



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2018 30 stp.

Fakultetet for Realfag og Teknologi

Veileder: Tor Kristian Stevik

Industrialiseringens posisjon i dagens byggenæring

The position of industrialization in the Norwegian
Construction industry today

Håkon Løfald Kidd

Industriell Økonomi

Fakultetet for Realfag og Teknologi

Torjus Nyernes

Industriell Økonomi

Fakultetet for Realfag og Teknologi

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet ved fakultetet for realfag og teknolog ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet (NMBU) våren 2018 og avslutter med dette vår mastergrad i industriell økonomi.

Vi ønsker å rette en stor takk til alle som har gjort denne oppgaven mulig. Vi vil starte med å takke vår veileder Tor Kristian Stevik for hans smittende entusiasme, støtte og gode tilbakemeldinger under arbeidet med denne oppgaven. Vi vil også takke Ingrid Børset Breivik for god hjelp med korrekturlesning.

Videre ønsker vi å takke alle de 18 intervjuobjektene som med stort engasjement og interesse stilte opp til intervju og gjorde oppgaven mulig. Deres svar og innspill har gitt oss en meget god forståelse for byggenæringen som har vært til stor hjelp i forbindelse med oppgaven. En stor takk gis også til de to aktørene som bidro med data til kalkylemodellen vår. Uten deres informasjon ville det ikke vært mulig for oss å kvantifisere forskjellen mellom byggemetoder.

Opgavens tema har vært stort og omfattende, men vi håper oppgaven kan bidra til å forbedre byggenæringen som vi begge snart skal begynne å jobbe i. Det blir spennende å se hvordan denne forsetter å utvikle seg videre. Forhåpentligvis vil vi få benytte oss av den kompetansen vi har opparbeidet oss i arbeidet med denne oppgaven og fortsette arbeidet vi har startet på.

Tusen takk til våre samboere Helene og Ingrid, familie og venner for forståelse, oppmuntrende ord og motivasjon under arbeidet med denne oppgaven. Takk til alle våre medstudenter for minnerike og flotte år på Ås. Avslutningsvis ønsker vi å takke hverandre for et godt samarbeid og en solid innsats som har resultert i en masteroppgave vi begge kan si oss meget stolte av.

Ås, 11.mai 2018


Håkon Løfald Kidd


Torjus Nyrnes

Sammendrag

Byggenæringen har fått mye kritikk for fallende produktivitet til tross for at den omsetter for stadig mer. Den har de siste tiårene tatt tak i produktivitetsutfordringene og en ser stadig flere tilnærminger til Lean i prosjektering og utførelsesfasen for å redusere sløsende aktiviteter og fremme verdiskapende aktivitet. Dessverre kan det virke som man ikke helt har omfavnet filosofien og at man ikke har klart å tilpasse Lean til byggenæringen. Fremdeles ligger det et stort fokus på ressurseffektivisering og ikke flyteffektivitet. I et forsøk på å forbedre produktiviteten har det vært et stort fokus på digitalisering og prefabrikasjon. Til tross for dette, har byggenæring en stort potensial for produktivetsforbedring.

Denne masteroppgaven ønsker å svare på problemstillingen: *«Hvordan kan byggenæringen struktureres for å oppnå effektene av et industrielt tankesett og hvilken verdi har industrialiseringen av byggenæringen for sluttbrukeren»*. Dette ble gjort gjennom semi-strukturerte dybdeintervjuer av 18 intervjuobjekter fordelt på ulike virksomheter fra underentreprenører til byggherrer og bransjeforeninger. Oppgaven har også gjennomført en kvantitativ sammenligning av plassbygd og elementproduserte konstruksjon ved hjelp av data fra to store aktører. Resultatene vil bli sett i sammenheng med tidligere forskning på området, og satt opp imot teorien bak Lean Production og Lean Construction.

Oppgaven identifiserer at industrialisering er en liten del av den større utfordringen som påvirker produktiviteten i byggenæringen. For å skissere en struktur for å oppnå effektene av industrialisering må disse tas hensyn til. Disse utfordringene påvirker dermed også den direkte opplevde verdien for sluttbrukere. Utfordringene oppgaven har identifisert er manglende overordnet standardisering av prosesser og informasjonsflyt (digitalisering). Videre er riktig kompetanse til riktig tid i prosjekteringen og insentiver for innovasjon. I tillegg påvirker rammebetingelser alle disse forholdene direkte, slik at økt kompetanse om hvordan rammebetingelser for byggenæringen skal utformes, trengs. Resultatene fra kalkylen identifiserer at industrielle og plassbygd metoder har et tilnærmet likt kostnadsbilde, men at de industrielle metodene har et stort effektivitetspotensial, gitt at byggenæringen klarer å hente ut de industrielle effektene. For å oppnå dette må byggenæringen blant annet ha fokus på flyt i verdikjeden og søke pullmekanismer fra industrien. Oppgaven avsluttes med en oppsummering som svarer på forskningsspørsmålene og presenterer «Det industrielle veikartet» med en tilhørende tiltaksliste som over tid skal bidra til et mer industrialisert tankesett og dermed en mer produktiv byggenæring.

Abstract

The Norwegian construction industry has received a lot of criticism for reduced productivity even though its revenues are increasing. Over the past few decades, it has taken on the challenges with productivity and approaches to Lean in both the design and execution phase to reduce wasteful activities and promote value-added activities have increased. Unfortunately, it seems that the industry has not completely embraced the philosophy and not been able to adapt Lean to the construction industry. Therefore, it is still a great focus on resource efficiency over flow efficiency. To improve productivity there has been a great focus on prefabrication and digitalization. However, the construction industry still has a great potential for improving productivity.

This master thesis aims to answer the question: *"How can the construction industry be structured to achieve the effects of an industrialized mindset, and what effect on the value does the industrialization of the construction industry have for the end-user?"*. This is done through semi-structured, in-depth interviews with 18 interviewees divided into various businesses from subcontractors to builders and industry associations. The assignment has also completed a qualitative comparison of on-site and element-produced construction using data from two major companies. The results will be seen in conjunction with previous research in the field and furthermore against the theory behind Lean Production and Lean Construction.

This thesis identifies industrialization as a part of the greater challenge that affects the productivity of the construction industry. To outline a structure to achieve the effects from industrialization, these challenges must be considered. These challenges also affect the perceived value for the end-users. The challenges identified in the thesis are lack of standardization, information flow (digitization), competence and innovation. Additionally, the regulatory framework affects these conditions directly and more skills regarding the design of the regulatory framework conditions for the construction industry is needed. The results from the calculations identifies that industrial and on-site building methods roughly have a similar cost perspective, but the industrial methods have a high potential for efficiency, given that the construction industry is able to extract the effects from industrialization.

To achieve this, the construction industry must have a more industrialized mindset. The thesis ends with a summary that answers the research questions. Here, «The industrial roadmap» is presented with an accompanying list of initiatives, that over time will contribute to a more industrialized mindset and thus a more productive construction industry.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Sammendrag	III
Abstract	V
Innholdsfortegnelse	VII
Figurliste	IX
Tabelliste	XI
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.2 Formål med oppgaven.....	2
1.3 Problemstilling.....	3
1.4 Avgrensninger og forutsetninger.....	3
2 Teori	5
2.1 Sentrale begreper.....	5
2.2 Innovasjon.....	10
2.3 Forretningsstrategi.....	11
2.4 Entreprenørformer og anskaffelsesformer.....	12
2.5 Teknologi.....	14
2.6 Lean.....	19
2.7 FDVU.....	32
2.8 Teori knyttet mot casekalkyle.....	33
2.9 Rammebetingelser.....	36
2.10 Tidligere forskning.....	37
3 Metode	45
3.1 Valg av forskningsmetoder.....	45
3.2 Dokumentstudie.....	45
3.3 Intervju.....	47
3.4 Økonomisk kalkyle.....	51
3.5 Forskningskvalitet.....	51
4 Metode for Case	55
4.1 Avgrensninger og forutsetninger.....	55
4.2 Datainnhenting.....	58
4.3 Prosjektkalkylens oppbygging.....	59
4.4 Usikkerhet og risikoanalyse.....	61
4.5 Følsomhetsanalyse.....	64
5 Resultater fra case	65
5.1 Oppsummering av resultat fra kalkylen.....	65
5.2 Materialprisgrunnlag.....	66
5.3 Følsomhetsanalyse.....	71
6 Resultat – Intervju	75
6.1 Dagens situasjon.....	75

6.2	Strategisk perspektiv	79
6.3	Konseptutvikling og bearbeiding	80
6.4	Detaljprosjektering og produksjon	83
6.5	Overlevering, FDV og Avvikling	86
6.6	Industrialisering	88
6.7	Standardisering	90
6.8	Digitalisering	92
6.9	Innovasjon	94
7	Diskusjon	99
7.1	Intervju	99
7.2	Case - Industriell og plassbygde kostnadsdrivere	100
7.3	Dagens situasjon	102
7.4	Industrialisering	106
7.5	Digitalisering og informasjon	110
7.6	Standardisering og rammer	113
7.7	Innovasjon og kompetanse	116
8	Oppsummering	121
8.1	Forskningsspørsmål 1	121
8.2	Forskningsspørsmål 2	122
8.3	Forskningsspørsmål 3	125
8.4	Videre forskning	126
8.5	Konklusjon	127
	Referanser	129
	Formelliste	134
	Vedlegg	i
	Vedlegg 1 – Datagrunnlag	i
	Vedlegg 2 – Intervjuresultater	v
	Vedlegg 3 – Intervjuguide	vii
	Vedlegg 4 – Informasjonsskriv til intervjuene	xi

Figurliste

Figur 1: Avgrenset produktverdikjede til byggenæringen.	4
Figur 2: De overordnede prosessene i byggenæringen (Bygg21, 2015)	4
Figur 3: Fasene som utgjør byggeprosessen etter Bygg21 sin "Neste Steg". Fritt etter stegene i "Neste Steg" (Bygg21, 2015)	5
Figur 4: Definisjonen av begrepet kunde i oppgaven	6
Figur 5: Forskjellen mellom flyt- og ressurseffektivitet. Fritt etter (Modig & Åhlström, 2012)	7
Figur 6: Tilført verdi kan oppstå gjennom merverdi eller reduserte kostnader (Bowman & Ambrosini, 2000)	8
Figur 7: Økte profittmarginer kommer fra kostnadsreduksjon. Fritt etter Pascal Dennis (Dennis, 2007)	9
Figur 8: Kvalitetsbegrepets ulike dimensjoner. Fritt etter Kalsaas (Kalsaas, 2017)	10
Figur 9: De fire industrielle revolusjonene i industrien. Fritt etter Faurholt, 2013 (Faurholt, 2013).....	17
Figur 10: Lean-huset som danner grunnlaget for filosofien bak Lean. Fritt etter (Dennis, 2007)	20
Figur 11: Fornorsking av punktene som inngår i «PDCA-sirkelen» (Wig, 2014).....	21
Figur 12: Små problemer som ikke løses tidlig kan føre til store problemer (Dennis, 2007)..	23
Figur 13: LCI-triangelet, fritt fra (Ballard, 2012; Howell, 2011; Kalsaas, 2017) som beskriver forhold som påvirker utover det generelle Lean produksjonssystemet og teknologien	30
Figur 14: FDVU-filosofien illustrert (Byggordboka, 2017).....	32
Figur 15: Trinnvismodellen (Austeng et al., 2010).....	34
Figur 16: Det digitale veikartet, direkte fra BNL sitt dokument Digitalt veikart (BNL, 2017)	39
Figur 17: Temabasert analyse for å grupper næringens oppfatning rundt hvert tema	51
Figur 18: Tegningsgrunnlag	56
Figur 19 Yttervegg med inntrukken dampspærre (Byggforsk, 2018a) Figur 20: Dobbel innervegg (Byggforsk, 2018c)	56
Figur 21: Lett innervegg (Byggforsk, 2018b) Figur 22: Skillevegg mot gang (Byggforsk, 2018b)	57
Figur 23: Fasade (Byggforsk, 2016a; Byggforsk, 2016b).....	57
Figur 24: Elementbygd arbeidsprosess	57
Figur 25: Plassbygd prosess	58
Figur 26: Viser oppbygging over kalkylens poster	60

Figur 27: Grafene viser total kostnad inkl. risiko for hvert byggetrinn over kostnad uten risiko	70
Figur 28: Tornadodiagram viser skjevhet og kostnad av risiko og muligheter til plassbygd og elementproduserte byggemetoder	70
Figur 29: Følsomhet i plassbygd arbeidertimepriser og påslag hos elementprodusent.....	73
Figur 30: Viser kapittelinnvidlingen og tematisering av intervju.....	75
Figur 31 Arbeidspakke i casen	107
Figur 32: Industrielle prosessveikartet	123
Figur 33 Tiltakslisten for "Det Industrielle Veikartet" for å oppnå en mer industrialisert verdikjede	124

Tabelliste

Tabell 1: De 8 dimensjonene i BIM	15
Tabell 2: Prefabrikkerte produkter med TG fra SINTEF	19
Tabell 3 Sløsing i Lean Production. Fritt etter "Lean Production Simplified" (Dennis, 2007)	22
Tabell 4 De største utfordringene med masseproduksjonen gjort populær av Henry Ford (Dennis, 2007).....	24
Tabell 5 Sammenligning av Lean-tilnærminger.....	26
Tabell 6 5S-systemet i Lean. Fritt etter Wig, 2014	26
Tabell 7 Standardiserte prosesser kan føre til 8 fordeler.....	27
Tabell 8 Avhengigheter for JIT-systemet.....	28
Tabell 9: Fritt fra Lean Construction (Kalsaas, 2017)Tabellen viser byggenæringens Lean kjennetegn og de fem kriteriene fra LCI	30
Tabell 10: Fritt fra Lean Construction (Kalsaas, 2017). Viser de fem prinsippene til LPS	31
Tabell 11: Kort oversikt over tidligere forskning som danner grunnlag for oppgaven.....	38
Tabell 12: Fritt etter Oscar-rapport del 1 tidligfase. Tabellen oppsummerer de viktigste funnene fra anbefalinger til hovedaktører i BEA-næringen fra bruker til leverandører (Norges forskningsråd, 2017a).....	40
Tabell 13: Fritt fra Oscar-rapport del 2 gjennomføringsmodeller og prosesser. Tabellen oppsummerer virkemidler for å oppnå verdiskaping (Norges forskningsråd, 2017b).	41
Tabell 14: Gruppering av intervjuobjekter etter kategori, id, bransjetilknytning og dato for gjennomført intervju.....	48
Tabell 15 Oversikt over forutsetninger og avgrensninger i prosjekteringsunderlaget	55
Tabell 16: Innhentingsmetode til datagrunnlag for prosjektering	59
Tabell 17: Oppbygging av datagrunnlag	60
Tabell 18: Beskrivelse av kalkylemodell	60
Tabell 19: Nedbørsdager 5mm og 10mm i 2017-2018 (Yr, 2018)	61
Tabell 20: Usikkerhet og mulighetsliste for plassbygd metode	61
Tabell 21: Viser mulighet og risikovurdering for plassbygd metode.....	62
Tabell 22: Usikkerhet og mulighetsliste for elementprodusert metode	63
Tabell 23: Viser mulighet og risikovurdering for elementprodusert metode.....	63
Tabell 24: Totalt kostnadsbilde for plassbygd og elementprodusert boligblokk i fem byggetrinn.....	65
Tabell 25: Totale kostnader for hele bygget produsert med elementer mot plassbygd.....	66

Tabell 26: Sammenligning av materialgrunnlag for en etasje.....	66
Tabell 27: Påslag fra elementprodusent (Stevik, 2018)	67
Tabell 28: Mulighet og risiko i materialgrunnlag fra elementprodusent.....	67
Tabell 29: Data knyttet til rigg og drift	67
Tabell 30: Selvkost uten risikopåslag for element og plassbygd prosess uten rigg og drift for en etasje.	68
Tabell 31: Justert pris på dør og vindu	69
Tabell 32: Viser prisgrunnlag inkl forventet risiko	69
Tabell 33: Justerte priser for elementproduksjon for hele prosjektet.....	71
Tabell 34: Kostnadsberegning for plassbygd og element med nytt beregnet elementgrunnlag	72
Tabell 35: Viser konsekvensen av hva hvis 1. totalpris hvis materialgrunnlag er likt for de to byggemåtene.....	72
Tabell 36: Forklaring av figur 29	73

1 Innledning

I dette kapittelet presenteres en overordnet oversikt over oppgaven. Den starter med en presentasjon av bakgrunnen og formålet med oppgaven. Deretter følger problemstillingen med tilhørende forskningsspørsmål og avgrensninger. Avslutningsvis presenteres oppgavens overordnede struktur.

1.1 Bakgrunn

Byggenæringen har de siste årene fått kritikk for fallende produktivitet med 10% siden år 2000, samtidig som resten av fastlandsnæringen har økt sin produktivitet med 30% i samme periode (Todsén, 2018). Likevel omsetter byggenæringen for stadig mer og har hatt en tydelig økning i omsetning fra 328 milliarder i 2007 til 489 milliarder i 2015 (SSB, 2018). Dette tilsvarer en økning i omsetning på 49%. Næringen har klart å hente ut effekter av digitalisering og gjennom et økende fokus på prefabriksjon. Til tross for dette har byggenæringen fremdeles et stort potensial for å bedre produktiviteten som kan oppnås ved å effektivisere en rekke prosesser.

Myndighetene har et økende fokus på effektivisering av byggenæringen og i stortingsmelding 28 (Meld. St. 28 (2011-2012)) presiserer de makrotrendene som Norge står ovenfor i tiden som kommer. Det vil også være et økt behovet for å bygge gode bygg på en god måte. Et resultat av Stortingsmelding nr. 28 er at Kommunal- og Moderniseringsdepartementet (KMD) nedsatte et styre kalt Bygg21 som skal:

«Bygg21 er et samarbeid mellom bygge – og eiendomsnæringen og statlige myndigheter. Målet for samarbeidet er å legge til rette for at næringen bedre kan løse utfordringer innenfor bærekraft, produktivitet og kostnadsutvikling.» (Regjeringen, 2017b)

Bygg21 har utarbeidet en strategi «Sammen bygger vi fremtiden» (Bygg21, 2014) der det ble identifisert et potensial for å kutte kostnader med 20% innen 2020 ved å tilrettelegge for en bred og aktiv strukturering av beste praksis for produktivitet og bærekraft (Bygg21, 2018)

Det fremkommer også av andre planer. I Nasjonal handlingsplan for bygg og anleggsavfall 2017-2020 (NHP4). Et av målene er å minimere bygg- og anleggsavfall gjennom å ta i bruk mulighetene som ligger innenfor digitalisering og industriell produksjon (NHPs sekretariat, 2017). NHP4 bygger blant annet på EUs rammedirektiv for avfall (Regjeringen, 2013).

Som strategiene påpeker har byggenæringen i Norge de siste tiårene tatt tak i produktivitsutfordringene. En ser også stadig flere tilnærminger til Lean i prosjektering og utførelsesfasen for å redusere sløsende aktiviteter og fremme verdiskapende aktivitet, men man klarer ikke å tilpasse Lean til byggenæringen. Det ligger et stort fokus på ressurseffektivisering og ikke flyteffektivisering. Dessverre virker det som man ikke helt har omfavnet filosofien.

Det har derfor vært en økende interesse for potensialet i industrialiserte prosesser i byggenæringen og en del forskning har vært utført på området. Nå ser man at flere store aktører slik som Statsbygg og OBOS er pådrivere for dette. Blant disse aktørene ser man et stadig økende fokus og interesse for en industriell tilnærming. Også andre aktører slik som store sykehusprosjekterer ser potensialet. Bygg21/BA2015 kjører i samarbeid med Sykehuset i Vestfold et pilotprosjekt med blant annet industrialisering i fokus (SINTEF, 2015)

Næringen arbeider fragmentert ved at fagene og de ulike aktørene fokuserer på seg selv og ikke ser det helhetlige bildet. Resultatet er at bransjen ikke klarer å hente ut den synergieffekten man kan oppnå ved å samarbeide over flere ledd i verdikjeden. En fragmentert næringen har resultert i et bredt spekter av interesseorganisasjoner og bransjeforeninger som gjør det vanskelig å drive næringen i en retning. Dette gjør seg særlig gjeldende når man skal implementere ny teknologi, digitale løsninger og innovasjon i komplekse prosesser slik som byggeprosesser.

1.2 Formål med oppgaven

Formålet med denne masteroppgaven er å identifisere de største hindrene for dagens byggenæring i å hente ut effekten av en industrialisert tilnærming, samt hvordan sluttbrukers behov ivaretas i et byggeprosjekt. Oppgaven baserer seg i stor grad på innspill fra et bredt utvalg av informanter i næringen for å se på de kvalitative sidene ved utfordringene som ligger i å implementere et industrialisert tankesett i byggenæringen. Oppgaven bygger også på kalkulasjonsdata fra større, kjente aktører som jobber med elementproduksjon og plassbygde konstruksjoner. Dette skal ende ut i et skissert veikart for industrialisering av næringen, samt vise mulighetsområdene ved konkrete tiltak.

Effekt målet med masteroppgaven er at byggenæringen skal sitte med en bredere forståelse og innsikt i utfordringene og mulighetene til industrialisering. Den skal også poengtere hvilke tiltak man bør gjennomføre på ulike nivåer i næringen for at utviklingen skal komme på et nivå der man kan oppnå økt produktivitet. Dette skal bidra til å gi byggenæringen grunnlag for å nå visjonen om «Gode bygg for eit betre samfunn» i Stortingsmelding 28 (Meld. St. 28 (2011-2012)) og målene satt av Bygg21 sin strategi «Sammen bygger vi framtiden»(Bygg21, 2014)

1.3 Problemstilling

Med bakgrunnen presentert tidligere, innledende samtaler med veileder, dokumentstudie og en del diskusjon mellom forfatterne i denne oppgaven ble problemstillingen for denne masteroppgaven utformet. Denne har basert seg på Dalland sin metodikk (Dalland, 2017). I det innledende arbeidet ble det identifisert at det fantes lite forskning som tok for seg hvordan en industrialisert byggenæring kan tilføre sluttbrukerverdi og hvordan byggenæringen må gå frem for å koble industrien mot byggenæringen. Dette ledet frem til problemstillingen som oppgaven ønsker å se nærmere på:

Hvordan kan byggenæringen struktureres for å oppnå effektene av et industrielt tankesett, og hvilken verdi har industrialisering av byggenæringen for sluttbrukeren?

