovedplan	Oversikt
	Faseplan	Bør
Operativ	Utkikksplan	Kan
	Ukeplan(er)	Skal

Faseplan

Faseplan/faseprogrammering er det andre plannivået i Last Planner systemet og handler om å detaljere innholdet i fasen som prosjektet befinner seg i. Teamet benytter «pull» prinsippet, se figur 4-6, og ender derfor kun med aktiviteter de tror det er realistisk å gjennomføre i perioden.

Faseplaner, noen ganger kalt "trekkplaner", i Lean Construction, er produsert av de som vil gjøre jobben i den fasen, og begynner med et tilbakeblikk fra en milepæl. Den beste måten som hittil er oppdaget for å produsere faseplaner, er å få et team av forskjellige spesialister til å skrive ned oppgavene sine på kortene og feste dem til en vegg, og dermed skape et logisk nettverk, som teamet kan se på nytt til det skapes tilstrekkelig flyt til buffer usikre aktiviteter. (Ballard & Zabelle, Lean Design: Process, Tools, & Techniques, 2000)



Figur 4-6 - Faseprogrammering - "Pull-planning system" (Leknessund, 2021)

Utkvikksplanlegging

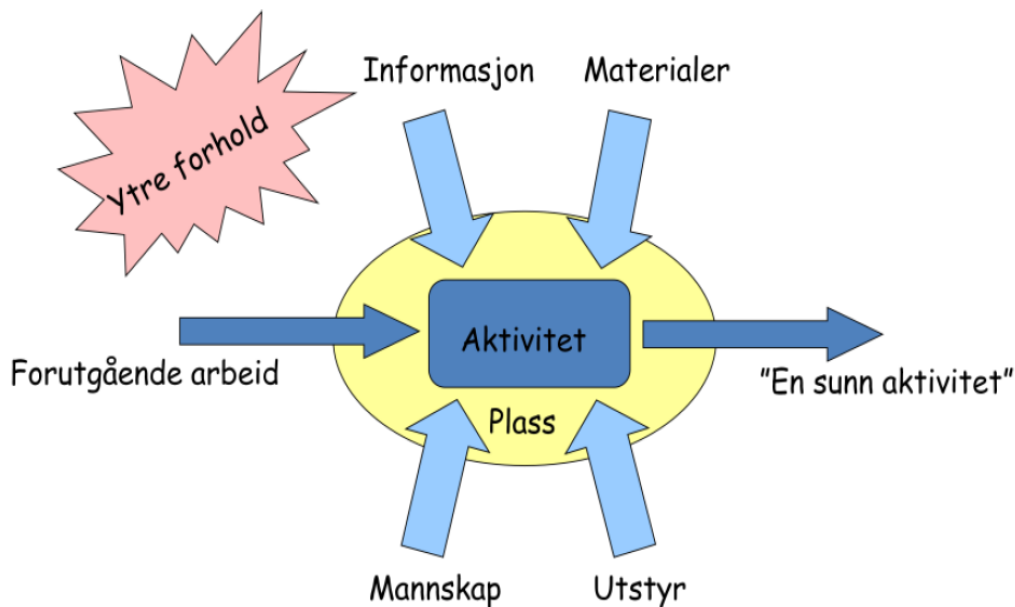
Det tredje plannivået er utviklingsplanlegging og dets hovedfokus er å arbeide systematisk med å fjerne hindringer/begrensninger for at arbeidet skal kunne utføres i best mulig rekkefølge (Kalsaas, 2017). I utviklingsplanen skal hver av de aktivitetene som KAN utføres gjøres klar til utførelse. De aktivitetene som KAN utføres er kalt for sunne aktiviteter. Det finnes 7 forutsetninger for sunne aktiviteter, og hvis en forutsetning ikke er oppfylt, skal den følgelig ikke trekkes inn i utviklingsplanen. Oppfølging av forutsetninger for sunne aktiviteter bør fordeles i forhold til fag, person/rolle eller tidshorisonnt og tidsperspektiv for utviklingsplan brukes for neste 5-9 uker, se figur 4-7.

Rolle	Tidshorisont	1: Tegninger / prodgrunnlag	2: Materialer inkl logistikk	3: Utstyr / verktøy	4: Bemanning	5: Ytre forhold / HMS	6: Foregående aktivitet	7: Plass og ryddighet
Prosjektler TE	+ 5 til 8 uker	X	X					
Anleggsleder TE	+ 2 til 4 uker			X	X			
Områdeansvarlig TE	+ 1 uke					X	X	X
Prosjektleder (fag)	+ 4 til 8 uker	X	X	X				
BAS (fag)	Dag til dag + 3 uker				X	X	X	X

Figur 4-7 - Eksempel på ansvarsfordeling i forhold til rolle og tidshorisont (*Leknessund, 2021*)

Syv forutsetninger for sunne aktiviteter er:

1. Forutgående arbeid skal være utført
2. Informasjon i form av tegninger og beskrivelser skal være tilgjengelig
3. Nok mannskap med riktig kompetanse skal være tilgjengelig
4. Materialer skal være på plass
5. Utstyr skal være til stede og tilgjengelig
6. Arbeidsplassen skal være tilgjengelig, de ulike fagene må ikke gå i veien for hverandre
7. De ytre forholdene skal være i orden (vær, offentlige godkjenninger med mer), se figur 4-8.



Figur 4-8 - Syv forutsetninger for sunne aktiviteter (*Bølviken, 2021*)

Ukentlig arbeidsplan

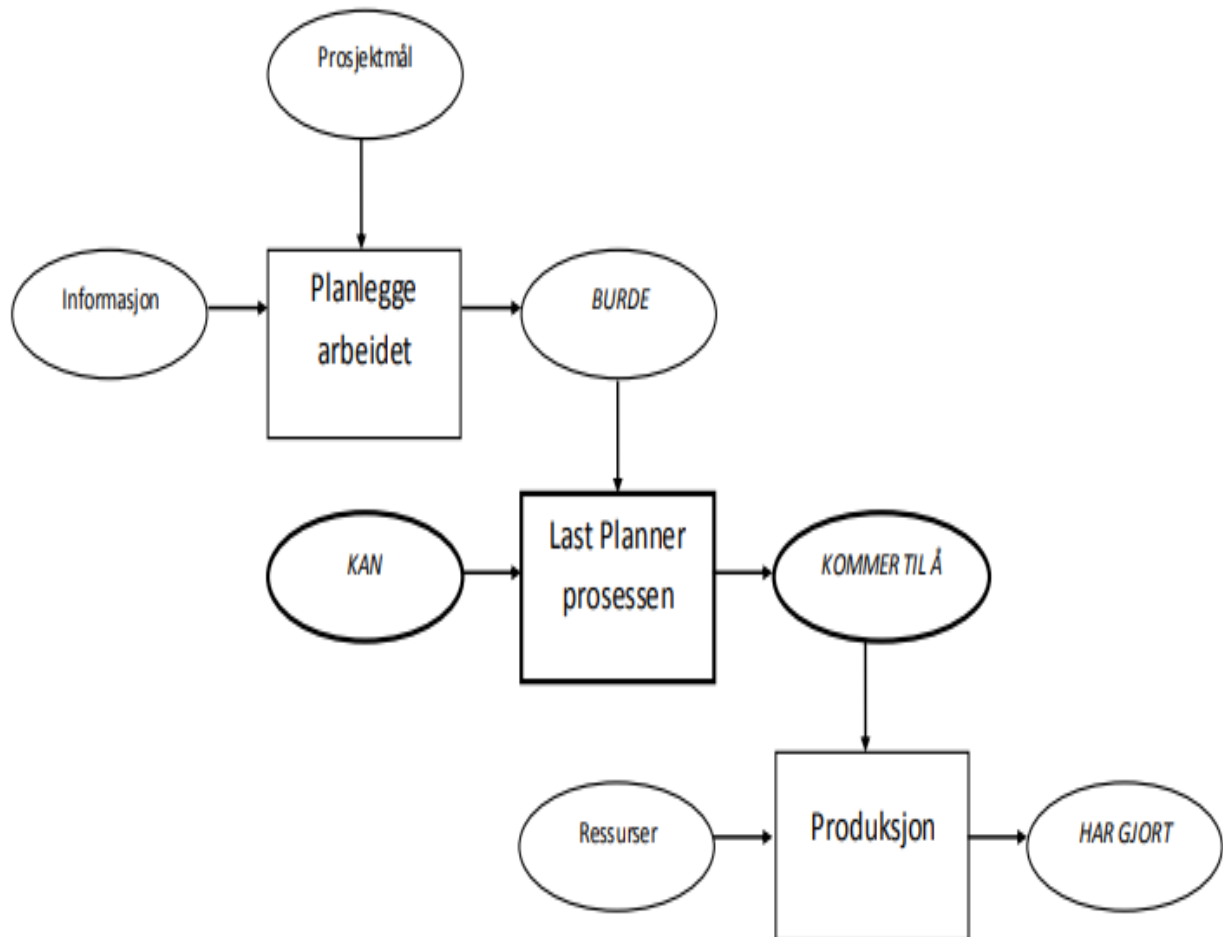
Når det utarbeides ukentlige arbeidsplaner som er det fjerde plannivået, skal de aktivitetene som KAN gjøres konverteres til SKAL gjøres i denne fasen. I denne fasen er det viktig å dele arbeidet inn i mengder som kan utføres innenfor en uke, slik at vi kan måle om vi oppfyller planen eller ikke. Det antas også at det å ha konkrete mål for hvor mye som forventes produsert i løpet av en uke, er motiverende for håndverkerne. Ved for eksempel innsetting av vinduer bør det angis hvor mange vinduer som er planlagt innsatt en uke i en sone/kontrollområde, selv om arbeidet må fortsette neste uke. Arbeidsplanen utarbeides med en horisont på 2-4 uker. Dette er et flerfaglig plan i Last Planner, og ikke enfaglig som syns å være innenfor tradisjonell prosjektplanlegging. Det er denne tverrfagligheten og involveringen som er spesielt for arbeidsplaner i Last Planner. (Kalsaas, 2017)

Læring

Det femte plannivået er læring av feil og er en sentral del i Lean enten det er industriell serieproduksjon eller prosjektbasert produksjon som er fokuset i Lean Construction. Sentralt i læringsperspektivet er å måle arbeidsplanen ukentlig på PPU (Prosent Planlagt Utført) og å analysere årsak til avvik. Hvis vi en uke har planlagt å gjennomføre ti arbeidspakker, men kun ferdigstiller seks, blir PPU=60%. Viktigere enn selve PPU er årsaket til at arbeidspakker ikke

KAPITTEL 4: Lean og BIM

blir ferdig. Det er det vi lærer av når vi bestreber oss på å oppnå god arbeidsflyt og lite sløsing. (Kalsaas, 2017)



Figur 4-9 - The Last Planner system (Ballard H. G., 2000)

Beregning av prosent planlagt utført (PPU)

For å måle ytelsen til planleggingsystemet utføres en indirekte måling av fullførte arbeidsoppgaver i forhold til plan (Ballard, 2000c). Denne målemetoden kalles for «Prosent Planlagt Utført» (PPU) og måler planens pålitelighet. PPU vil kunne skape forpliktelse blant de ansatte. Prosent plan fullført (PPC), er antall planlagte aktiviteter fullført, delt på totalt antall planlagte aktiviteter, og uttrykt i prosent.

$$PPU = \frac{\text{Antall planlagte aktiviteter}}{\text{Total antall planlagte aktiviteter}} = [\%]$$

Dette fokuset på planrealisering reduserer risikoen for forplantning av variasjoner til nedstrøms strømmer og oppgaver. (Lauri Koskela, 1999). PPU identifiserer aktiviteter som ikke ble fullført henhold til plan som gjør det enklere å undersøke rotårsakene til problemet og gjennomføre forbedringer. PPU er derfor et nyttig verktøy for å få inn kontinuerlig forbedring i prosjektet.

PPU måler i hvilken grad frontlinjelederens forpliktelse (SKAL) ble realisert. Analyse av avvik kan da føre tilbake til rotårsaker, slik at forbedring kan gjøres i fremtidig ytelse. Å måle ytelse på Last Planner-nivå betyr ikke at det gjøres endringer kun på det nivået. Rotårsakene til dårlig plankvalitet eller unnlattelse av å utføre planlagt arbeid kan bli funnet på ethvert organisasjonsnivå, prosess eller funksjon. PPU-analyse kan bli et kraftig samlingspunkt for gjennombrudds initiativer. Det første som trengs er identifisering av årsaker til at planlagt arbeid ikke ble utført, helst av ledertilsynsmenn eller ingeniører eller håndverkere som er direkte ansvarlige for plangjennomføring. (Ballard, 2000)

En av hovedfordelene med Last Planner systemet er at den erstatter optimistisk med realistisk planlegging ved å vurdere de siste planleggenes ytelse basert på deres evne til å oppnå sine forpliktelser (Salem, 2005).

4.5.2 5S

5S-metoden legger vekt på organisering av arbeidsplassen og renslighet som hvis den implementeres, hjelper til med å adressere dårlig organiserte og upassende byggeplasser. 5S-prosessen (noen ganger referert til som Visual Work Place) handler om et sted for alt og alt på sin plass. Den har fem nivåer av rengjøring som kan hjelpe til med å eliminere ikke-verdiskapende aktiviteter (Ogunbiyi, 2014). Man skal utvikle en standard 5S arbeidsprosess med forventning til systemforbedring.

Implementering av Lean verktøyet 5S «rydder opp» og organiserer arbeidsplassen i utgangspunktet i sin eksisterende konfigurasjon, og det er vanligvis den første Lean metoden som organisasjoner prøver å gjennomføre. I det daglige arbeid er rutiner som opprettholder

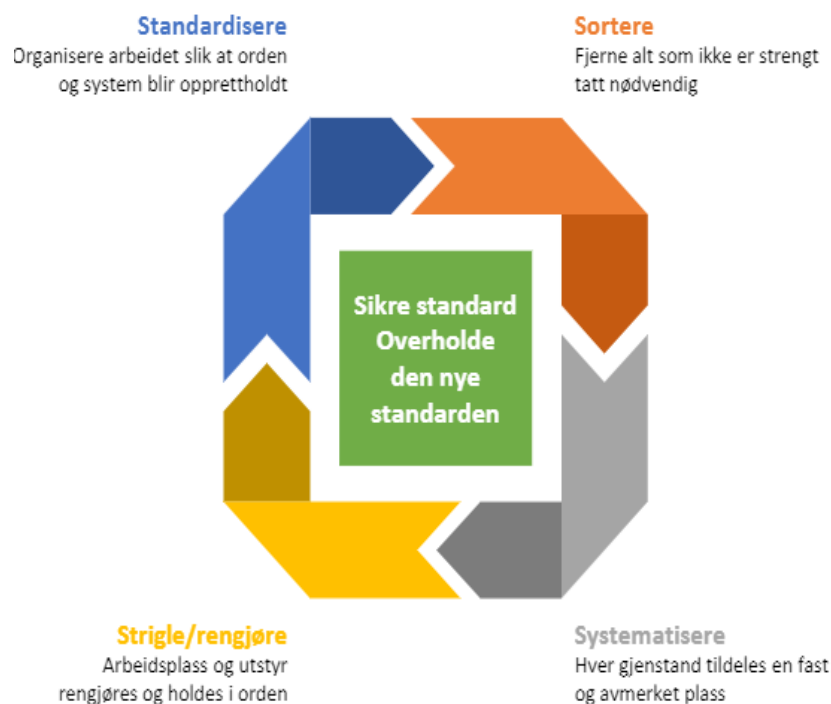
KAPITTEL 4: Lean og BIM

organisering og orden avgjørende for en jevn og effektiv flyt av aktiviteter. Dette Lean-verktøyet oppfordrer involverte til å forbedre arbeidsforholdene sine og hjelper dem å lære å redusere sløsing, ikke planlagt nedetid og lagerbeholdning under prosessen. (Hirano, 1996)

5S er en syklisk metodikk: sortere, systematisere, skinne, standardisere, opprettholde syklusen, se figur 4-10. De 5S søyler som resulterer i kontinuerlig forbedring, er:

Sorterere

Sortere er den første S og fokuserer på å eliminere gjenstander fra arbeidsplassen som ikke er nødvendige for dagens produksjonsoperasjoner. En effektiv visuell metode for å identifisere disse unødvendige elementene kalles "rød merking", som innebærer å evaluere nødvendigheten av hvert element i et arbeidsområde og håndtere det riktig. En rød merkelapp er plassert på alle gjenstander som ikke er viktige for operasjoner eller som ikke er på riktig plassering eller mengde. Når de røde merkelappene er identifisert, blir disse elementene flyttet til et sentralt område for senere avhending, resirkulering eller omfordeling. Organisasjoner finner ofte at sortering gjør det mulig for dem å gjenvinne verdifull gulvplass og eliminere ting som ødelagte verktøy, skrap og overflødig råstoff. (Hirano, 1996)



Figur 4-10 - 5S (Leknessund, 2021)

Systematisere

Å systematisere i 5S betyr å fokusere på å lage effektive lagringsmetoder for å ordne varer slik at de er enkle å bruke, og å merke dem slik at de er enkle å finne og legge bort. Systematisering kan bare iverksettes hvis den første søylen, sortere, har ryddet arbeidsområdet for unødvendige gjenstander. Strategier for effektiv ordning inkluderer maling av gulv, påføring av etiketter og plakater for å angi riktige lagringssteder og metoder, skissering av arbeidsområder og steder, og installering av modulære hyller og skap. (Hirano, 1996)

Skinne

Når rotet som har tett til arbeidsområdene er eliminert og gjenværende ting er organisert, er neste trinn å rengjøre arbeidsområdet grundig. Daglig rengjøring er nødvendig for å opprettholde denne forbedringen. Arbeid i et rent miljø gjør det mulig for arbeidstakere å oppdage funksjonsfeil i utstyr som lekkasjer, vibrasjoner, brudd og feiljusteringer. Disse endringene, hvis de ikke blir overvåket, kan føre til utstyrssvikt og tap av produksjon. Organisasjoner setter ofte opp mål, oppgaver, metoder og verktøy før de begynner å skinne. (Hirano, 1996)

Standardisere

Når de første tre 5S-ene er implementert, er neste søyle å standardisere beste praksis i arbeidsområdet. Standardisere, metoden for å opprettholde de tre første søylene, skaper en konsekvent tilnærming som oppgaver og prosedyrer gjøres. De tre trinnene i denne prosessen er å tildele 5S (Sortere, Systematiser og Skinne) jobbansvar, integrere 5S-oppgaver i vanlige arbeidsoppgaver, og kontrollere om vedlikeholdet av 5S. Noen av verktøyene som brukes til standardisering av 5S-prosedyrene er: jobbsyklusdiagrammer, visuelle signaler (f.eks. Tegn, plakater, displaytavler), planlegging av "fem minutter" 5S-perioder og sjekklister. Den andre delen av søylen Standardisere er forebygging - forhindrer opphopning av unødvendige gjenstander, forhindrer at prosedyrer brytes sammen og forhindrer at utstyr og materialer blir skitne. (Hirano, 1996)

Sikre den nye standarden

Sikre den nye standard, å gjøre en vane med å opprettholde riktig prosedyrer, er ofte den vanskeligste S å implementere og oppnå. Endring av forankret atferd kan være vanskelig, og

KAPITTEL 4: Lean og BIM

tendensen er ofte å gå tilbake til status quo og komfortsonen til den "gamle måten" å gjøre ting på. Sikre den nye standarden fokuserer på å definere en ny status quo og standard for arbeidsplassorganisasjon. Uten Sikre den nye standarden-søylen vil ikke prestasjonene til de andre søylene vare lenge. Verktøy for å opprettholde 5S inkluderer skilt og plakater, nyhetsbrev, lommehåndbøker, innsjekking av team og ledelse, ytelsesanmeldelser og avdelingsturer. Organisasjoner søker vanligvis å forsterke 5S-meldinger i flere formater til det blir "slik ting blir gjort." (Hirano, 1996)

En typisk 5S-implementering vil resultere i betydelige reduksjoner i kvadratmengden som er nødvendig for eksisterende operasjoner. Det vil også resultere i organisering av verktøy og materialer på merkede og fargekodede lagringssteder, samt "sett" som inneholder akkurat det som trengs for å utføre en oppgave. (epa.gov, 2020)

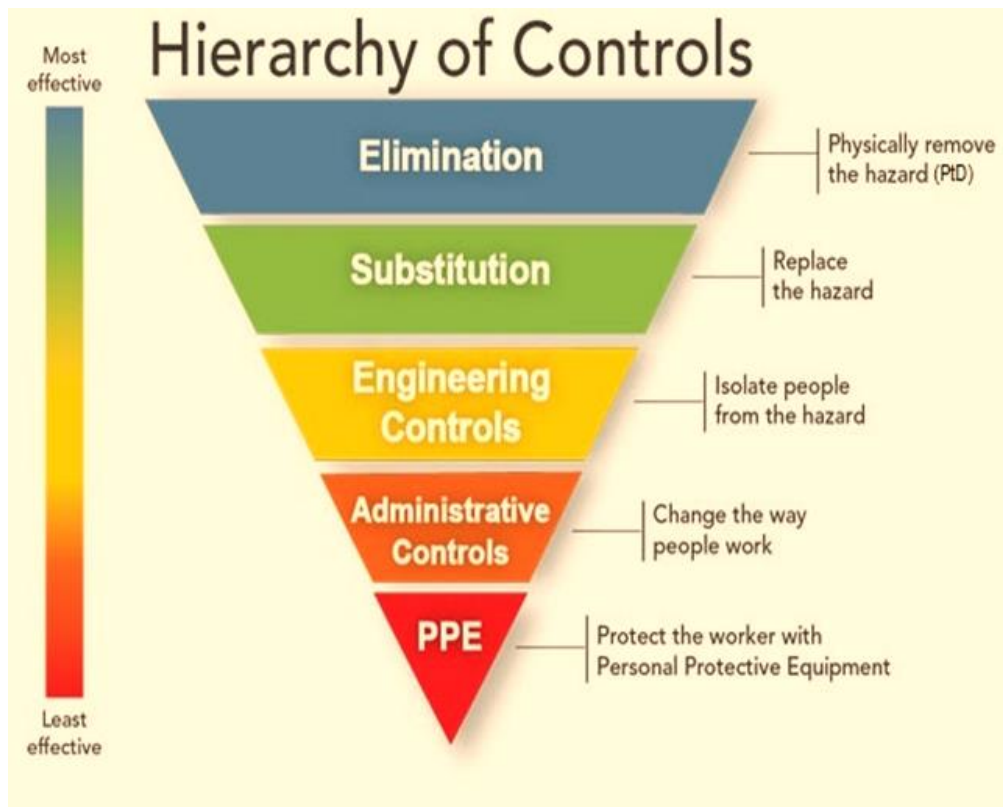
4.5.3 Fordeler av Lean Construction

Dagens byggefagarbeidere leter etter måter å maksimere verdien og effektivitet og minimere sløsing. Ved å bruke Lean Construction-prinsipper på et prosjekt og kontinuerlig vurdere måter å eliminere sløsing og ineffektivitet oppnås det:

Økt sikkerhet

Det åpenbare argumentet til hvordan Lean Construction kan bidra til å redusere risikoen for ulykker og skader på en byggeplass er at disse to henger sammen med arbeidsflyten på byggeplass. Jo bedre flyt i arbeidet, jo lavere er risikoen for at noe uforutsett kommer til å skje (Kalsaas, 2017). Et annet argument er at bruken av Lean Construction innebærer en sosial prosess med kommunikasjon som hjelper til med å gjøre de nødvendige vurderinger på byggeplass.