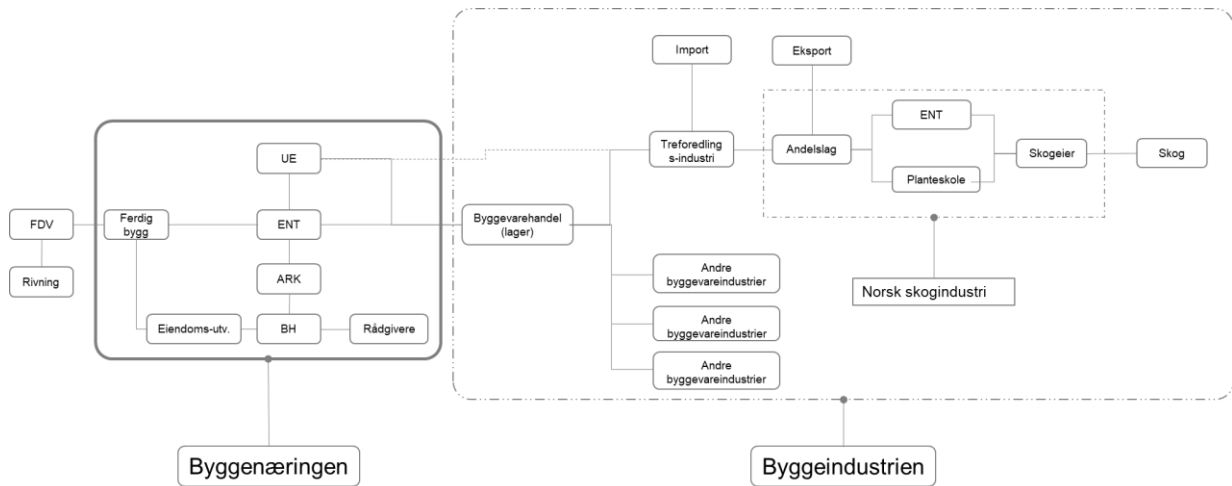
I et forsøk på å besvare denne problemstillingen benyttes det tre forskningsspørsmål

1. Hvordan ser dagens verdikjede ut og hvilke forhold påvirker industrialisering av byggenæringen i dag?
2. Hvordan kan en framtidig industrialisert verdikjede se ut?
3. Hvilken verdi kan industrialisering tilføre sluttbrukeren?

1.4 Avgrensninger og forutsetninger

Byggenæringen defineres i denne oppgaven som både bygge- og anleggsvirksomheten etter SSB sin standard for næringsgrupperinger (SSB, 2009) kategori F. Byggenæringen kan dermed sies å inkludere alle som bidrar til å bygge nybygg, utvikle eiendom, rehabilitere eller vedlikeholde eksisterende bygg, eiendom eller anlegg fra utvikling, utførelse og forvaltning.

Som følge av at oppgaven er begrenset til tidsperioden fra Januar til Mai 2018 vil oppgaven forholde seg til et overordnet blikk på dagens situasjon i byggenæringen. Definisjonen av byggenæringen favner bredt og oppgaven vil derfor kun se på den delen av produktverdikjeden som består av sluttbrukeren til og med underleverandører (Figur 1).



Figur 1: Avgrenset produktverdikjede til byggenæringen.

For å kunne si noe om prosessene i byggenæringen innenfor produktverdikjeden, ses det til Bygg21 sin rapport «neste steg» (Bygg21, 2015) som er et forslag til en felles prosessstandard. Oppgaver ser på det overordnede prosesskartet for å danne et bilde av utfordringene som ligger i prosessene basert på resultatene og tidligere forskning, vinklet mot industrialisering.



Figur 2: De overordnede prosessene i byggenæringen (Bygg21, 2015)

2 Teori

Teorikapittelet vil starte med en begrepsavklaring for å danne en forståelse for de begrepene som blir benyttet i oppgaven, etterfulgt av tidligere forskning. Deretter vil kapittelet beskrive den teoretiske bakgrunnen for å forstå diskusjonen av resultatet og forskningsspørsmålene. Her vil tematikk som Lean, digitalisering, industrialisering, standardisering, kontraktsformer og rammebetingelser tas opp. Temaene for teorien baserer seg på problemstillingen og temaer som ble identifisert i forbindelse med dokumentstudiet.

2.1 Sentrale begreper

Byggeprosess: En byggeprosess blir i denne oppgaven definert som prosessen å begrunne, planlegge, prosjektere, bygge og ta i bruk et fysisk produkt (bygg eller anlegg) fra ideen er utløst av et behov til effektene av resultatet er innkassert (Bygg21, 2015). Med en byggeprosess legger denne oppgaven til grunn fasene som utgjør et bygg fra behovet for et bygg oppstår til avvikling av bygget (Figur 3), etter fasenormen «Neste Steg» utarbeidet a Bygg21.



Figur 3: Fasene som utgjør byggeprosessen etter Bygg21 sin "Neste Steg". Fritt etter stegene i "Neste Steg" (Bygg21, 2015)

Prosjekt: En mye brukt definisjon på prosjekt er den satt av PMI: «Et prosjekt er et midlertidig tiltak etablert for å skape et unikt produkt eller en unik tjeneste.». Prosjektet har en definert start og slutt og gjennomføres som en midlertidig organisasjon (Samset, 2008). I denne oppgaven vil et prosjekt kjennetegnes av at det har lav frekvens, gitte tids og ressursrammer, er en del av en innovasjonsprosess, ofte knyttet til en økonomisk transaksjon, og i mange tilfeller er en temporær organisasjon (Kolltveit et al., 2009)

Byggherre: Et annet ord for byggherre er tiltakshaver og defineres som den personen eller foretaket et bygg eller tiltak utføres for (Lov om planlegging og byggesaksbehandling, 2009)

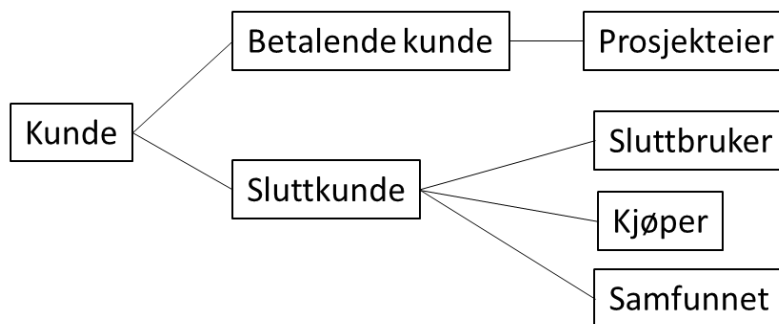
Arkitekt: Er en person eller firma som planlegger fysiske omgivelser med mål om å ta vare på menneskers fysiske og psykiske behov ved et bygg (Store Norske leksikon, 2018a).Arkitekten besitter rollen som hovedprosjekterende som innebærer å beskrive prosjektet som objekt og derved gi grunnlag for produksjonsprosessen (Eikeland, 2001).

Rådgivende ingeniør / Konsulent: En rådgivende ingeniør kalles også gjerne en konsulent og sitter på rollen som prosjekterende innenfor et fagområde og bistår med sin kompetanse til oppdragsgiveren (Eikeland, 2001).

Entreprenør: Den som har ansvaret for utførelsen av en vesentlig del av et bygge- eller anleggsarbeid og som er et mellomledd mellom byggherren og underentreprenøren (Store Norske leksikon, 2009a)

Underentreprenør/Leverandør: En underentreprenør defineres som en entreprenør som har inngått en kontrakt med en annen entreprenør om å utføre en del av arbeidet som entreprenøren skal utføre for byggherre (Store Norske leksikon, 2009b)

Kunde og sluttbruker: Definisjonen av kunde kan være krevende å angi men denne oppgaven vil definere kunde som den som har en interesse for et prosjekt (Modig & Åhlström, 2012). Dette kan være både den betalende prosjekteieren, brukeren av bygget som blir prosjektert, kjøperen av en leilighet og samfunnet. Det vil skilles mellom kunde som den betalende, og sluttkunde som sluttbrukeren (Store Norske leksikon, 2017b), definert som brukeren, kjøperen og samfunnet.



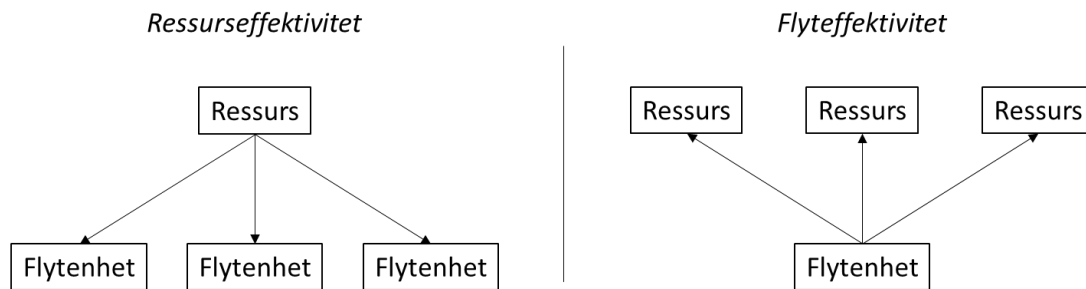
Figur 4: Definisjonen av begrepet kunde i oppgaven

2.1.1 Verdi og kunde

Kundebehov: Wig (Wig, 2014) skriver at kundebehovet er definert i en spesifikasjon og behovet er tilfredsstilt når en leveranse ligger innenfor denne leveransen og Modig (Modig & Åhlström, 2012) skiller mellom at man har direkte og indirekte behov. De direkte behovene handler om å oppnå et spesielt resultat, mens indirekte behov handler om opplevelsene knyttet til behovet. Kundebehov defineres derfor som behovene en kunde har for å oppnå et spesielt resultat på en tilfredsstillende måte.

Flyteeffektivitet og ressurseffektivitet: Flyteeffektivitet og ressurseffektivitet er sentrale begreper i Lean. Ressurseffektivitet fokuserer på effektiv bruk av ressursene for å skape merverdi i en organisasjon og er den tradisjonelle formen for effektivitet. Med ressurseffektivitet handler det om å finne stordriftsfordeler. Dette øker ressurseffektiviteten drastisk. Effektiv bruk av ressurser har vært den vanligste formen for å se på effektivitet og er en naturlig måte å se ting

på siden vi ønsker å få mest mulig igjen for det vi legger inn i noe. (Modig & Åhlström, 2012). Flyteeffektivitet fokuserer på enheten som blir behandlet i organisasjonen og måler hvor lenge en flytenhet behandles fra behovet identifiseres til det tilfredsstilles. Flyteeffektiviteten er definert fra perspektivet til flytenheten. Og der den viktigste faktoren er tiden flytenheten får merverdi (Modig & Åhlström, 2012).

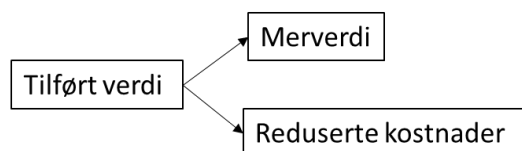


Figur 5: Forskjellen mellom flyt- og ressurseffektivitet. Fritt etter (Modig & Åhlström, 2012)

Både ressurseffektivitet og flyteeffektivitet er viktig for å bruke ressurser effektivt og for å møte kundens behov på en effektiv måte. Det er derimot nærmest umulig å oppnå begge deler samtidig (Modig & Åhlström, 2012).

Verdi: Oppgaven benytter definisjonen av begrepet verdi som gitt i Lean. Der er verdien definert av behovet til kunden og alltid definert fra kundens perspektiv. Oppfyllelse av kundens behov er dermed tilført verdi. Det skilles også mellom direkte og indirekte behov, der indirekte behov handler om opplevelsen som oppstår rundt behovet til kunden, mens direkte behov handler om å oppnå et bestemt resultat (Modig & Åhlström, 2012).

Verdiskapende aktiviteter: Som følge av definisjonen av verdi blir verdiskapende aktiviteter definert som aktiviteter som skaper verdi for kunden når flytenheten behandles (Modig & Åhlström, 2012). Eikeland mener verdien en bygning eller anlegg har ved avslutningen av byggeprosessen gir et uttrykk for den verdien den kan skape for sine fremtidige brukere i løpet av byggets levetid. Dette sier noe om dens evne til verdiskapning (Eikeland, 2001) Med verdiskapning kan man skille mellom tilført verdi ved reduserte kostnader og merverdi (Figur 6).



Figur 6: Tilført verdi kan oppstå gjennom merverdi eller reduserte kostnader (Bowman & Ambrosini, 2000)

Med tilført verdi gjennom reduserte kostnader menes det at kunden opplever å få en høyere verdi for en lavere pris «Mer for mindre». Med tilført verdi gjennom merverdi menes det at kunden opplever å få mer enn forventet til samme pris (Bowman & Ambrosini, 2000).

Effektivitetsparadokset: Effektivitetsparadokset handler om at et overfokus på ressurseffektivitet kan føre til økte arbeidsmengde og danne sekundærbehov som er overflødig arbeid. Til tross for at man tror ressursene blir utnyttet effektivt så sløses ressurser og utnyttelsesgraden blir lav som følge av overflødig ikke-verdiskapende aktiviteter. Effektivitetsparadokset eksisterer på flere nivåer fra individ til samfunnsnivå (Modig & Åhlström, 2012)

Verdikjede: Verdikjedefegrepet er utviklet av Michael Porter og blir definert som en serie aktiviteter eller funksjoner som skaper og bygger verdi. Etter Porters inndeling består en verdikjede av primæraktiviteter som er aktiviteter med logistikk, produksjon, markedsføring, salg og service, mens støtteaktiviteter er operasjonelle og administrative aktiviteter som støtter primæraktivitetene (Madsen & Stenheim, 2014)

Verdisystem: Hver kunde, leverandør og bedrift har vær sin verdikjede. Et verdisystem er en sammensetting av flere verdikjeder som har en gjensidig tilhørighet til hverandre (Porter, 1985)

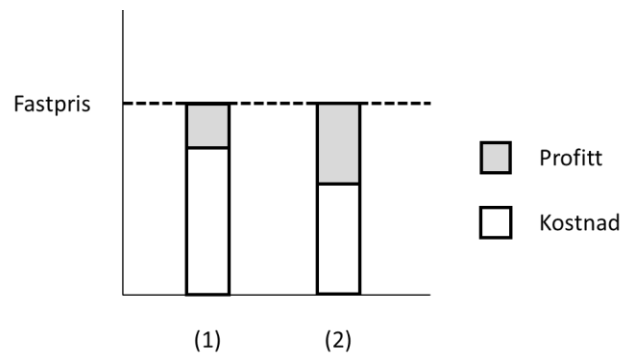
2.1.2 Dagens økonomi

Dagens økonomi fører til et sterkt fokus på pris. Før var det mulig å sette en pris basert på kostnaden og en ønsket profittmargin(1). Dette er ikke nødvendigvis like enkelt lenger. Nå er prisen som oftest fastsatt i et marked og er gjerne avtagende. Dagens kunder har mange valgalternativer og tilgang til informasjon som gjør det enkelt å sammenligne priser. I tillegg har dagens kunder en forventning om en utmerket kvalitet til en fornuftig pris. Dette gjør at dagens profittmargin (2) bestemmes av en fastpris etter at kostnadene er fratrukket (Dennis, 2007).

$$Kostnad + Profitmargin = Pris \quad (1)$$

$$Fastpris - Kostnad = Profitmargin \quad (2)$$

I slike marked kan økt profitt (Figur 7) kun oppstå ved å redusere kostnadene. Men disse kostnadsreduksjonene skal komme som et resultat av kvalitetsforbedring og reduksjon av sløsing. Spørsmålet blir derfor om man klarer å kontinuerlig forbedre kvaliteten og øke kundevalget samtidig som kostnadene reduseres. Eneste bærekraftige måte å få til dette på er å involvere medarbeidere i forbedringsarbeid gjennom delte og standardiserte forbedringsaktiviteter.



Figur 7: Økte profittmarginer kommer fra kostnadsreduksjon. Fritt etter Pascal Dennis (Dennis, 2007)

Toyota sitt system gjennomfører dette som en oppadgående spiral. Etter som flere og flere medarbeidere inkluderes i forbedringsarbeidet desto mer suksess opplever de. Desto mer suksess de opplever desto større blir den indre og ytre motivasjonen som stimulerer til mer involvering (Dennis, 2007).

2.1.3 Standardisering

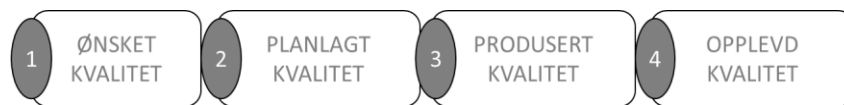
Det er viktig å skille mellom standardisering, standard og Norsk Standard (NS). Standard er i denne oppgaven gitt etter definisjonen i Lean som beste måten å gjøre noe på, slik vi kjenner det til i dag, og som kontinuerlig forbedres etter som man oppdager nye og bedre måter å gjøre noe på (Dennis, 2007). En standard er en enkel og oversiktlig fremgangsmåte og ikke en rigid oppskrift som skal følges. Hensikten med en standard er å skape en felles forståelse (Dennis, 2007).

Med bakgrunn i dette handler standardisering om prosessen med arbeidet som fører frem til en standard. Standardiseringsprosessen foregår gjennom kontinuerlig læring og kan sies å følge PDCA-sirkelen. PDCA står for Plan-Do-Check-Act (Dennis, 2007). Standardisere er dermed å arbeide med standardisering for at resultatet skal ende ut i en standard.

Norsk Standard: er en standard utgitt av Standard Norge som er en felles oppskrift for hvordan noe skal lages eller gjennomføres (Standard Online, 2017)

2.1.4 Kvalitet

Som det fremgår av Kalsaas (Kalsaas, 2017) og i Figur 8, så har kvalitetsbegrepet i prosjektsammenheng ulik betydning. Kvalitet kan være at det ikke er feil, at det tilfredsstiller brukerens behov eller at det er noe luksuriøst. I denne oppgaven benyttes definisjonen av kvalitet slik den er presentert i boka Lean Construction (Kalsaas, 2017): «Kvalitet er egenskaper ved et produkt og dens evne til å tilfredsstille uttalte og underforståtte behov.». Dermed er kvalitet forstått som en beskrivelse av de viktigste egenskapene ved et produkt slik kunden opplever det. Kvalitetsbegrepet har flere dimensjoner (Figur 8) som ønsket, planlagt, produsert og opplevd kvalitet.



Figur 8: Kvalitetsbegrepets ulike dimensjoner. Fritt etter Kalsaas (Kalsaas, 2017)

Ønsket kvalitet er det kunden vil ha. Men det er ikke alltid samsvar mellom krav og forventninger til kvalitet, og hvordan ulike aktører planlegger sin produksjon for dette. Dermed kan opplevd kvalitet være en annen enn den ønskede kvaliteten kunden hadde. Produsert kvalitet er i denne sammenhengen de som produseres på byggeplass (Kalsaas, 2017).

2.2 Innovasjon

Innovasjon er et begrep det er vanskelig å definere (Difi, 2018d) med mange ulike oppfatninger, tilnærminger og definisjoner. Innovasjon handler om å bruke kunnskap for å skape kunnskap (Gotvassli, 2008). Direktoratet for forvaltning og IKT (DIFI) definerer innovasjon som å fornye eller lage noe nytt som skaper verdi for virksomheten, samfunnet eller innbyggere med en eksperimenterende form der løsningen ikke er kjent på forhånd (Difi, 2018d).

Innovasjon innebærer forandring som ofte er irreversible som medfører at innovasjon innebærer en usikkerhet som kan oppleves krevende både for organisasjoner og enkeltmennesker (Store Norske leksikon, 2018c). I byggenæringen kan det være særlig krevende med innovasjon siden det fører til en reinstitusjonalisering. Dette vil si at en organisasjon eller næring må endre seg når noe nytt forsøkes å tilføres, som bryter med de faste formene for å gjøre noe på (Orstavik, 2014). For å bryte med dette kan byggenæringen hente erfaring fra andre områder på hvordan de kan gå frem for å skape innovasjoner gjennom eksperimentering med ny, fremvoksende og banebrytende teknologi (Ahuja & Lampert, 2001).

Åpen innovasjon: Åpen innovasjon er definert som innovasjonsprosesser der kunnskap og nyutvikling skjer i mange ulike instanser, fremfor i en bestemt bedrift eller organisasjon.

Innovasjonen er distribuert i flere bedrifter, offentlige instanser og forskningsmiljøer (Store Norske leksikon, 2017a).

2.3 Forretningsstrategi

Det skilles gjerne mellom en forretningsstrategi, forretningsmodell og en forretningsplan. En forretningsstrategi skal forklare en organisasjon sine mål og hvordan disse skal realiseres. Den danner grunnlaget for hvilke retninger og prioriteringer organisasjonen skal ta (Frederiksen & Holm, 2004)

Forretningsmodell: En forretningsmodell skal fortelle hvordan en bedrift skal gjennomføre en forretningside i praksis og hvordan man skal betjene kunden (Altinn, 2017). Osterwalder (Osterwalder, 2004) argumenterer for at en god forretningsmodell kan kategoriseres i ni elementer. Dette er bedre kjent som Osterwalder-modellen eller Business Model Canvas

Sirkulærøkonomi som forretningsmodell: Sirkulærøkonomi har ingen entydig definisjon, men det som går igjen er særlig fire ting: Overgang fra lineær verdikjede til lukkede sløyfer, økt ressursutnyttelse, grønn økonomisk vekst og linken mellom økonomisk vekst og forbruk av ressurser brytes (Moum et al., 2017b). En forklaring på begrepet sirkulærøkonomi som kan nyttes er den gitt i regjeringens notat i forhold til EUs handlingsplan:

«I motsetning til en lineær økonomisk modell, basert på at man utvinner ressurser, produserer, bruker og kvitter seg med dem via deponi/forbrenning, så er en sirkulær økonomi basert på gjenbruk, reparasjon, oppussing/forbedring og materialgjenvinning i et kretsløp hvor færrest mulig ressurser går tapt.» (Regjeringen, 2015).