For å dempe antallet dødsulykker og andre alvorlige personskader blir sikkerhetsstyringsstrategier understreket av interessenter. For det første innebærer sikkerhetsstyring å utarbeide en plan for å sikre at alle sikkerhetsfarer og risikoer blir identifisert, vurdert, analysert og deretter dempet. Dette trinnet er tilpasset Lean tenkning der design og konstruksjonsprosesser strømlinjeformes for å eliminere sløsing og maksimere verdien.



Figur 4-11 - Økt sikkerhet (Centers for Disease Control and Prevention, 2015)

LEAN Construction forebygger ulykke på byggeplass og dermed fører til mer sikkerhet, som det er vist i figur 4-11. Hvis vi sikrer byggeplassen ved å innføre samarbeid mellom designere og utførere, reduseres muligheten for ulykke, og dermed reduseres også negativ påvirkning ulykken kan skape for en bedrift: mer kostnad, flere utsettelse, og dårligere kvalitet. Det er tett sammenheng mellom Lean og Ptd (Prevention through Design) som inneholder sikkerhetskonsept der designere tar i betraktning alle involvertes sikkerhet allerede i startfasen av byggeprosjektet. (Centers for Disease Control and Prevention, 2015)

Undersøkelse utført av (Nahmens, 2012) bekrefter at mange entreprenører i USA reduserer skadeforekomsten betydelig under gjennomføringsfase ved bruk av Lean Construction. Ifølge «*Implementing Lean Construction: Improving downstream performance*» reduserer bruk av Lean verktøy antall ulykker i byggebransjen (Ballard & Howell, 1994).

Redusert sløsing

Lean tenking flytter oppmerksomhet til hvordan verdi genereres i stedet for hvordan en aktivitet administreres. Verdiskaping med effektive prosesser som kommer både kunden og virksomheten til gode er sentralt i Lean Construction. Når det er snakk om redusert sløsing, tenkes det på helhetlig eller delvis eliminering de syv kildene til sløsing, som blir diskutert i 4.3. Mindre tid brukt på det som forårsaker sløsing gjør at noen av prosjektene som blir utført med Lean Construction blir levert før den avtalte fristen.

Forbedret kvalitet

Kvalitet er et begrep som alle har et forhold til, og den beskriver den vesentlige egenskapen ved et produkt, slik brukeren oppfatter den (Olsson, 2017). Generelt sett skal kvalitet sikre samsvar mellom opplevd og forventet resultat. Forbedret kvalitet ved implementering av Lean Construction kommer som et resultat av mer detaljert kartlegging av kundens ønsker og redusert variasjon i selve prosjektet. Med bedre kartlegging av kundens ønsker, klarer man å skille mellom verdiskapende og de som ikke-verdiskapende aktiviteter. Variasjon er en ulempe i de fleste prosesser, og mye av arbeidet som går for å sikre tilstrekkelig kvalitet retter seg mot å redusere variasjon (Ledolter, 1999). Den er en kilde til usikkerhet som ofte har negative konsekvenser med hensyn til tid, kostnader og kvalitet. Med Lean Construction ønskes det ikke bare å redigere feil, men også å finne ut hva årsak for at feilen oppsto var, samt at det utarbeides en plan som skal hindre oppstand av den samme feilen. Ved å hensynta 5S får arbeidere en ren og organisert arbeidsplass som lar dem fokusere på sitt arbeid.

Økt produktivitet/lønnsomhet

Målet med Lean Construction ifølge «An update on Last Planner» er å forbedre produktiviteten ved å eliminere barrierer for arbeidsflyten (Ballard & Howwel, 2004). Økt produktivitet kommer som resultat av kombinasjonen mellom redusert sløsing, som er diskutert ovenfor, og økt motivasjon som dukker opp ved implementering av Lean Construction hos utførende.

Mange forbinder begrepet produktivitet med lønnsomhet. I dette tilfellet er lønnsomhet sett på som en økonomisk gevinst tjent i et prosjekt, mens produktivitet er sett på som en fordel som kan brukes videre i andre prosjekter. Med Lean Construction er det færre

produksjonsfeil, som gjør at tiden som var brukt for reparasjoner (Romea, 2018), kan brukes for å jobbe med noe som skaper merverdi. Med Lean Construction blir det økning i fortjeneste for alle involverte parter (Romea, 2018).

Forbedret drift - jevnere strømmer

I Lean Construction spesialiserer aktørene seg, i tillegg til det standardiserer komponenter som kan produseres med høy grad av produktivitet, og utnytter teknologi som muliggjør automatisering og industrialisert produksjon. Organisatorisk optimaliserer de sin egen evne til omstilling og tilpasning til stadig nye situasjoner og produktspesifikasjoner. Man får høy grad av spesialisering og optimalisering av enkeltkomponentene, samtidig som man kan tilby stor grad av tilpasning til kundens ønsker. (Klakegg, 2017)

Forbedret drift kommer som et resultat av større forutsigbarhet i tid for prosjektgjennomføring. Aktiviteter er bedre planlagt som gir oss bedre oversikt over hvilke utfordringer/oppgaver må løses og planlegges.

4.5.4 Utfordringer ved implementering av Lean Construction

Bygge kultur

Hvis vi virkelig skal reformere bransjen, er det ikke tilstrekkelig med Lean produksjonssystem og teknologi, eksempelvis BIM, rammebetingelsene må også være til stede for å få til det samarbeidet som er nødvendig mellom alle aktørene i forsyningskjeden, herunder brukere, byggherre, de prosjekterende, hovedentreprenører og underentreprenører (Kalsaas, 2017).

Å implementere denne tilnærmingen i eksisterende organisasjoner eller med personer som er skolert i dagens praksis er neppe automatisk. Disse tilnærmingene krever endringer i individuell atferd og større organisasjonsutviklingsarbeid for å overvinne måtene dagens praksis strider mot den nye. Implementering av Lean Construction krever progressiv anvendelse av en ny måte å designe prosjektbasert produksjonssystem på. Endringen som kreves er både konseptuell og praktisk. Å endre langvarige måter å tenke og handle på er et vanskelig, men givende ord. Endring av prosedyrer, teknikker og systemer er den enkle delen; å skifte sinn er den virkelige utfordringen. (Best & Valence, 2002)

KAPITTEL 4: Lean og BIM

For å lykkes, bør adopsjon av Lean Construction implementeres fra toppen (ledelsessiden) og kjørt fra bunnen (Lean Construction må fullføres riktig slik at det viser seg å fungere). Å bli Lean selskap er en langsiktig, omfattende forpliktelse; det utgjør en kulturell endring for selskapet. Lean prinsipper må forstås og brukes i en sammenheng som krever en omfattende forståelse av et komplekst, samhandlende og usikkert byggesystem. Det må tilnærmes som et system for tenkning og atferd som er delt gjennom verdistrømmen som er hele selskapet fra toppledelse til på stedet arbeidere. (Bosnich, 2019)

Riktig første gang

For at man ikke skal ha økonomisk tap ved første implementering av Lean Construction, er det viktig å ha strategi for hvilken grad Lean Construction blir implementert. Ingen har råd til å ta feil valg, og derfor er det viktig å gradvis implementere denne filosofien. Det beste verktøyet for å lykkes med Lean Construction er å forstå godt The Last Planner systemet slik at man plukke ut «sunne aktiviteter» og jobbe med dem, se 4.3.1. Byggesektoren skal bruke noen av prinsipper for den tradisjonelle metoden i mange år fremover. Man skal ikke bare gå over til nytt verktøy uten å vite hva det innebærer og hvilke utfordringer som kan oppstå.

Konkurransebaserte kontraheringsformer og kontrakter er fortsatt dominerende i bygge- og anleggsbransjen. Disse formene er basert på den tradisjonelle markeds- og konkurransetanken og er ikke tilpasset nettverkssamfunnet. Nye arbeidsformer og teknologier tas i bruk, men effekten holdes tilbake av tradisjonelle rammebetingelser. Dette er med på å skape en spenning mellom aktørene og synes å være en av forklaringene på at det er et økende konfliktnivå mellom partene i deler av næringen. (Klakegg, 2017)

Det er utfordrende å få folk til å forstå Lean, her tenkes det at å endre vaner, metodikk og mentalitet kan være utfordring i seg selv. Derfor skal man ha veldig lang horisont når det planlegges noe gevinst ved iverksetting av Lean Construction. Det som kan anbefales, basert på vår kvalitative studie, er å starte å implementere Lean Construction med noen små prosjekter hvor målet skal være å få Lean riktig implementert med alle de prinsippene og utfordringene Lean tar med seg. Etter at Lean Construction fordeler viser seg i de «pilot» prosjektene, skal man da ta med seg de prinsippene til større og mer utfordrende prosjekter.

Opportunisme og relasjoner

Gode relasjoner i et selskap er viktig for å ha god informasjonsflyt slik at verdiskapning kan oppnås på den mest effektive måten. Ledelse må være klar over ansvaret de har i selskapet for kunne få til suksessfull bruk av prinsippene innen Lean Construction. Hvis ledelse tar ansvar og viser hvordan man arbeider i henhold til Lean Construction prinsipper, blir opportunisme i selskapet automatisk redusert.

Våre feiltolkninger og misforståelser kalles begrenset rasjonelle når beslutninger ikke optimaliserer resultatet. Dessuten har vi ulike perspektiver; det som er rasjonelt på kort sikt, trenger ikke å være rasjonelt på lengre sikt. Opportunistisk oppførsel er et annet utslag av grunnleggende menneskelige egenskaper. Begrenset rasjonalitet og opportunisme er grunnleggende utfordring for Lean implementering i et selskap. (Klakegg, 2017)

Opportunisme mot nye metoder blir også redusert ved å presentere positive og negative sider ved den nye metoden. På den måte blir alle godt kjent med alle premisser for implementering av den nye metoden. Ledelsen skal ta ansvar selv, og delegere oppgaver til andre i selskapet når alle har forstått deres oppgaver. Med «top-down» kommunikasjon skal ledelse vise fullt engasjement og forståelse av den nye metoden, mens «bottom-up» blir et resultat av responsen fra de som utfører et oppdrag. Ofte blir opportunisme redusert når mer kjent begrep, som alle har forhold til blir tatt i bruk.

For eksempel brukes forskjellige begreper for The Last Planner system i norske bedrifter som involverende planlegging hos Veidekke, Trimmet bygging hos Skanska og Involverende prosjektgjennomføring hos Nymo. (Kalsaas, 2017)

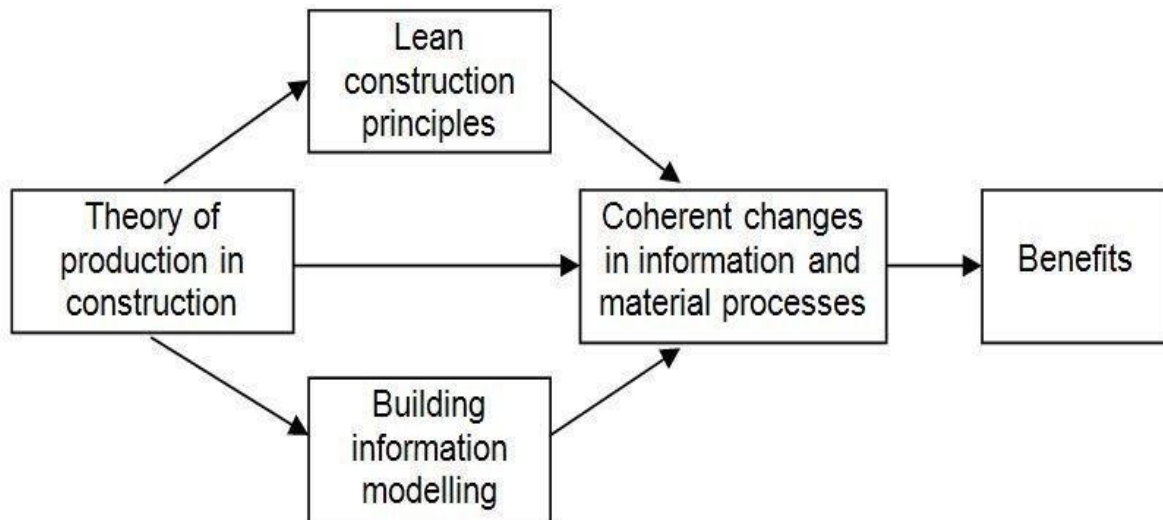
4.6 BIM som et verktøy innen Lean Construction

Dette delkapitlet gir innsikt i dagens byggebransje og hvordan BIM og Lean Construction passer inn i den. Det gir også forklaring på hvordan disse to forbedringsprosessene kan være med på å skape mer bærekraft i byggesektoren, samt at noen prognoser for byggebransjen i 2030 er pekt ut. BIM er i mange litteraturkilder sett på som et verktøy innen Lean Construction og slik er det sett på i dette delkapitlet.

4.6.1 BIM og Lean Construction i byggebransjen

Blant utfordringene for bærekraften i byggesektoren er det: overdreven material- og prosessløsning, avhengighet av ressurser, høyt energiforbruk, karbonutslipp, dårlig prosjektlevering og lav produktivitet. I tillegg til det, er det et behov for å forbedre den strategiske visjonen for byggebransjen med hensyn til bærekraft, motstand mot implementering av nye mer effektive teknologier og bekymringer og press har bidratt til at byggebransjen har tatt en proaktiv rolle i å vedta nye BIM-baserte teknologier og Lean-baserte metoder, samt utvikling av bærekraftige tjenester og produksjonsprosesser. (Klemes & Wang, 2016)

Til tross for disse studiene, er den akademiske litteraturen og forskningslinjene som utforsker virkningen av BIM-Lean praksis på bærekrafts ytelse, mulige synergier av BIM, LEAN, «grønne konsepter» og deres integrering som en enkel og unik tilnærming fortsatt i tidlige stadier. Det mangler også studier om BIM og LEAN som tar hensyn til de sosiale, økonomiske og miljømessige dimensjonene av bærekraft. Derfor er kombinasjonen og den kollektive forståelsen av BIM, LEAN og miljøvennlighet nødvendig for å løse dagens problemer i byggebransjen. (Ritu Ahuja, 2016)



Figur 4-12 - Avhengigheten mellom BIM og Lean Construction resulterer i nødvendige endringer som skaper merverdi (*Lean Construction Blog, 2021*)

I motsetning til LEAN arbeidsmetodikk som ikke er så spredt blant bygge- og anleggsbedrifter i Norge, er BIM på andre side et velkjent verktøy som tas i bruk av 99.3%² bedrifter i bransjen, dvs. er veldig spredt i byggesektoren. Statsbygg, en norsk statlig forvaltningsbedrift, krever at anbudsdokumenter på deres prosjekter blir sendt via BIM-plattform. Med andre ord er BIM blitt et krav i mange av offentlige prosjekter her i landet, uten som det er umulig å drive med bygge- og anleggsvirksomhet i Norge. Dette er forårsaket av BIM sin endringsdynamikk, hvor BIM stadig blir utviklet mer for å innfri bransjens ønsker og behov.

Når byggesektoren innser all nytte ved å iverksette strategien Lean Construction, forventes det at andel av de som bruker denne strategien øker betraktelig, og at antall LEAN brukere blir på likt nivå med antall brukere av BIM. Dagens byggesektor preges av ineffektivitet, dårlig informasjonsflyt og er generelt veldig sakte i å innføre betydelige endringer i byggeprosessene. En ledende og innovativ bedrift som streber mot mer effektivitet kan spille en viktig rolle i paradigmeskiftet. For at andre bedrifter kan følge etter denne utviklingen, er det viktig for dem at de har ledelse og ansatte som er endringsdyktige, og at bedriftens arbeidsmetode driver stadig effektivisering og støtter innovativ tankegang.

BIM og LEAN Construction sammen, utgjør en god kombinasjon for å effektivisere arbeidsprosessene i bedriften. BIM koster betydelig for bedrifter, men dets verdiskapning overskrider alle de midler investert i dette verktøyet. Lovende, med riktig teknologi og implementering, er det et enormt potensial for å redusere de enorme kostnadene og tiden

KAPITTEL 4: Lean og BIM

for omarbeiding fra dårlig data og feilkommunikasjon. Imidlertid er implementeringsstrategien avgjørende for å bestemme effektiviteten av teknologi for å redusere omarbeid.

Før en investering prioriteres, er de viktigste årsakene og hensynene til å kjøpe teknologi, basert på størrelsen og kostnaden for organisasjonsproblemet eller muligheten. Tids- og kostnadsavfallet antyder imidlertid at selskaper kan optimalisere investeringene sine ved å prioritere forretningsbehov.

Tanken bak dette verdiskapningen ved bruk av BIM, er alle feil som unngås for at BIM er blitt tatt i bruk, der repeterende prosesser blir tatt ned til minimum. Alle kan jobbe på en og samme modell, redigere samtidig der dette utgjør en stor framgang i motsetning til gamle metoder hvor man var nødt til å redigere også sende tegning fram og tilbake uttalelige mange ganger før tilfredsstillende modell var på plass.



Figur 4-13 - Lean og BIM (ArcDox, 2016)

BIMs suksess er veldig synlig i industrien fordi BIM støtter forbedring av designkvalitet ved å eliminere konflikter og redusere omarbeiding, og blir oftest oppfattet som et verktøy for å visualisere og koordinere arkitektur, ingeniørfag og konstruksjonsmekanikk. Dets fordeler og oppgaver, som nevnt i kap. 3, er raske og effektive prosesser, bedre design, forbedring av energieffektivitet og bærekraft, bedre produksjonskvalitet og bedre koordinering.

Bygningsinformasjon er ikke kun informasjon fra prosjektering og produksjon, men favner om hele byggets livssyklus (Smith & Tardif, 2009). I løpet av et helt byggeprosjekt akkumuleres masse informasjon og dokumentasjon. All data er ikke like relevant for bruksfasen, som det er for tidligere faser i et byggeprosjekt. Derfor er det viktig å undersøke hvilken data som er nødvendig i bruksfasen, slik at man kan luke ut den informasjonen og dokumentasjonen som det ikke er behov for. Ved å sile ut deler av den totale dataen, som er samlet opp i løpet av byggeprosessen, kan man få en ryddig oversikt over den informasjonen som faktisk er nyttig i bruksfasen. Det er her Lean viser alle sine fordeler ved å bearbeide det som er verdiskapende for prosjekter og bortkaster unødvendige trinn i prosjekter som ikke skaper noe verdi for kunde.

4.6.2 Mer bærekraft i byggebransjen ved hjelp av Lean Construction og BIM

I dag omtales byggebransjen som «40-prosent-bransjen». Beregninger viser at om lag 40% av energi- og materialforbruket, 40% av klimagassutslippene og 40% av avfallsgenerering på verdensbasis i dag er forårsaket av byggebransjen (zero.no, 2021). Norge som nasjon har gjennom Paris-avtalen forpliktet seg til å redusere utslippene sine med minst 40% innen 2030 sammenlignet med 1990-nivå. Hvis vi som nasjon skal lykkes med det, må det vurderes nye løsninger i bygg. I dette underkapitlet skal det drøftes hvordan Lean Construction og BIM kan føre til bedre ressursbruk og mer bærekraft i bransjen. I tillegg til det skal bransjens fremtid med utfordringer som forventes, reflekteres i noen avsnitt for å understreke viktigheten av å tidlig implementere Lean Construction.

I dag blir det stadig viktigere for bedrifter å, på en eller annen måte, å skille seg ut fra konkurrentene for å påpeke kvaliteter og fordeler bedriften har i forhold til andre bedrifter i samme bransje. Den voksende konteksten av globalisering øker presset på selskaper for å forbedre prestasjonene sine permanent (Chafi & Bajjou, 2017).

KAPITTEL 4: Lean og BIM

Byggebransjen har et stort potensial i avfallshåndteringen og grunnet strengere krav som kan forventes i fremtiden er det viktig at dagens bransje klarer å utnytte de verktøyene man har for å oppnå maksimal ressursutnytting.

Å bygge vellykket i 2030 vil komme til to områder: bærekraft og effektivitet. I 2030 forventes det at automatisering har blitt normen og transport har blitt transformert der produktivitet er nøkkelen. Medarbeidere er spredt over flere kontinenter, og energieffektivitet er alt. Regjeringer har satt store mål for å redusere karbonutslipp innen midten av århundre, og med bygging som nå er ansvarlig for 40% av alle klimagassutslipp, må industrien handle raskt. (The B1M, 2020)

Prosjekter må være mer bærekraftige i hvordan de skaffer og bruker materialer, og unngå nesten alt avfall. Byggeprosessene må redusere utslippene, og når bygningene er ferdigstilt, må de være svært energieffektive. Det vil også måtte være mye mer fokus på resirkulering. Mens gjenbruk av restmateriale fra en tidligere bygning, for eksempel, allerede er rutinemessig noen steder, må dette brukes over hele bygningens livssyklus. Igjen, Europa er leder på dette feltet hvor mange av standardene blir satt. Bare EU produserer for tiden rundt 850 tonn bygge- og rivningsavfall hvert år. (The B1M, 2020)

Mens dette pleide å gå nesten fullstendig til deponi, viser noen EU-land hva som kan gjøres. For eksempel resirkulerer Tyskland nå 68 millioner tonn årlig og Nederland gjenbruker 90% av avfallsmaterialet i nye prosjekter. EU ønsker at alle bygninger skal være netto null karbon fra 2030 - motveie all energi som brukes med fornybar energi generert på stedet. Modulær konstruksjon, hvor prefabrikkerte elementer består av hele bygningsseksjoner, anslås å være verdt \$130BN i bare USA og Europa innen 2030, noe som reduserer byggetiden med opptil 50% og byggekostnadene med så mye som 20%. (The B1M, 2020)

Å minimere miljømessige og økonomiske konsekvenser av avfallet som ikke resirkuleres er et av de viktigste spørsmålene i det 21. århundre. Dette er fordi forebygging/reduksjon av avfall er den mest fordelaktige, mest økonomiske og mest bærekraftige tilnærmingen innenfor avfallshåndteringen. Forbruk av naturressurser og økende avfallsproduksjon krever løsninger for å beskytte kvaliteten i de naturlige og bygde miljøer. For at disse løsninger skal være effektive, er det viktig å redusere avfallet ved kilden. Jack Payne, konsulent i rekrutteringsselskapet Aptian, sa følgende om Lean:

«When we think about being ‘green,’ we think about recycling, but when you look at Lean processes, it’s actually about the principles to reduce the need for recycling.» (Labs, 2019)

Den britiske regjeringen har erkjent viktigheten av byggenæringen i å nå de overordnede målene for bærekraftig utvikling. Derfor har regjeringen lagt flere strategier for å oppnå mer bærekraftig byggebransje. Vurdering og ytelsesforbedring har vært forespeilet av mange forskere, og det er en betydelig interesse for ytelsesmåling av anleggsorganisasjoner. Vurdere gjennomføringsinnsatsen og fordelene med Lean tilnærming i bærekraftig konstruksjon har blitt mer kritisk for organisasjoner i jakten på kontinuerlig forbedring. (Ogunbiyi, 2014)

En omfattende BIM-modell kan bidra til mer riktig estimat på materialmengde som trengs og dermed redusering av materialmengden. Visualiseringen av den endelige tilstanden forbedrer både vår forståelse og entreprenørenes forståelse av hva som bygges. Ettersom denne visualiseringen skjer før hammer møter spiker, kan eventuelt omarbeid på grunn av misforståelser reduseres betydelig. BIM lager en robust, lett tilgjengelig modell for alle som er involverte og interesserte i prosjekts fremgang. Med BIM bruker fagrådgivere tiden til tekniske og designproblemer i stedet for å jakte riktig og fullstendig informasjon som trengs. (Arup, 2021)

BIM hjelper bygningsdesignere å oppnå miljømessig bærekraftig konstruksjon, ved å tilby verktøy for analyse av energibehov og for å få tilgang til å spesifisere byggevarer og materiale med lav miljøpåvirkning (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008).

Som sagt for fremtiden forventes det at byggeelementene er forhåndsprodusert på en fabrikk før de transporteres til byggeplass for montering - noe som sparer tid, reduserer kostnader og forbedrer kvalitet. Framgangsmåte for å bygge bilfabrikkene Tesla Gigafactories hvor bilmerket Tesla produseres, er et godt eksempel på hvordan Lean-prinsippene skaper forutsigbarhet og gir løsninger på hvordan alle tilgjengelige ressurser kan utnyttes. På den måte vet entreprenøren materialmengde som skal brukes, hvordan konstruksjonen brytes ned i komponentdeler og hvordan disse delene går sammen (B1M, 2020).

5 Case-studie: KHiB-prosjektet

I dette kapitlet vil casestudie for Kunst- designhøgskolen i Bergen (KHiB) bli presentert, samt at suksessfaktorer og barrierer for vellykket implementering av Lean og BIM konkludert fra KHiB, skal fås fram. Casestudiet ble gjennomført ved hjelp av følgende kvalitativ data: 1. intervju med Hans Thomas Holm og 2. tilgjengelig litteratur om selve prosjektet.

«Case kommer av det latinske «kasmus», som betyr tilfelle. Når man benytter seg av casedesign studerer man et eller flere caser over lengre tid, gjennom detaljerte datainnsamlinger hvor flere primære- og sekundære datakilder benyttes.» (Wæhle, Dahlum, & Grønmo, 2020)

Utføring av en case-studie er et middel til å samle inn empiriske data som har målet å få mer detaljert forståelse av ulike aspekter med Lean tenkning og BIM modellering som kan implementeres i et byggeprosjekt, samt å se hvordan de påvirker aktører i byggesektoren og ytelsen deres.

5.1 Kort om Kunst- og designhøgskolen i Bergen - KHiB

Et av årsakene til hvorfor Kunst- og designhøgskolen i Bergen (KHiB) er valgt for casestudiet er at dette prosjektet brukte BIM-verktøy og gjennomførte Lean tankegang fra starten av prosjektet til bygget var ferdigstilt. Lean prosjektering slik det er gjennomført i KHiB-prosjektet, er et nybrottsarbeide og ikke observert tidligere i andre byggeprosjekter i Norge (Holm, Veen, Wertebach, & Johansen, 2017). Denne oppgaven tar for seg alle prosjektfaser, alt fra programmering, prosjektering og gjennomføring og en slik casestudie er fundamental for velforståelse av de viktigste suksessfaktorer og barrierer ved implementering av BIM og Lean Construction.

Det nye bygget til Kunst- og designhøgskolen i Bergen (KHiB) er tegnet av det internasjonalt renommerte arkitektkontoret Snøhetta. Med det ferdige bygget er fakultetet første gang i historien samlet under ett tak. Tomten ligger i bydelen Møllendal med Store Lunge gårdsvann som midtpunktet i det store landskapsrommet dannet av fjellene Fløyen, Ulriken og Løvestakken. Det nye bygget med sin funksjon og sin arkitektur gir et særpreget bidrag til bydelen og er en generator i den pågående utviklingen av området. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011)

Bygget har et areal på 14.800 m² og inkluderer den 1.300 m² store og inntil 23 meter høye Prosjekthallen som kan romme større kunst prosjekter og aktiviteter som publikum inviteres inn til. Skolen har 32 verksteder, bl.a. for tre, keramikk, metall, 3D modellering, grafikk, fotolaboratorium og støperi. I tillegg kommer 34 atelier, malersal, studioer for video, lyd og foto, forelesningssaler og prosjektrom. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011)

Gjennom hele prosessen har fokus vært rettet på gode byplanmessige grep, publikumsrettede og åpne plassdannelser med klare sikt-, og forbindelseslinjer. Hensikten er å knytte institusjonen både mentalt og fysisk til dagens bysentrum. Studentene tok bygget i bruk ved semesterstart i august med offisiell åpning 11. oktober 2017. (Statsbygg & KHiB team, 2018)



Figur 5-1 - Kunst og designhøgskolen i Bergen (Statsbygg & KHiB team, 2018)

KAPITTEL 5: case-studie KHiB-prosjektet

Tabell 5-1 - Oppdragsgiver og utførende (*Statsbygg & KHiB team, 2018*)

Oppdragsgiver:	Statsbygg
Prosjekteringsledelse:	Atkins Norge
Byggeledelse:	Fylkesnes AS
Prosjekteringsgruppe:	
Arkitektur og landskap:	Snøhetta Oslo AS
Rådgivende ingeniør:	Rambøll AS
Utførende:	
Riving/Graving:	AF Decom – K201
Peling:	FAS – K202
Fasade:	Bolseth – K204
Råbygg/Bygningsarbeider:	Veidekke – K205/K206
Elektro/Rør/Luftbehandling:	Apply TB – K401/K301/K302
Automatisering/SD:	Schneider Electric – K501
Heis:	ThyssenKrupp – K501
Landskap:	Boasson – K701

5.2 Lean og BIM i prosjektet

Da KHiB-prosjektet fikk midler til gjennomføringen i juni 2013, var intensjonen fra prosjektledelsens side at filosofien med Lean metodikk og Lean Construction skulle implementeres allerede i detaljprosjekteringen. Lean skulle gjennomsyre organisasjonen på alle nivåer for å få gjennomslag for en enhetlig kultur. Prinsippene for Lean ble dermed innarbeidet både på strategisk og kontraktuelt nivå, det ble utarbeidet en opplæringsplan og Lean tankesett ble fortløpende gjennomført i samhandlingen mellom byggherrens administrasjon, de prosjekterende og de utførende. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011)

Prosjekteringen kan benytte seg av verktøy for kollisjonskontroller i BIM-modellen. Formålet med kollisjonskontrollene er å oppdage mulige tverrfaglige konflikter og kollisjoner i modellen. KHiB-prosjektet har hatt kollisjonskontroller som fast del av samhandlingen hver 14.dag gjennom hele detaljprosjektet fram til komplett produksjonsunderlag. I denne sammenhengen er det viktig å huske på at det ikke kan oppstå kollisjoner mellom elementer som mangler i modellen. Man må også ha et bevisst forhold til hvilke elementer som er fryst og hvilke som ikke er fryst. Kollisjonskontrollen er kun ett supplerende tiltak. BIM-modellens modenhet gjenspeiler den informasjonen som er tverrfaglig omforent. Derfor vil den kun til en viss grad vise hvor fullendt prosjekteringsunderlaget til enhver tid faktisk er. Dette delkapitlet er i stor grad hentet fra: (Statsbygg & KHiB team, 2018).

I dette prosjektet har byggherren tatt initiativet for at Lean metoder og BIM verktøy skulle implementeres i alle faser, alt fra idéfase til overtakelse. Generelt mye av forbedringspotensialet ligger hos byggherre og for bransjen er det viktig at dette potensialet utnyttes i størst mulig grad. (Statsbygg & KHiB team, 2018)

5.3 Suksessfaktorer ved implementering av BIM og LEAN Construction i KHiB

Bruk av BIM-teknologi og Lean Construction har mange fordeler i et prosjekt som sparer tid og ressurser. En detaljert BIM-modell viser de fordeler til alle deltakere i prosjekt ved å tidlig oppdage kollisjoner i en modell. Det muliggjør en jevnere og bedre planlagt byggeprosess som sparer tid og penger og reduserer potensialet for feil og konflikter. Dette delkapitlet tar for seg forklaring på hvordan byggherre og entreprenør kan oppnå flest fordeler med BIM og Lean Construction og hvilke prosesser som ble gjennomført i prosjektet KHiB for å riktig implementere Lean og BIM på den mest effektive måten. Disse kan da ses på som suksessfaktorer og barrierer for felles og «vellykket implementering» av Lean Construction og BIM i et prosjekt.

Ledelse

Det er ledelse som avgjør hvilken arbeidsmetode som skal brukes i et prosjekt. For at implementering av et verktøy skal være vellykket er det essensielt at ledelsen enten selv har relevant kunnskap om verktøyene som vil tas i bruk eller at de har realistiske forventninger og mål for denne prosessen. Hvis ledelse krever økonomiske resultater ved implementering av Lean og BIM fra dag 1, kan det være at disse metodene ikke viser seg å være så nyttig allikevel. Derfor skal man ha en langsiktig plan som også skal gi økonomisk gevinst på lang horisont. I de tilfeller hvor ledelse ikke har tilstrekkelig kunnskap innen disse forbedringsprosessene bør det vurderes å ansette en ekstern veileder i prosjekt som skal sørge for riktig implementering av Lean Construction og BIM.

Lean-arbeidet må være støttet av ledelsen i et selskap (Holm, 2017). I KHiB har ledelsen bestemt seg for å bruke BIM og implementere LEAN Construction sammen før selve prosjektet hadde startet. Dette førte til at mange deltakere i prosjektet visste at de skulle jobbe med ny metode som mange av dem ikke hadde kjennskap til før. Det krevdes opplæring for disse deltakerne og generell mentalitetsendring som er mulig å få til hvis det er god dialog mellom deltakerne i prosjektet.

Kommunikasjon og transparens

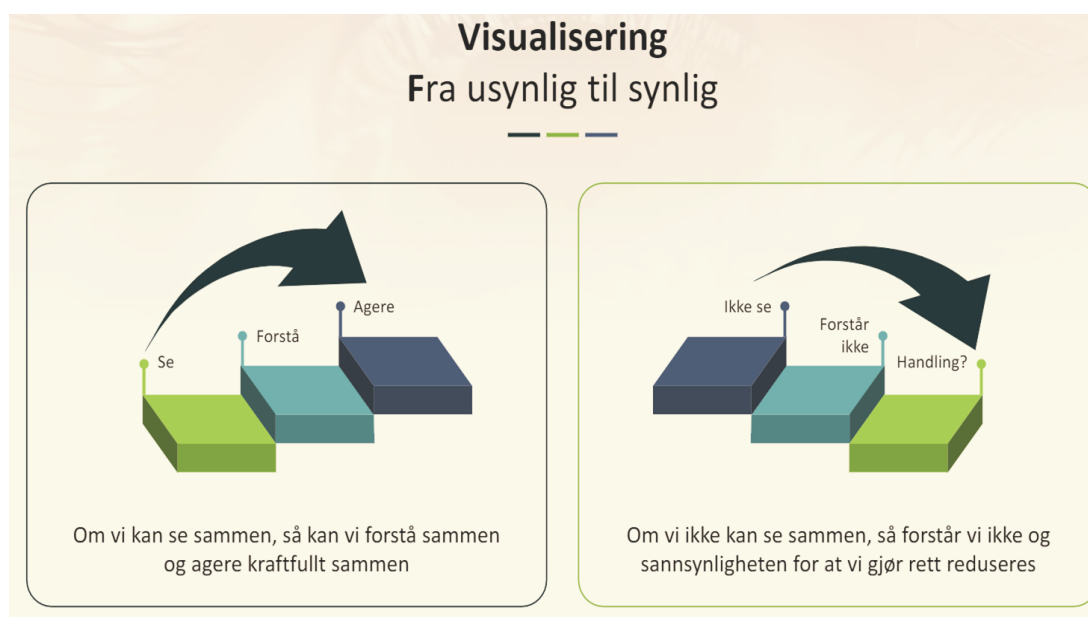
Kommunikasjon mellom de som tar avgjørelser og de som utfører på feltet må være på et høyt nivå. Med økt kommunikasjon reduseres utfordringer som opportuniste, og kommunikasjon spiller en viktig rolle for å lykkes med implementeringen. Denne suksessfaktoren inkluderer også erfaringsutveksling og befaringer til eksterne prosjekter i andre selskap får å få innsikt i hvordan andre arbeider med de samme prinsippene (Holm, Veen, Wertebach, & Johansen, 2017).

Transparens fremmer tilliten, oversikten, helhetsbildet og støtten mellom alle de involverte og skaper en tilhørighet til prosjektet (Holm, Veen, Wertebach, & Johansen, 2017). Med Lean Construction vet alle hva deres oppgave er og jobber mot felles mål som er å levere et produkt som tilfredsstiller kundens ønsker og krav. Alt dette fremmer transparens som er viktig for å ha gode forhold i et prosjekt, både mellom byggherre og utfører/leverandør og forhold internt mellom dem.

Tidlig involvering og visualisering

Dette LEAN-prinsippet er kanskje den viktigste suksessfaktoren for en vellykket implementering av BIM og LEAN Construction i et prosjekt. Her menes det at byggherren er inkludert i en tidlig fase ved BIM-modellering av bygget. Byggherrens ønsker defineres og noteres parallelt med modelleringsprosess av bygget i BIM. Den tradisjonelle design-bud-bygg tilnærmingen begrenser entreprenørenes evne til å bidra med sin kunnskap til prosjektet i prosjekteringsfasen, når de kan tilføre betydelig verdi (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011). Tidlig å involvere underentreprenører (UE) og leverandører (LEV) kan ikke poengteres sterkt nok (Holm, Veen, Wertebach, & Johansen, 2017).

Visualisering, fig. 2, er et Lean-verktøy som bidrar til bedre informasjonsutveksling gjennom å legge ut forskjellige skilt og etiketter rundt byggeplassen. Salem et al. (2005) bemerket at økt visualiseringsverktøy gjør operasjoner og kvalitetskrav tydeligere ved hjelp av diagrammer, viste tidsplaner, malt utpekt inventar og verktøyplasser.



Figur 5-2 – Visualisering (Leknessund, 2021)

Økt eierskap

Implementering av Lean Construction og bruk av BIM teknologi fører til at prosjektets deltakere får økt eierskap til selve prosjektet. Med økt eierskap i et prosjekt får medarbeidere oppleve arbeidet som meningsfullt og velorganisert. Det er viktig at alle deltakere i et prosjekt

KAPITTEL 5: case-studie KHiB-prosjektet

forstår verdi tilført ved implementering av disse to forbedringsprosesser slik at målet med implementering er kjent for alle. Selv om verdi som kan tilføres av byggherren i prosjekteringsfasen ikke utnyttes i en betydelig grad, kan betydelige fordeler for entreprenøren og prosjektgruppa fremdeles realiseres ved å bruke en BIM-modell for å støtte en rekke byggearbeidsprosesser. Disse fordelene kan ideelt sett oppnås ved å utvikle en felles BIM modell med samarbeid mellom underleverandører og fabrikanter.

Detaljeringsnivået til informasjonen i en bygningsmodell avhenger av hvilke funksjoner den skal brukes til (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011). Dette avhenger av hvilken BIM dimensjon/er modellen skal brukes i et gitt tidspunkt. For 4D CAD-tidsplananalyse for eksempel, er en mindre detaljert modell tilstrekkelig, men den må inneholde midlertidig arbeid og vise hvordan konstruksjonen vil bli faset.

Kompetanse

I tilfellene hvor det er nødvendig å øke kompetansen innen Lean og BIM for å beherske disse to forbedringsprosessene kan det vurderes noen relevante kurs til de ansatte før man starter. På denne måten løser man den ovennevnte utfordringen med å forstå den virkelige verdien som tilføres prosjektet, men også er deltakere bedre kjent med hva det innebærer å fjerne sløsing ved hjelp av Lean Construction og hvordan BIM skaper bedre samarbeid i alle prosjektfaser.