I forbindelse med overgangen til sirkulærøkonomien er blant annet nye forretningsmodeller viktig. Det går på innovative forretningsmodeller både internt i en bedrift, men også mellom bedrifter eller sluttbruker (Moum et al., 2017b). For byggenæringen har SINTEF (Moum et al., 2017b) sin rapport identifisert fire innsatsområder som går på:

- håndtering av byggematerialer og komponenter etter endt bruk
- Ressursbruk i byggeprosessene
- Arealutnyttelse
- Energieffektive bygninger og områder

Det sies at sirkulærøkonomi vil gi sikrere materialtilgang, nye arbeidsplasser, økt verdiskapning og bidra til å redusere klimagassutslippene. Det vil være fremtidens måte å drive industri og næringsliv på (SINTEF, 2018). EU jobber med en handlingsplan for en sirkulær økonomi og vil være med på å forme hvordan næringen blir i fremtiden (Regjeringen, 2015).

2.3.1 FNs bærekraftsmål

FNs bærekraftsmål er 17 mål satt av FNs medlemsland i 2015 som tar for seg bærekraftig utvikling frem mot 2030. Målene omhandler miljø, økonomi og sosial utvikling satt i sammenheng. De skal gjelde for alle land og skal fungere som et veikart for en global innsats mot en bærekraftig utvikling av verden (Regjeringen, 2017a). 8 av 17 mål påvirker byggenæringen direkte eller indirekte. Målene handler om å ta vare på behovet til mennesker i dag uten å ødelegge for framtidige generasjoner og det vil dermed komme til å være sentralt å forholde seg til også for byggenæringen (FN-sambandet, 2018).

Det er spesielt 3 av disse målene som er særlig sentrale for byggenæringen. Disse målene handler om Innovasjon og infrastruktur, Bærekraftige byer og samfunn og ansvarlig forbruk og produksjon.

2.4 Entrepriseformer og anskaffelsesformer

I byggenæringen omtales en byggekontrakt som en entreprisekontrakt. I forbindelse med et byggeprosjekt er det fornuftig å reflektere over valg av entrepriseform. Særlig gjelder dette ansvarsrett i de forskjellige formene. De tradisjonelle entrepriseformene har to former; utførelsesentrepriser og totalentrepriser, der den vesentlige forskjellen er hvordan ansvaret for prosjektering er plassert (Dibk, 2018c).

Utførelsesentrepriser: I denne entreprisen har byggherren hele eller den vesentlige delen av prosjekteringen som sitt ansvar. Dette kan gjøres selv eller gjennom å inngå kontrakter med arkitekter eller konsulenter. Deretter er det entreprenører som utfører arbeidet som blir prosjektert. Utførelsesentreprisene kan organiseres på ulike måter avhengig av hvordan ansvar ønskes å fordeles og hvilken kontroll som ønskes. Disse entreprisene kan deles inn i tre underkategorier; Delte entrepriser, Hovedentrepriser og Generalentrepriser (Dibk, 2018c).

Totalentrepriser: I en totalentreprise er det entreprenøren som gjennomfører både prosjekteringen og utførelsen av kontrakten. Ansvarsretten er samlet hos totalentreprenøren eller den er fordelt på underentreprenører (Dibk, 2018c).

2.4.1 Nyere entrepriseformer og IPD

I senere tid har det blitt utarbeidet flere nye entrepriseformer som stadig er under utvikling og som har en rekke ulike varianter. De nye entrepriseformene kan deles inn i samspillsentrepriser og offentlig-privat samarbeid.

Samspillsentreprise: Sentralt i disse entreprisene er tidlig involvering og åpenhet i prosessene. I tidligfasen vil det være en kontrakt mellom byggherre og prosjekterende for deretter gå over til å være en samspillsprosess der de prosjekterende og utførende utvikler prosjektet i samarbeid. I disse entreprisene blir det ofte avtalt en fordeling mellom partene for under- eller overskridelser av en fastsatt målpris. Ansvarsretten splittes mellom partene, men kan også følge kontrakt med byggherre eller fordeles på underentreprenører (Dibk, 2018c).

Offentlig-privat samarbeid (OPS): OPS handler om et samarbeid mellom privat og offentlig sektor for gjennomføringen av et prosjekt. I disse formene har som regel privat sektor størst ansvar knytte til utviklingen og/eller driften av det ferdige prosjektet. En vanlig form er at det offentlige står for finansiering av prosjektet, mens de private aktørene må utvikle, prosjektere, bygge og drifte samt vedlikeholde bygget i en bestemt periode (Dibk, 2018c).

Integrated Project Delivery (IPD): IPD er en kontraktsmodell som innebærer tett forbindelse under prosjektering og gjennomføring som fører til raske avklaringer til alles beste, basert på prosjektets mål og visjoner. IPD benytter seg av ulike metoder og verktøy fra Lean, bygningsinformasjonsmodeller (BIM), virtual design and construction (VDC) og Integrated Concurrent Engineering (ICE) (Tønsbergprosjektet, 2018).

Noen av de første til å definere IPD var American Institute og Architects (AIA) som fritt oversatt er definert som:

«IPD er en tilnærming til en prosjektleveranse som integrerer mennesker, systemer, forretningsstrukturer og praksis i en prosess som samarbeider om å utnytte talentene og erfaringen til alle deltakerne for å redusere avfall og optimalisere effektiviteten gjennom alle faser av design, fabrikasjon og konstruksjon» (AIA, 2007)

2.4.2 Anskaffelsesformer

Best Value Procurement (BVP): Kalles gjerne prestasjonsinnkjøp, er en anskaffelsesmetode/innkjøpsmetode som legger vekt på leverandørens kompetanse og prestasjon. Målet er å skaffe en ekspert-leverandør og overføre ansvaret til denne Gjennom en effektiv og målrettet konkurranse. For å få til dette må man finne en balanse mellom kvalitet og pris i konkurransen gjennom å benytte tildelingskriterier der kompetanse og kvalitet vektet høyere enn pris. BVP bidrar til å gi byggherre en kompetent leverandør som forstår oppdraget og utfører det slik at prosjektmålene oppnås (Difi, 2018a).

Innovative anskaffelser: Ulike metoder og verktøy for å sikre en bedre behovsdekning for en anskaffelse. De baserer seg på å legge til rette for anskaffelsesprosesser som gir grunnlag for nyskaping gjennom å etterspørre produkter, tjenester eller ny kunnskap på rett måte (Difi, 2018b).

Innovasjonspartnerskap: Er enn form for innovative anskaffelser. Den handler om å legge til rette for produkt- og tjenesteutvikling gjennom samarbeid mellom bestiller og utvikler. Formålet er å utvikle helt nye løsninger til et spesifikt behov i bedriften. Metoden legger opp til et nært samarbeid mellom bedriften, utvikleren og forskningsmiljøet (Difi, 2018c).

2.5 Teknologi

Teknologi er læren om teknikker og de tilhørende materielle produkter innenfor et bestemt område (Store Norske leksikon, 2017f). Teknologi har gått igjennom mange epoker i historien og verden har hatt mange teknologiske revolusjoner, deriblant industrialisering og nå digitalisering, robotisering, automatisering og Big Data.

Det snakkes om at man innenfor teknologi står ovenfor 12 store trender som skjer samtidig (Sprenger, 2016). Disse kan på hver sin måte bidra til å revolusjonere hvordan verden utvikler seg videre. Disse 12 trendene er (Seres, 2017):

- AI og Big Data
- Robotikk og automasjon
- Bioteknologi og informatikk
- Smarte byer og smarte hus
- 3D printing og nanoteknologi
- Nettverk og sensorer
- Digital medisin
- Finansiell, Regulatorisk og Utdanningsteknologi
- VR og AR
- Genetikk
- Transport og droner
- Blockchain

2.5.1 Digitalisering

Digitalisering er en de globale megatrendene som omformer samfunn og næringer. Mange står ovenfor store utfordringer med bærekraft og produktivitet, der digitalisering kan være svaret på flere av disse utfordringene (BNL, 2017). Digitalisering handler om å erstatte manuelle og fysiske oppgaver med digitale løsninger der metoder og verktøy erstatter, effektiviserer eller automatiserer enkelte manuelle eller fysiske oppgaver (Store Norske leksikon, 2017c).

Digitalisering kan defineres som transformasjonen fra IT som et støtteverktøy i virksomheten til at det er en del av dens DNA (Andersen & Sannes, 2017) Relatert til byggenæringen kan digitalisering handle om digital prosjektering, en digitale byggeplass og digitale bygninger

(Statsbygg, 2018). Det har vært gjort mye forskning rundt digitalisering og det har blant annet blitt kartlagt en rekke hindre for digitale forretningsprosesser (KPMG, 2014)

Bygningsinformasjonsmodellering (BIM): BIM påvirker hele byggeprosessen og bidrar til en omforming av hvordan prosjektgrupper samarbeider. Noen av hovedfordelene med bruk av BIM er færre feil og utelatelser, bedre samhandling, økt image, reduksjon av omgjøringer, reduserte kostnader samt bedre kostnadskontroll og forutsigbarhet (Flyen, 2016).

BIM som begrep kan omhandle både et produkt og en prosess. Building Information Model er den bygningsinformasjonsmodellen som produseres i løpet av en prosjekteringsprosess og henviser til arbeidsprosessene som gjennomføres når modellen utvikles (Flyen, 2016).

BIM er en tredimensjonal tegning, en 3D-modell. Det som gjør BIM nyttig er at modellen kan være et verktøy som forbedrer samhandling, kommunikasjon og informasjonsdeling. I en BIM-modell kan du legge inn ulike aspekter som blir omtalt som dimensjoner (Tabell 1). Per i dag har man ikke klart å tilrettelegge for alle dimensjonene, men potensialet er der for å legge inn fremdriftsplanlegging, kostnadsforløpet, FDV, bærekraft og HMS (Linge, 2016a).

Tabell 1: De 8 dimensjonene i BIM

Dimensjoner i BIM	
Dimensjon	Beskrivelse
2D	Tegning
3D	Modell
4D	Tid
5D	Kostnad
6D	FDV
7D	Bærekraft
8D	HMS

Virtual Design and Construction (VDC): VDC betegnes som en arbeidsmetodikk eller prosessbeskrivelse og har ingen helhetlig definisjon, men er under kontinuerlig utvikling. Det er likevel en definisjon som blir benyttet i forskningslitteratur. Denne definerer VDC som bruken av tverrfaglige prestasjonsmodeller i byggeprosjekter, organisering av team bestående av prosjekterende, utførende og ledelse og arbeidsprosesser for å støtte forretningsmålene (Flyen, 2016). VDC er kjente og effektive teknikker og moderne verktøy satt i system som fokuserer på arbeidsprosesser og verktøy. Tankesettet kommer fra Lean Construction (Linge, 2016b) og BIM, involverende planlegging og møtemetodikken ICE, er sentral i VDC.

Integrated Concurrent Engineering (ICE): Handler om samlokalisert, samtidig prosjektering der en sentral målsetting er å redusere varigheten av prosjekteringsprosessen (Flyen, 2016).

BuildingSmart: Er en organisasjon som jobber med å realisere de samfunnsmessige, miljømessige og økonomiske fordelene av å ha en åpen og delbar informasjon om byggeprosesser tilgjengelig for «alle». Gjennom en nøytral arena for hele byggenæringen så muliggjøres flyt av informasjon i hele livsløpet av et bygg og sikrer effektiv samhandling mellom aktører. Prinsippet er at alle løsningene skal basere seg på åpne standarder slik at det er en brukerstyrt utvikling i fri konkurranse (BuildingSmartNorge, 2013).

ÅpenBIM (OpenBIM): Tanken bak ÅpenBIM er at man benytter dette som et felles format for alle de ulike BIM-programmene, formatene og plattformene som ulike aktører bruker. Dette er tenkt for å sikre en konsistent, helhetlig og nøyaktig modell som kan utvikle seg med prosjektet. Fordelen med ÅpenBIM er at det vil være kompatibelt med metoder og verktøy som enda ikke er utviklet, men som vil oppstå som følge av at det benyttes et åpent format som alle kan benytte og innovere på (BuildingSmartNorge, 2017).

Det digitale veikartet: For å klare den digitale omstillingen og digitaliseringen av byggenæringen, så har aktørene i denne gått sammen. Resultatet av dette er et felles digitalt veikart. Det digitale veikartet viser en overordnet ramme for hvordan byggenæringen må gå frem for å kunne bli en heldigital, konkurransedyktig seriøs og bærekraftig næring innen 2025 (BNL, 2017).

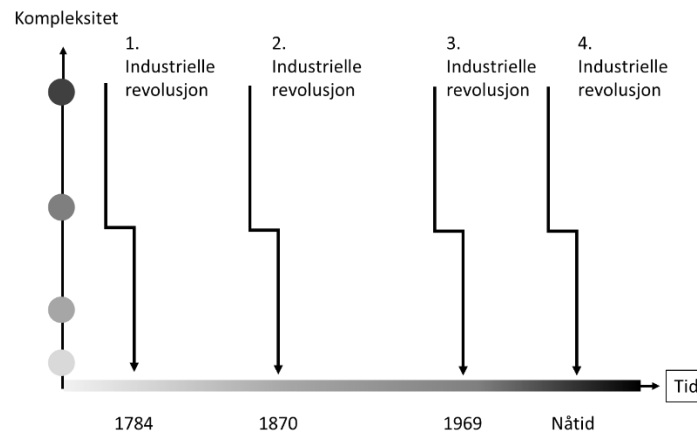
En av dagens utfordring i dag er at man fremdeles benytter den gamle måten å bygge på. De digitale systemene snakker heller ikke sammen som følge av ulike formater. Sentralt i det digitale veikartet er derfor den digitale byggeprosessen og den digitale tvillingen (BNL, 2017).

2.5.2 Industrialisering

Med industrialisering så ligger det en forståelse av at det er en overgang fra manuell til automatisert og maskinelt arbeid. Historisk kan man se at industrialisering har ført til samfunnsutvikling og økt produktivitet. Forutsetningene for økt produktivitet i denne sammenhengen er at variasjon av tid, kvantitet og kvalitet, sammen med gjennomstrømningstiden må reduseres. Utviklingen har gått fra å produsere produkter som et håndverk der man skreddersydde løsninger, til å gå over til masseproduserte standardprodukter. Nå er man på vei tilbake til skreddersydde produkter med hjelp av automatisering og avanserte produksjonssystemer. Industritankegangen vil innta byggenæringen, det er uunngåelig og en forventet utvikling. Derimot kan ikke prosessene fra øvrige industrier overføres direkte til

byggenæringen (Moum et al., 2017a). Dette kommer av at byggenæringen ikke er som andre industrier. Montasjestedet, som er byggeplassen, skifter for mellom hvert prosjekt (SINTEF, 2015).

I dag snakker man om at man har den fjerde industrielle revolusjon (Figur 9) med en høy grad av kompleksitet og bruk av cyber-fysiske systemer som handler om å digitalisere industrien for å produsere smartere, mer effektivt og overleve i det globale konkurransemarkedet.



Figur 9: De fire industrielle revolusjonene i industrien. Fritt etter Faurholt, 2013 (Faurholt, 2013)

Det foreligger en rekke definisjoner på begrepet industrialisering. Begrepet tar med seg et ønske om å redusere sløsing og variasjon, samt et ønske om økt effektivisering (Moum et al., 2017a).

I denne oppgaven anses et industrialisert tankesett som en tankemåte der gjentakende bruk av løsninger og prosesser, med støtte av ustrakt bruk av fabrikkproduksjon og harmoniserte regler og standarder, øker produktiviteten, kvaliteten og kontrollen av det som produseres. Industrielle prosesser er dermed prosessene som kreves for å industrialisere produksjonen og produsere industrielt.

2.5.3 Industrialiserte byggemetoder

Innunder industrialisering ligger det mer enn bare industrielle byggemetoder. For å si at noe er industrialisert må de tilhørende prosessene og aktivitetene før og etter byggemetodene være industrialisert. Dette inkluderer ting som informasjonsdeling, logistikk, kontraktsutforming og samhandlingsformen. Det skrives i SINTEF sin rapport 45 (Moum et al., 2017a) at Apleberger utviklet en modell der graden av industrialisering kunne beskrives med utgangspunkt i 8 ulike aspekter:

- Planlegging og kontroll av prosessen
- Tekniske systemer

- Bygningsdeler produsert «off-site»
- Langsiktig relasjoner mellom aktører
- Logistikk integrert i byggeprosessene
- Kundefokus
- Bruk av IKT
- Systematisk evaluering av måloppnåelse og erfaringstilbakeføring

Industrielle byggemetoder er ikke et begrep som er godt etablert i byggenæringen og mangler en tydelig definisjon (Moum et al., 2017a). I denne oppgaven velges det å forholde seg til følgende definisjon for industrielle byggemetoder (SINTEF, 2015):

«Industrielle byggemetoder er det bygningstekniske begrepet hvor moderne systematiske metoder for prosjektering, produksjon, planlegging og kontroll i tillegg til mekanisert og automatisert produksjon er anvendt», Sarja (SINTEF, 2015).

Dette gir en antydning av at industriell bygging er et grensesnitt mellom en byggekultur og produksjonskultur (Moum et al., 2017a). Det blir påstått at for å lykkes med industrielle bygging så må markedet dreies til en tilbudsrevet etterspørsel i stedet for et etterspørselsdrevet tilbud. Dette vil si at sluttbruker velger ut i fra et utvalg av produkter som er bestemt av leverandøren med utgangspunkt i leverandørens produksjonsmuligheter (Moum et al., 2017a).

I forbindelse med industrielle byggemetoder skiller man mellom ulike måter å produsere industrielt (Moum et al., 2017a) og ulike former for industrielle produkter (Nyrud et al., 2011):

Prefabrikasjon: handler om at materialer settes sammen til komponenter i spesialiserte fasiliteter eller fabrikker, som sener utgjør en del av den endelige produksjonen. Grad av prefabrikasjon varierer fra produsent til produsent.

Pre-assembly: eller formontering, er en prosess der materialer, komponenter og annet blir satt sammen på en ekstern lokasjon. Sammensetningen av disse utgjør senere det endelige bygget.

Off-site production: handler om at ulike elementer blir satt sammen et annet sted enn elementenes endelige posisjon.

Elementproduksjon: er når bygningsdeler produseres i fabrikk og settes sammen på byggeplass av montasjeteam. Da inngår elementene som en del av et byggesystem for et prosjekt. Vanlige elementer som produseres er vegger, etasjeskiller og takelementer.

Volumseksjoner: eller moduler, er hele seksjoner som produseres og monteres i fabrikk og transporteres til byggeplassen for å settes sammen. Denne byggemetoden baserer seg på at mesteparten av jobben gjøres i fabrikk. Moduler er ofte bygd opp av elementer.

Tradisjonell byggemetoder: er ofte forbundet med plassbygde konstruksjoner. Dette innebærer at det meste av verdiskapningen foregår på byggeplassen ved at håndverkere og andre ressurser gradvis setter opp bygget. De fleste prosjekter i dag benytter tradisjonelle byggemetoder i kombinasjon med bruk av elementer og moduler i ulik grad. Prefabrikasjon av elementer er på mange måter en industrialisering av de tradisjonelle byggemetodene (SINTEF, 2015).

Teknisk godkjenning: er SINTEF (Edvardsen & Ramstad, 2014) som har vurdert et produkt til å være egnet til bruk. Da tilfredsstillt produktet også krav i byggeteknisk forskrift i forhold til de bruksområdene som er dokumentert i godkjenningsdokumentet for produktet. Den tekniske godkjenningen angir at produktet tilfredsstillt kravet i «Forskrift om omsetting og dokumentasjon av produkter til byggverk». Det fremkommer av et søk på Tekniske godkjenninger en rekke prefabrikkerte produkter i Norge (Tabell 2).

Tabell 2: Prefabrikkerte produkter med TG fra SINTEF

Bygningselementer	Antall produkter	
-Gulv	28	
-Tak	25	
-Vegg	37	90
Bygningsmoduler	17	17
Prefabrikkerte våtromsmoduler	14	14
	Totalt:	121

Kilde: sintefcertification.no

Til tross for mye interesse og utvikling på området er fremdeles byggenæringen i stor grad strukturert etter å benytte den tradisjonelle måten å bygge på. Siden prosessene ikke er tilpasset en industrialisert måte å produsere på, så møter man en del utfordringer i næringen og man klarer ikke å oppnå den effekten og potensialet det kunne gitt.

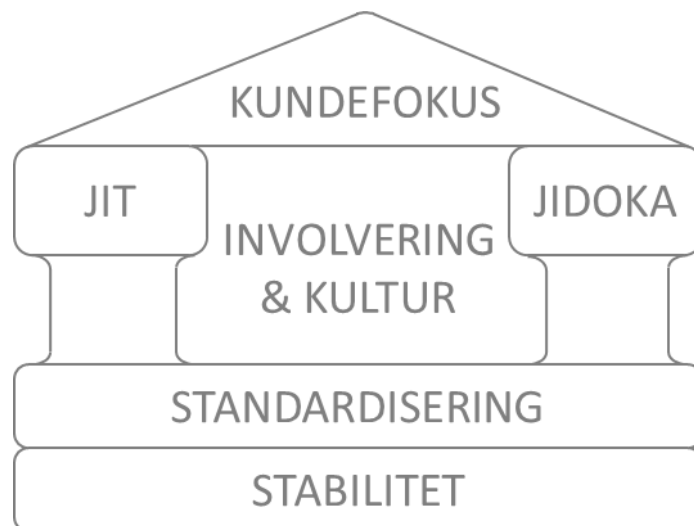
2.6 Lean

Dette underkapittelet vil starte med å snakke generelt om Lean som en filosofi, de kulturelle og overordnede tankene rundt Lean, for deretter å se nærmere på hva som ligger i Lean Production, den opprinnelige formen for Lean utarbeidet av Toyota. Avslutningsvis vil Lean Construction

bli sett nærmere på. Samtlige temaer vil kun bli belyst på et overordnet nivå, og det henvises til kildene for en mer omfattende og detaljert beskrivelse.