For Lean var relativt ukjent for de fleste deltakere i dette prosjektet, og ingeniørene i Rambøll, arkitektene i Snøhetta og Statsbyggs ansatte måtte først få kursing i LEAN for å kunne implementere denne strategien. Kursing inkluderte grunnleggende begrep og en enkel måte å presentere strategien (Holm, Veen, Wertebach, & Johansen, 2017). Samme tiltak er nødvendig for BIM-modellering hos deltakere i prosjektet som har manglende kunnskap om dette verktøyet. Manglende kunnskap er merket på byggherre-siden og generell oppfatning er at konsulenter i byggebransjen har mest kompetanse i bruk av BIM. BIM-kunnskap i byggebransjen øker stadig grunnet stor etterspørsel for dette verktøyet av alle i bransjen.

6 Resultat fra empirisk data

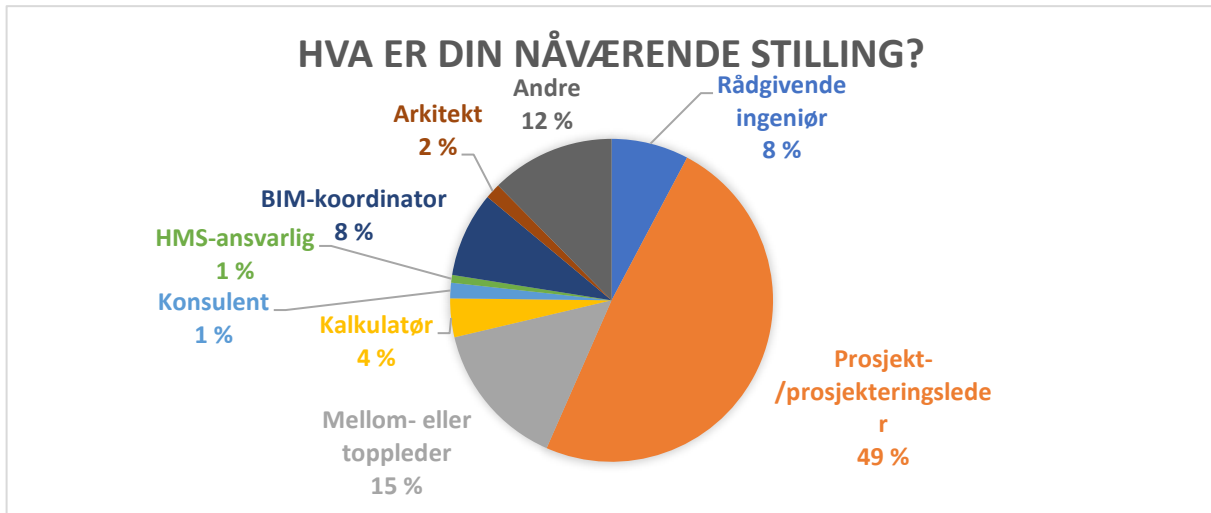
I dette kapitlet skal det empiriske datamaterialet som ble tilegnet gjennom spørreundersøkelsen og dybdeintervjuet bli oppsummert og presentert. Først skal viktige konklusjoner som ble oppdaget i spørreundersøkelsen trekkes frem med diagrammer og tabeller. Videre vil viktige synspunkter fra dybdeintervjuene vises.

6.1 Spørreundersøkelse

Det var totalt 134 personer fra byggebransjen som deltok i spørreundersøkelsen. Undersøkelsen bestod av 19 spørsmål som ble avsluttet med om vedkommende ønsket å ha et dybdeintervju angående temaet. Første del inneholdt bakgrunnsspørsmål om deltageren. Disse spørsmålene var obligatoriske ettersom dette er med å øke påliteligheten til undersøkelsen. Andre tiltak som ble tatt for å heve påliteligheten til undersøkelsen var å la de fleste spørsmål være valgfrie slik at deltageren ikke 'gjettet'. Del to omhandlet grunnleggende erfaringer med praktisering av BIM, og siste del ble det satt søkelys på Lean Construction. Se **vedlegg A - Spørreundersøkelse** for spørreskjema.

6.1.1 Bakgrunnsspørsmål: Spørsmål 1-5

Bakgrunnsspørsmålene er en viktig del av denne informasjonshentingene grunnet det viser til den profesjonelle bakgrunnen deltageren har, samt viser til informasjon om bedriften deltageren jobber i. Å kunne analysere antall ansatte det er i bedriften, vil gi et innsyn på hva og hvorfor de ulike strategiene blir tatt innad i bedriften. Stillingen til deltageren kan også til hjelp med å ta beslutninger på hvorfor de ulike valgene har blitt valgt i undersøkelsen. Det var forskjellige aktører fra ulike bedrifter som deltok, og de fleste aktørene som deltok hadde en stilling som prosjekt- eller prosjekteringsleder (49%).



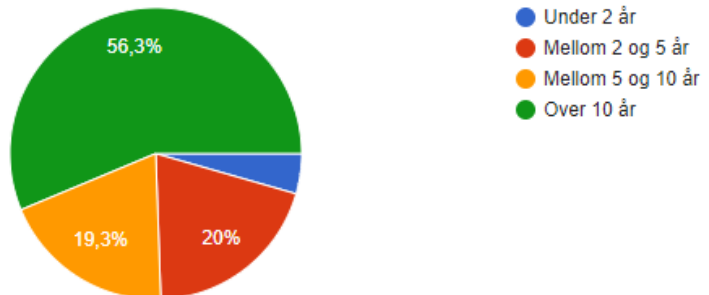
Figur 6-1 - Fordeling av aktørene med ulike stillinger

De fleste deltagere hadde erfaring fra byggebransjen på over 10 år (56,3%), mens nest største gruppe var mellom 2-5 år (20%). At fleste parten av deltagerne har en lang erfaring fra bransjen, gir et bedre innsyn på den virkelige situasjonen i byggebransjen, som igjen øker troverdigheten til undersøkelsen. Videre var det slik at de fleste som deltok jobbet i en bedrift med over 500 ansatte (68,1%).

Dette vil gi oss informasjon om hvordan de store bedriftene tar i bruk de ulike verktøyene.

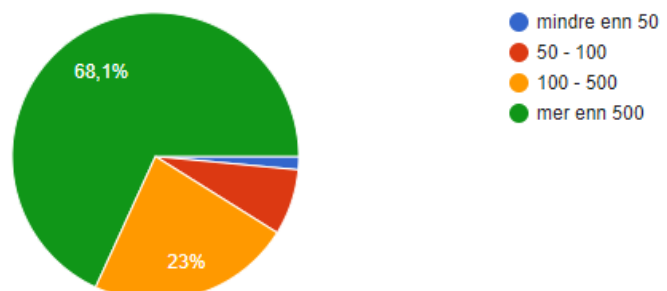
Hvor mange års arbeidserfaring har du innen byggebransjen?

135 svar



Hvor mange ansatte har bedriften totalt?

135 svar

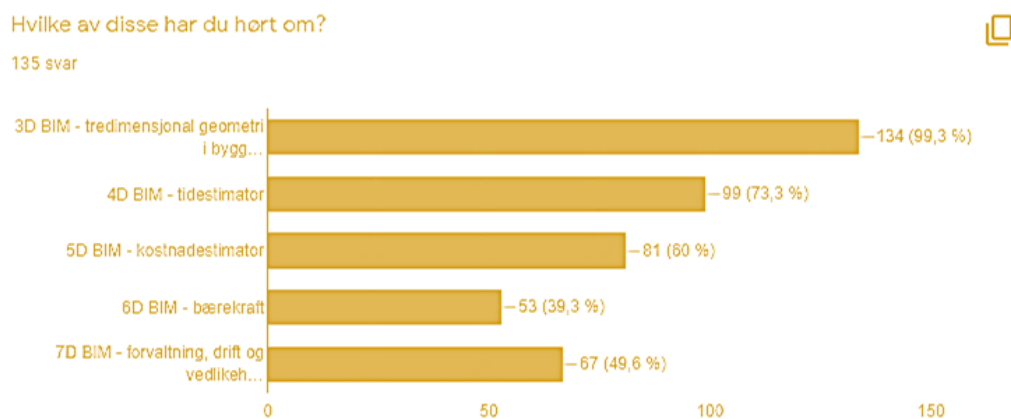


Figur 6-2 – Bakgrunnsspørsmål om respondenten og bedriften deres.

KAPITTEL 6: Resultat fra empirisk data

6.1.2 BIM og Lean Construction: Spørsmål 6-18

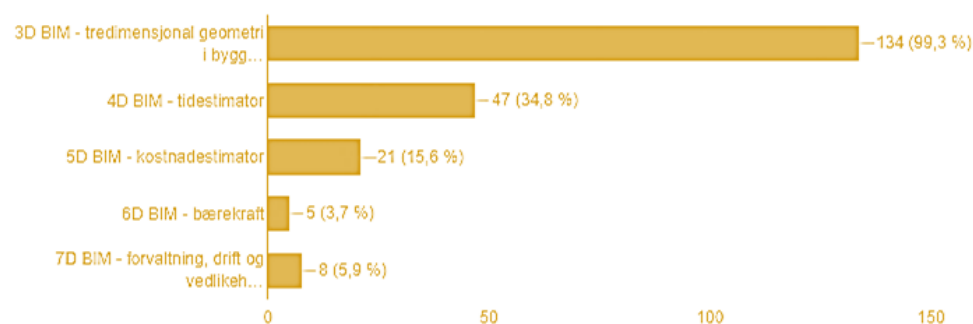
I dette delkapitlet skal fordypnings spørsmål om BIM og Lean Construction bli analysert. Det kommer frem i undersøkelsen at alle deltagere har kjennskap til 3D-BIM, og har tatt i bruk denne dimensjonen. Når deltagere blir stilt spørsmål om kjennskap til andre dimensjoner, og hvorvidt de har tatt i bruk disse dimensjonene, reduseres antall personer med kjennskap til dimensjonene betraktelig. Mens 99 personer sier at de kjenner til 4D BIM, er det kun 81 personer som kjenner til 5D BIM. Videre er det kun 53 personer som sier at de har hørt om 6D BIM. Når de videre igjen blir spurt om hvorvidt de har brukt disse dimensjonen selv, er resultatet som følgende.



Spørsmål 7

Hvilke av disse har du tatt i bruk?

135 svar



Figur 6-3 - BIM-dimensjoner og kjennskap til disse dimensjonene

Det er nokså normalt at 3D BIM er dimensjonen de fleste har tatt i bruk, slik undersøkelsen viser. Men andelen som har tatt i bruk de andre dimensjonene er betraktelig lavt. Mens det kun er 47 personer (34,8%) som har tatt i bruk 4D BIM, er andelen som har benyttet 5D BIM

bare 21 personer (15,6%). Det som var undersøkelsens laveste andel var for 6D BIM der kun 5 personer (3,7%) hadde tatt i bruk dimensjonen. Hva som kan være grunnen til at de ulike dimensjonene blir så lite benyttet, ble spurt videre i dybdeintervjuene. Ettersom mye av fordelene til BIM ligger ved disse dimensjonene, kan man da lure på hvorfor så få benytter seg av disse fordelene?

Spørsmål 9 - Hvor enig er du i at følgende er fordeler av BIM?

Tabell 6-1 – Meninger rundt bruken av BIM i byggebransjen.

Påstand	Svært enig	Enig	Nøytral	Litt Uenig	Svært uenig	ENIG (4+5)
	5	4	3	2	1	
Allerede i idefasen kan byggherre, ved hjelp av BIM, få innsikt i hvor mye et prosjekt skal koste ca. og når det er ferdigbygd	42,96% (58)	28,89% (39)	17,78% (24)	6,67% (9)	2,96% (4)	71,85% (97)
Tidlig evaluering av designalternativer, ved hjelp av BIM, øker bygningens generelle kvalitet	63,70% (86)	24,44% (33)	8,89% (12)	2,22% (3)	0,74% (1)	88,14% (119)
Bruk av BIM fører til større effektivisering	60% (81)	25,19% (34)	5,93% (8)	6,67% (9)	-	85,19% (115)
Det er enkelt å ajourføre nye endringer i BIM	36,30% (49)	28,15% (39)	21,48% (29)	11,85% (16)	0,74% (1)	64,45% (88)
Med bruk av BIM er det mye enklere å oppdage feil	81,48% (110)	11,85% (16)	-	5,19% (7)	1,48% (2)	93,33% (126)
Teknologien fremmer interaktivinformasjonsutvikling og er i stand til å støtte hele	55,56% (75)	24,44% (33)	14,81% (20)	2,96% (4)	0,74% (1)	80% (108)

byggets livssyklus, fra planlegging til bruksfase

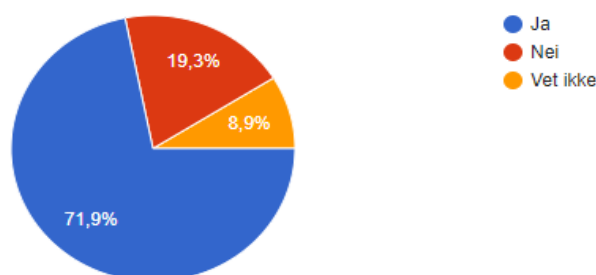
Spørsmål 9 ble inkludert i undersøkelsen for å redegjøre deltagernes meninger om hvordan BIM hjelper som verktøy. Respondentene ble bedt om å indikere deres nivå av enighet eller uenighet på en Likert-skala fra svært enig til svært uenig.

Det kommer frem at respondentene er svært enige i påstandene som stilles, der høyeste prosentandel kommer frem ved spørsmål om hvorvidt BIM gjør det enklere å oppdage feil (93,33%). Dette er en av de store fordelene som også kommer frem i litteraturstudie ved bruk av BIM. Generelt kan det sies at brukere skjønner hvilke fordeler BIM som verktøy tilbringer i prosjekter, og at BIM kan utnyttes i alle prosjektets faser. Gjennomsnittet for enigheten totalt for disse påstandene var på **80,493%**

Spørsmål 10 - Har byggherre, rådgivere og entreprenører ulike interesser når det gjelder å ta i bruk BIM?

Dette spørsmålet ble stilt til respondentene for å finne ut om det var noen interesseforskjeller for å kartlegge hvorfor det er stor variasjon når det gjelder BIM-kompetanse, samt også se på hvorfor denne variasjonen kan forekomme. Resultatet fra undersøkelsen viser at respondentene mener det er ulike interesser når det gjelder å ta i bruk BIM (71,9%). Dette er et tema vi har tatt videre med i dybdeintervjuet og spurt litt mer i dybden for å svare grundigere på problemstillingen vår.

Har byggherre, rådgivere og entreprenører ulike interesser når det gjelder å ta i bruk BIM?
135 svar



Figur 6-4 - Ulike interesser fra de ulike aktørene i bransjen

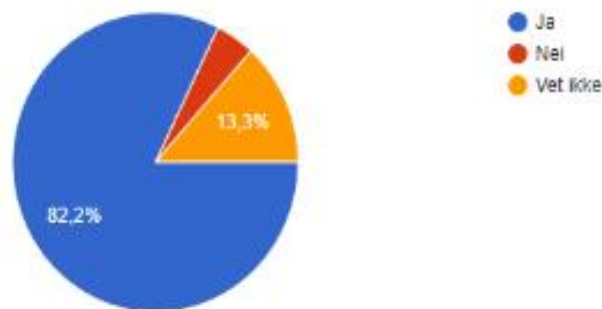
Spørsmål 11 - Har du møtt noen utfordringer med bruk av BIM grunnet dårlig BIM kompetanse av andre aktører i byggebransjen?

Før dette spørsmålet var stilt til deltagerne, var det allerede forventet at den største delen svarte «ja». Spørsmålet ble stilt for å forsørge at dette stemte, slik at i neste steg, ved dybdeintervju, kan det bli stilt ytterligere spørsmål som klargjør hva som skyldes denne manglende BIM kompetansen, samt spørre videre hvordan man kan unngå slike utfordringer i fremtidige prosjekter.

Spørsmål 12/13 - Bruker din bedrift en gjennomføringsstrategi for å oppnå bedre flyt i prosessene? Hvis ja, er det Lean Construction dere har satt som hovedstrategi?

Bruker din bedrift en gjennomføringsstrategi for å oppnå bedre flyt i prosessene?

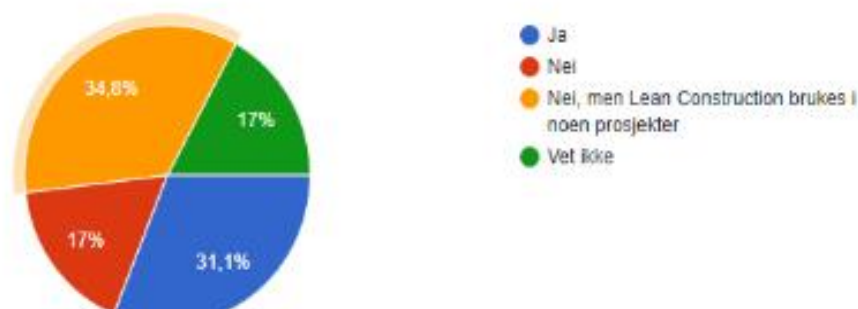
135 svar



Spørsmål 13

Hvis ja, er det Lean Construction dere har satt som hovedstrategi?

135 svar



Figur 6-5 – Lean Construction som gjennomføringsstrategi

KAPITTEL 6: Resultat fra empirisk data

På dette spørsmålet kommer det frem at Lean Construction blir benyttet i mange bedrifter, og at den kommer mer inn i arbeidshverdagen. Men allikevel kan man se at Lean Construction ikke er deres hovedstrategi. Dette påpeker at Lean Construction implementeres delvis i prosjektene, og at det vil ta tid før den tar plass som hovedstrategi i bedriftene.

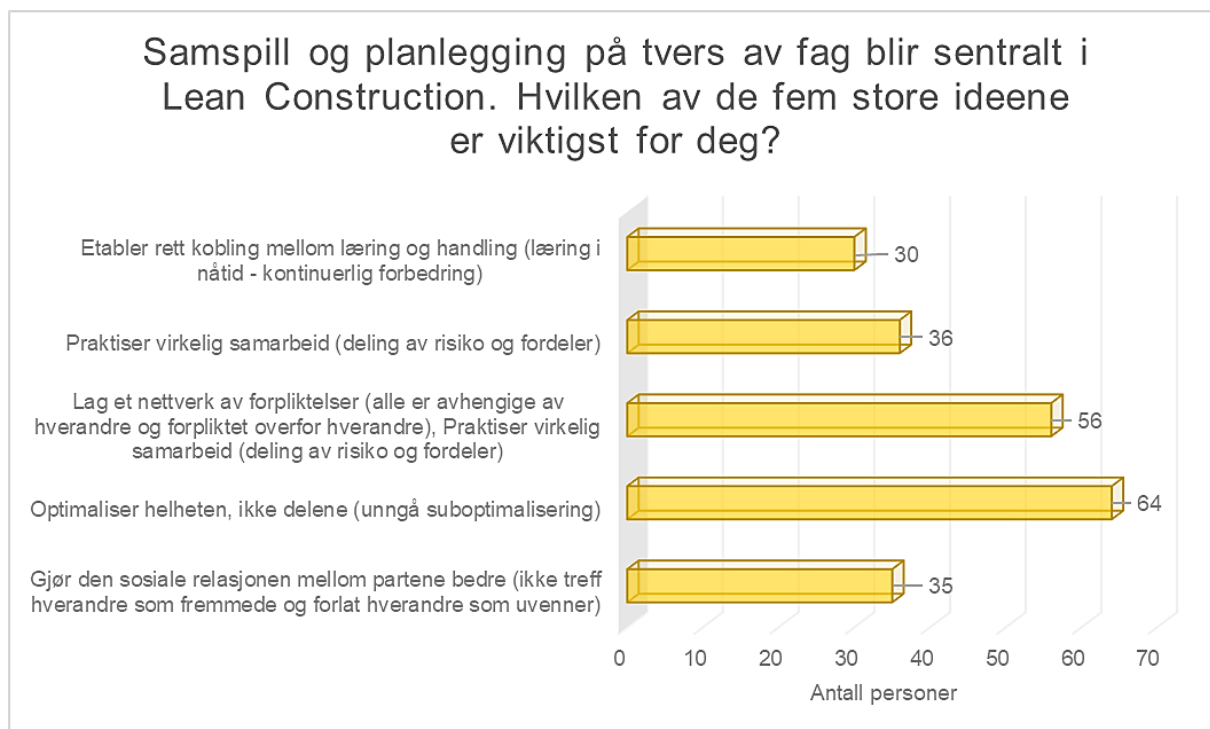
Spørsmål 14 - Opplever du at følgende er fordeler ved bruk av Lean Construction?

Tabell 6-2 - Respondentenes meninger om Lean Construction

Påstand	Svært enig	Enig	Nøytral	Uenig	Svært uenig	ENIG (4+5)
	5	4	3	2	1	
LEAN Construction er spesielt egnet til store og komplekse byggeprosjekter.	34,81% (47)	29,63% (40)	26,67% (36)	0,74% (1)	0,74% (1)	64,44% (87)
Ved å iverksette LEAN Construction får bedrifter bedre arbeidskvalitet	34,81% (47)	34,07% (46)	22,96% (31)	-	-	68,89% (93)
Resirkulering av bygg-avfall har et stort forbedringspotensial i Norge.	49,63% (67)	23,70% (32)	14,81% (20)	4,44% (6)	0,74% (1)	73,33% (99)
LEAN Construction er på vei til å bli et krav for å konkurrere på offentlige prosjekter i Norge med tanke på alt avfall som er forårsaket av byggebransjen.	11,85% (16)	17,78% (24)	48,89% (66)	8,89% (12)	4,44% (6)	29,63% (40)
Denne strategien øker samarbeidet og ansvarlighet blant de involverte.	30,37% (41)	28,89% (39)	30,37% (41)	2,22% (3)	-	59,26% (80)
Inntjening på et prosjekt økes grunnet bedre produktivitet.	40,74% (55)	25,93% (35)	23,70% (32)	0,74% (1)	1,48% (2)	66,67% (90)
LEAN Construction fører til bedre samarbeid mellom alle aktørene gjennom alle byggeprosesser.	31,85% (43)	35,56% (48)	22,22% (30)	2,22% (3)	0,74% (1)	67,41% (91)

Sammenliknet med Tabell 1-1, kan man se at det er store forskjeller når det gjelder enighet om de ulike påstandene for Lean Construction. Når det for eksempel blir spurt spørsmål om at Lean Construction blir satt som et offentlig krav kommer det frem at kun 29,63% er enige i påstanden. Dette kan sies å være et relativt lavt tall sammenliknet med prosentandel hos de andre påstandene. Dette kan være et resultat av at Lean Construction ikke har blitt nok implementert i arbeidshverdagen, og at aktørene ikke kjenner til de ulike fordelene Lean Construction kan tilby. Gjennomsnittet for enigheten totalt på dette spørsmålet var på **61,38%**, og sammenliknet med gjennomsnittlig enighet hos BIM (**80,493%**) viser det tydelig at implementeringen av Lean Construction henger etter.

Spørsmål 15 - Samspill og planlegging på tvers av fag blir sentralt i Lean Construction. Hvilken av de fem store ideene er viktigst for deg?



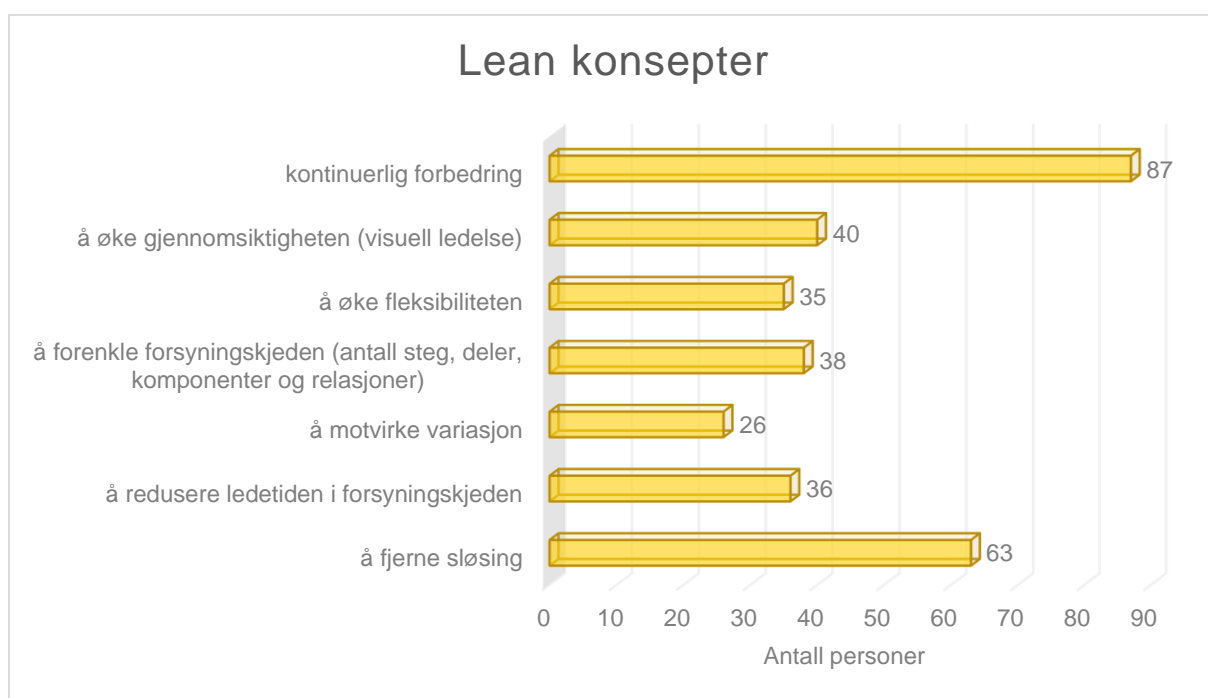
Figur 6-6 - De fem store ideene og Lean Construction

Hensikten med dette spørsmålet var å identifisere hvilke ideer og verdier som er høyt verdsatt hos de ulike aktørene. Dette er viktig for å forstå hvilke nøkkelpunkter som kan være i relasjon med Lean Constructions verdier. De to største verdiene som kom fram i undersøkelsen vises på figur 6.6. Her kommer det frem at helhetlig optimalisering overfor suboptimalisering er en nøkkelvei for 64 personer. Videre setter også aktørene veldig stor verdi på å lage et nettverk hvor deling av risiko og fordeler praktiseres på en god måte.

KAPITTEL 6: Resultat fra empirisk data

Som det er nevnt i kapitlet LEAN og BIM, er det viktig å få redusert opportuniste og dårlige relasjoner i et selskap i størst mulig grad hvis man vil implementere Lean Construction. De to viktigste ideene innen Lean, basert på undersøkelse, forteller at felles eierskap og ansvar til hele prosjektet, og ikke kun deloppgaver, er den viktigste Lean-ideen til de fleste. Med Lean Construction vil man få delt risiko og fordeler, samt at felles planlegging og gode relasjoner er noe som gjør at prosjektets deltakere får mer eierskap til prosjekter. Felles planlegging øker samarbeid og forpliktelse i et prosjekt, og deltakernes innspill, som baseres på deres erfaring, er med på å effektivisere prosessene og forbedre flyt i et prosjekt.

Spørsmål 16 - Hvilke/-n av følgende Lean Construction konsept/-er har dere prøvd å innføre i bedriften?



Figur 6-7 - Lean konsepter

På dette punktet ser vi at de fleste aktørene har hatt noe kjennskap til Lean Construction i en eller annen form. Dette påpeker at selv om mange ikke kjenner direkte til Lean Construction og dets verdier, har aktørene tatt i bruk noe av disse konseptene. Dette kan kanskje forklares ved at mange bedrifter unngår å bruke navnet «Lean Construction» men innfører dets verdier og konsepter under et mer kjent begrep innenfor bedriften. Dette øker tilliten til denne strategiinnføringen blant de ansatte, og dermed blir det lettere å gjennomføre innføringen også.

Som det kommer tydelig frem i undersøkelsen er at det stadig jobbes med kontinuerlig forbedring. Dette utgjorde 87 personer av totalt 111 som valgte å svare på dette spørsmålet. Nest største konsept som ble stemt på av aktørene var at bedrifter prøvde å fjerne sløsing. Det var 63 personer av totalt 111 som svarte at de har jobbet med innføringen av å fjerne sløsing.

Spørsmål 17 - BIM er blitt til et krav i noen av offentlige byggeprosjekter i Norge. Det forventes at EU-regler blir stadig strengere innen avfallshåndtering som gjør at Lean Construction blir veldig attraktiv i landet. BIM som digitalt verktøy, og Lean som gjennomføringsstrategi er ettertraktet blant annet fordi:

Tabell 6-3 – Egenskaper som gjør BIM og Lean ettertraktet

Påstand	Svært enig	Enig	Nøytral	Uenig	Svært uenig	ENIG (4+5)
	5	4	3	2	1	
Dagens byggebransje preges av ineffektivitet og stort forbedringspotensial	32,59% (44)	41,48% (56)	13,33% (18)	6,67% (9)	0,74% (1)	74,07% (74)
Byggebransjen sliter med lange ledetider, uklar informasjonsflyt, varierende kvalitet og høye byggekostnader.	32,59% (44)	41,48% (56)	13,33% (18)	6,67% (9)	0,74% (1)	74,07% (74)
Lean og BIM øker effektivitet i et byggeprosjekt, noe som igjen øker kunde verdien og lønnsomheten til bedriften.	42,22% (57)	42,96% (58)	6,67% (9)	2,22% (3)	0,74% (1)	85,19% (115)
Både BIM og Lean fører til bedre samarbeid mellom alle aktørene gjennom hele byggeprosessen.	43,70% (59)	36,3% (49)	11,85% (16)	2,96% (4)	-	80% (108)

KAPITTEL 6: Resultat fra empirisk data

Jeg foretrekker å jobbe med prosjekter som benytter seg av Lean Construction og BIM	54,07%	24,41%	9,63%	1,48%	2,22%	81,48%
	(73)	(37)	(13)	(2)	(3)	(110)

Hensikten med dette spørsmålet var å identifisere hvilke egenskaper ved BIM og Lean som gjør disse verktøyene ettertraktet. Dette vil hjelpe å sammenlikne hvilke egenskaper som trekkes frem av aktørene og sammenlikne disse egenskapene ved informasjon funnet i litteraturstudie. Som det kommer frem i litteraturstudie er byggebransjen preget av ineffektivitet og stort forbedringspotensial. Dette stemmer overens med besvarelsene gitt i undersøkelsen (74,07%). Et annet punkt som kommer frem ved disse påstandene er at 74,07% sier seg enig i at byggebransjen sliter med lange ledetider, samt at det finnes uklar informasjonsflyt og varierende kvalitet. Når det blir spurt om BIM og Lean øker effektivitet i et byggeprosjekt, som igjen resulterer i at kundeverdien og lønnsomheten økes, var det flere enn 85% som var enige i påstanden. At både BIM og Lean fører til bedre samarbeid hos ulike aktører er også noe deltagerne kjenner seg igjen i. Siste påstanden om at respondentene foretrekker å jobbe med prosjekter som benytter seg av BIM og Lean Construction har en treffsikkerhet på 81,48%. **Dette viser at de fleste som har deltatt i undersøkelsen som representerer bransjen, har en positiv oppfatning av BIM og Lean Construction, og at disse verktøyene kan forbedre bedriften deres.**

6.2 Oppfølgingsintervju

Det var totalt 6 personer som ble valgt videre til intervju etter spørreundersøkelsen. Aktører med forskjellige stillinger i ulike bedrifter ble valgt. For å kunne svare godt på problemstillingen ble det valgt aktører innad i samme bedrift også slik at ulike synsvinkler på problemstillingen kommer tydeligere frem. Det er ikke alltid slik at de som er på ledelsen har samme tankegang slik utførerne har, og dette vil dermed resultere i at alle meninger ikke kommer. Det ble også lagt vekt på at personer med ulike bakgrunn ble valgt å gå videre i intervjuet slik at ulike implementeringsproblemer som har oppstått kan lettere forklares. Med ulik bakgrunn menes for eksempel aktører fra konsulent selskaper, entreprenører, leverandører og byggherre. Det ble totalt stilt 22 spørsmål delt i tre deler. Første delen var igjen bakgrunnsspørsmål og litt fordypende informasjon om aktøren. Del to fokuserte mer på BIM og Lean Construction som verktøy og deres erfaring med disse verktøyene. Den siste delen ble det satt søkelys på byggebransjens videre teknologiske utvikling og hvilken rolle BIM og Lean Construction kan ha i denne utviklingen. Intervjuobjektene meninger har blitt gjengitt i kursiv skrift. Spørsmålene som har blitt stilt kan bli funnet i **vedlegg B – Intervjuguide**.

6.2.1 Bruken av BIM

Ut ifra besvarelsene som ble gitt i intervjuene kan man si at bransjen er ganske samkjørte når det gjelder holdningen til bruken av BIM. De fleste deltagere kjenner godt til BIM og har tatt i bruk BIM i både mindre og større prosjekter. Samtidig som bruken av BIM fremmer noen fordeler, fører det også til noen ulemper. Det ble valgt å spørre spørsmål til bruken av de ulike dimensjonene, og hvilke årsaker som lå til grunn for å bruke/ikke bruke disse ulike BIM-dimensjonene.

6.2.1.1 Kunnskap til bruken av BIM

Når dette spørsmålet ble stilt til respondentene var samtlige av intervjuobjektene ganske tydelig på at det fortsatt er stor mangel på kunnskapsnivå hos enkelte aktører i byggebransjen. Fellesnevneren for alle intervjuobjektene er at en gruppe som har mye mer kunnskap enn

KAPITTEL 6: Resultat fra empirisk data

andre aktører er rådgivere. Det kommer også frem at generelt entreprenører har nok kompetanse til å ta nytte av BIM sin fordeler. Spesielt blir byggherren og fagfolk nevnt av alle intervjuobjektene som henger etter i denne teknologiske utviklingen. Dette kan forklares med erfaring, alder og utdanning. Fagfolk har ikke betydelig utdanning innen teknologiske verktøy, og har kjennskap til BIM ved å bruke BIM-kiosken. Dette forklarer en av respondentene slik,

«Rådgivere skifter arbeidere ofte og tar ofte inn nytt blod. God til å rekruttere. Entreprenører har mye kompetanse, men byggherren henger spesielt etter i denne utviklingen.»

«Incentivet hos de aktørene utgjør denne forskjellen. Entreprenøren har mye større nytte av BIM og ser fordelene ved det. Hos byggherren ser man ikke fordelene og tjenesten du kan få av BIM i like stor grad. Byggherren vil spesielt ta nytte av fdv'en i lengre perspektiv.»

Videre kommer det frem at det finnes to typer mangel på kunnskap hos de ulike aktørene ut ifra det respondentene har besvart. Første som kommer frem er at det finnes aktører som ikke i det hele tatt kan noe BIM eller har manglende kunnskap til å ta i bruk BIM slik det er beskrevet i sitatet nedenfor.

«Manglende kompetanse hos de ulike fagene kan føre til at jobben som har blitt gjort er unødvendig.»

Den andre type mangel på kunnskap handler om bruk av de ulike dimensjonene. Mange har sett og tatt i bruk 3D-BIM, men når det kommer til andre BIM-dimensjoner er kunnskapsnivået betraktelig lavt. Flere av intervjuobjektene nevner dette slik,

«BIM tror de består av kun 3D tror de fleste, men det innebærer langt mer. Kunnskapsnivået er derfor langt nede.»

«Kompetanseheving. For å gå videre til de ulike dimensjonene må 3D modellen være riktig modellert. Man ser ikke nytten av de ulike dimensjonene også.»

Det tyder på at kompetansen ikke er tilstrekkelig nok generelt hos aktørene. Der aktørene tar i bruk 3D-BIM, er ikke modellene gode nok til å ta videre til de andre dimensjonene. Heller ikke kompetansen er nok til å ta i bruk de gode 3D-modellene inn i de ulike dimensjonene. Dette vil føre til at mye av arbeidet som har blitt gjort for å bruke gode BIM-modeller blir forkastet, og dermed hensiktsløs å bruke mye tid på disse modellene hvis det ikke skjer en kompetanseheving.

6.2.1.2 Holdning til bruken av BIM

Generelt vil man kunne si at bransjen er positive til bruken av BIM, og kunnskapsnivået er økende. Spesielt legger mange vekt på at det har blitt en eksplosiv utvikling i bruken av BIM de siste årene. Dette har ført til at flere har sett behovet for en teknologisk utvikling, og derfor hatt en positiv holdning til bruken av BIM.

«Rådgiverne og planleggerne er veldig positive på denne utviklingen og ser nytten av det. Byggherren kommer etter, men er positive allikevel.»

Et viktig punkt som også kommer tydelig frem av intervjuobjektene er at endringer ikke blir godt likt, og man heller foretrekker å bruke systemet og verktøyene som allerede fungerer. Denne holdningen har vært i bransjen en god periode, og forklarer hvorfor bruken av teknologien kommer så langt etter. Ettersom det har kommet flere og flere krav fra offentlige myndigheter for bruken av BIM, har dette fremmet bruken betraktelig de siste årene. At personer innser hvilke fordeler BIM som verktøy bringer inn i prosjektene, kan også være en av årsakene for økt bruk, og en mer positiv holdning til bruken av BIM.

«Det er som ofte at BIM-modeller ligger klart til bruk, men ofte at man ikke benytter det grunnet erfaringen man er vant til å jobbe med.»

KAPITTEL 6: Resultat fra empirisk data

«Et av momentene kan være at det er eldre personer som har ledelsen i prosjekter, og de ønsker ikke å endre den tradisjonelle metoden som har funket godt for dem i årevis. Ikke sett behovet, ikke nødvendig til nå.»

«Byggebransjen er konservativ, forutsigbarhet, vi liker å gjenta ting som vi vet at det fungerer godt. Byggebransjen har ofte ikke initiativer, jeg kan tjene på noe annet, da gjør vi det»

6.2.1.3 Fordeler og ulemper med BIM

Samtlige intervjuobjekter nevner den kanskje mest naturlige fordelen BIM gir, nemlig å kunne visualisere 2D tegninger til 3D tegninger. Dette tillater at for eksempel feil planlegging unngås tidlig i prosjektet, og dermed fører til kostnadsbesparing. Andre fordeler visualiseringen bringer kan være det at estetiske vurderinger vil bli mye enklere å velge enn før, eller at tegninger som kan virke litt kompliserte nå er lettere å forstå i en 3D-modell. Når det blir spurt om hvordan de ulike aktørene tar nytte av de ulike fordelene, følger en av intervjuobjektene slikt,

«Byggherren bruker BIM spesielt av hensyn til å få god dokumentasjon, rådgiverne bruker for å tegne og legge alle fagene opp på hverandre, entreprenørene har lavere interesse selv om det er viktig for dem fordi de håndterer de fysiske elementer i byggebransjen og dermed sjekker om det ser ut sånt som det er tegnet.»

«Tidligere oppfattelse av bygget, er mer involvert i prosjekteringsfasen ved kombinasjon av disse verktøyene.»

Andre fordeler som nevnes som veldig viktig grunn for å implementere BIM i prosjektene er å kollisjonskontrollere. Dette gjøres gjennom programvaren Solibri Model Checker, der analyser av bygget og elementene gjennomføres. Dette sammenliknet med tidligere måter å se på

tegningene på, utgjør en stor forskjell ved at man i en tidligere fase kan kombinere alle fag og sørger for at ingen elementer krasjer med hverandre. Typiske feil som kan oppstå etter å ha bygget er for eksempel rør går gjennom søyler. En annen viktig fordel som Solibri bringer inn i prosjektene er at den gir kontroll på mengder av elementer i modellen. Med dette kan bestillinger av varer gjøres veldig simpelt, på en betingelse at modellen blir sjekket opp for duplikater.

«Kan være lønnsomt å bruke BIM i prosjekteringsfasen. Lettere å vise modellene, hvordan bygget fungerer, og enklere å dele filer der ulike fager kommuniserer enklere»

«BIM-kiosker kan være tungbart»

En av måtene fagfolk ut på byggeplassen kan skaffe seg informasjon på er gjennom BIM-kiosk. I første øyekast ser dette ut som en lett og enkel måte å skaffe seg informasjon på, men slik en av intervjuobjektene forklarer det er det ikke like gunstig slik det er tenkt. Dersom man for eksempel under armeringen ikke husker hvordan tegningene så ut, må han helt bort til BIM-kiosken og prøve å huske hvordan detaljene er og fortsette der han var. Sammenliknet med å kunne bare ha en tegning klart ved siden av og bruke det trengs er mye enklere. Hvis man er litt glemsk og husker ikke særlig detaljer, vil dette være lite effektivt for de som jobber ute på byggeplassen.

6.2.1.4 utfordringer ved implementering av BIM

Samtidig som intervjuobjektene nevner mange ulike fordeler, kommer det også frem noen utfordringer ved implementeringen av BIM. Spesielt er det entreprenører og byggherrer som nevner disse ulempene, noe som igjen forklarer hvorfor de ikke er like gode på å bruke BIM som konsulentene. Dette forklarer også litt hvorfor konsulentene som bruker BIM bak skjermen har det mye lettere å benytte BIM sammenliknet med aktørene som er ute i byggeplassen. Ettersom det ble valgt intervjuobjekter fra ulike aktører kommer forskjellene lettere fram.

KAPITTEL 6: Resultat fra empirisk data

«Tilgang til internett og strøm på byggeplass, er det ofte utfordringer med utstyr.»

Slik en av intervjuobjektene nevner ovenfor, er det ikke alltid like lett å skaffe seg informasjon på byggeplassen, ettersom denne informasjonen er basert på nettilkobling (som for eksempel BIM-kiosker). Disse utfordringene vil for eksempel ikke oppstå med printing av tegninger på forhånd der det ikke kreves noe strøm eller internett på byggeplassen for å skaffe den nødvendige informasjon for å bygge.

En av intervjuobjektene nevner også det at BIM ikke gir noe informasjon om funksjonaliteten til bygget, og dermed ikke kan si noe om bygget vil fungere slik den er prosjektert i BIM. BIM-modellen blir sett på som en «kompleks maskin» der alle rådgivere har satt inn sitt arbeid i modellen og kombinert alt.