2.6.1 Lean som en kultur

Et godt bilde på Lean-systemet er å se for seg et hus som illustrert i Figur 10. Fundamentet bak Lean-systemet er stabilitet og standardisering. Deretter benyttes Just-in-time prinsippet for produkter og systematisk ferdigstillelse. Kundefokus er målet med Lean-systemet og uten fokus på kunden vil en med stor sannsynlighet mangle kvaliteter ved leveranse. Hjertet i Lean-systemet er involvering gjennom fleksible og motiverte gruppe-medlemmer som kontinuerlig lettere etter forbedringsmuligheter. Styrken bak Lean-systemet hvis det blir anvendt riktig er at disse grunnprinsippene henger sammen og blir kontinuerlig forbedret og forsterket over tid (Dennis, 2007).



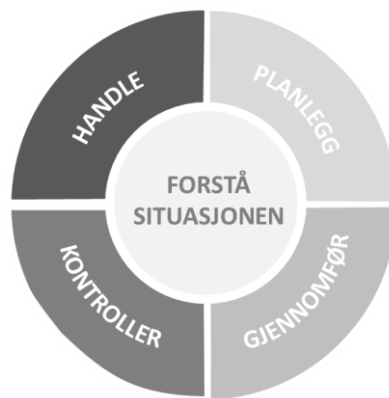
Figur 10: Lean-huset som danner grunnlaget for filosofien bak Lean. Fritt etter (Dennis, 2007)

En stor utfordring med Lean har vært at det ikke er en enighet om hva det er. Lean blir ofte definert på ulike abstraksjonsnivåer. Benyttes ikke hele strukturen er det en risiko for at metodene og verktøyene ikke passer. Lean handler om å beskrive hvordan du skal gå frem og på den måten kan hver enkelt tilpasse det til sitt bruk (Modig & Åhlström, 2012).

Lean som kultur

Lean er ikke bare et sett med teknikker, det er en feil mange har gjort i mange år. Det handler om å utvikle en lærende organisasjon og systematisk fjerne barrierer som fremmer kontinuerlig forbedring og læring (Wig, 2014).

Ser man til Toyota kan en arbeidshverdag oppsummeres med eksponering og bruk av PDCA (Figur 11), standardisering, visuell ledelse, lagarbeid, paradokser, intensitet og Lean som en væremåte.



Figur 11: Fornorsking av punktene som inngår i «PDCA-sirkelen» (Wig, 2014)

I Lean er en standard et robust verktøy til bruk der produksjonen er ment å kontinuerlig endres når man oppdager nye og bedre måter å utføre arbeidet på. En standard er derfor den nåværende beste metoden å gjøre ting på. Visuell ledelse er en sentral del av kulturen gjennom utstrakt bruk av illustrasjoner og minst mulig ord. Visuell ledelse handler også om at ledelsen er transparent og foregår ute på produksjonsområdet. Lagarbeid er viktig siden Lean består av en hel del paradokser og kan derfor kreve mye tid å forstå seg på. En kultur med kontinuerlig forbedring, standardisering, PDCA og søken etter perfeksjon. Derfor er noen viktige forutsetninger for å lykkes med implementering å forberede medarbeiderne på håndtering av denne intensiteten. Sikre hvilke egenskaper og kunnskaper som kreves for å håndtere forbedringsetterspørselen som vil genereres av de ansatte. Ledelsen må være til stede, identifisere de belastede områdene og gi støtte og veiledning samtidig som man opprettholder intensiteten. (Dennis, 2007).

Kundefokus

Det helt essensielle i Lean er kundefokuset. Målet er å oppnå høyest mulig kvalitet for kunden til lavest mulig kostnad og på kortest mulig tid ved å redusere sløsing. Som Dennis (Dennis, 2007) skriver har dagens kunder store forventninger og Lean-bedrifter har derfor lagt til sikkerhet, miljø og moral til sine kjerneverdier i forhold til kundefokuset. For å etterleve målet må man fokusere på aktivitetene man utfører på en daglig basis og søke etter å redusere sløsende aktiviteter. Fokuset skal ligge på:

- Produktivitet
- Kvalitet
- Kost
- Leveringstid
- Sikkerhet og miljø
- Moral

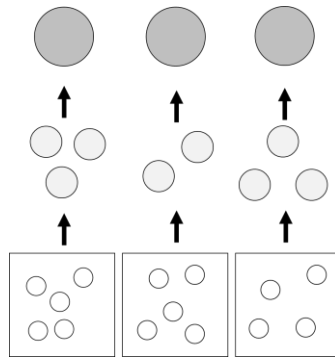
Reduksjon av sløsing er dermed helt sentralt for å etterleve de punktene som fører til kundefokus. Sløsing, eller «Muda» er det motsatte av verdi. Verdi er i Lean-sammenheng det kunden er villig til å betale for og ifølge Dennis er forholdet mellom verdi tilført og sløsing ofte et forhold på 5/95, så potensialet for å redusere sløsing er stort. Sløsing kan deles inn i åtte hovedkategorier som Tabell 3 illustrerer.

Tabell 3 Sløsing i Lean Production. Fritt etter "Lean Production Simplified" (Dennis, 2007)

Sløsing i Lean Production	
Hva	Beskrivelse
Unødvendige bevegelser	Som følge bevegelser fra både maskiner og mennesker. For mennesker handler det om dårlige ergonomiske forhold som gjør jobben mer krevende. For maskiner handler det om plasseringen av disse i forhold til andre maskiner som benyttes i prosessen.
Forsinkelser / Venting	Ventetid på materialer, stans på produksjonslinjen som må utbedres, eller venting på at en maskin skal bli ferdig med å prosessere en del.
Transportsløsing	Inneffektive oppsett på arbeidsplassen eller store batch-størrelser som fører til unødvendig bevegelse.
Forbedringer / Justeringer	Sløsing relatert til utbedringer av defekte produkter, dvs kvalitetskostnader.
Overarbeid	Tilfører mer arbeid på et produkt enn det kunden ber om eller ønsker.
Lagerbeholdning	Lagring av unødvendige mengder materialer, deler eller deler i arbeid. Kommer av manglende pull fra kunde og flaksehals i produksjonen.
Overproduksjon	Produserer ting som ikke skal selges. Roten til mange andre former for sløsing.
Kunnskapsbrudd	Handler om at flyten av kunnskap, ideer og kreativitet hindres. Oppstår der det er gap internt i en bedrift, mellom bedrift og leverandør eller mellom bedriften og kunden.

Involvering

Involvering og kultur er selve hjertet i Lean. Involvering av medarbeidere fører til utvikling av evnene til medarbeiderne og gjør sannsynligheten for å lykkes langt bedre. Involvering burde ledes med like stort fokus som produksjon og kvalitet. Medarbeidere er den fremste ressursen en bedrift har. Dagens arbeider har et høyt kunnskapsnivå og man må oppfordre til kreativitet og ytring av egne meninger. Dette er særdeles viktig for bedrifter i dag som behøver å være fleksible og kreative for å håndtere endringene i markeder, teknologi og økonomiske forhold (Dennis, 2007). Ved å involvere de som gjør det virkelige arbeidet kan man synliggjøre problemer og løse disse lenge før de akkumulerer og fører til store problemer som oppdages på et alt for sent tidspunkt (Figur 12).



Figur 12: Små problemer som ikke løses tidlig kan føre til store problemer (Dennis, 2007)

Planlegging

Kunnskapstap er den mest omfattende formen for sløsing og uten god planlegging blir sløsing enda større. Sentralt for å lykkes med å implementere Lean er å planlegge for å oppnå en felles visjon for hvor man skal og hvordan man skal komme dit. Den bør være så overbevisende og fengslende at den driver bedriften mot visjonen. Effektiv planlegging tvinger oss til å utnytte styrkene og svakhetene våre og gjøre mottiltak samtidig som det drar oss ut av tilfredsheten man har til dagens situasjon ved å sette banebrytende mål (Dennis, 2007). Effektiv planlegging bidrar til en lærende organisasjon (Wig, 2014), men krever at det er et styringssystem som tar vare på og deler viktig læring samtidig som den klarer å gjenkjenne og anvende læringen (Dennis, 2007).

Hoshin-planlegging er selve nervesystemet bak Lean og er både en kortsiktig og langsiktig planleggingsprosess for å identifisere kritiske forretningsbehov, bygge nødvendig ferdigheter for medarbeiderne og innrette bedriftens midler mot å nå resultater. Sentralt for Hoshin-planlegging er bruk av PDCA-sirkler, Nemawashi, catchball-metoden, kontrollavdelingskonseptet og A3-metoden.

Kontrollavdelingskonseptet går ut på å bryte ned silotenkningen som oppstår mellom avdelinger ved å ha en kontrollavdeling som står for koordinering av tverrfaglige aktiviteter i stedet for en avdeling for hvert enkelt fokusområde som kvalitet, produksjon, salg osv. A3 er enkel måte å fremstille forbedring på som er forankret i PDCA, Nemawashi og catchball-metoden. Nemawashi handler om å gjennomgå planene med alle berørte kunder før den implementeres for å oppnå en felles forståelse. Planleggingen tar lengre tid, men implementeringen går raskere og mer effektivt. Denne felles forståelsen kan oppnås og fordeles nedover i ledelsessystemet i planleggingsprosessen ved hjelp av catchball-metoden. Metoden

ønsker å koble visjonen til kunden og toppledelsen med de daglige aktivitetene som blir utført av medarbeiderne.

Historisk

Lean har sin opprinnelse fra masseproduksjonen, men for å forstå Lean er det viktig med å forstå den historiske utviklingen av masseproduksjon i korte trekk. Den moderne produksjonen kan sies å starte med håndverksproduksjonen av biler på 1900-tallet (Dennis, 2007). Da ble hver bil spesialtilpasset til hver kunde, noen benytter fremdeles denne metoden, men de fleste har gått videre. Årsaken til det er at bare de rike hadde råd til disse bilene, kvaliteten var uforutsigbar siden hvert produkt egentlig var en prototype og forbedringsarbeid ble ikke allment delt, og noen fagorganisasjoner så på forbedringsarbeid som en trussel.

Med Henry Ford endret ting seg. Han var den som utviklet det som i dag er kjent som en samlebåndsproduksjon. Han oppnådde masseproduksjonseffekten fordi han forenklet produksjonen, fokuserte på en bil som var lett å produsere og delene var enkle å bytte ut. Gjennom å benytte standardiserte deler, prefabrikasjon, nye innovative maskiner, forenkling av design på kompliserte deler og produsere de som en sammensatt modul, kunne Ford redusere kostnadene drastisk. Deretter å innføre samlebåndsprinsippet hvor arbeiderne sto i ro og delene kom til arbeiderne, så reduserte han ustabiliteten ved at arbeidere jobbet i ulik hastighet. Dette reduserte produksjonstiden på en bil drastisk. Selv om masseproduksjon førte med seg mange fordeler, førte det også til en del nye utfordringer (Tabell 4).

Tabell 4 De største utfordringene med masseproduksjonen gjort populær av Henry Ford (Dennis, 2007)

Utfordringer med masseproduksjon	
Hva	Beskrivelse
Fremmedgjøring av arbeid	Arbeiderne hatet masseproduksjon, ingen ville jobbe på fabrikk
Kvalitet	Kvalitet gikk på bekostning av økt produksjon og dårlig kommunikasjon mellom arbeider og ledelse førte til en høy andel produkter med defekter
Maskineri	Store maskiner førte til regnskapsprinsipper som fokuserte på batch-produksjon og en stor lagerbeholdning
Ingeniøryrket	Stadig spesialisering av ingeniørretninger førte til dårligere kommunikasjon og tiden fra ide til produksjon ble lengre

Toyota

Historien bak Toyota starter i etterkrigs Japan der bedriften hadde store utfordringer med produksjonen og hentet inspirasjon fra Ford og deres masseproduksjon. De fant fort ut at dette ikke lot seg gjennomføre i Japan, men produksjonsmetoden hadde noen muligheter for forbedring. Toyota production system, eller det som er kjent som Lean Production var et resultat

av forbedringen av masseproduksjonsmetoden tilpasset de utfordringene etterkrigs Japan hadde. Det tok Toyota og Ohno over 30 år å perfektionere systemet og få det innkjørt i Toyota. Neste steg for Toyota var å implementere Lean systemet hos leverandørene, noe som ble gjort gjennom felles arbeidsgrupper med leverandører og Toyota-ansatte. Innen 10 år gjennomsyret Lean hele verdikjeden.

Lean i byggenæringen

I 1990 årene begynte flere å se på mulighetene for å øke produktiviteten i byggenæringen og undersøkelser viste at det var store forbedringspotensialer på det som ble gjennomført og hva som var planlagt av fremdrift. Ballard og Koskela var sentrale i utarbeidelsen av det som i dag refereres som Lean Construction. Det er tankesettet som er viktig også for Lean Construction ikke verktøyene.

Lean Construction baserer seg på Koskelas Transformasjon - Flyt - Verdi (TFV) modell (Koskela, 2000), der hoved filosofien er lik tradisjonell Lean tankegang men setter mer fokus på flyt og verdiperspektivet. Ballards Last Planner (Ballard, 2000) peker også på viktigheten av dette og sammen var det grunnsteinen i utvikling av Lean Construction. Transformasjon er input i en eller flere produksjonsprosesser som omgjøres og gir en output for hele prosjektet. Ved å redusere sløsing i hver enkelt delprosess vil de totale kostnadene reduseres. Det er viktig å ha god kontroll på alle aktiviteter som skjer i en prosess, som transport, venting, lagring og inspeksjoner. Dette er aktiviteter som ofte ikke beregnes inn og blir tidsdrivere eller stopper flyten i en prosess. Flyt er derfor også viktig og ikke bare transformasjon. Flyt skiller mellom flyteffektivitet og resurseffektivitet (Shingo, 1988) og hensikten er å eliminere ventetid mellom prosesser slik at man unngår ikke-verdiskapende aktiviteter. Flyteffektivitet er derfor viktig i et byggeprosjekt for å kunne optimalisere de verdiskapende aktivitetene.

For å se på noen overordnede prinsipper i Lean Construction og Lean Production er prinsippene til de to listet i Tabell 5 under. Som det fremkommer av denne er de sentrale likhetene i Lean også å finne i Lean Construction, de er bare mer spesifisert for byggenæringen.

Tabell 5 Sammenligning av Lean-tilnærminger

Sammenligning av Lean	
Lean	Lean Constuction
Kundefokus	Øke fleksibiliteten
Just-in-time	Redusere ledetiden i forsyningskjeden
Jidoka	Planlegge mer detaljert jo nærmere utførelse
Standardisering	Forenkle forsyningskjeden (antall steg, deler, komponenter og relasjoner)
Stabilitet	Motvirke variasjon
Involvering	Visuell ledelse, øke gjennomsiktigheten
	Kontinuerlig forbedring

2.6.2 Lean Production

Lean filosofien kan som tidligere nevnt illustreres som et hus med ulike elementer. Nedenfor følger hva Lean Production legger i disse punktene og som kan relateres til andre Lean-tilnærminger.

Stabilitet

Lean Production søker stabilitet gjennom visuell ledelse og bruk av 5S, som igjen støtter opp under standardisert arbeid. 5S er et system som handler om å organisere og standardisere arbeidsplassen. I tabell 6 presenteres 5S-systemet med en forenklet forklaring av hvordan stegene kan implementeres (Wig, 2014).

Tabell 6 5S-systemet i Lean. Fritt etter Wig, 2014

5S-Systemet	
Nr.	Hvordan
1. Sorter	"Rødttagging". Marker det du må ha, fjern resten av rotet.
2. Sett i rekkefølge	Rasjonelle plasseringer, organiser og bruk fargekoder, benytt et visuelt system
3. Ryddighet (Shine)	Angi hva, hvordan, hvem som skal gjøre hva og når er det ryddig nok
4. Standardiser	Baserer seg på målet oppnådd etter S1-S3. Tydelige, enkle og visuelle standardiseringer
5. Opprettholdelse (Sustain)	Innvolver medarbeiderne i arbeidet gjennom promotere 5S, kommunisere 5S og trene de i 5S

Visuell ledelse handler om å gjennom å benytte 5S kan man skape et visuelt arbeidsmiljø slik at det som ikke er «standarden» skiller seg umiddelbart ut og lettere lar seg korrigerer av medarbeiderne. Dermed vil visuell ledelse handle om å håndtere unntak (Dennis, 2007).

Standardisering

Standardisert arbeid er den sikreste, letteste og mest effektive måten å gjøre et arbeid på per i dag. Selv de mest standardiserte prosessene i dag er fulle av sløsing så standardisert

arbeidsprosesser endres kontinuerlig. Mange assosierer dessverre standardisering som et kontrollerende organ som hindrer utvikling, men derfor må forståelsen av standardisering bedres.

En standardisert arbeidsprosess er et verktøy for å utvikle, bekrefte og forbedre en prosess, der en prosess er definert som en rekke med hendelser som fører frem til et tydelig definert mål. Ved å standardisere arbeidsprosessene oppnås en rekke fordeler som er beskrevet i Tabell 7. Standardiserte prosesser skal endres, hvis de ikke endres er det en tilbakegang. Det er en ledelsesoppgave å påse en god tilstand og fremme utvikling.

Tabell 7 Standardiserte prosesser kan føre til 8 fordeler

Fordeler med standardiserte prosesser	
Hva	Hvorfor
Stabile prosesser	Stabilitet betyr repeterbarhet for å nå de samme målene hver gang.
Klare grenser	Fører til tydelige start- og slutt punkt for hver enkel prosess som gjør det mulig å se avstemme status på produksjonen.
Organisatorisk læring	Bevarer lærdom og kunnskap.
Problemløsende	Sjekkpunkter og viktige steg er enkle å se og gjør det mulig å vurdere nåværende situasjon og avdekke problemer.
Ansattinvolvering	Medarbeidere avdekker og utvikler forbedringspotensiale i prosesser.
Varig forandring	standardiserte prosesser danner grunnlaget for det som forbedringene blir målt ut i fra.
Letter opplæring	Når man har lært seg standarden så fungerer sjekkpunkter som en huskeliste for arbeidsoppgaven.

JIT-Production

Lean Production bringer også med seg Just-in-time Production som ble utviklet for å håndtere en rekke problemer i Japan på 1950-tallet:

- Fragmenterte markeder
- Tøff konkurranse
- Faste eller fallende priser
- Raskt endrende teknologi
- Høye kapitalkostnader
- Dyktige arbeidere som krevde mer involvering

JIT-production var en motreaksjon mot de tradisjonelle «push» systemene der produktet dyttes igjennom systemet uavhengig av etterspørselen. Prinsippene var å ikke produsere noe før det blir bestilt av en kunde, juster produksjonen så den kan foregå jevnt gjennom hele produksjonen, koble alle prosessene til kundeetterspørselen gjennom enkle visuelle verktøy og maksimer fleksibiliteten

på folk og maskiner. Dette ledet frem til prinsippene om kontinuerlig flyt og «pull». JIT handler om å produsere riktig produkt i riktig mengde til riktig tid og skape en kontinuerlig verdiflyt som dras eller drives av kundeetterspørselen.

Toyota utviklet et JIT-systemet som baserer seg på JIT-Production, kontinuerlig flyt drevet av kundeetterspørsel. Hovedmomentene i et JIT-system er å benytte et system av visuelle hjelpemidler (kanban) for å synkronisere og instruere leverandører og kunder internt og eksternt av produksjonsanlegget og produksjonsutjevning (heijunka) for å produsere med et likt tempo hver dag for å unngå svingninger i arbeidsmengder. Dette igjen forutsetter en rekke underliggende avhengigheter som er listet opp i Tabell 8 (Dennis, 2007).

Tabell 8 Avhengigheter for JIT-systemet

JIT-systemet		
Består av	Avhenger av	Fører til
Visuelle verktøy (Kanban) Produksjonsutjevning (Heijunka)	Raske maskinomstillinger	Rask respons til kundeetterspørsel og minimerer ventetid
	Visuell ledelse	5S for å gjøre produksjonsprosessene transparente for hele laget
	Egnede prosesser	Standardiserte prosesser og forbedringsmuligheter, anvendelse av Jidoka for å redusere feil og begrense spredning av feil
	Egnede arbeidere	Flerfaglige problemløsende arbeidere som roterer mellom oppgaver og er involvert i forbedringsarbeid
	Egnede maskiner	5S aktiviteter for å forhindre store tap med maskiner som

Logistikk

Med JIT-systemet kommer også et økt behov for å tenke på logistikk. I et JIT-system må man formidle både informasjon og materialer. En sammensetning av et produkt består ofte av flere ulike deler fra flere ulike lokasjoner. Dermed kreves det både logistikk for å sikre informasjons- og materialeflyt som fører til kontinuerlig flyt. Logistikken krever at ulik informasjonen som produseres fra de visuelle verktøyene, må settes sammen og bidra til at nødvendig informasjon og material leveres «just-in-time». Dette burde følge en standardisert prosessvei.

Kontinuerlig flyt innebærer å definere verdi sett fra kundens ståsted og flytte maskiner og mennesker nærmere sammen slik at de kan bidra til verdi kontinuerlig verdiskaping. Sløsing er ofte et tegn på at det ikke er en god flyt, noe som forhindrer muligheten for kontinuerlig flyt.

«Pull» i Lean-sammenheng er at ingen oppover i en verdistrøm skal produsere noe før en kunde etterspør det i enden av verdistrømmen.

Value Stream Mapping (Rother & Shook, 2009) eller verdistrømskartlegging er et viktig verktøy i Lean Production. Det handler om å identifisere hvordan dagens produksjonslinje er og identifisere forbedringsmuligheter gjennom å implementere Lean. Verdistrømskartlegging innebærer kombinerer av prosessene som er nødvendig for å føre et produkt til kunden. Enhver bedrift har prosesser der verdi blir stegvis tilført og enhver prosess har sløsing. Derfor kan verdistrømskartlegging hjelpe til med å forbedre enhver forretningsprosess (Dennis, 2007).

Jidoka- automatisering med et menneskelig sinn

Jidoka handler om dyktige arbeidere og maskiner som identifiserer en feil og raskt gjør nødvendig mottiltak for å motvirke feilen. Jobbe mot utvikling av feilfrie prosesser gjennom kontinuerlig å forsterke prosessforståelsen. Deretter gjennom kontinuerlig tilbakemelding fra arbeiderne raskt kunne ta beslutninger. Jidoka har et stort potensial for å forbedre kvalitetsledelse, selv om det ikke er allment oppfattet hvilket potensial som ligger i det (Dennis, 2007). For å kontinuerlig forbedre kvalitet så trenger man en langsiktig Jidoka-strategi.

Poka-yoke er et enkelt og rimelig verktøy for å motvirke spredningen av defekter og kan bidra til å øke menneskelig pålitelighet, på samme måte som standardisert arbeid, visuell ledelse, og 5S. Poka-yoke inspiserer alle produktene og oppdager feil som kan føre til defekter og bidrar til raske tilbakemelding så mottiltak kan gjøres. Sensortechnologi kan bidra med stort til poka-yoke (Dennis, 2007).

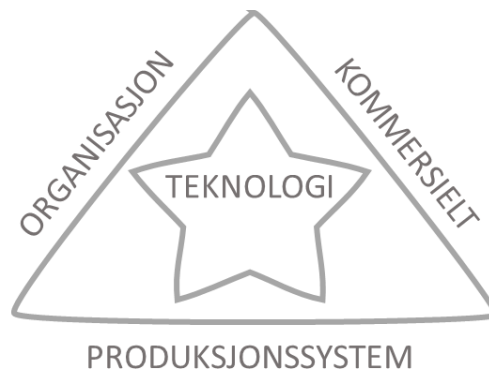
2.6.3 Lean Construction

Et teoretisk rammeverk for hva Lean Construction-tilnærmingen var som skilte seg fra Lean Production er spesielt fire hovedområder (Kalsaas, 2017). At bygg er store objekter som sitter fast i bakken, en prosjektproduksjon, kombinasjon av bearbeiding og montasje og at bygget skal vare lange. Lean Construction Institute (LCI) ga i 2004 ut fem kriterier på overordnet organisering for bygg og anlegg for å tilrettelegge for økt verdiskaping (Tabell 9) og i 2012 illustrerer Ballard med LCI-triangelet (Howell, 2011) at det ikke bare er teknologi og effektive produksjonssystemer som optimaliserer en byggeprosess, men at rammebetingelsene også må ta hensyn til de fem ideene for at alle aktørene skal få til samarbeidet som kreves (Ballard, 2012). LCI-triangelets områder sier at den kommersielle siden må legge til rette for at kontraktsformen sikrer en god fordeling av risiko, muligheter og unngår suboptimalisering. Organisasjonssiden handler om tillitsskapende samarbeid på alle nivå, der åpenhet og involvering er sentralt for å skape samspill. Produksjonssystemet handler om hvordan man

oppnår forutsigbar flyt av aktiviteter i produksjonen, mellom alle aktører som er involvert (Kalsaas, 2017). Produksjonssiden kan også relateres til Lean Productions filosofi.

Tabell 9: Fritt fra Lean Construction (Kalsaas, 2017) Tabellen viser byggenæringens Lean kjennetegn og de fem kriteriene fra LCI

Byggenæringens kjennetegn og overordnede kriterier for samarbeid	
Byggenæringens kjennetegn	Gjennomføringskriterier
Byggverk er store objekter som sitter fast i bakken	Gjøre den sosiale relasjonen mellom partene bedre
Prosjektproduksjon	Lage et nettverk av forpliktelser, slik at man er avhengig av hverandre
Kombinasjon av bearbeiding og montasje	Optimaliser helheten, ikke delene for å unngå suboptimalisering
Byggverk skal vare lenge og har stor offentlig interesse	Praktisere virkelig samarbeid ved deling av risiko og fordeler
	Etablere tett kobling mellom læring og handling, kontinuerlig forbedring



Figur 13: LCI-triangelet, fritt fra (Ballard, 2012; Howell, 2011; Kalsaas, 2017) som beskriver forhold som påvirker utover det generelle Lean produksjonssystemet og teknologien

Overordnet ønsker man å maksimere verdi for kunden og redusere sløsende aktiviteter. Lean Construction introduserer mye av de samme prinsippene som Lean Production, men mer rettet mot TFV modellen til Koskela. Verktøy i byggeprosjekt kan være Last planner System (LPS), Lean Project delivery system, Value Stream Mapping, taktplanlegging, Big Room, med flere. For å oppnå et godt samarbeid har nye kontraktmodeller som Integrated Project Delivery (IPD) og anskaffelsesmodeller som BVP.

2.6.4 Last Planer System og tilnærminger i Norsk næring

Last Planner handler primært om å involvere arbeiderne og er et styringsverktøy primært for utførelse og planlegging av prosjekter og sette verktøy og aktiviteter inn i en struktur med metoder, prinsipper og verdier. To hovedprinsipper, Just in time og jidoka som omhandler samspill i grupper. Videre er standardisering, visuell planlegging, taktplanlegging og pullteknikk (kanban) noen metoder som bidrar inn i LPS (Kalsaas, 2017). Fem prinsipper som LPS fokuserer på er vist i tabell 10.

Tabell 10: Fritt fra Lean Construction (Kalsaas, 2017). Viser de fem prinsippene til LPS

Fem hovedprinsipper med LPS	
Nr	Prinsipper
1	Det handler om å planlegge mer detaljert jo nærmere en kommer den konkrete utfordringen
2	Planlegge sammen med dem som skal utføre arbeidet
3	Identifisere og fjerne hindringer for planlagte oppgaver i team/grupper
4	Utarbeide pålitelige forpliktelse for at arbeid utføres som avtalt
5	Lære av feil og problemer en møter underveis

Det er flere som har tatt til seg LPS og implementert varianter i egen organisasjon. Nymo innførte en egen modell som de kalte involverende Prosjektplanlegging (IPG), Veidekke har Involverende planlegging (IP) og Kruse Smith Entreprenør har Lokaliseringsbasert planlegging som alle har tilnærminger som ligner på LPS (Kalsaas, 2017). Erfaringene fra dette har vært gode, men også bydd på utfordringer. En studie av IP hos Veidekke pekte på at samspillet mellom aktører i verdikjeden er en utfordring, når en hele tiden har forskjellige prosjektorganisasjoner. Å få med seg sin egen organisasjon er en ting, men andre underentreprenører må også integreres i måten man gjennomfører på. Endring i bygg- og anleggsbransjen handler om forsøk på å endre praksis i en bransje, som er veldig krevende, fører med seg mye risiko og er vesentlig vanskeligere en intern organisasjonsutvikling (Kalsaas, 2017).

JIT i byggenæringen

JIT i byggefasen handler om at materialer leveres når det skal benyttes og unngå mellomlagring. Når varen kommer installeres den med en gang. Riktig vare til riktig tid og sted. I prosjektering vil det si at en benytter pullmekanismen i planlegging slik at en ikke innhenter mer informasjon enn det en trenger og til riktig fase i prosjektet (Kalsaas, 2017). Utover dette er prinsippene like som i Lean Production.

2.6.5 Måling av arbeidsflyt

I Lean Construction i Norge er det særlig tre dokumenterte metoder for å måle flyt og sløsing på byggeplass. Alle metodene fokuserer på å unngå statistisk generalisering og kontinuerlig forbedring (Kalsaas, 2017). Metodene er:

Observasjon med dialog: Detaljerte tidsstudier for å identifisere arbeid fordelt på verdiskapende arbeid og sløsing.

Selvevalueringsmetoden: Håndverkernes selvevaluering av nedetid og årsaker til sløsing.

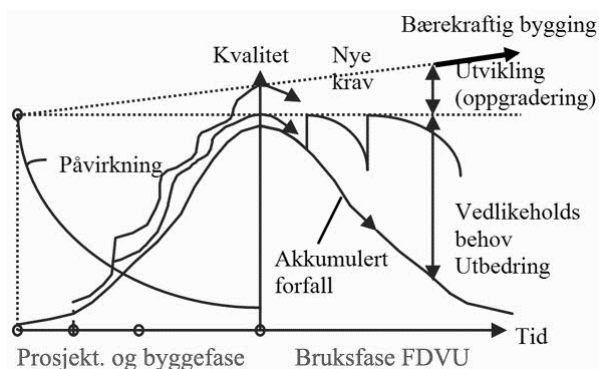
Registreringsmetoden: Overføring av arbeid mellom fag.

2.7 FDVU

2.7.1 Forvaltning, Drift, Vedlikehold og Utvikling (FDVU)

Basert på DIFI, gir langsiktig planlegging, drift og vedlikehold lengre levetid og mer forutsigbare vedlikeholdskostnader. Planleggingen må regelmessig oppdateres i løpet av utførings, overtakings og driftsfasen (Difi, 2017a).

FDVU-filosofien (Figur 14) handler om at et kravene til bygg endres over tid. Når det tas i bruk tilfredsstilles de kravene som ble stilt da bygget ble prosjektert, men disse kan ha endret seg i løpet av byggefasen og gjør at kravene til et nybygg har økt. I bruksfasen vil bygget ha naturlig slitasje og må med jevnt mellomrom gjennomføres vedlikehold og utbedringer på. Det kan også være nødvendig å foreta utvikling eller oppgradering av bygget for å etterkomme nye krav.



Figur 14: FDVU-filosofien illustrert (Byggordboka, 2017)

2.7.2 Life cycle cost(LCC) – Livssyklus kostnader

Avdelingen for offentlige anskaffelser, DIFI har gitt en god forklaring på hva LCC er og hvorfor det er viktig (Difi, 2017c). Beregninger av livssyklus kostnader er viktig for å gjøre gode anskaffelser siden disse beregningene danner grunnlaget for senere forvaltning, drift og vedlikehold. Med LCC vurderes investeringskostnader og driftskostnader samlet og bør inngå i prosjektets tidlige fase som grove kalkyler. Kalkylenes forbedres og danner til slutt grunnlaget for drift og vedlikeholdsbudsjett samt vedlikeholdsplanene.

LCC-beregninger bør gjennomføres for å bidra til mer kostnadseffektive løsninger med riktig kvalitet, sett opp mot behovet som skal oppfylles, Det gir i tillegg større forutsigbarhet for driften av det verdige bygget. Ved bruk av LCC-beregninger kan man se hvilke løsninger som fører til lavere driftskostnader ved å velge riktig kvalitet som igjen vil bidra til en miljøgevinst siden riktig kvalitet reduserer bruk av ressurser.

2.8 Teori knyttet mot casekalkyle

2.8.1 Kalkyle

En kalkyle gir en kalkulasjon av en økonomisk interesse og brukes ofte for beregningen av verdi, inntekter, kostnader eller lønnsomhet. Kalkyler deles opp i to hovedformer, forkalkyle og etterkalkyle. Sammenstillingen av disse to kalkylene bidrar til å danne et bilde av, og for kontroll av driften (Store Norske leksikon, 2017d). En forkalkyle settes opp før et tiltak for å beregne lønnsomhet eller danne et grunnlag for et anbud eller lignende.

2.8.2 Norsk Prisbok

Kalkulasjon i byggenæringen har flere steg avhengig av prosess, anbud og entreprisform. Tilbudskalkyler kan ha variasjon av detaljeringsgrad fra å være en detaljert kalkyle på material og enhetstidsnivå, til arealprismetode der en benytter tidligere prosjekter og estimerer priser basert på areal. Med økt digitale verktøy har de fleste egne erfaringsdatabaser fra prosjekter. Det finnes også plattformer som samler slik informasjon, som Norsk prisbok (Norsk Prisbok, 2017). Der blir erfaringer fra bygg og anleggsnæringen sammenfattet basert på NS 3420 (Standard Norge, 2017a). Det er flere standarder som definerer områder ved kalkulasjonsprosessen der NS3420 er en av disse og sier noe om krav til materialvalg og utførelse til hver enkelt kalkylepost og aktivitet i postkoder. Nedenfor følger tre generelle formler som ofte benyttes ved kalkulasjon:

$$SK_{mat.} = m * Mat \quad (3)$$

$$SK_{Arb} = T * resept * eht \quad (4)$$

$$SK_{UE} = UE_{pris} * m \quad (5)$$

2.8.3 Læringseffekt av repeterende arbeid

Det foreligger lite informasjon om læringseffekter ved repeterende eller standardiserte arbeidsprosesser i byggenæringen. Med læringseffekt menes at noe forstås og utbedres slik at man har lært av det som har blitt gjort tidligere og tatt høyde for dette. Repeterende arbeid vil si at samme arbeidsoppgave blir gjort gjentatte ganger og arbeidsmønsteret kan sies å bli standardisert. I 2015 ble en masteroppgave gjennomført for si mer nøyaktig om en kan hente ut læringseffekt ved repeterende arbeid over flere byggetrinn. En casestudie av et Block Watne-prosjekt (Eriksen, 2015) viste en reduksjon i antall timer på 59.1 % fra første til det niende byggetrinn. Det er flere faktorer som påvirker dette, men hovedfunnene var den repeterende effekten av arbeid.

2.8.4 Vær og nedbørsestimering

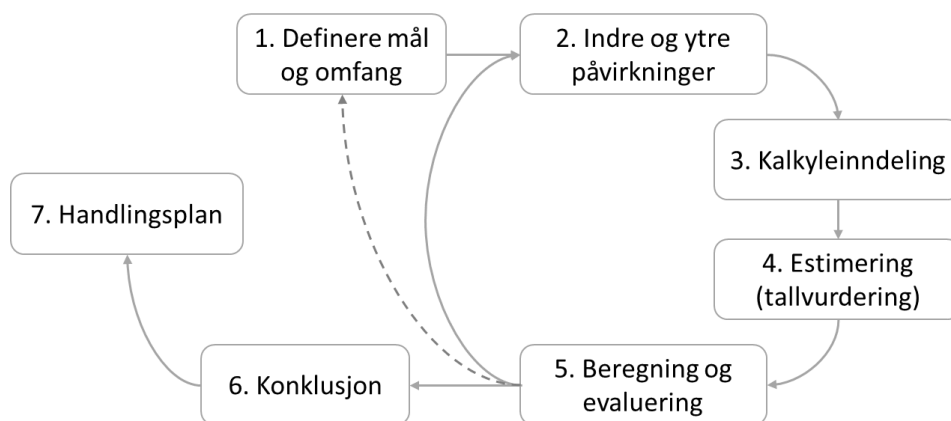
For å se på værforhold opp mot risiko er det flere forhold som påvirkes. Nedbør og vind kan føre til fukt i materialer og konstruksjoner, dårlig arbeidsmiljø, lavere kvalitet og forsinkelser i fremdriftsplan. Høy eller moderat nedbørsmengde kan i verste tilfeller føre til redusert arbeidseffektivitet fra 40% til 100% på de værutsatte arbeidsaktivitetene (Nordeng & Geving, 2017).

2.8.5 Usikkerhet, risiko og følsomhet

NS 5814 (Standard Norge, 2008) er en bransjestandard som definerer områder en skal ta høyde for ved risikostyring.

Risiko gjenspeiler en aktivitet eller hendelse det ligger usikkerhet i. Usikkerhet kan både gjenspeile negative og positive utfall (Samset, 2008) som en betrakter som muligheter eller risiko. Usikkerheten baseres på den informasjonen man har tilgjengelig og den som er nødvendig (Winch, 2010).

For å gjennomføre en usikkerhetsanalyse starter man først med å identifisere påvirkningsfaktorer som usikkerhetsanalyse utføres på. Deretter vurderes omfanget av utfallene og man identifiserer mulige tiltak som kan avgrense omfanget. Det er flere metoder som benyttes for å se på usikkerheten i prosjekter, men den som ofte benyttes er trinnvismodellen (Figur 15) (Austeng et al., 2010).



Figur 15: Trinnvismodellen (Austeng et al., 2010)

Ved bruk av trinnvismodellen identifiseres først mål og omfang for prosjektanalysen. Deretter avklares hva som skal drøftes, formålet med analysen, og hva som skal arbeides med for å nå målene. Det er viktig med gode avgrensninger for analyseområdet.

Indre og ytre påvirkninger handler om å peke ut forhold som er avgjørende for resurser, kostnader og tid i prosjektet. Det gjøres en idemyldring for å identifisere forhold og dette listes opp mot hverandre i en tabell. Deretter ser en på indre og ytre påvirkninger på områder tilknyttet prosjektet.

Kalkyleinndelingen defineres inndeling av prosjektets kostnadsposter og nettverksstrukturen for en tidsplan. Videre gjøres vurderinger av kostnader og fremdriften. Det er viktig å dekke hele prosjektet og definere områdene som påvirkes.

I estimeringen gjøres det tre anslag på tidsestimater i tillegg til estimerer på kostnader eller påslag fra sannsynlig estimat. Disse gjøres på de indre og ytre påvirkningsområder. Deretter avgjøres et estimat for trippelanslag ut i fra minimum (n)-, sannsynlig (s)- og maksimumsverdi (\emptyset). For å beregne usikkerhet er det vanlig i skandinaviske modeller å benytte tripplestimat basert på Lichtenbergs Erlangfordelingsformler med sannsynlig verdi, nedre verdi og øvre verdi. Hovedsakelig benyttes to ulike kvantilpar, 1%/99% (P1/P90) og 10%/90% (P10/P90) fordeling (Drevland et al., 2010).

$$E = \frac{n + \theta s + \emptyset}{2 + \theta} \quad (6)$$

$$\sigma = \frac{\emptyset - n}{\zeta} \quad (7)$$

$$Skj = \frac{\emptyset - s}{s - n} \quad (8)$$

Formlene beskriver beregning av forventet verdi (6), standardavviket (7) med en skjevhetfordeling (8) avhengig av hvilke kvantilpar som benyttes. For de to kvantilparene er de mest riktige revisjonene som næringen har tilnærmet seg som følger:

- For kvantilpar P1/P99 har en $\theta=2.95$ og $\zeta=4.6$.
- For kvantilpar P10/P90 er en $\theta=0.42$ og $\zeta=2.53$.

Det påpekes at tilfellet til kvantilpar P10/P90 med tilhørende θ og ζ verdier har en mer nøyaktig tilnærming til usikkerhet når standardavviket øker og skjevhetsforholdet stiger. (Drevland et al., 2010). Med kvantilpar menes sannsynligheten for at en hendelse inntreffer, der P90/P10 kvantilpar defineres som 10% av det beste sannsynlige utfallet og 10% sannsynlighet for det verste utfallet. Denne benyttes i tripplestimering og risikoanalyser (Drevland et al., 2010).

Følsomhetsanalyser tar ofte for seg de mest følsomme usikkerhetene for å minske risikoen eller hente ut mulighetene. Dette kan gjøres ved å se på utslag som har høyt standardavvik eller

varians, og de usikkerhetspostene som utgjør de store kostnadsdriverne i prosjektet (Austeng et al., 2010).

2.9 Rammebetingelser

Byggenæringen er kontrollert av en rekke rammebetingelser hva angår lover, regler, forskrifter og valg av kontraktsformer. Disse kan både være samtlende for næringen, men også føre til utfordringer. Det er en rekke strategidokumenter og føringer satt av myndighetene som legger en ramme for hvordan byggenæringen skal oppføre seg. Dette er slik som stortingsmelding 28 (Meld. St. 28 (2011-2012)), Nasjonal handlingsplan for avfall nr. 4 (NHPs sekretariat, 2017), Bygg21 sin strategi «Sammen bygger vi framtiden» (Bygg21, 2014), foruten norske lover med Byggeforskriften (Forskrift om tekniske krav til byggverk, 2010), Plan- og Bygningsloven (Lov om planlegging og byggesaksbehandling, 2009), Lov om offentlig anskaffelse (lov om offentlig anskaffelser, 2016) med flere. Forskning har vist at rammebetingelser like gjerne kan føre til kreativitet og innovasjon som det kan forhindre det, men at det er manglende kompetanse for å utforme rammebetingelser for å skape kreativitet (Lombardo & Kvålshaugen, 2014).

2.9.1 Kontraktsformer

Byggenæringen har mange ulike standardkontrakter som er kjent som Norske standarder. Det er utarbeidet ulike kontraktsformer for ulike leverandører og aktører avhengig av hva deres rolle i prosjektet. Hensikten med de standardiserte kontraktene er at de skal være balansert i forhold til de rettigheter, ansvar og plikter de ulike aktørene i kontrakten har (Difi, 2017b)

2.9.2 NS-Standarder

En norsk standard er en standard utviklet og utgitt av Standard Norge (Standard Norge, 2017b). Den omhandler viktige deler av en arbeidsprosess, produkt eller tjeneste. Standard Norge har enerett på å utgi Norsk Standard og utvikler standarder innenfor de fleste områder i samfunnet. Standard Norge definerer en standard som en felles oppskrift på hvordan noe skal lages eller gjennomføres (Store Norske leksikon, 2017e).