«For å sette sammen modellen geometrisk for fagområdene funker BIM perfekt. Men da må man stille seg dette spørsmålet: Hvordan har samarbeidet mellom fagområdene vært underveis? Fungerer bygget? Det er det jeg vet at den største utfordringen oppstår

6.2.1.5 Tiltak for implementering av BIM

Når intervjuobjektene blir stilt dette spørsmålet om hvilke tiltak som de mener er nødvendige for aktivt bruk av BIM i bedriften, kommer det frem at de fleste av intervjuobjektene er samkjørte på at bedrifter må ansette flere med BIM-kunnskap, og å holde kurs til de ansatte som bruker BIM slik at det skjer en kunnskapsheving innad i bedriften. Litt spesielt var det at intervjuobjekter som jobbet i entreprenør-firmaer mente at det burde utvikles enklere programvarer for å benytte BIM. Mens konsulentene presiserte at kompetanseheving var viktigste tiltak for god implementering av BIM, var entreprenørsiden mer på at programmer som var enklere ville ført til mer aktivt bruk fra deres side.

Dette krever også at ledelsen som skal ansette har den nødvendige kompetansen til å ansette de riktige personene. En leder som ikke har aner hva problemet er og hvorfor det oppstår, vil

slite med å finne løsninger på problemet. Feil ansettelse vil heller ikke hjelpe å heve kompetansen innad i bedriften.

«Ledelsen er de som har ansvar om å ansette folk med riktig kompetanse, de selv må ha nok kompetanse til å ansette de riktige personene også.»

6.2.2 Bruken av Lean

Sammenliknet med bruken av BIM i byggebransjen er der litt mer forskjellige praksis for Lean Construction i bransjen. Hos noen aktører er det en gjenganger som blir brukt i alle prosjekter, mens det i andre aktører er mer i prøve-perioden, der den litt og litt blir implementert i små prosjekter og etter hvert i større prosjekter. Generelt er intervjuobjektene samkjørte på hvilke fordeler Lean-metodikken byr på.

6.2.2.1 Kunnskap og holdninger til bruken av Lean Construction

Kunnskapsnivået for Lean Construction er i økende grad, og spesielt kommer entreprenører som aktørene med mest kjennskap og kunnskap til metodikken. Konsulenter sliter mer med Lean-metodikken i forhold til BIM. Dette kan sies å være en gjenspeiling av situasjonen i BIM, ved at denne gang er det entreprenørene som er godt i gang med å implementere og bruke Lean-filosofien, hvor konsulentene sliter med forståelsen av filosofien. Likevel kommer det frem at Lean-metodikken blir også mer satt søkelys på i konsulentfirmaer.

«Entreprenør er flinkere på Lean Construction siden de ser påvirkning av en slik prosess. Rådgivere sliter på Lean fordi Lean prosjektering er fortsatt ukjent.»

Dog holdningen virker å være veldig positivt, selv om Lean-filosofien fortsatt er litt ukjent i byggebransjen. Mange store bedrifter har allerede implementert Lean-filosofien som en gjennomføringsstrategi i deres prosjekter, og spesielt krav fra byggherresiden om å benytte Lean-metodikk i prosjektene har satt stor fart i utviklingen.

KAPITTEL 6: Resultat fra empirisk data

«Den blir benyttet, ukjent hvilken grad, fordi jeg selv er veldig involvert i de prosjektene jeg har og derfor har ikke oversikt over bransjen. På den andre siden når jeg deltar på Lean seminarer så hører man fra dem som driver med det og da virker det som alle gjør det. Alle de større bedriftene som Veidekke, Peab, Skanska, Backe gruppen driver med noe form for Lean metodikk. Tviler på at det er lite utstrakt på små selskap.»

6.2.2.2 Fordeler og utfordringer med Lean Construction

Ved å implementere Lean Construction i prosjektene deres har intervjuobjektene nevnt flere fordeler. Flere av intervjuobjektene nevnte de 7 formere for sløsing, og at dette kunne unngås ved å implementere Lean Construction. Blant annet ble det nevnt at ved å planlegge antall produkter som kjøpes for hver fase i byggeprosjektet kan man slippe unna unødvendig lagring av varer, som både krever lagringsplass, men også kostnader knyttet til at varer blir fort ubrukelige etter en periode. Dette kan unngås som nevnt over ved å kun bestille for hver fase og ikke totalt for hele prosjektet for eksempel. Dette kan settes inn under temaet taktplanlegging, som er en del av Lean-filosofien. Hensikten med å taktplanlegge er å skape flyt i hele arbeidsprosessen slik at en unngår unødvendig sløsing av tid og penger på omarbeid.

«Det går mye på byggherren ved at byggherren krever rapportering. Dette vil føre til langt mindre sløsing.»

Samtlige av intervjuobjektene nevner dette med at endringer krever tid og at dette er en stor utfordring når en ny strategi eller verktøy skal implementeres i prosjekter. Det kommer derfor frem fra intervjuobjektene at de har implementert Lean-filosofien ved å bruke mer kjente begreper og uttrykk for å ikke møte motstand, og for at strategien skal kunne adopteres bedre innad i bedriften. Mange nevner det at de fleste ikke ønsker å komme seg ut av komfort-sonen og at endringer derfor ikke godtas med det første. Tenkningen er også mer at med disse endringene kreves det mer jobb å gjøre enn hva det krevdes før.

«Lean har en utfordring og det er at det tar tid for folk til å forstå det, og endrer vaner og metodikk og mentalitet, det tar tid. Hvis man da ikke ser et resultat over et halvt år eller et år, så tenker man det her funker ikke. Man må ha veldig lang horisont, det tar tid før det blir tatt i bruk. Det er lønnsomt på en lang horisont, kan vise til resultater i fremtiden, ikke med en gang.»

«Offentlige byggherrer har satt krav om at Lean skal implementeres i prosjekter. Både i prosjekteringsfasen og utførelsesfasen. Frykten for at folk tenker ny strategi fører til motstand, men hvis folk hadde tenkt generelt sløsing ville det vært enklere å implementere dette for eksempel. Vi selv kaller det for digital planlegging slik at vi unngår frykten for noe nytt.»

6.2.3 Synergier mellom BIM og Lean Construction

Intervjuobjektene kan sies å være meget samkjørte når de svarer på spørsmål om hvorvidt BIM og Lean Construction passer sammen, og hvorvidt dette kommer til å ta plass i hverdagen i fremtiden. En av intervjuobjektene presiserer det slik,

«Ja, BIM og Lean henger sammen. BIM viser hva du skal plassere og bygge, bemanningsplan på byggeplassen, MMI nivåer og vise hva som er ferdig når mens med Lean skapes det best flyt. Skape god flyt i byggeprosessen, et antall uker før man skal starte.»

Lean som metodikk og BIM som verktøy supplerer hverandre i at man skaper god flyt i byggeprosessen ved at prosessen digitaliseres. Med digitalisering vil man kunne oppdatere eventuelle feil som oppstår meget raskt, og derfor spare på kostnader tilknyttet eventuelle forsinkelser som ville blitt et resultat av denne forsinkelsen. Med digitalisering vil aktører også samarbeide på en effektiv måte ved at kommunikasjon skjer digitalt og fysisk oppmøter ikke er nødvendige. Dette har spesielt vist seg å være en stor fordel i en situasjon som disse koronatider, der fysiske møter ikke har vært mulige å gjennomføres.

KAPITTEL 6: Resultat fra empirisk data

«Ser du nytte av å bruke Lean, da har du spart ressurser, tid, penger, god tidslinje og miljø (for mye transport). Digitalisering blir sentralt i bransjen, for å ha med full pakke digitalisering, må man ha med BIM og Lean.»

6.2.4 Suksessfaktorer for implementering av nye verktøy og metoder

«Topp- ledelses involvering, topp-down gjør at leder i et selskap tar ansvar, ikke gi oppgaver til andre, gjøre det selv.»

«Å få ansatte og gi ansatte for å gi opplæring og forståelse at dette er bra, presse fra nedenfra og opp, topp-down og bottom-up er viktig, viktig at ansatte skjønner.»

Samtlige av intervjuobjektene er enige i at en vellykket implementering så er det ikke nok med at det kun er ledelsen som ønsker en endring, *Top-down bevegelse*, eller at det kun er arbeiderne som ønsker en endring som ledelsen ikke følger opp med, *Bottom-up bevegelse*. Dette blir nevnt fordi som regel kommer endringer på at enkeltindivider er veldig engasjert i det ene og tar med bedriften inn i det. Når resten av bedriften ikke er innforstått med hvilke fordeler og ulemper det kan medbringe vil man som regel møte motstand og føre til et mislykket forsøk på å bringe nytt verktøy eller metode inn.

På den andre siden legges det stor vekt på at kompetanse er den viktigste faktoren for en vellykket implementering. Dersom det ikke er nok kompetanse vil man ikke kunne ta full nytte av metoden eller verktøyet som blir implementert heller. For at den nødvendige kompetansen skal inn i bedriften må man ansette nok personer med riktig kompetanse, samt holde kurs der det er nødvendig slik at det skjer en kompetanseheving innad i bedriften. Eierskap til implementeringen og forenklingsprosessen vil gjøre det enklere at implementeringen blir til en suksess.

«Kompetanse er det viktigste for implementering. Eierskap til implementering, og forenkling. Ofte slik at en person som har høy interesse som tar med seg gruppen, uten at man vet de ulike fordelene og ulempene denne implementeringen kan medføre.»

En annen viktig punkt som trekkes frem av bedriftene er at for en vellykket implementering er en nødt til å ha tålmodighet. Endringer tar tid, spesielt når det gjelder kulturendringer. Derfor er en nødt til å ikke kreve resultater fra dag en, men se på resultatene i et lengre perspektiv. En god strategi for at en vellykket implementering skal finne sted, er å innføre implementeringen i mindre prosjekter først. Deretter lære fra de første prosjektene og videreføre denne erfaringen på neste prosjekt. På denne måten kan erfaringen videreføres mer til kommende prosjekter og resultere i en vellykket implementering ettersom den nødvendige kompetansen og erfaring har blitt til en realitet fra de tidligere prosjektene.

«Da er det lurt å ha god strategi: For eksempel: vi skal ha 2 små prosjekter hvor vi lærer det, hvor vi implementerer det, men vet at vi ikke får resultater også tar vi neste 5 prosjekter hvor vi bygger det opp.»

7 Diskusjon

I dette kapitlet skal de definerte forskningsspørsmålene (se **Kapittel 1.1**) diskuteres for å kunne se på problemstillingen fra et bredere perspektiv. Disse temaene skal prøves å besvares ut ved hjelp av litteraturstudiet og resultater fra det empiriske data, ettersom denne dataen skal gjenspeile situasjonen i byggebransjen per i dag.

7.1 Hva er premissene for implementering av BIM og Lean Construction?

Når det er snakk om premissene for implementering av BIM og Lean Construction er det ikke mye som kan vises til i litteraturstudiet. Det skal derfor i dette forskningsspørsmålet settes søkelys på de empiriske dataene skaffet fra spørreundersøkelsen og fra intervjuobjektene siden det er her den sensitive informasjonen for implementeringen i byggebransjen kommer.

Kunnskapsnivået kan konkluderes med at er ikke tilfredsstillende for at en fullstendig implementering av BIM og Lean kan skje. BIM har blitt benyttet langt mer de siste årene og derfor hatt et økende kunnskapsnivå, men fortsatt ikke nok til å benytte de ulike elementene i BIM. Lean er fortsatt ikke like godt kjent som BIM, og kunnskapsnivået trenges å økes betydelig. Mens BIM er godt kjent og brukt hos rådgivende selskaper, er Lean mer kjent hos entreprenørene. Det kreves derfor løsninger der de ulike aktørene tar i bruk BIM og Lean Construction mer sammen for å oppnå gode resultater, samt at de tar nytte fra hverandres erfaring når det gjelder bruk av metodikken og verktøyet. Spesielt må fagfolk involveres mer i denne implementeringen, der de er største brukerne av metodikken og verktøyet i praksis. Dette kan for eksempel gjøres ved at plantegninger tas vekk fra dem slik at de er nødt til å bruke digitale verktøy for å se på plantegningene. Vi kan derfor konkludere i at å øke kunnskapen og involveringen av de ulike aktørene i implementeringen vil være et viktig premiss for implementeringen av BIM og Lean Construction.

Holdningen til bruken av BIM og Lean Construction er generelt god i bransjen, men det kommer spesielt forskjeller i de ulike aktørene grunnet frykten for noe nytt. Bruken av

verktøyet og metodikken varierer spesielt basert på hvor erfaren brukeren er, der personer med lengre erfaring sliter med bruken og implementeringen. Dette grunnet den følelsen av å gå ut ifra komfortsonen og prøve noe nytt som nødvendigvis ikke vil gjøre hverdagen enklere. Med andre ord kan dette sies å være grunnet frykten for å bruke noe nytt. Dette problemet som kan oppstå i enhver bedrift kan løses ved at verktøyet og metodikken som skal implementeres må grundig forklares ved at alle fordeler og ulemper blir godt forstått av brukerne, der **hensikten** med denne implementeringen blir tydelig for alle. Implementeringen kan heller ikke skje umiddelbart og i alle prosjekter. Bruken av verktøyene og metodikken må implementeres i mindre prosjekter først, der man skaffer seg informasjon og erfaring til å bruke verktøyet videre i større prosjekter. Dette er en lang prosess, og krever derfor også tålmodighet for at verktøyet og metodikken er fullstendig implementert. Et premiss vil følgelig være å skape engasjement og motivasjon slik at samtlige i alle nivåer ønsker å benytte metodikken og verktøyet.

7.2 I hvilken grad blir Lean Construction og BIM iverksatt i byggebedrifter i dag?

BIM i dag blir benyttet i stor grad og har blitt implementert stort sett i alle de store bedriftene per nå. Mens konsulentselskaper bruker BIM aktivt i arbeidet deres, kommer det frem i intervjuene at entreprenører, bygherrer og fagfolk ikke er like flinke til å bruke verktøyet aktivt. Dette peker på at selv om alle bedrifter har satt en strategi på å aktivt bruke BIM i alle deres prosjekter, kommer det ulik praktisering av bruken. Dette skyldes tidligere erfaringer med «vanlig» praksis. På den andre siden, er Lean Construction iverksatt i de fleste entreprenørbedrifter. Praksisen er slik at metodikken blir innført under mer kjente begreper i bedriften, slik at metodikken faktisk blir **aktivt** brukt. Konsulentselskaper derimot bruker Lean-metodikken i mindre grad, og har lite kjennskap til metodikken. Men det kommer frem allikevel at metodikken prøves å implementeres i noen prosjekter, men som nevnt ovenfor med mer kjente begreper slik at implementeringen blir til en realitet i konsulentselskapene også.

KAPITTEL 7: Diskusjon

Det kommer frem også at statlige organisasjoner har begynt å kreve bruk av BIM i prosjektene deres, der det settes krav om at alt av det prosjekterte finnes som BIM-filer. Dette har selvsagt resultert i at bedrifter med- eller uten vilje har satt søkelys på BIM, og brukt verktøyet aktivt spesielt i statlige prosjekter, men også i andre prosjekter. De statlige kravene om å bruke BIM i prosjektene deres kan sies å være en av hovedgrunnen til at bedrifter i dag har iverksatt BIM aktivt i alle prosjektene deres, og for at en eksplosiv utvikling av BIM i norske byggebransje har blitt en realitet.

Alle bedrifter bruker noe form for Lean, men det er fortsatt veldig få bedrifter som fullstendig implementerer denne gjennomføringsstrategien. Som nevnt tidligere i oppgaven, er dette forårsaket av en tidkrevende mentalitetsendring som avhenger av menneskenes evne til å tilpasse seg nye tiltak og innovasjoner. Uvitenhet og usikkerhet blant ansatte forårsaker motstand mot implementering av nye verktøy og derfor er det viktig å tidligst mulig avklare nye og gamle roller, samt forklare målet med implementering av denne strategien. De største bedrifter i Norge kommer med egne begreper for Lean Construction for å øke interesse og skape tillit hos de ansatte. Denne bransjen er konservativ der ansatte liker å ha forutsigbarhet og jobbe med den metode som de er kjent med fra før av.

Denne strategien skaper bedre flyt ved å bestemme det som skaper verdi for kunde og alt annet blir sett på som sløsing. Forankring i strategi spiller en viktig rolle for å oppnå maksimalt utbytte ved iverksetting av Lean Construction. Ansatte bør være godt kjent med bedriftens styringsdokumenter hvis man skal klare å nyttiggjøre de Lean-tiltakene som er planlagt. I Norge bruker mange entreprenørselskap Lean i sin hverdag, og det er den siden av bransjens spekter som til slutt og sist streber mest med å redusere sløsing, og Lean har vist å være et nyttig verktøy for å få dette til. Entreprenørselskap sliter mest med sløsing og merker stor nytte av Lean Construction både i prosjektets økonomi og forbedret drift i senere prosjekter.

På den andre side har vi prosjekteringselskap som fortsatt har mye potensial i implementeringsgrad av Lean i sine oppgaver. Ny gjennomføringsmodeller i prosjektering har blitt publisert hvor prosjekteringsgruppe kan samarbeide sammen for å lage en BIM modell. Den mest kjente modellen er VDC (Virtual Design Construction) og flere bedrifter tar denne modellen i bruk i prosjekteringen. Det forventes at andel av de som jobber på prosjekteringssiden som bruker Lean øker betydelig i nær fremtid. Mye av implementeringsgraden av Lean avhenger av byggherrens ønsker og krav ved prosjektets

utførelse. Slik det er nevnt i case studie i denne oppgaven, var det krav fra byggherren ved prosjektets start at alt arbeid skulle utføres i henhold til Lean prinsipper. På den måten kan byggherre bestemme bransjens retning ved å tvinge utførende til å iverksette ønsket strategi.

7.3 Hvordan kan kombinasjon av BIM og Lean Construction føre til mer bærekraft i byggeplasser?

Vi må forstå at effektive prosesser er et ansvar, ikke bare overfor kunden, men også overfor egen bedrift, samfunnet, og kloden vi lever på. Målet må være å løse hver oppgave uten å sløse med ressursene, med tiden og reparasjonsarbeidet. Alle oppgaver i et byggeprosjekt er logisk avhengige av hverandre og for å koble dem sammen på en miljøvennlig måte trenger man dyktige og godt motiverte medarbeidere. Med slikt arbeidsmiljø kan man ha en arena som kan sette sammen den løsningen som stemmer med eierens ønsker og krav, og som samtidig tar i betraktning prosjektets påvirkning på miljø.

Ut ifra prognoser for byggebransjen til 2030 forventes det at avfallhåndtering skal være et krav i det europeiske markedet (The B1M, 2020). Den alternative løsning kan være å kreve implementering av LEAN Construction i byggeprosjekter fordi denne strategien krever riktig produkt til riktig tid. Da skal man ikke gjøre eller kjøpe noe som er unødvendig for selve produktet, og dermed skal man unngå å få ubrukelige gjenstander som skal kastes til slutt. På den måte kan avfallshåndteringen løses med organisering av arbeidet ved hjelp av LEAN Construction. Noen land i Europa, som Nederland og Tyskland har kommet veldig langt med resirkulering i byggebransjen.

I Norge blir det mer aktuelt å ha utslippsfrie byggeplasser hvor det er snakk om solceller, energisentraler og papirløse byggeplasser (digitalisering i form av BIM). Ved å ha tilstrekkelig kompetanse i BIM, klarer man å svare på nåværende miljøutfordringer i byggesektoren. Det kreves at fremtidige bruken i byggebransjen krever helst spesielle løsninger eller funksjonelle tilpasninger, ønske om et spesielt uttrykk eller bruk av helt ny teknologi.

På flere prosjekter kreves det noen miljøambisjoner som for eksempel å kreve å prosjektere eller bygge i henhold til nullutslippsbygg eller BREAM og for å kunne jobbe med det prosjektet må man ha teknologi som kreves. Man kan sette krav som resulterer i at man må

KAPITTEL 7: Diskusjon

implementere teknologi. Det forventes ikke at myndigheter setter krav til teknologi, men muligens løsninger som krever teknologi, for eksempel miljøambisjoner. Hvis man har byggeprosess som produserer mindre avfall, er det mindre transport som kreves. Dette kan oppnås ved bedre planlegging, ved å fjerne sløsing, bedre utnyttelse av lagring, tid og transport. Lean-tenkningen er sentral i alle disse metodene og er derfor en viktig del av løsningen for bedre bærekraft i byggesektoren.

Ovennevnte argumenter understreker at bransjen bør i størst mulig grad implementere Lean Construction for å være forberedt på fremtidige reguleringsendringer innen avfallshåndtering i denne sektoren. Med Lean Construction vil man få et produksjonsledelsessystem som bruker unike verktøy og teknikker for å forårsake endringer i kulturen i en organisasjon, samtidig som det maksimerer verdien for kundene ved å identifisere og eliminere sløsing og sikte på perfektjon i leveransen av byggeprosjekter, samt å bidra mot et bærekraftig og grønnere miljø.