2.9.3 Lover

Lov om offentlig anskaffelse: En lov som regulerer anskaffelsene som gjennomføres av det offentlige. Loven er til for å sikre at de offentlige midlene utnyttes best mulig gjennom kostnadseffektivt og samfunnstjenlige innkjøp. Den skal gjennom den offentlige sektor bidra til å utvikle et konkurransedyktig næringsliv gjennom innkjøpene som gjøres. Offentlig anskaffelser skal tilstrebes å basere seg på konkurranse. Gjennom «Lov om offentlig anskaffelser» er det offentlige pålagt å forholde seg til livssyklus kostnader, universell

utforming og miljøkonsekvenser av anskaffelsen (lov om offentlig anskaffelser, 2016). Saksbehandlingen av offentlige anskaffelser skal ikke diskriminere og plikter til å ta hensyn til lik behandling av leverandører og tjenesteytere (Store Norske leksikon, 2018d)

2.9.4 Forskrifter

En forskrift er en generell bestemmelse om rettigheter eller plikter fastsatt av forvaltningsmyndighetene. En forskrift kan ikke fravikes av et forvaltningsorgan, med mindre forskriften eller hjemmelslov gir tillatelse til det (Store Norske leksikon, 2018b).

Byggesaksforskriften (SAK): er en forskrift som utfyller PBL sine regler om byggesaksbehandling, kvalitetssikring og kontroll, tilsyn godkjenning av foretak for ansvarsrett og reaksjoner ved brudd på regler (Dibk, 2018a).

Byggetekniske forskriften (TEK): er en forskrift som setter en grense for det minimum av egenskaper et byggverk må ha for å kunne bygges lovlig i Norge. Forskriften gir funksjonskrav, men er også i mange tilfeller gitt som ytelseskrav. Andre funksjonskrav er fortolket og gitt som preaksepterte ytelser som ofte er tilfelle for sikkerhet ved brann (Dibk, 2018b).

Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK): Inneholder regler for dokumentasjon og omsetning av produkter til byggverk slik som byggevarer og løfteinnretninger. Krav om og til dokumentasjon av produkter til byggverk er beskrevet i SAK. DOK er rettet mot produsent og omsetningsledd (Dibk, 2018d).

2.10 Tidligere forskning

Det har vært gjort en hel del forskning som faller innenfor oppgavens problemstilling. Det vil her bli presentert de artiklene, rapportene og dokumentene som forfatterne opplever som de mest aktuelle og sentrale i forbindelse med oppgaven. Foruten det som presenteres er det gjennomført en rekke masteroppgaver som omhandler industrialisering, Lean og kundeverti i ulike grader i byggenæringen, men som i denne oppgaven ikke har blitt omtalt. Det er tydelig at det er en stor interesse for disse temaene og miljøfokus med gjenbruk, avfall og sirkulærøkonomi. Tabell 11 presenterer dokumentene sortert kronologisk etter årstall med nyeste dokumenter først.

Tabell 11: Kort oversikt over tidligere forskning som danner grunnlag for oppgaven

Tidligere forskning		
År	Tittel	Utarbeidet av:
2017	Industrialisering av byggeprosessene - Status og Trender	SINTEF Fag
2017	Sirkulær økonomi i morgendagens byggenæring	SINTEF (flere arbeidsgrupper)
2017	Digitalt veikart for BAE-næringen	BNL
2017	OSCAR-Delprosjekt 1	Multiconsult
2017	OSCAR-Delprosjekt 2 - Gjennomføringsmodell- og prosesser	Multiconsult
2015	Veileder for fasnormen "Neste Steg"	Bygg21
2015	Markedsundersøkelse Industriell byggemetodikk	BA2015
2014	Sammen bygger vi framtiden	Bygg21
2012	Meld. ST. 28 - Gode bygg for eit betre samfunn	Kommunal- og regionaldepartementet
2011	industrielt Trebyggeri: Erfaringer fra norske prosjekter	Norsk Treteknisk Institutt
2009	Industrialisering av trehusproduksjonen	NIBR
2008	Industrialisering og systematisering av boligbyggproduksjon	SINTEF Byggforsk

Det presiseres igjen at det foreligger langt mer forskning på området enn dette, men tabellen utgjør et utvalg av det. Videre vil en kortere oppsummering av dokumentenes innhold presenteres.

2017: Industrialisering av byggeprosessene – status og trender

Rapporten er utarbeidet av SINTEF Fag og utgjør fase 1 og 2 i kartleggingen av status og trender på feltet «industrielle byggeprosesser». Fase 1 er bestilt og finansiert av BAE-programmet. Fase 2 er finansiert av Byggin-nettverket. Rapporten tar et historisk overblikk og analyserer kjennetegnene for en industrialisert byggeprosess. Rapporten ser på forholdet mellom prosessene, produktet, folkene som er involvert og ytre drivere. Den introduserer et kart med fem dimensjoner bestående av organisering, variasjon, skala, automatisering og teknologibruk. Rapporten konkluderer med at å se disse i sammenheng gir et bilde av graden av industrialisering i byggeprosessene. Videre ser rapporten på eksempler på trender innen forskning og praksis, både internasjonalt og nasjonalt og trekker fram relevant erfaring fra andre industrier. Avslutningsvis ser rapporten på utviklingstrendene i næringen og lærdom fra andre industrier (Moum et al., 2017a).

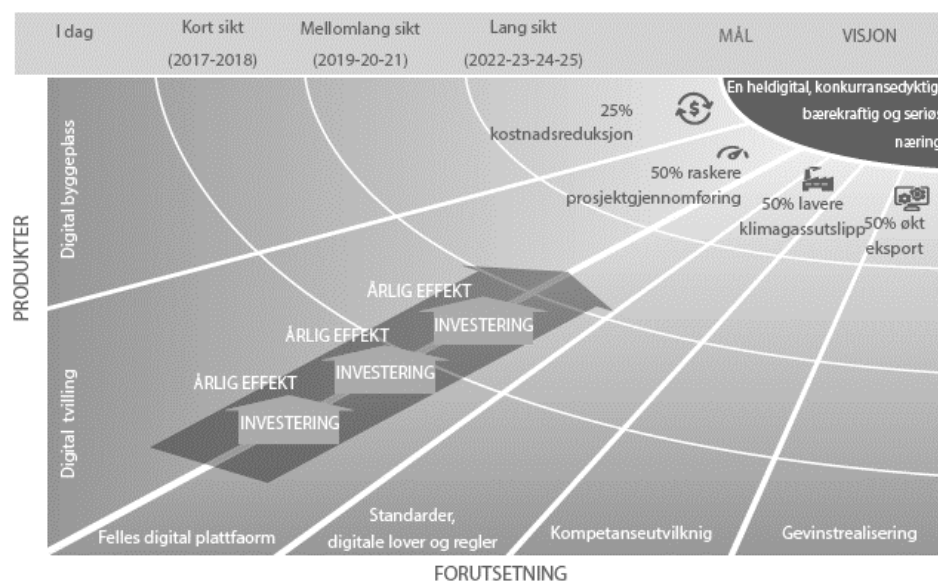
2017: Sirkulær økonomi i morgendagens byggenæring

Rapporten er utarbeidet på oppdrag av Statsbygg. Formålet var å belyse begrepet sirkulær økonomi og se på hva dette vil være for byggenæringen. Rapporten forklarer hva sirkulær

økonomi er, og går ut på, hvilken relevans det har for byggenæringen i Norge, drivkreftene og barrierer for å få sirkulærøkonomien inn i byggenæringen, hvilken rolle Statsbygg har rundt dette ved å være i front, være en pådriver i egen verdikjede og være åpen for kreativitet og innovasjon. Den avslutter med å diskutere den videre utviklingen for sirkulærøkonomi i byggenæringen (Moum et al., 2017b).

2017: Digitalt veikart for BAE-næringen

Det digitale veikartet (Figur 16) er utarbeidet av Byggenæringens Landsforening (BNL) som følge av at både det offentlige og private står ovenfor store utfordringer rundt bærekraft og produktivitet. BNL ønsker en heldigital byggenæring innen 2025 og det digitale veikartet skal føre til at man oppnår dette slik at næringen kan digitaliseres sammen. Dermed kan man hente ut størst effekt av digitaliseringen. Veikartet viser et overordnet rammeverk for hvordan byggenæringen må gå frem for å bli heldigital, konkurransedyktig, bærekraftig og en seriøs aktør. Det konkluderes med at både private og offentlige bestillere har et særlig ansvar for å stille krav om digitalisering gjennom å bestille en digital byggeprosess med to produkter som er valgt kalt «digital byggeplass» og «digital tvilling» (BNL, 2017).



Figur 16: Det digitale veikartet, direkte fra BNL sitt dokument Digitalt veikart (BNL, 2017)

2017: OSCAR-prosjektet og kundeverdi

Prosjektet ser på at verdiskapning i et byggeprosjekt ikke alene handler om byggets egenverdi, men verdiene det gir samfunnet i form av å bo, jobbe, reise og andre bruksområder bygget er tiltenkt til. Verdi kan måles ved økonomi, estetikk, fleksibilitet, miljø, eller andre parametere. Disse er avhengig av formålet med bygget og omgivelsene. Det handler om behovet til brukeren

og hvordan en kan optimalisere denne for brukeren (Kalsaas, 2017). OSCAR-prosjektet er en forskningsstudie på å identifisere hvordan byggeprosjekter skaper verdi for både eieren og brukeren. Den peker på at det er omforent enighet i byggenæringen om å sikre verdi for brukerne og eierne i et livsløpsperspektiv, men at det er behov for økt forståelse for hva verdiskaping er (Norges forskningsråd, 2017a).

Tabell 12: Fritt etter Oscar-rapport del 1 tidligfase. Tabellen oppsummerer de viktigste funnene fra anbefalinger til hovedaktører i BEA-næringen fra bruker til leverandører (Norges forskningsråd, 2017a).

Anbefalinger fra Oskarrapport del 1			
Braker og leietaket (ansvarlige for brukervirksomhet og FM-organisasjonen)	Eier og bygghærre	Arkitekter, rådgivende ingeniører, entreprenører og leverandører	BAE-næringens bransjeforum og nettverk
Bestillerkompetanse og være en pådriver for innovative løsninger	Etablere en tydelig rolle for verdiledelse i prosjekt og implementere en strukturert verdiledelsesprosess fra tidligfase til evaluering av bygg i bruk	Ansvar for å overføre gode erfaringer fra forskjellige kunder	Støtte opp om etablering av et nasjonalt permanent kompetansesenter
Stille krav og sikre at fremtidige behov knyttes til de ansattes preferanser og trivsel	Vektlegge oppstartsfasen med en strukturert innledende dialog med prosjektteamet for å fastsette prosjektets ønskede verdiskaping	Anerkjenne at det er behov for kulturendring og stille spørsmålet. "Hvordan kan vi bidra til å oppnå mer verdi til kunden og sluttbruker ut over det som ligger som minimumskrav for vår ytelse"	Aktivt ta ansvar for å bidra til innovasjon og utvikling av "beste praksis"
Redusere risiko ved å etterspørre fleksible lokaler som møter endringsbehov, vurdere samlede leiekostnader og ikke kun leiekostnaden og bærekraftig profil	Tidlig involvering av fagkompetanse, inklusiv kompetanse fra kjernevirksomheten, teknisk, drift og FM	Bestillerforståelse. Bidra til en strukturert dialog i tidligfase med oppdragsgiver for å ivareta prosjektets verdiskaping. Hjelpe eier med å omforme dette til mål, krav og	
Dele erfaringer fra anskaffelser av lokaler og fra bygg i bruk	Gode brukermedvirkningsprosesser, Hvem skal bidra når. Omstille krav og behov til fysisk utforming	Legge til rette for digitale verktøy for åbedre informasjonsflyt	
	Bevist valg av anskaffelsesmodell og intensiver. Beviste på hva ønskede og uønskede intensiver er.		

Det å se det totale verdibilde av livssyklusløpet bør være viktig for beslutninger for kapitalinvesteringer, ikke bare investeringskostnaden. Det er det en enighet om, men det fokuseres ofte på byggets egenskaper i seg selv og ikke brukernes behov.

En stor del av næringen ønsker kontraktsformer som tilrettelegger for åpenhet og samhandling for prosjektets beste. Det konkluderes med at det må til en kulturendring i hele næringens verdikjede for å få dette til (Norges forskningsråd, 2017b).

Tabell 13: Fritt fra Oscar-rapport del 2 gjennomføringsmodeller og prosesser. Tabellen oppsummerer virkemidler for å oppnå verdiskaping (Norges forskningsråd, 2017b).

Anbefalinger fra Oskarrapport del 2		Anbefalinger fra Oskarrapport del 2	
Nøkkelord	Virkemidler for å oppnå verdiskaping	Nøkkelord	Virkemidler for å oppnå verdiskaping
Eierstyringsfunksjon	Etablering av en robust eierstyringsfunksjon med prinsipper fra "best praksis" innen eierstyring og prosjektledelse.	Informasjonsflyt	Tilrettelegge for god informasjonsoverføring mellom aktører og faser.
Strategi	Tydelig strategi, mål og målhirarki som muliggjør styring i alle faser	Kompetanse	Riktig kompetanse til riktig tid. Behov av tidlig involvering av FM-kompetanse og tekniske installasjoner er viktige områder. Dette er viktig i tidligfase og i produksjonsfase for å sikre brukers behov i overtakelsesperioden. Dette skal ivareta byggets funksjoner i henhold til målsetningene.
Rammeverk	Riktig valg av gjennomføringsmodell som kombinasjon av ambudsform, kontraktsform og enterprisemodell. Dette påvirker ansvar og risikofordeling, organisering, informasjonsflyt og samhandlingsform.	Sertifiseringer	for eksempel BREEAM som sertifiseringsmodell erfares at har en positiv effekt og som bidrar til tidlig samarbeid for å oppnå definert mål. Dette fanger ikke opp de reelle behovene til bruker og eier så de må ses i sammenheng med det totale målbidde og målhierarkiet
Insitamenter	Bruk av insitamenter som motiverer for å nå et felles mål, og forhindrer suboptimalisering. Bruken bør forankres i ønsket effekt og målbarhet. Bruk av økonomiske insitamenter mot leverandører i tidligfase kan virke kontraproduktivt bør brukes med varsomhet.	Deling av erfaring	Behov for økt kunnskap og kompetanse om gjennomføringsmodeller og -prosesser og driftsfasen. Hva effekten for eieren er over tid

Det er flere modeller som legger til rette for hvordan byggeprosesser bør være for å skape økt verdi for sluttbruker, slik som Bygg21 sin veileder for «Neste Steg» (Bygg21, 2015).

2015: Veileder for fasenormen «Neste Steg»

Fasenormen «Neste Steg» utarbeidet av Bygg21 danner et felles rammeverk for norske byggeprosesser og formålet med den er å samkjøre aktørene i byggenæringen. Den er tiltenkt å være en støtte for gjennomføringen av byggeprosjekter. Som følge av at byggenæringen er meget fragmentert, og det er mange ulike aktører som skal samarbeide om å lage et produkt i byggenæringen, er det behov for et felles rammeverk. Dette er viktig siden produktiviteten blir hemmet av dårlig og mangelfull samhandling. Veilederen poengterer at de aller fleste aktører benytter en standardisert inndeling av prosjektfasene i et byggeprosjekt, men disse er ulike og skaper kommunikasjonsproblemer på byggeplassen.

«Neste Steg» beskriver byggeprosessene over tid, inndelt i åtte steg og angir de ulike beslutningene som må bli tatt mellom faser, basert på riktig informasjon, som avgjør om man skal gå videre, tilbake eller jobbe mer. Denne informasjonen blir synliggjort gjennom fire ulike perspektiver for å danne forståelse for hva som trengs i hvert steg. De fire ulike perspektivene er eier, bruker, utførende og offentlige (Bygg21, 2015).

2015: Markedsundersøkelse Industriell byggemetodikk

Rapporten ble initiert av Tønsbergprosjektet som er et sentralt pilotprosjekt i BA2015-programmet. Den skal danne en basis for å ta en beslutning knyttet til valg av byggemetodikk. Rapporten ser på industriell byggeproduksjon der verdiskapingen skjer i fabrikker. Dermed

blir fokuset i rapporten på enkeltkomponenter eller volumetriske moduler. Rapporten belyser at det finnes ulike grader av industrialisering og at disse primært gjelder for moduler eller prefabrikkerte bygningskomponenter som monteres på byggeplassen. Det belyses at bruken av industrialiserte byggemetoder trolig vil få en større økning i tiden fremover, i hele verden. Den poengterer også at når krav eller behov for produktivitet øker så vil det fremtvinge bruk av mer effektive løsninger. Rapporten trekker fram at norske produsenter vil jobber mer for å styrke den norske modul- og elementbransjen og bli en større aktør på dette (SINTEF, 2015).

Rapporten har identifisert mange prosjekter der bruk av industrielle byggemetoder er benyttet. Særlig Storbritannia har hatt et stort fokus på dette i mange år og er langt fremme i bruk av prefabrikkerte komponenter i bygg.

Avslutningsvis konkludere rapporten med at det finnes kompetanse og kapasitet nok til å gjennomføre prosjekter med industrielle byggemetoder og et stort utvalg av aktører som leverer modulbaserte bygg. De aller fleste aktører i næringen har erfaring med bruk av prefabrikkerte komponenter i bygg.

2014: Sammen bygger vi framtiden

Sammen bygger vi framtiden er en strategi for en konkurransedyktig byggenæring utarbeidet av Bygg21 på oppdrag av Kommunal- og moderniseringsdepartementet. Dette har resultert i tre nasjonale strategier innenfor FoU og innovasjon, utdanning og kompetanseutvikling og formidling av kunnskap og erfaringer.

Bakgrunnene er at gode bygg skaper gode samfunn og siden boliger og næringsbygg danner en ramme rundt mennesker sitt liv er de viktige for å ivareta samfunnets behov. I den sammenheng er byggenæringen veldig viktig og siden de skal lage bygg som best mulig tilfredsstiller behovene mennesker og samfunnet har og målet er å få ned kostnadsnivået og øke den verdiskapningen næringen står for.

Strategien konkluderer med at potensialet for forbedring i byggenæringen er stor siden den er den mest fragmenterte og nest største næringen i Norge. Strategiene som utgjør den overordnede strategien «sammen bygger vi framtiden» har 7 mål som alle har en viktig rolle i å oppnå visjonen fra Stortingsmelding 28 «Gode bygg for eit betre samfunn» og realisere potensialet byggenæringen har (Bygg21, 2014).

2012: Stortingsmelding 28 – Gode bygg for eit betre samfunn

Stortingsmeldingen omhandler en framtidsrettet bygningspolitikk og er den første samlede stortingsmeldingen om bygningspolitikk. Bakgrunnen for meldingen er at de byggene man bygger i dag skal stå i en lang tid fremover og vil gjelde for mange generasjoner fremover. Det er derfor nødvendig at byggenæringen tar hensyn til god og langsiktig kvalitet. Meldingen varsler et forenklingsarbeid for å redusere kostnader for alle parter i byggesaker og redusere tidsbruken. Den omhandler også behovet for å redusere energibruken i bygg og ved bygging av nye bygg.

Stortingsmeldingen gir også en oversikt over hvordan situasjonen i byggenæringen er, hvilke verdier de omsetter for og hvor store verdier i samfunnet byggenæringen står for. Den belyser at behovet for kompetanse i alle ledd er viktige og at det gjøres for mange feil i prosjektering og under praktisk bygging. Bygg21 er et resultat av behovet for et kompetanseløft i næringen, som er et langsiktig samarbeidsprosjekt mellom staten og næringen startet opp i 2013 (Meld. St. 28 (2011-2012)).

2011: Industrielt Trebyggeri: Erfaringer fra norske prosjekter

Rapporten er utarbeidet av Norsk Treteknisk Institutt og gir en oversikt over et utvalg av ferdigstilte trebyggeriprojekter i Norge og hvilke erfaringer man har gjort seg med industrielt trebyggeri. Det blir også kommentert videre satsning på industrielt trebyggeri. Rapporten konkluderer med at man kan oppnå en effektivisering av å industrialisere produksjons- og byggeprosessen og at industrialisering kan bidra til jevnere kvalitet på byggeprosjekter

2009: Industrialisering av trehusproduksjonen

Rapporten er ment å danne en kunnskapsoversikt og kartlegge erfaringer med industrialiseringen i trehusproduksjonen. Rapporten var finansiert av VRI Innlandet (Virkemiddel for Regional FoU og Innovasjon). Rapporten definerer hva industrialisering er og ser til Sverige rundt erfaringer gjort der. Gjennom rapporten belyses både mislykkede og suksessrike prosjekter som har benyttet en industriell tilnærming. Den belyser hva som gikk galt og hva som gikk bra (Schmidt, 2009)

2008: Industrialisering og systematisering av boligbyggproduksjon

Rapporten tar opp spørsmålet om systematisering og standardisering er BA-næringens vei å gå. Den er et samarbeid mellom OBOS, SINTEF og flere større utbyggere i Norge. Rapporten søker å skaffe en oversikt over status for industrialisering innenfor boligproduksjon ved å studere rapporter fra andre land. Det ble sett en stor interesse for industrialisering siden det kan redusere

kostnader uten å gå på bekostning av kvalitet og utforming av husene, samt at produksjonsmåten kan muliggjøre en større boligproduksjon. Rapporten belyser at nesten alle boligentreprenører jobber med industriell produksjon i ulike varianter, enten ved å standardisere bruken av bygningsdeler som allerede er tilgjengelige, eller ved å velge gjennomprøvde løsninger som repeteres (Berg, 2008).

3 Metode

Kapittelet vil omhandle og begrunne valg av oppgavens metoder. Dette gjøres for å svare på problemstillingen basert på forskningsmetoder Dalland presiserer i boka «Metode og oppgaveskriving» (Dalland, 2017). Videre forklares hvordan forfatterne gikk frem for å velge metode og en forklaring av metodene som blir benyttet. I denne oppgaven har det blitt benyttet både kvalitativ og kvantitativ metode, herunder intervju og kalkulering av data. I tillegg har det blitt gjort en dokumentstudie for å avdekke tidligere forskning og nødvendig bakgrunnsinformasjon til oppgaven. Avslutningsvis vil forskningskvaliteten drøftes og vurderes.