7.4 Hva er premissene for å ta i bruk nyere teknologi i byggebransjen, og hvordan kan den teknologien implementeres?

Det er mange ulike temaer som trekkes frem når tanken om implementering av ny teknologi oppstår, der en bedrift er nødt til å ha de betingede egenskapene for en vellykket implementering, og ikke minst være en av de ledende innenfor bransjen. I dette delkapitlet skal disse temaene tydeliggjøres, samt vise til hvilke premisser som finnes for en vellykket implementering og oppdatering av teknologien som aktivt blir brukt i bedriften.

Først og fremst er det nødvendig at styret i bedriften har satt seg en strategi for å implementere ny-teknologi, og at denne strategien ikke endrer seg med det første. Et styre som krever resultater fra dag en vil ikke ha suksess med implementeringen og vil kun stå igjen med mislykket forsøk på å innføre teknologien og tap av ressurser. Videre er det kritisk at bedriften har en egen gruppe som følger med på den teknologiske utviklingen i byggebransjen

og som står ansvarlig for implementering av denne nye teknologien. Flere av intervjuobjektene nevner det at de ikke har en egen avdeling for å følge med utviklingen, men at det er engasjert ansatte i de ulike avdelingene som står ansvarlige for oppfølgingen. På denne måten vil bedriften være oppdaterte på teknologien som benyttes i bransjen, og dersom de ser det nødvendig også implementere teknologien. Vi kan med dette trekke frem god oppfølging og oppdatering av informasjon som en premiss for en vellykket implementering av nyere teknologi.

Videre kreves det at det er satt av ressurser til å implementere ny teknologi. Dersom grunnleggende ressurser som tid, penger og prosjekter ikke er tilfredsstillt, vil en vellykket implementering ikke oppnås. Det vil for eksempel i BIM-implementeringen kreves nødvendige ressurser som nok PC'er, samt også ha råd til å kjøpe lisenser til å benytte BIM i diverse prosjekter. Dersom ett av disse kravene ikke kan oppfylles, vil et forsøk på å implementere verktøyet ikke være noe annet enn misbruk av ressurser. Derfor er det nødvendig at det gjøres grundige analyser der alle ressurser som kreves for implementeringen og kostnader knyttet til disse ressursene kartlegges, før en eventuell implementering finner sted. Ved hjelp av disse analysene vil da bedriften være i stand til å forstå kompleksitet ved implementeringen og ha et godt utgangspunkt for innføringen av nye teknologier og verktøy. Det må også nevnes under dette punktet at alle analyser knyttet til den nye teknologien (ikke bare ressurser), må undersøkes med tanke på fordeler og ulemper denne teknologien kan bringe, samt se på utfordringer som vil skapes gjennom denne implementeringen.

Men det er ikke bare nok med at de nødvendige analysene utføres før en implementering blir til realitet. Ansatte som skal benytte seg av denne nye teknologien må også ha den nødvendige kompetansen for å ta fullt nytte av teknologien og dets fordeler. Et premiss vil følgelig være kompetanseheving i bedriften, der ansatte faktisk er i stand til å bruke teknologien som iverksettes. Denne kompetansehevingen bør først og fremst rettes mot de ansatte som kommer til å ta i bruk teknologien, slik at ressursene ikke sløses bort på ansatte som ikke skal benytte seg av teknologien i det hele tatt. Dette gjelder spesielt bruk av ressurser på personer i ledelsen som faktisk ikke skal benytte seg av teknologien, og som er på den administrerende delen av arbeidet. Derfor er det viktig at personer i ledelsen har kjennskap til teknologien og er innforstått med hvilke fordeler og ulemper dette bringer, men ikke videre opplæring på hvordan selve teknologien skal benyttes.

KAPITTEL 7: Diskusjon

8 Konklusjon

Det skal i dette kapitlet ved hjelp av litteraturstudie, spørreundersøkelsen og intervjuene forsøkes å kartlegge utfordringer og muligheter ved implementering av BIM ved bruk av Lean Construction i byggebransjen i dag, samt sette søkelys på byggebransjens videre teknologiske utvikling. Ettersom problemstillingen i oppgaven er ganske åpen, har det blitt valgt å sentralisere seg på resultater fra empirisk data, samt oppsummere det som har blitt diskutert rundt forskningsspørsmålene gitt i **Kapittel 1.1**. Hensikten med dette er å kunne svare på problemstillingen basert på situasjonen i byggebransjen per i dag ut ifra funn fra litteraturstudie og det empiriske data. Videre skal det fremstilles en avkortet konklusjon på problemstillingen, der kapitlet skal avsluttes med en anbefaling til videre arbeid.

Innledningsvis kan BIM og Lean Construction bli sett på som en stor forvandling i byggebransjen. BIM har i et lengre periode vært kjent i byggebransjen og derfor sammenliknet med Lean Construction er mer kjent og benyttet. Likevel kommer det klart frem i intervjuene som har blitt gjennomført at både BIM og Lean kommer til å bli en viktig del av hverdagen i byggebransjen i fremtiden. Når det gjelder holdningen til både Lean og BIM, er det et tydelig tegn på at bransjen ser positiv på både verktøyet og metodikken, der ledelsen er gruppen som ønsker det mest. Dette er en «**topp-down**»-bevegelse der ledelsen er gruppen som tvinger fram en endring, hvor det nødvendigvis ikke støttes på lavere nivåer på hierarkiet. I slike prosesser er det nødvendig at grupper på lavere hierarki-nivåer også inkluderes og at de får et «eierskap» til implementeringen slik at en «**bottom-up**»-bevegelse oppstår.

Når det er snakk om premissene for implementeringen av Lean Construction og BIM kan det konkluderes med at kunnskapsnivået ikke er tilfredsstillende nok for at en fullstendig implementering av BIM og Lean Construction kan skje per i dag. Dog kommer det frem at erfaringen og kunnskapsnivået varierer betydelig hos de ulike aktørene. Mens BIM er godt kjent og brukt hos rådgivende selskaper, er Lean mer kjent hos entreprenørene. Det kreves derfor løsninger der de ulike aktørene tar i bruk BIM og Lean Construction mer sammen for å oppnå gode resultater, samt at de tar nytte fra hverandres erfaring når det gjelder bruk av

metodikken og verktøyet. **Vi kan derfor konkludere i at å øke kunnskapen og involveringen av de ulike aktørene i implementeringen vil være et viktig premiss for implementeringen av BIM og Lean Construction.** Holdningen til bruken av BIM og Lean er generelt god i bransjen, men spesielt møtes det problemer der frykten for noe nytt er stort. Dette kan forklares med at enkelte ikke ønsker å komme seg ut av komfortsonen og møte nye utfordringer, men foretrekker å fortsette med det tradisjonelle. **Et premiss vil følgelig være å skape engasjement og motivasjon slik at samtlige i alle nivåer ønsker å benytte metodikken og verktøyet.**

Om hvorvidt Lean Construction og BIM blir iverksatt i byggebedrifter i dag er det stor variasjon på praksisen. Som nevnt ovenfor blir BIM **aktivt** benyttet hos rådgivende konsulentselskapene for prosjektering, noe som forklarer hvorfor konsulentene har høyere kunnskap innen dette området sammenliknet med andre disipliner. Grupper som spesielt henger etter i bruken av BIM aktivt kan konkluderes med at er byggherren, fagfolk og delvis entreprenører ut ifra intervjuene som har blitt gjennomført. Krav fra statlige organisasjoner om å bruke BIM aktivt i deres prosjekter har vært en viktig årsak for den forsinkede men ventede utviklingen. Derimot, finnes Lean-tankegangen på en eller annen form i alle bedrifter i dag, men få som har fullstendig implementert denne som gjennomføringsstrategi. De største bedrifter i Norge kommer med mer kjente begreper for Lean Construction for å øke interesse og skape tillit hos de ansatte. Dette forårsaket av en tidkrevende mentalitetsendring som avhenger av menneskenes evne til å tilpasse seg nye tiltak og innovasjoner.

Mer bærekraft i byggebransjen er noe som alle i bransjen må ta ansvar for. Lean Construction og BIM har forskjellige løsninger på hvordan mer bærekraft i sektoren kan oppnås. Selv om det ikke er strenge regler innen avfallshåndtering i dag, blir de kravene som gjelder regulering av bærekraftige utfordringer strengere i fremtiden. Derfor er det viktig at bransjen er forberedt på det og at bransjen klarer å gjennomføre alle prosjektfaser med minst mulig sløsing. Dette er hovedmålet med Lean, og reduisering av sløsing er **et viktig premiss** for å forbedre bærekraft i alle sektorer, inkludert byggesektoren. For å få det til, bør det startes med å kartlegge de ikke-verdiskapende aktiviteter i et prosjekt og jobbe mot eliminering av

KAPITTEL 8: Konklusjon

dem. Digitalisering i form av BIM resulterer med papirløse byggeplasser, og informasjonsutveksling er mye enklere med BIM som gjør at dette verktøyet tilbyr det bransjen trenger for å forbedre bærekraft. Med BIM kan vi endre på tegninger uten flere utsettelse og ekstra kostnad så lenge prosjektet befinner seg i prosjekteringsfasen. Et annet viktig premiss for å utnytte alle fordeler med BIM og Lean Construction er å planlegge godt alle trinn og **informere andre om når neste fase inntreffer** slik at de ikke forventer å gjøre flere endringer på arbeidet som er utført. Bedrifter som gjennomfører Lean Construction og tar i bruk BIM, velger ofte å informere når de har «låst» utført arbeid.

Premissene for å ta i bruk nyere teknologi i byggebransjen, samt hvordan denne skal implementeres kan oppsummeres slik at først og fremst trenger bedriften å sette seg en strategi for å implementere nyere teknologi, slik at denne strategien ikke endrer seg med det første. Dette vil vise at styret og ledelsen er fast bestemt på å implementere teknologien og ikke vil bytte mening med det første. Derfor kreves det også at bedriften har en egen avdeling eller gruppe som følger med på den teknologiske utviklingen i bransjen. **Med dette kan god oppfølging og oppdatering av informasjon trekkes frem som en premiss for implementering av nyere teknologi.** Det kreves også at de nødvendige ressursene (tid, penger og prosjekter) er tilfredsstillende for at en vellykket implementering skal finne sted. Videre må det gjennomføres nødvendige analyser knyttet til implementeringen med tanke på ressurser, samt også hvilke muligheter og utfordringer denne implementeringen vil forårsake i bedriften. Bedriften må også sørge for at ansatte som skal ta i bruk denne teknologien har den nødvendige kompetansen. **Et premiss vil følgelig være kompetanseheving i bedriften, der ansatte faktisk er i stand til å bruke teknologien som iverksettes.**

Videre arbeid

Denne masteroppgaven har identifisert en rekke kritiske suksessfaktorer, samt noen mindre viktige suksessfaktorer og barrierer for en vellykket implementering av BIM og Lean Construction i byggebransjen i dag. Anbefaling til videre arbeid kan være å få bedre oversikt over hvilken grad BIM og Lean Construction faktisk blir implementert i norske byggebedrifter, ettersom dette krever en mer omfattende forskning enn hva arbeidsmengden til

masteroppgaven tillot. Dette vil være avhengig av både kvalitativ og kvantitativ forskning der det bør utføres omfattende undersøkelser og flere dybdeintervjuer enn det som har blitt utført i denne oppgaven. Videre ville det vært interessant å kunne se store prosjekter der ulike BIM-dimensjoner blir benyttet i tidligfase og gjennom hele prosjektløpet, der dette kan dokumenteres ytterligere, grunnet det store potensialet som fortsatt foreligger.

KAPITTEL 8: Konklusjon

Bibliografi

- AEC Soluzioni. (2015, Mars 18). *Lean Manufacturing and production proses*. Retrieved from AEC Soluzioni: <https://www.aecsoluzioni.it/wp/en/lean-manufacturing-and-production-processes/>
- ArcDox. (2016, August 15). *Youtube* . Retrieved from 30-minute Introduction to BIM: <https://www.youtube.com/watch?v=bJTNhbVcBFk>
- Autodesk AutoCAD. (n.d.). Retrieved from https://www.autodesk.no/products/autocad/overview?mktvar002=afc_no_nmpi_ppc&AID=13355246&PID=8299312&SID=jkp_EAlaIQobChMI7ebLiMTw7gIVDSIYCh2A_Q8yEAAYASAAEgKo8fD_BwE&cjevent=a130ae0d70fc11eb815d00290a180510&affname=8299312_13355246
- Autodesk Construction Cloud. (2021). *An introduction to Lean Construction for Today's Construction Professional*. Retrieved from Autodesk Construction Cloud: http://pg.plangrid.com/rs/572-JSV-775/images/Introduction_To_Lean_Construction.pdf
- Autodesk Construction Cloud. (2021). *An introduction to Lean Construction for Today's Construction Professional*. Retrieved from Autodesk Construction Cloud: http://pg.plangrid.com/rs/572-JSV-775/images/Introduction_To_Lean_Construction.pdf
- Autodesk Revit. (n.d.). Retrieved from https://www.focus.no/produkter/autodesk/revit/?gclid=EAlaIQobChMIInOfek8Xw7glVUEKRBR1YUgc1EAAYAAEgK1kfD_BwE
- Azhar, S. (2011, Juli). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC industry. *ASCE*, pp. 241-252.
- Azhar, S., Carlton, W., Olsen, D., & Ahmed, I. (2011). Building information modelling for sustainable design and LEED rating analysis. *Automation in Construction*, 20, pp. 217-224. doi:10.1016/j.autcon.2010.09.019

Bibliografi

- B1M. (2020, September 30). *How Tesla Builds Its Factories So Quickly*. Retrieved from Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=ijXqKtxvm48>
- Ballard, G., & Howwel, G. (2004). An update on Last Planner. Proceeding of the 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Helsingør.
- Ballard, G., & Zabelle, T. (2000). *Lean Design: Process, Tools, & Techniques*. Retrieved from Lean Construction Institute : http://p2sl.berkeley.edu/wp-content/uploads/2016/03/W010-Ballard_Zabelle-2000-Lean-Design-Process-Tools-and-Techniques-LCI-White-Paper-10.pdf
- Ballard, G., Hammond, J., & Nickerson, R. (2009, Januar). *Production Control Principles*. Retrieved from Research Gate: https://www.researchgate.net/publication/228417657_Production_Control_Principles
- Ballard, H. G. (2000). *The Last Planner of production control*. Birmingham: The University of Birmingham.
- Bentley. (n.d.). *SYNCHRO*. Retrieved from <https://www.bentley.com/en/products/brands/synchro>
- Best, R., & Valence, G. D. (2002). *DESIGN AND CONSTRUCTION: Building in value*. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Biblus*. (n.d.). Retrieved from <https://biblus.accasoftware.com/en/7-dimensions-of-the-bim-methodology/>
- BIMForum. (2020, Desember). *BIMForum*. Retrieved from <https://bimforum.org/resources/Documents/LOD%20Spec%202020%20Part%20I%202020-12-31.pdf>
- Bosnich, T. (2019, Desember). *Applying Lean Construction principles to waste management and identifying minimisation opportunities to inform the industry*. Retrieved from <https://toiohomai.ac.nz/sites/default/files/inline-files/Applying%20lean%20construction%20principles%20to%20waste%20manageme>

nt%20and%20identifying%20minimisation%20opportunities%20to%20inform%20the
%20industry_0.pdf

buildingSMART. (2007). *Information Delivery Manual: Guide to Components and Development*. Retrieved from <http://idm.buildingsmart.com/>

buildingSMART. (2020, Januar 31). Retrieved from IDM: <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-prosess>

buildingSMART. (2013, November 12). Retrieved from Proses: <https://buildingsmart.no/bs-guiden/prosesser/kollisjonskontroll>

Bølviken, T. (2021, Januar 19). *Lean Construction og Involverende planlegging*. Retrieved from <https://docplayer.me/1966934-Lean-construction-og-involverende-planlegging-hva-er-det-og-hva-gjor-vi.html>

Centers for Disease Control and Prevention. (2015, Januar 13). *Centers for Disease Control and Prevention*. Retrieved from Hierarchy of controls: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/>

Chafi, A., & Bajjou, M. S. (2017, Mars). *A Comparative Study between Lean Construction and the Traditional Production System*. Retrieved from ResearchGate.

Chen, L., & Qu, H. (2011). *Journal of System and Management Sciences*. *Evaluation for "economics and legislative factors influence the design team and contractor throughout a building project from inception to completion"*, pp. 94-108.

Chen, P.-H., Cui, L., Wan, C., Yang, Q., Ting, S. T., & Tiong, R. L. (2004, August 27). *Automation in Construction*. *Implementation of IFC-based web server for collaborative building design between architects and structural engineers*, pp. 115-128.

Chen, Y., & Kamara, J. M. (2008). *Using mobile computing for construction site information management*. Newcastle University, Engineering, Construction and Architectural Management. Newcastle: Emerald Group Publishing Limited. doi:10.1108/09699980810842034

Clare L. Comm, D. F. (2005, November 17). *An Exploratory Analysis in Applying Lean Manufacturing to a Labor-Intensive Industry in China*. Retrieved from Emerald:

Bibliografi

- <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/13555850510672430/full/pdf?title=an-exploratory-analysis-in-applying-lean-manufacturing-to-a-laborintensive-industry-in-china>
- Daxue consulting. (2020, Desember 20). *Lean management in China*. Retrieved from Daxue consulting: <https://daxueconsulting.com/lean-management-in-china/>
- Drageset, S., & Ellingsen, S. (2017). Å skape data fra kvalitativ forskningsintervju. *Sykepleien forskning*, 332-335.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A guide to building information modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. Boston: Wiley.
- EnergyPlus*. (n.d.). Retrieved from <https://energyplus.net/>
- epa.gov. (2020, September 28). *Lean Thinking and Methods - 5S*. Retrieved from United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/sustainability/lean-thinking-and-methods-5s>
- Fløisbonn, H., Skeie, G., Uppstad, B., Markussen, B., & Sunesen, S. (n.d.). *MMI – Modell Modenhets Indeks*. Retrieved from <https://www.rif.no/wp-content/uploads/2018/11/mmi-modell-modenhets-indeks.pdf>
- Google. (2021, Februar 9). Retrieved from Google Scholar: <https://scholar.google.com/intl/en/scholar/about.html>
- Grani, H. K. (2016, Desember 3). *Areo*. Retrieved from Level of Development - LOD - as a Lifecycle BIM tool: <https://blog.areo.io/level-of-development/>
- Grønmo, S. (2021, februar 1). *Store norske leksikon*. Retrieved from https://snl.no/forskningsmetode_-_samfunnsvitenskap
- Halvorsen, K. (1989). *Å forske på samfunnet*. Cappelen Damm.
- Helsebiblioteket*. (2018, Oktober 17). Retrieved from Metode og minstekrav for utarbeidelse av kunnskapsbaserte fagprosedyrer: <https://www.helsebiblioteket.no/fagprosedyrer/lage-og-oppdatere-fagprosedyrer/metode>

- Hirano, H. (1996). *5S for Operators: 5 Pillars of the Visual Workplace*. The productivity press development team. Retrieved from EPA.
- Holm, H. T., Veen, A. R., Wertebach, S., & Johansen, P. R. (2017). *Lean metodikk i praksis: Erfaring fra byggeprosjektet KHiB. Kunst- og designhøyskolen i Bergen - KHiB*.
- Kalsaas, B. T. (2017). *LEAN CONSTRUCTION: Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon*. Bergen: Vigmostad & Bjørke AS.
- Kensek, M. K. (2014). *Building Information modeling*. New York: Routledge.
- Klakegg, O. J. (2017). Byggenæring og gjennomføringsmodeller - ramme for verdiskaping. In B. T. Kalsaas, *Lean Construction: Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon* (pp. 417-453). Bergen: Vigmostad & Bjørke AS.
- Klemes, J. J., & Wang, C. M. (2016, oktober 17). *Journal of Cleaner Production. Interactions of BIM, Lean and Sustainability on the Architectural, Engineering and Construction industry: A systematic review*, p. 19.
- Krijnen, A. (2008, September 27). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. Retrieved from Taylor and Francis Online: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14767330701234002>
- Labs, W. (2019, Mai 20). *A lean and green approach to reduce waste, improve quality*. Retrieved from Food engineering: <https://www.foodengineeringmag.com/articles/98301-a-lean-and-green-approach-to-reduce-waste-improve-quality?>
- Lean Construction Blog. (2021, Januar 19). *LeanBIM: Unleash BIM Possibilities and Make Lean Construction Even Leaner*. Retrieved from Lean Construction Blog: <https://leanconstructionblog.com/LeanBIM-Unleash-BIM-possibilities.html>
- LeCompte, M. D., & Goetz, J. P. (1982). *Problems of Reliability and Validity in Ethnographic Research*. Geogia: University of Georgia. Retrieved from Colorado.
- Ledolter, J. &. (1999). *Statistical Quality Control - Strategies and Tools for Continual Improvement*. Chicago: John Wiley & Sons.
- Leknessund, T. (2021). *Lean Construction grunnkurs*. Bergen: Lean communications.

Bibliografi

- Levy, F. (2012). *BIM in small-scale sustainable design*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Logos-world. (n.d.). Retrieved from <https://logos-world.net/autocad-logo/>
- Matland, J. (n.d.). *Prosjektnorge*. Retrieved from <http://v1.prosjektnorge.no/files/events/150/presentasjon-john-matland.pdf>
- Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V., & Ustinovichius, L. (2013). The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation. *Elsevier LTD*, pp. 764-774. Retrieved Mars 9, 2021, from <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877705813008308?token=9406BA095C1B557677B2F9A115C0CA09BD98FEBE86EED31DB4A38FD40B84DBC32F60CBA738ADFB1B2760A652F29DA2>
- Nahmens, I. a. (2012). *Effects of Lean Construction on sustainability of modular homebuilding*.
- NorConsult. (n.d.). Retrieved from <https://www.nois.no/produkter/prosjektstyring/isy-calculus/>
- Norway, b. (2014, Mai 20). Retrieved from IFC: <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-datamodell>
- Norway, b. (2017, April 19). Retrieved from IFD: <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-dataordbok>
- NTB kommunikasjon. (2018, August 20). Retrieved Mars 8, 2021, from <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/digitalisering-gir-godt-samarbeid-pa-e6?publisherId=14424980&releasId=17727895>
- Ogunbiyi, O. (2014). *Implementation of the Lean Approach in Sustainable Construction: A Conceptual Framework*. Lancashire: University of Central Lancashire.
- Oldfield, J., Oosterom, P. v., Beetz, J., & Krijenen, T. (2017). Working with Open BIM Standards to Source Legal. *MDPI*, 1-19.
- Olsson, N. (2017). Kvalitet og Lean - to sider av samme sak? In B. T. Kalsaas, *Lean Construction: Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon*. Bergen: Vigmostad & Bjørke AS.

- Planet together. (2021, August 3). *Five Principles of Lean Manufacturing*. Retrieved from Planet together: <https://www.planettogether.com/blog/five-principles-of-lean-manufacturing>
- Ritu Ahuja, A. S. (2016, oktober 29). *Internation Journal of Sustainable Build Enviroment*. Retrieved from Driving Lean and green project outcomes using BIM: A qualititve comparative analysis: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2212609016300991?token=3B4366D185B37DA353EAA514D4AD3AF88B637892512463F45167AA85651C6702F43D9FAA5374C3C3EAC47037A65986F1>
- Romea, C. (2018, August 23). *Benefits of BIM and Lean Management*. Retrieved from Zigurat Global Institute of Technology: <https://www.e-zigurat.com/blog/en/lean-bim-construction-benefits-of-bim-and-lean-management/>
- Røsdal, T., & Ørstavik, F. (2011, Desember 15). Kommunikasjon i byggeprosjekter. *NIFU*, p. 21. Retrieved Mars 8, 2021, from <https://nifu.brage.unit.no/nifu-xmlui/bitstream/handle/11250/282005/NIFUrapport2011-25.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B., & Owen, R. (2010). Interaction of lean and building information modeling in construction. *Journal of construction engineering and management* 136.9, (pp. 968-980). Retrieved Mars 10, 2021
- Salem, O. M. (2005, Januar). *Site implementation and assessment of Lean Construction techniques*. Retrieved from Research Gate: <https://leanconstruction.org.uk/wp-content/uploads/2018/09/Salem-e-al.-2005-Site-implementation-and-assessment-of-lean-construction-techniques.pdf>
- SBR digitalization LLC*. (n.d.). Retrieved from BIM Modeling services: <https://sbr3d.com/en/our-services/bim-modeling-services>
- Schoen, J. (2020, April 24). The Dimensions of BIM Explained. Retrieved from <https://axissteel.com/the-dimensions-of-bim-explained/>

Bibliografi

- Smith, D. K., & Tardif, M. (2009). *Building Information Modeling: A strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Spoore, T. (2003). Five S(5S): "The key to Siplified Lean Manufacturing.". *Durham Manufactures Association*.
- Statsbygg & KHiB team. (2018). *Lean prosjektering*. Bergen: KHiB info-hefte.
- Statsbygg. (2009, Februar 2). BIM-manual 1.1. *Statsbyggs generelle retningslinjer for bygningsinformasjonsmodellering (BIM)*. Statsbygg. Retrieved from https://dok.statsbygg.no/wp-content/uploads/2020/06/statsbyggs-bim-manual-1-2-1_no_20131217.pdf
- Store norske leksikon*. (2021, Februar 1). Retrieved from <https://snl.no/konsept>
- T.Jones, J. P. (1996). *LEAN THINKING: Banish waste and create wealth in your corporation*. New York: SIMON & SCHUSTER.
- The B1M. (2020, Nov 25). *How to build in 2030*. Retrieved from Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=PhRG1Q779lc>
- Thomas W. Kehr, M. D. (2016, Juli 28). *People Pillars: Re-structuring the Toyota Production System (TPS) House Based on Inadequancies Revealed During the Automotive Recall Crisis*. Retrieved from Quality and Reliability Engineering International.
- Tøien, J. (2021, Mars 20). *Rådgivning i Lean Ledelse*. Retrieved from Lean Communications: <https://www.leancommunications.no/radgivning/lean-ledelse/>
- Wang, C., Harper, C., Lee, Y., Harris, R., & Berryman, C. (. (2018). Construction project management. In *Construction research congress*. ProQuest Ebook Central. Retrieved Februar 23, 2020, from <https://ebookcentral.proquest.com>
- What is Jidoka:Principles of Lean manufacturing*. (2021). Retrieved from BTOESInsights: <https://insights.btoes.com/lean-resources/what-is-jidoka-toyota-production-system>
- Womach, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (2007). *The Machine That Changed The World*. New York: SIMON & SCHUSTER.

Wæhle, E., Dahlum, S., & Grønmo, S. (2020, Mai 14). *case-studie*. Retrieved from Store norske leksikon: <https://snl.no/case-studie>

zero.no. (2021, Mars 21). *Bygg og anlegg*. Retrieved from Zero.no: www.zero.no/fagområde/bygg-og-anlegg/

Vedlegg

Vedlegg A: Spørreundersøkelse

I dette vedlegget ligger alle spørsmål som ble stilt i spørreundersøkelsen i kronologisk rekkefølge. Det ble totalt stilt 19 spørsmål.

1. Hva er din nåværende stilling?

- Arkitekt
- RIB
- Konsulent
- Prosjekt- /prosjekteringsleder
- BIM-koordinator
- Kalkulatør
- Mellom- eller toppleder
- HMS-ansvarlig
- Andre

2. Hvor mange års arbeidserfaring har du innen byggebransjen?

- Under 2 år
- Mellom 2 år og 5 år
- Mellom 5 år og 10 år
- Over 10 år

3. Hva slags aktør jobber du for?

- Byggherre
- Entreprenør
- Rådgiverselskap
- Leverandør
- Andre

4. Hvor mange ansatte har bedriften totalt?

- Mindre enn 50
- 50 - 100
- 100 – 500
- Mer enn 500

5. I hvilken byggefase er du involvert i?

- Idefase og forstudie
- Forprosjekt
- Detaljprosjektering
- Gjennomføring
- Idriftsetting

6. Hvilke av disse har du hørt om?

- 3D BIM - tredimensjonal geometri i bygget
- 4D BIM – tidestimator
- 5D BIM – kostnadestimator
- 6D BIM – bærekraft
- 7D BIM - forvaltning, drift og vedlikehold

7. Hvilke av disse har du tatt i bruk?

- 3D BIM - tredimensjonal geometri i bygget
- 4D BIM – tidestimator
- 5D BIM – kostnadestimator
- 6D BIM – bærekraft
- 7D BIM - forvaltning, drift og vedlikehold

8. Hvilke program blir/ble benyttet i bedriften?

- Autodesk Revit eller tilsvarende - for 3D
- SYNCHRO eller tilsvarende - for 4D
- ISY CALCUS eller tilsvarende - for 5D
- EnergyPlus eller tilsvarende - for 6D
- SrinSoft eller tilsvarende - for 7D
- Solibri eller tilsvarende - for kollisjonskontroll
- Andre

Hvis du har svart andre, kan du nevne hvilke?

Spørsmål 9

Hvor enig er du i at følgende er fordeler av BIM?

	Svært enig	Lite enig	Nøytral	Lite uenig	Svært uenig
Allerede i idefasen kan byggherre, ved hjelp av BIM, få innsikt i hvor mye et prosjekt skal koste ca. og når det er ferdigbygd.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tidlig evaluering av designalternativer, ved hjelp av BIM, øker bygningens generelle kvalitet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bruk av BIM fører til større effektivisering	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Det er enkelt å ajourføre nye endringer i BIM	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Med bruk av BIM er det mye enklere å oppdage feil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Teknologien fremmer interaktiv informasjonsutvikling og er i stand til å støtte hele byggets livssyklus, fra planlegging til bruksfase.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Vedlegg

10. Har byggherre, rådgivere og entreprenører ulike interesser når det gjelder å ta i bruk BIM?

- Ja
- Nei
- Vet ikke

11. Har du møtt noen utfordringer med bruk av BIM grunnet dårlig BIM kompetanse av andre aktører i byggebransjen?

- Ja
- Ja, men utfordringer var ikke forårsaket av dårlig BIM kompetanse
- Nei, men føler at andre aktører burde ha mer kompetanse i BIM
- Nei

12. Bruker din bedrift en gjennomføringsstrategi for å oppnå bedre flyt i prosessene?

- Ja
- Nei
- Vet ikke

13. Hvis ja, er det Lean Construction dere har satt som hovedstrategi?

- Ja
- Nei
- Nei, men Lean Construction brukes i noen prosjekter
- Vet ikke

Spørsmål 14

Opplever du at følgende er fordeler ved bruk av LEAN Construction?

	Svært enig	Lite enig	Nøytral	Lite uenig	Svært uenig
LEAN Construction er spesielt egnet til store og komplekse byggeprosjekter.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ved å iverksette LEAN Construction får bedrifter bedre arbeidskvalitet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Resirkulering av byggavfall har et stort forbedringspotensial i Norge.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
LEAN Construction er på vei til å bli et krav for å konkurrere på offentlige prosjekter i Norge med tanke på alt avfall som er forårsaket av byggebransjen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Denne strategien øker samarbeidet og ansvarlighet blant de involverte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inntjening på et prosjekt økes grunnet bedre produktivitet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
LEAN Construction fører til bedre samarbeid mellom alle aktørene gjennom alle byggeprosesser.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Samspill og planlegging på tvers av fag blir sentralt i Lean Construction. Hvilken av de fem store ideene er viktigst for deg?

- Gjør den sosiale relasjonen mellom partene bedre (ikke treff hverandre som fremmede og forlat hverandre som uvenner)
- Optimaliser helheten, ikke delene (unngå suboptimalisering)
- Lag et nettverk av forpliktelser (alle er avhengige av hverandre og forpliktet overfor hverandre)
- Praktiser virkelig samarbeid (deling av risiko og fordeler)
- Etabler rett kobling mellom læring og handling (læring i nåtid - kontinuerlig forbedring)

16. Hvilke/-n av følgende Lean Construction konsept/-er har dere prøvd å innføre i bedriften?

- å fjerne sløsing
- å redusere ledetiden i forsyningskjeden
- å motvirke variasjon
- å forenkle forsyningskjeden (antall steg, deler, komponenter og relasjoner)
- å øke fleksibiliteten
- å øke gjennomsiktigheten (visuell ledelse)
- kontinuerlig forbedring

Spørsmål 17

BIM er blitt til et krav i noen av offentlige byggeprosjekter i Norge. Det forventes at EU-regler blir stadig strengere innen avfallshåndtering som gjør at LEAN Construction blir veldig attraktiv i landet. BIM som digitalt verktøy, og LEAN som gjennomføringsstrategi er ettertraktet blant annet fordi:

	Svært enig	Lite enig	Nøytral	Lite uenig	Svært uenig
Dagens byggebransje preges av ineffektivitet og stort forbedringspotensial	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Byggebransjen sliter med lange ledetider, uklar informasjonsflyt, varierende kvalitet og høye byggekostnader	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
LEAN og BIM øker effektivitetet i et byggeprosjekt, noe som igjen øker kunde verdien og lønnsomheten til bedriften.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Både BIM og LEAN fører til bedre samarbeid mellom alle aktørene gjennom hele byggeprosessen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jeg foretrekker å jobbe med prosjekter som benytter seg av Lean Construction og BIM	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18. Kunne du ha tenkt deg å gi oss et lite intervju hvor du forteller litt mer om din erfaring med 4D BIM og Lean Construction?

- Ja
- Nei

19. Hvis du eventuelt er interessert i å gi oss et intervju, kan du skrive e-mail adressen din her for videre kontakt.

Vedlegg B: Intervjuguide

Bakgrunn og Formål

Vi er to studenter som for øyeblikket er i vårt siste semester på studieprogrammet industriell økonomi ved UiS med spesialisering innen prosjektledelse med bygg. Formålet med oppgaven er å identifisere utfordringer og muligheter ved implementering av BIM og LEAN Construction i byggeprosjekter. Derfor ønskes det å hente informasjon gjennom intervjuer fra aktører i byggebransjen og høre deres erfaring med bruk av disse verktøyene, samt se på forholdet mellom ulike aktører angående bruk av disse verktøyene.

Intervjuguidens fordeling

Intervjuguiden er delt opp i 3 deler, slik det er vist nedenfor:

1. Informasjon om intervjuguiden der formål og bakgrunn blir presentert, samt hvordan intervjuguiden tenkes gjennomført.
2. Her skal generelle spørsmål knyttet til ditt forhold med BIM og LEAN Construction bli stilt.
3. Mer utdypende spørsmål knyttet til BIM og LEAN Construction.

Gjennomførelse

Intervjuguiden med vedlagte spørsmål sendes til deltagerer på forhånd slik at deltageren kan forberede seg på spørsmålene som stilles i intervjuet, samt ha en formening om hvilke tilleggsspørsmål som kan komme.

Det er ønskelig at møtene gjennomføres ved programmene Teams/Skype/Zoom. Dersom deltageren har et annet forslag, vil det også kunne benyttes. **I intervjuet er det tenkt å ta lydopptak. Dersom dette av en grunn ikke passer, bes det om at studentene blir informert på forhånd av deltageren.**

Resultatene og svarene skaffet fra intervjuene vil bli benyttet sammen med tilegnede litteratur og dokumenter for å diskutere problemstillingen i oppgaven som var «Utfordringer

Vedlegg

og muligheter med implementering av BIM ved bruk av Lean Construction, der det settes søkelys på byggebransjen videre teknologiske utvikling». Deltagerens identitet vil bli holdt **anonymt**, men skal beskrives ut ifra bransjetilhørighet og hvilken rolle de har.

Bakgrunnsspørsmål

1. Hvor gammel er du?

2. Hva er din nåværende stilling?

3. Hvor mange års erfaring har du i byggebransjen?

4. Har du jobbet med LEAN Construction før? Hvis ja, hvor lenge?

5. Har du jobbet med BIM som verktøy før? Hvis ja, hvor lenge?

6. Hvordan synes du generelt holdningen i bransjen er rundt bruken av BIM og LEAN Construction?
 - a. Er kunnskapsnivået høyt nok?
 - b. Blir BIM som verktøy og LEAN som gjennomføringsstrategi **faktisk** implementert i prosjekter?

Fokusering på BIM og LEAN, og hvordan BIM kan praktiseres ved hjelp av LEAN

7. I hvilken grad føler du at Lean Construction blir benyttet i norske byggebransjen i dag?
8. Hva vil du selv si er de viktigste barrierene for en vellykket implementering av LEAN Construction og BIM i en bedrift?
9. Hva er din oppfatning av sløsing i byggebransjen?
10. Hvor god kjennskap har du til de 7 kildene av sløsing;
 - a. Overproduksjon
 - b. Omarbeid/defekter
 - c. Venting
 - d. Mellomlagring/lagring
 - e. Transportering
 - f. Overprosessering/behandling
 - g. Ikke utnyttet kunnskap
11. Nå ser vi at det ikke er så mange som bruker LEAN i bransjen, litt over 50% ut ifra undersøkelsen. Noen år siden var det ikke så mange som brukte BIM i byggefasene, men BIM kom mer inn i spillet og «dyttet ut» den tradisjonelle metoden som inkluderte utskrivning, notatgiving på ark osv. Forventer du at LEAN skal dytte ut den tradisjonelle arbeidsmetoden ved at flere folk hensyntar unngåelse av sløsing?
 - a. 90 (både svært enig og litt enig) har svart at det er stort potensial innen avfallshåndtering i byggebransjen i Norge. Synes du at LEAN Construction, strategi der 7 sløsingsskilder blir unngått, kan utnytte dette potensialet og føre til resirkulering i byggebransjen i mye større grad?
 - b. Hva er din forventning om bransjens fremtid? Er Lean unngåelig del av det?

Hvis ja, er det Lean Construction dere har satt som hovedstrategi?

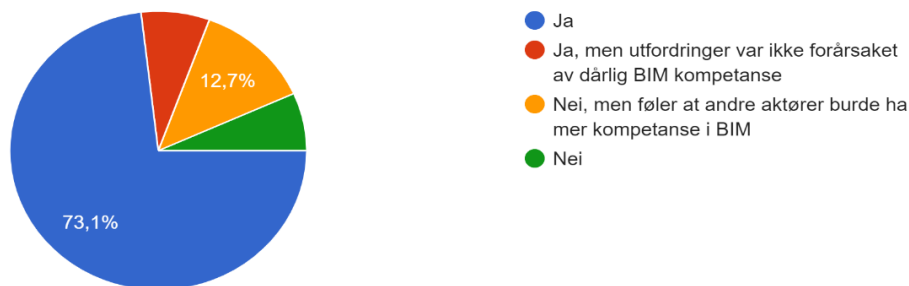
134 svar



12. Besvarelsene i spørreundersøkelsen sier at de fleste opplevde problemer grunnet dårlig BIM-kompetanse hos andre (74%). Synes du generelt at bransjen burde utvikles mer på BIM siden, og er det spesielt noen grupper som henger etter i denne utviklingen?

Har du møtt noen utfordringer med bruk av BIM grunnet dårlig BIM kompetanse av andre aktører i byggebransjen?

134 svar



13. Det kommer frem i spørreundersøkelsen at byggherrer, rådgivere og entreprenører har ulike interesser når det gjelder bruk av BIM (72%). Hvorfor tror du det er ulike interesser når det gjelder bruk av BIM?

14. I spørreundersøkelsen viser det seg at de fleste deltagere har god kjennskap, og har tatt i bruk 3D BIM. Desto lengre opp i BIM-dimensjonene man kommer, synker både kjennskap og bruk av disse dimensjonene. Hvorfor tror du ikke alle BIM-dimensjonene blir utnyttet i like stor grad som 3D BIM?

15. Hvordan tenker du BIM kan øke samarbeidet mellom aktører under prosjektering?

16. Hvilke tiltak mener du er nødvendig for at BIM skal brukes mer aktivt i bedriften?

- a. Ansette flere med kunnskap om BIM?
- b. Holde kurs med hensikt å øke kunnskapsnivået?
- c. Enklere programvarer?

17. Hvordan tror du implementeringen av BIM ved hjelp av LEAN som gjennomføringsstrategi kan påvirke prosjektet?

- a. Blir beslutninger tatt tidligere?
- b. Blir beslutninger gjort enklere?

Utviklingen i byggebransjen

18. Hvordan vil engasjement hos toppledelsen påvirke bruken av BIM og LEAN i samarbeid, og tror du dette vil endre kunnskapsnivået hos de ansatte?

100% (19 svar) av de som jobber i mellom- eller toppledelse svar at de har hatt utfordringer og at andre aktører burde ha mer kompetanse i BIM.

- Hvorfor er de øverste i hierarkiet så misfornøyde med BIM kompetanse hos andre aktører?
- Har ikke de fra topp- og mellomledelse også ansvar for svak kompetanse innenfor BIM i bedriften?

19. Hvordan følger bedriften med på den teknologiske utviklingen i byggebransjen, og er det satt av noen tiltak for å holde bedriften oppdatert på denne utviklingen?

20. Det sies at byggebransjen henger etter i den teknologiske utviklingen sammenliknet med andre bransjer.

- a. Hvorfor tror du byggebransjen henger så mye etter i denne utviklingen?
- b. Hvilke tiltak må til for å lukke denne luken?
- c. Hvordan vil et påbud fra myndighetene sette fart på denne utviklingen?

21. Byggebransjen har blitt med i trenden om å ha ZeroEmission som mål i byggeplasser, og det kommer stadig nye løsninger på hvordan disse målene kan oppnås.

- a. Hvor viktig tror du BIM og LEAN Construction er i denne prosessen?
- b. Hvordan tror du dette kan oppnås som et mål i byggeprosjekter ved bruk av BIM og LEAN Construction?