3.1 Valg av forskningsmetoder

Denne oppgaven søker å identifisere muligheter og samt belyse konkrete tiltak til byggenæringen for å hente ut effektene av et industrielt tankesett. Dette krever en forståelse av dagens situasjon og hvilke utfordringer og muligheter som byggenæringen opplever. For å oppnå dette, benyttes en kvalitativ tilnærming der dokumentstudier og intervju gjenspeiler opplevelser som ikke lar seg tallfeste eller måle (Dalland, 2017). Videre ble det reflektert over hvem leseren av oppgaven er. Oppgaven er rettet mot byggenæringen, en næring med et stort fokus på tall og kostander. Derfor ble også en kvantitativ metode valgt for å styrke troverdigheten ovenfor næringen og visualisere konkrete økonomiske forhold (Tjora, 2017). Dette kan også motvirke forskersubjektiviteten som kvalitative analyser alene kan bære preg av (Tjora, 2017).

Ved å kombinere forskningsmetoder som intervjuer og kalkyle kan disse bidra til å belyse ulike sider ved samme sak. Dette bidrar til å styrke relabiliteten til resultatene.

3.2 Dokumentstudie

Dokumentstudiet blir benyttet som tilleggsdata til intervjuene og kalkylen. I hovedsak vil de bestå av dokumenter og forskning som inkluderer politiske dokumenter, lovverk, rapporter, bøker og artikler. Fordelen er at disse gir relevant litteratur av høy kvalitet. En av svakhetene ved dokumentstudiet er at dokumentene er produsert for andre formål enn oppgavens forskningsspørsmål. De vil likevel gi et tidsbilde og inntrykk av tidligere hendelser som styrker historisk følsomhet og vil sammen med intervjuer danne et bilde av fenomener i dag (Tjora, 2017).

Gjennom dokumentstudiet dannet forfatterne seg en teoretisk forståelse og bakgrunn for å forstå data innhentet i forbindelse med intervjuene. Det ga også forfatterne et innblikk i at det finnes mye informasjon rundt industrialiserte byggemetoder i byggenæringen og det politiske ståstedet, med pågående forskning og satsning. Dokumentstudiet avdekket at det fantes lite informasjon rundt de bakenforliggende årsakene til at industrialisering av byggenæringen lar vente på seg.

3.2.1 Søkestrategi

I forbindelse med dokumentstudiet ble en fremgangsmåte etter nettsiden «Søk og Skriv (Søk & Skriv, 2017) som er et samarbeid mellom flere universitets- og høyskolebibliotek benyttet som søkestrategi for systematisk og finne dokumenter med rett kvalitet og sikre god kildekritikk.

Få en oversikt og finne bakgrunnsinformasjon

Basert på dialog med veileder og som en bakgrunn for oppgaven ble det sett på tidligere rapporter og artikler fra Byggin, Prosjekt Norge og SINTEF med flere. Referanselisten fra disse rapportene og artiklene ble benyttet for å finne ytterligere kilder som virket relevante for problemstillingen, slik som strategidokumenter og stortingsmeldinger. Det ble i tillegg gjennomført søk i nettsider som omhandler byggenæringen, slik som byggeindustrien.no og bygg.no i tillegg til søk i google.

Finne faglitteratur

Etter innledende oversikt var det tydelig at det forelå en del informasjon rundt problemstillingen og det ble derfor gjennomført søk i ulike databaser for å innhente fagartikler og fagbøker innenfor områder som problemstillingen omhandlet. Faglitteratur fra tidligere emner ved NMBU ble også evaluert. Fagbøker og tidsskrifter ble også vurdert basert på anbefalinger fra intervjuobjekter og veileder.

Valg av databaser

For å opprettholde og sikre en god kildekritikk ble det benyttet tre databaser for å søke etter faglitteratur. Det ble benyttet flere databaser for å sikre et bredere nedslagsfelt, siden ingen database dekker alle emner like godt. Databasene som ble benyttet var:

- ***Oria*** – en søkemotor som tillater søk i universitetsbibliotekenes og andre norske fagbibliotek etter bøker, artikler, tidsskrifter og publikasjoner m.m.
- ***Web of Science*** – en samling av tre artikkel- og siteringsdatabaser som dekker de største tidsskriftene innen bla naturvitenskap
- ***Google Scholar*** – Googles database for vitenskapelige artikler, bøker, rapporter etc.

- *Statistisk sentralbyrå* – Norsk statistikk relatert til økonomi, befolkning og samfunn på et nasjonalt, regionalt og lokalt nivå.

Søketeknikk

Hensikten med dokumentstudiet var å få en bredere forståelse for industrialisering av byggenæringen i dag og hvilke muligheter som ligger i det ved bruk av Lean. Dermed ble det gjort søk på begreper og ord rundt dette. Søkene ble gjort både på engelsk og norsk og som følge av mange relevante søkertreff ble det basert på utgivelse og sammendragene valgt ut en rekke aktuelle artikler og bøker.

Søkeord som «industrialisering», «byggemetoder», «bygg», «industrialisation», «industrialization», «prefabrikkering» og «Lean» ble benyttet i søket. Det ble gjennomført kombinasjoner av søkeord ved hjelp av boolske operatører og trunkeringer for å øke antall treff.

3.3 Intervju

For å danne et overblikk over dagens situasjon i byggenæringen, og dens innstilling til industrialisering og sluttbrukerverdi, ble semistrukturerte dybdeintervju benyttet (Tjora, 2012). Gjennom dybdeintervjuene fremkom forskjellige oppfatninger rundt noen sentrale tema valg av forfatterne. Denne tilnærmingen gjorde det mulig å komme godt ned i ulike temaer uten å legge for store føringer på hvordan intervjuobjektene måtte svare på spørsmålene. Dette bidro til å oppnå en dypere sammenheng mellom de ulike temaene og gi et mer nøyaktig bilde av intervjuobjektets tanker. (Tjora, 2012).

Siden problemstillingen omhandler byggenæringen var det nødvendig å se på et bredt antall aktører for å danne et godt nok bilde av byggenæringen til å svare på denne. Med overordnede tema fra intervjuguiden var det lettere å innhente mye kunnskap fra et begrenset utvalg intervjuobjekter der tankene og meningene til intervjuobjektene fikk komme frem relativt fritt rundt temaene.

3.3.1 Intervjuobjekter

Intervjuobjektene ble strategisk utvalgt både for å få en fornuftig bredde innenfor aktører i byggenæringen (Tjora, 2012). Hoveddelen av intervjuobjektene ble også valgt basert på deres deltakelse på Dialogkonferansen som ble avholdt av Statsbygg 18.januar 2018 (Dialogkonferanse, 2018). Forfatterne av denne oppgaven deltok også på denne konferansen. Foruten strategiske utvalgte aktører fra Dialogkonferansen så ble to aktører til kontaktet. Siden den ene av disse to aktørene var en bransjeforening resulterte dette i ytterligere fem kontakter som viste interesse for problemstillingen. Disse ble dermed kontaktet og gjennomført intervju

med. Det siste intervjuobjekt ble kontaktet direkte via kontaktinformasjon oppgitt om personen på aktørens hjemmeside. Samtlige forespørsler og oppfølgende kontakt før intervjuene ble gjort over epost.

Totalt ble det sendt ut 33 intervjuforespørsler. Dette resulterte i 23 svar og 18 intervjuer, herunder tre gruppeintervjuer med to intervjuobjekter, der et av disse var et telefonmøte. Det var ønskelig å få størst mulig bredde for å stryke troverdigheten av resultatene (Tjora, 2012). I Tabell 14 følger en gruppering av intervjuobjektene etter bakgrunn i arbeidsoppgave, intervjuobjektkode, bransje intervjuobjektet primært opererer i eller er til for, og dato for når intervjuet ble gjennomført.

Tabell 14: Gruppering av intervjuobjekter etter kategori, id, bransjetilknytning og dato for gjennomført intervju

Gruppering av intervjuobjekter			
Kategori	Intervjuobjekt	Bransje	Dato for intervju
Bransjeforening	IO01	Rådgivning	09.feb
	IO02	Bruker/Kunde	12.feb
	IO05	Juridisk/Rammevilkår	21.feb
	IO07	Arkitekt	26.feb
	IO09	Rammevilkår	28.feb
	IO13	UE	06.mar
	IO14	UE	07.mar
	IO17	BIM	09.mar
	IO18	BIM	09.mar
Software	IO08	Software	26.feb
Byggherre	IO03	Offentlig byggherre	19.feb
	IO04	Offentlig byggherre	19.feb
Arkitekt	IO06	Arkitekt	23.feb
Entreprenør	IO16	Totalentreprenør	07.mar
	IO10	UE - Teknikk	01.mar
	IO11	UE - Teknikk	01.mar
	IO12	UE - Prefab	02.mar
	IO15	UE - Prefab	07.mar

Intervjuene resulterte i 14,5 timer med lydopptak som ga 168 sider med transkribering.

3.3.2 I forkant av intervjuene

Intervjuene ble håndtert etter retningslinjer fra NSD (NSD, 2017) for å sikre de personidentifiserende opplysningene. Alle transkripsjoner ble anonymisert. Dette ble gjort til tross for at disse opplysningene ikke blir brukt direkte i oppgaven.

16 av 18 intervjuer ble gjennomført på intervjuobjektets arbeidsplass, ett intervju ble gjennomført på en kafe og ett intervju ble gjennomført over telefon. Det ble i størst mulig grad forsøkt å møte intervjuobjektene personlig, da det er klare fordeler ved personlig møter. Dette er fordeler som muligheten til å plukke opp kroppsspråk, skape en atmosfære hvor

intervjuobjektet føler det er greit å snakke åpent, og skape rom for tenke høyt og digresjoner er tillatt (Tjora, 2012). Av praktiske årsaker ble et av intervjuene gjennomført som et gruppeintervju over telefon som følge av at intervjuobjektene var lokalisert i en annen geografisk plassering i Norge.

Før intervjuene ble intervjuobjektene oversendt de overordnede temaene som intervjuet skulle ta for seg. Ved intervjustart ble en erklæring om deres rettigheter i forbindelse med intervjuet underskrevet av intervjuobjektene. En kopi ble oversendt på epost i etterkant og de ble påminnet de viktigste punktene i erklæringen og opplyst om at både de og virksomheten ble anonymisert.

Det ble benyttet lydopptaker i forbindelse med intervjuene. Dette ble informert om i erklæringen, men også påminnet om dette før intervju og bekreftet av samtlige intervjuobjekter. Lydopptaker som ble benyttet var en privat mobiltelefon. Denne gjorde stemmene lett gjenkjennelig og enkelt å transkribere i etterkant. Det ble også etterstrebet at begge forfattere skulle delta på intervjuene (Tjora, 2012).

3.3.3 Gjennomføringen av intervjuet

Gjennomføringen av intervjuet støttet seg på en intervjuguide med forhåndsbestemte temaer med tilhørende underspørsmål. Med erfaring ble flere av spørsmålene gjort om eller slått sammen på en mer generell basis. Dette ble gjort for å skape bedre flyt i intervjusituasjonen og ikke forhindre refleksjoner. Intervjuguiden og intervjuene fulgte en grunnstruktur bestående av en oppvarmingsfase, refleksjonsfase og avrundingsfase (Tjora, 2012).

Spørsmålene ble forsøkt formulert som åpne spørsmål slik at det krevde en drøfting for å komme frem til et svar. Intervjuene opplevdes uproblematisk og intervjuobjektene delte villig sine erfaringer rundt de ulike temaene.

Avslutningsvis ble det stilt noen åpne og generelle spørsmål som en avrundning på intervjuet der intervjuobjektene ble gitt muligheten til å reflektere over videre utvikling i byggenæringen.

Det ble satt av 60 minutter til hvert intervju, foruten gruppeintervjuene der det var satt av 1 time og 30 minutter. Varigheten på intervjuene varierte mellom 38 minutter og 1 time og 35 minutter, med en gjennomsnittlig varighet på 58 minutter.

3.3.4 Etterarbeid av intervjuene

I etterkant av intervjuene ble det gjennomført transkribering av lydopptakene fra intervjuene. Transkriberingen ble gjennomført på bokmål og tok ikke høyde for de ulike dialektene til intervjuobjektene. Viktige muntlige fortoninger og undertoner som ironi og latter ble poengtert

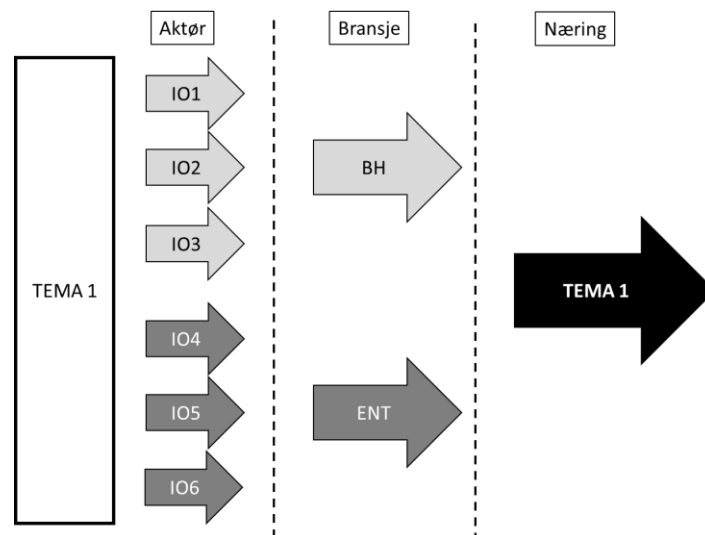
der det var nødvendig for å unngå en misforståelse av det konseptuelle i ettertid. Lydopptakene ble slettet etter at opptakene var transkribert. Alle intervjuobjektene ble spurt om de ønsket å lese igjennom transkriberingen, kun 2 ønsket dette.

Transkriberingen tok mye tid, men resulterte i en mengde informasjon der lite eller ingen elementer fra intervjuet ble uteglemt. Dette genererte en rekke sitater. Sitatene ble sendt til intervjuobjektene for sitatsjekk og godkjenning (Tjora, 2012). Intervjuobjektene tilbakemeldinger på sitatene ble ivarettatt og ønsket om endringer ble tatt hensyn til. Teksten fra transkriberingen ble videre bearbeidet i en omfattende og tidkrevende analyseprosess.

I bearbeidingen av transkriberingen ble samtlige tekster gjennomgått og fargekodet etter temaene som utgjorde intervjuene. Disse temaene var:

- Sluttbruker vs. kundefokus
- Erfaringer fra byggenæringen
- Rammebetingelser
- Trender og utvikling

Omfanget av temaet «erfaringer fra byggenæringen» resulterte i at denne ble videre delt opp i «erfaringer med digitalisering», «erfaringer med industrialisering» og «generelle erfaringer» i det videre analysearbeidet. For hvert tema ble alle intervjuobjektene innenfor en bransje oppsummert. Dette dannet bransjens oppfatning av temaet. Dette ble så gjort for hver bransje, for hvert tema. Videre bearbeiding og analyse av intervjuene førte frem til næringens oppsummering for hvert tema. Dette er forsøkt vist i Figur 17. Resultatene fra denne analysen kan leses i Vedlegg 2 . Basert på bransjens oppsummering ble det gjort en alternativ analyse der stegene i Bygg21 sin «Neste Steg» (Bygg21, 2015) dannet grunnlaget for grupperingene, for å identifisere hvilke områder som byggenæringen har meninger om.



Figur 17: Temabasert analyse for å grupper næringens oppfatning rundt hvert tema

3.4 Økonomisk kalkyle

Det var ønskelig å benytte en kvantitativ siden en kvalitativ metode kan belyse en sak fra en annen side (Tjora, 2012) Siden det ligger lite informasjon åpent ute om lønnsomhetsvurderinger og potensialet for industrielle byggemetoder, ble det valgt å utarbeide en kalkyle som så på dette. Nærmere bestemt ble det benyttet en forkalkyle (Store Norske leksikon, 2017d) for å se på potensialet av å benytte ulike byggemetoder for å sette opp de samme type konstruksjonene. Ved å utarbeide en kalkyle gir det også muligheten for å gjennomføre en følsomhetsanalyse der ulike variabler som påvirker kostnadsbildet og potensialet til de ulike byggemetodene blir endret på.

Siden forfatterne ikke hadde tilgang til nødvendig programvare for oppgaven, gjennomføre den ene av forfatterne et kurs hos Norconsult om hvordan ISY Calcus (Norconsult Informasjonssystemer AS, 2018) er bygget opp. Dette dannet grunnlaget for utarbeidelsen av en egen kalkyle i denne oppgaven, som inkluderer en usikkerhetsberegning.

Kapittel 4 viser en metodisk tilnærming av en case. Der blir kostnadsdriverne for plassbygde og elementproduserte konstruksjoner sammenlignet.

3.5 Forskningskvalitet

Validiteten og den logisk sammenheng mellom utforming og funn har mye å si for graden av gyldige slutninger som trekkes ut i av resultatene i oppgaven (Store Norske leksikon, 2017g). Relabiliteten til resultatene består av flere motargumenter og det ble vektlagt å se kritisk på funnene som ble diskutert (Store Norske leksikon, 2018e).

3.5.1 Validitet

Masteroppgaven har gjennom bruk av tre ulike forskningsmetoder bidratt til å øke validiteten på de resultatene som metodene generer. Gjennom intervjuene er det benyttet et bredt utvalg av aktører innenfor ulike deler av byggenæringen og i de fleste tilfeller var det flere aktører fra samme bransje. Dette har ført til at informasjonen som er innhentet er basert på flere ulike kilder. Videre er det også benyttet dokumentstudier av rapporter, artikler og forskning fra flere uavhengige kilder som dermed kan validere resultater som er funnet gjennom intervjuene.

Som følge av at oppgaven har bestått av to forfattere der den ene har meget liten erfaring fra byggenæringen og den andre har en liten grad av erfaring, fører det til at den innsamlede dataen har blitt diskutert mellom forfatterne. Dette kan ha bidratt til en reduksjon av bias for resultatene.

Validiteten til intervjuresultatene vurderes som god som følge av Tjora sin anbefaling på minimum 15 dybdeintervju (Tjora, 2012). Gruppeintervjuene ble vurdert til å føre til en dypere forståelse og gi synergieffekter ved at flere intervjuobjekter diskuterte seg imellom rundt temaene som ble tatt opp.

Datagrunnlaget til casen som ble innhentet fra entreprenør og elementprodusent er tall som blir benyttet til å detaljplanlegge prosjekter i deres bedrifter. Prisene og enhetstidene til arbeider fra entreprenør og plassbygd prosess er hentet fra deres egne erfaringer bygget opp over tid i deres erfaringsdatabaser. Validiteten på disse tallene ansees som høye, men siden casen ikke tar for seg aktivitetsområder som ofte har tilknyttet andre større risikoer en det oppgaven ser på, vil det kunne ligge usikkerhet som ikke framkommer av tallene.

For elementprodusentens tall anses validiteten på prisene og enhetstidene som høy. Siden prosessen til elementproduksjonen er annerledes en for plassbygd, vil det ligge en usikkerhet i toleranser til råbygget som ikke casen konkret har kalkulert inn.

Det ligger også usikkerhet i risikovurderingen av de to metodene siden casen er begrenset til bare veggkonstruksjoner. For casen er det gjort en kvalitativ risikovurdering basert på statistisk grunnlag, men det er ikke konsultert med fagpersoner. Derfor ligger det usikkerhet i bildet som fremstilles i kalkylen. Ser en avgrenset på det området som casen analyserer gir det likevel en tilnærming til det reelle bildet av kostnadene. Det ble benyttet en usikkerhetsmetode (Austeng et al., 2010) for å identifisere usikkerheten ved valg av byggemetode i forbindelse med kalkylen. Dette styrker validiteten på resultatene fra kalkylen.

3.5.2 Relabilitet

Forskernes engasjement kan ha farget og påvirke forskningen og resultatene. Dette kan også ha gitt andre syn på temaene og styrket relabiliteten. Forskerne har ulike forkunnskaper om industrialisering og byggenæringen noe som kan ha en innvirkning på relabiliteten til forskningen. Siden oppgaven er utført av to forskere er dette med på å styrke relabiliteten til resultatene.

Erfaringene og kunnskapene kan ha påvirket oppgaven. Særlig kan de senere intervjuene som var gjennomført ha vært preget av forfatterens engasjement for oppgaven og lærdom fra tidligere intervjuer og på den måten farget oppfølgingsspørsmål og samtalen under intervjuet. Til tross for dette vurderer forfatterne at dette til sammen heller har styrket resultatene heller enn å ha svekket de, siden forfatterens erfaring har vært god nok til å stille presise nok spørsmål, men for dårlig til å ha for mange fordommer.

Relabiliteten til grunndata for kalkylen er høy siden denne baser seg på faktiske tall benyttet av en stor elementprodusent og en stor entreprenør. Derimot er relabiliteten til usikkerhetsanalysen noe svakere siden denne er basert på forfatterens tidligere erfaringer som er begrenset til et fag innen usikkerhetsstyring ved universitetet.

Siden det ble benyttet lydopptak og sitatsjekk har det sikret mest mulig nøyaktig gjengivelse av intervjuobjektens utsagn som styrker relabiliteten.

4 Metode for Case

Kapittelet tar for seg tilnærming til den kvantitative metoden benyttet i oppgaven. Hensikten med kalkylen er å kvantifisere forskjellen på tid og kostnader mellom plassbygd og industrielt produserte veggkonstruksjoner. Kapittelet forklarer fremgangsmåten for datainnhenting, kalkulasjon, risiko og mulighetene som er tilknyttet byggemetodene.

4.1 Avgrensninger og forutsetninger

For å se på forskjellene mellom plassbygde og elementproduserte konstruksjoner, ble det tatt utgangspunkt i en case med en enkel bolig på seks etasjer som skal bygges i fem byggetrinn. Dette ble gjort for å forenkle data og tegningsunderlaget og for å ta utgangspunkt i et bygningsvolum det er et stort marked for. Casen er avgrenset til å se på veggkonstruksjonene listet i Tabell 15. Den tar utgangspunkt i en totalentreprise, siden dette ofte benyttes i boligblokkssammenheng tilknyttet Oslo området.

Tabell 15 Oversikt over forutsetninger og avgrensninger i prosjekteringsunderlaget

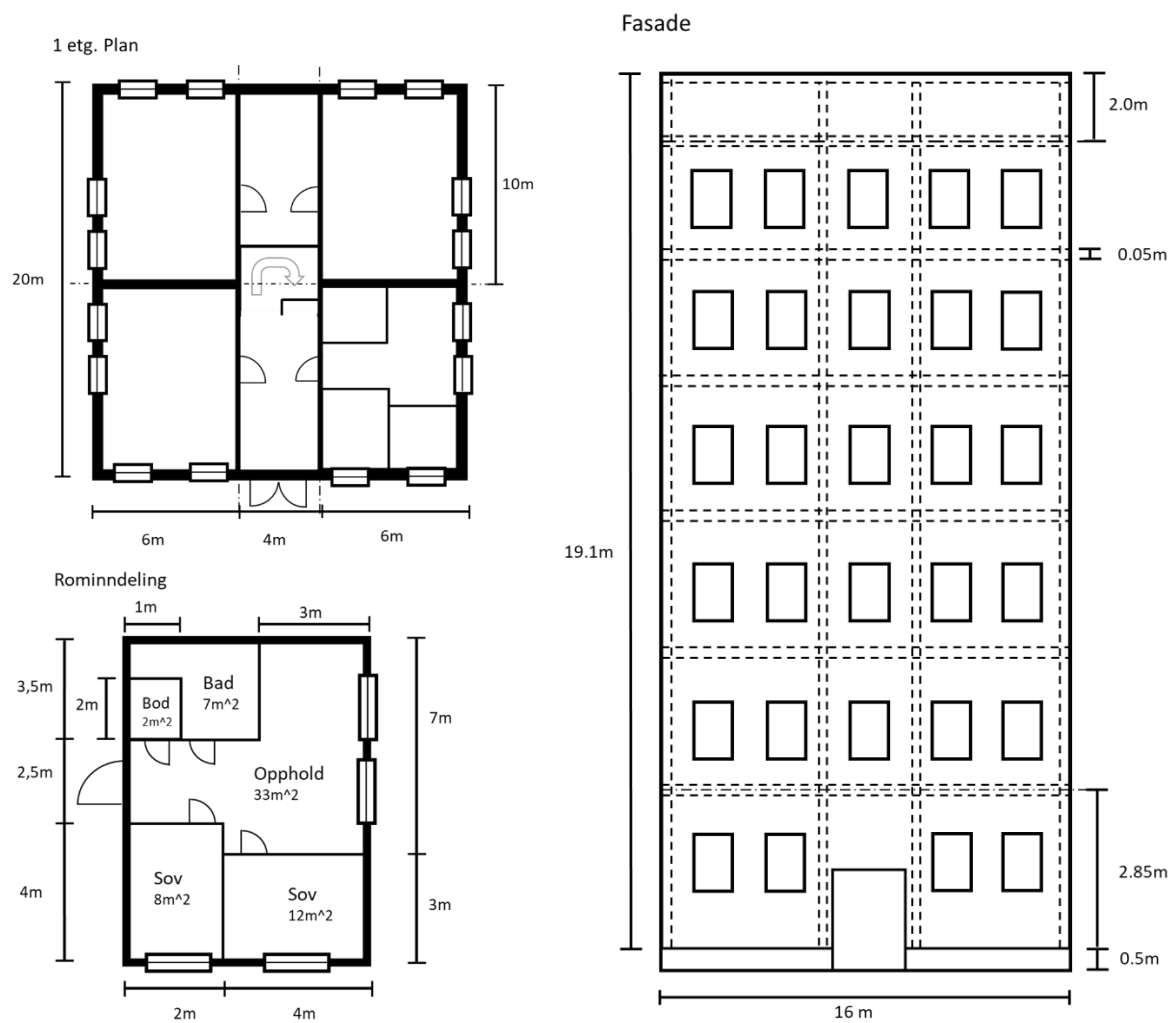
Avgrensninger/ prosjektområdet		
Post*	Navn/type	Beskrivelse
A	Fasade	Dette er de prosjektområdene som sammenlignes. Det er ikkebærende konstruksjoner for uten "vegg mellom leilighet og gang" som har en bærende funksjon som forutsettes at er prosjektert inn. Rigg og drift tar høyde for utstyr som er tilknyttet byggemetode samt avfallshåndtering.
B	Yttervegg	
C	Lett innervegg	
D	Vegg mellom leilighet og gang	
E	Vegg mellom leiligheter	
F	Rigg og drift	

* Post- referanse til datagrunnlag. Postene baseres ikke på NS3459

For å kunne si noe om usikkerheten til prosjektet har det blitt avgrenset til å kun se på de forholdene som er knyttet opp til utførelsesfasen ved den valgte byggemetoden, læringseffekten ved repetitiv bygging, arbeid og materialkostnader.

4.1.1 Tegningsunderlag

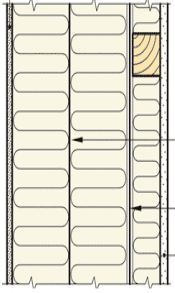
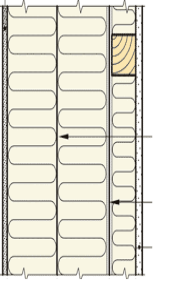
Tegningsunderlaget (Figur 18) danner grunnlag for mengdeberegning som fremkommer i Vedlegg 1 Konstruksjonsmetode og oppbygging er basert på preaksepterte veggkonstruksjoner fra Byggforsk-serien (Byggforsk, 2018d) som vist i Figur 19 til Figur 23.



Figur 18: Tegningsgrunnlag

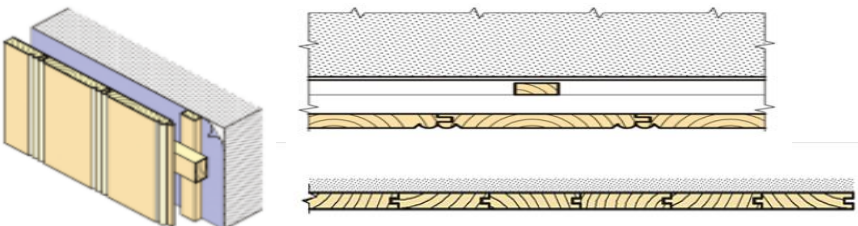
Yttervegg med inntrukken dampsperre		Bindingsverk for dobbel innervegg (Brann- og lydskillevegg)	
Oppbygning:	Figur:	Oppbygning:	Figur:
GU Bindingsverk 198mm Spikerslag Isolasjon Dampsperre 0.1mm Lekt48x48 50mm isolasjon Gips 13mm Kabelføring El-komponenter Åpning for vindu Komplette vindu		Gips 13mm Gips 13mm Bindingsverk 48x98 100mm isolasjon Vindsperre Luftspalte min 35mm Vindsperre Bindingsverk 48x98 Gips 11mm Gips 11mm	

Figur 19 Yttervegg med inntrukken dampsperre (Byggforsk, 2018a) Figur 20: Dobbelt innervegg (Byggforsk, 2018c)

Innervegg:		Pusset skillevegg mot gang	
Oppbygning:	Figur:	Oppbygning:	Figur:
Gips 13mm Gips 13mm Fugetetting, lyd/brann Bindingsverk, innervegg 75mm Åpning innervegg Isolasjon innervegg 50mm Basisinstallasjon for kabelføring dør rom		Murpuss 2 lag gips 13mm Vindsperre Bindingsverk 148x98 150mm isolasjon Dampspærre Lekt 48x48 Isolasjon 50mm Gips13mm	

Figur 21: Lett innervegg (Byggforsk, 2018b)

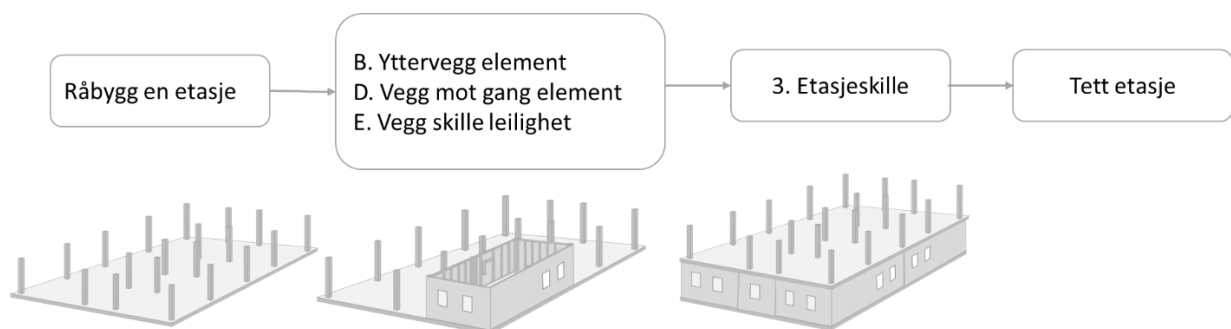
Figur 22: Skillevegg mot gang (Byggforsk, 2018b)

Stående omvendt glattpanel (Fasade):	
Oppbygning:	Figur:
Krysslekt Sløyfe Stående panel	

Figur 23: Fasade (Byggforsk, 2016a; Byggforsk, 2016b)

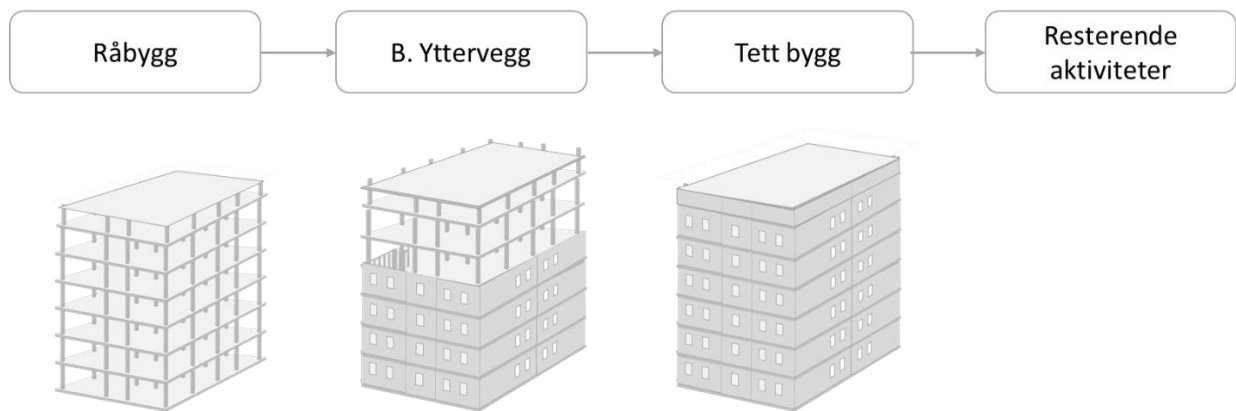
4.1.2 Prosessplan for byggemetodene

Basert på avgrensningene av risikoområdet som er skissert i avgrensningskapittelet og samtale med entreprenør, ble en grov prosessplan for plassbygd og elementprodusert laget. For analyse av prosessen ses det på aktivitetsbildet fra byggestart til tett bygg.



Figur 24: Elementbygd arbeidsprosess

For byggeprosessen for elementer settes disse elementene inn før etasjeskille legges og deretter tettes etasjen. I en elementbygd prosess er materialet mer direkte eksponert for vær enn for plassbygde konstruksjoner.



Figur 25: Plassbygd prosess

Ved byggeprosessen for plassbygde konstruksjoner reises råbygget først Deretter blir det kledd med yttervegg før det tettes. Deretter gjenstår innvendig komplimentering.

4.2 Datainnhenting

Byggforsk-serien (Byggforsk, 2018d) definerer flere oppbygninger for veggkonstruksjoner som tilfredsstillr TEK10 kravene (Wågø, 2017). Disse ble valgt som grunnlag for produktoppbyggingen til veggkonstruksjonene. Basert på disse konstruksjonene ble det konstruert en kalkylemodell for hver av veggkategoriene, en for element og en for plassbygd metode. For å finne produkter til valgte veggkonstruksjoner ble Norsk prisbok sin database (Norsk Prisbok, 2017) benyttet for å finne informasjon om valgte produkter. For å belyse entreprenørens og elementprodusenten sin variasjon i pris, enhetstid, risikovurderinger og læringseffekt, ble parametere lagt inn i alle kalkylepostene som risikovurderinger.

For å få så presise tall som mulig, ble det innhentet erfaringstall fra en entreprenør og en elementprodusent innenfor kategoriene som er i Tabell 16. Dette ble gjort gjennom samtaler der prosjektet ble gjennomgått og erfaringstall ble oppgitt basert på underlaget for casen. Av konkurransehensyn oppgis ikke entreprenørene og leverandørene med firmanavn og som følge av dette er forfatternes veileder for oppgaven referanse for datainnhenting (Stevik, 2018). Veilederen sitter på kontaktinformasjon for begge kildene i forbindelse med datainnhenting

Tabell 16: Innhentingsmetode til datagrunnlag for prosjektering

Innhentingsmetoder		
Postområde	Beskrivelse	
Plassbygd	Materialkost	Erfaringstall fra en stor Norsk entreprenør. Av prosjekterte aktiviteter som entreprenørene hver gang innhenter pristilbud er Norsk prisbok grunnlaget.
	UE kostnad	
	Enhetstid	
	Arbeidskost	Beregnes basert på enhetstid, resept og timepris
	Antall arbeidere på plass	Erfaring fra entreprenør
	Risikovurdering	Ikke vurdert
Elementprodusert	Materialkost	Prosjektert tilbudspris fra elementprodusent basert på tegningsgrunnlag, byggestandarder og materialvalg
	UE kostnad	
	Enhetstid	Erfaringstall fra elementprodusent
	Arbeidskost	Beregnes basert på enhetstid, resept og timepris
	Påslag	Minimum og maksimum påslag på materialer og fabrikker/lager/prosjektering fra elementprodusent
	Fabrikker og prosjekteringskostnader	Innhentes basert på prosjekteringsunderlag fra elementprodusent
	Antall montører på plass	Erfaringstall fra elementprodusent
	Risikovurdering	Ikke vurdert
Felles Grunnlag	Timepris arbeider	Hentet fra Norsk prisbok
	Andre kostnader	Hvis produsentene ikke har erfaringstall om en aktivitet hentes dette fra Norsk prisbok
	Påslag fra hovedentreprenør	Material, UE og arbeidspåslag settes likt for begge byggemetoder for å få et bedre sammenligningsgrunnlag

Materialprisene baserer seg på avtalepriser fra underleverandører for elementprodusenten og byggevarekjeder for entreprenøren. Datagrunnlaget med mellomregninger ligger som Vedlegg 1 . Kalkylen tar utgangspunkt i beregningsformlene (4)(3),(4), (5) og (6) for sine beregninger

4.3 Prosjektkalkylens oppbygging

Beskrivelse av kalkylens oppbygging er forklart ved hjelp av Tabell 17 og Tabell 18 .

Tabell 17: Oppbygging av datagrunnlag

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Post	NS	Navn	Enhet	Prisgrunnlag			Material						
				Material	Arbeid	UE	E	Skj	σ	Risikoberegning			
A	NS3420	Plassbygd		kr/m2	kr/m2	kr/m2	kr/m2		%	S	S	P10	P90
A.1	QK1.1	Krysslagt utlekting for stående panel	m2	14.0	51.0		14.347	7.000	3.16%	14.0	0.0	-1%	7%

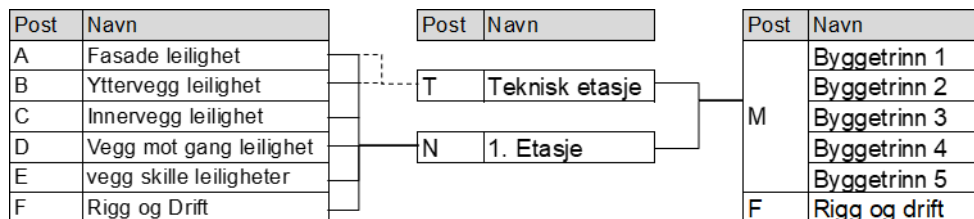
15	16	17	18	19
Resept	Enhetstid	Risikogrunnlag	Kost beregningstall	risikotillegg

20	21	22
	plassbygd	Elementer
Timepris inkl. sos.	kr 510.00	kr 510.00
Timepris UE	kr 751.00	kr 751.00
Materialpåslag	11%	11%
UE påslag	11%	11%
Arbeidspåslag	11%	11%
θ	0.42	0.42
ζ	2.53	2.53

Tabell 18: Beskrivelse av kalkylemodell

Beskrivelse av kalkyle			
ref	Navn	Beskrivelse	data
1	Post	Refferanse til aktivitet i kalkylen	
2	NS	Beskriver NS3420 koden til aktiviteten som kan knyttes til data i entreprenørens erfaringsbase eller nosk prisbok	x
3	Navn	Navn på aktiviteten/produktet, sier også om aktiviteten er plassbygd eller elementproduert	x
4	Enhet	enhetsbetegnelse til produktet	x
5	Prisgrunnlag material	Pris på produkt fra entreprenør	x
6	Prisgrunnlag arbeid	Pris på arbeid pr m2	
7	Prisgrunnlag UE	Pris fra leverandør på produkt og montering	x
8	Material E	Forventet verdi (E) av risikoberegning	
9	Material Skj	Skjevhetfordelingen på risikoberegning	
10	Material σ	Standardavvik på risikoberegning	
11	Material Risikoberegning S	Tallberegnet sannsynlig (S) estimat av materialpris	I
12	Material Risikoberegning S	Prosentberegnet sannsynlig (S) estimat av materialpris	I
13	Material Risikoberegning P10	P10 av mulighetene til materialgrunnlaget (n)	I
14	Material Risikoberegning P90	P90 av risikoen til materialgrunnlaget (σ)	I
15	Resept	Faktor for beregning av arbeidskostnad	x
16	Enhetstid	Samme oppsett som material 8-14 med tilpasning for enhetstiden	x, I
17	Risikogrunnlag	Samme oppsett som material 8-14 med tilpasning til både material, arbeid og UE priser. Risiko på hele kostnaden.	x, I
18	Kost beregningstall	Kostnad uten påslag for material, arbeid og UE	
19	Risikotillegg	Risikotillegg E, P10 og P90 for material, arbeid og UE	
20-21	Faktorer som påvirker	Timepris, påslagsfaktorer og vektforhold for trippelestimering og standardavvik	x

Tabellene viser et eksempel på en aktivitet under post «A. Fasade». Det ble innhentet data på alle postene som er markert med «X». Der det er markert med «I» gjøres analyser for å fastsette tall. Dette ble gjort for plassbygd og element i to separate kalkyleringer. Dette ble kalkulert videre basert på mengdeberegninger fra tegningsgrunnlag og sammenstilt for en leilighet. Deretter samles resultatene i en oversikt over en etasje og til slutt er en oversikt over alle fem byggetrinn med tilhørende rigg og driftskostnader. Risikovurderinger til de forskjellige postene kan beregnes i alle poster som vises i Figur 24.



Figur 26: Viser oppbygging over kalkylens poster

Under utarbeidelse av risikovurdering har det blitt fokusert på ikke å medta en risiko som allerede er kalkulert inn. Med dette menes det at risiko bare blir kalkulert inn på et sted. Kalkylen beregner alltid risiko fra selvkost. Total gjennomføringstid på rigg og drift baseres på forventningsverdien av enhetstid til hele prosjektet.

4.4 Usikkerhet og risikoanalyse

For å kunne beregne risikoen til prosjektet er trinnvismodellen (Austeng et al., 2010) valgt for å identifisere faktorer som påvirker prosjektområdet. Basert på denne ble tre hovedområder for risiko og muligheter identifisert: værforhold, transport og grensesnitt mellom fag.

Det ble valgt å ikke benytte Mote Carlo-simuleringer som følge av tidsknapphet og begrensede ferdigheter rund bruk av Monte Carlo-simuleringer.

I forbindelse med usikkerhetsanalysen ble det gjort en beregning på antall nedbørsdager (Yr, 2018) for Blindern i Oslo, siden været utgjør en stor usikkerhet i forbindelse med bygging og transport. I Tabell 19 vises antall nedbørsdager over 5mm og 10mm.

Tabell 19: Nedbørsdager 5mm og 10mm i 2017-2018 (Yr, 2018)

Nedbørsdata 1.mars 2017 - 1. april 2018			
	Totalt ant dager	Nedbør >10.0 mm	Nedbør >5.0mm
Dager	410	29	69
Nedbørsfaktor		0.07	0.17

I casen ble det tatt utgangspunkt i at man har en læringseffekt som følge av repeterende arbeid ved flere identiske byggetrinn. Dette er med på å redusere usikkerheten.

Risikovurdering Plassbygd byggemetode

Tabell 20: Usikkerhet og mulighetsliste for plassbygd metode

Plassbygd usikkerhet				
Faktor	Aktivitet	Fordel	Ulempe	Tiltak
Værforhold	Ødelagt material	Drift kan gå som forventet. Fleksibelt i hva som utføres	Løper ekstra timer for venting på tørking. Krever mer av transportør	Tak over tak, Varmeagregat, Provisorisk tetting. Dekke til materiallager.
	Tørke av material før lukking			
	Motivasjon arbeidere			
Transport	Forsinket/tidlig varelevering	Tidligere oppstart av aktivitet	Forskjøvet aktivitet, mellomlager, varierende krav til lagring av produkter	Mellomlagring, tett oppfølging mot leverandør, aktivitetsfleksibilitet
Grensesnitt mellom fag	Forskjøvet aktivitet	Benytte preaksepterte løsninger, kjent byggemåte, muligheter til å gjøre tilpasninger underveis	Krevende koordinering. Mange arbeidere. Mer avfall fra produkter, byggeplasslogistikk, materialsvinn grunnet feil utførelse	Planlegging og kommunikasjon mellom aktører på bakken og opp i verdikjeden. BIM/samhandlingsverktøy.
	Avfallshåndtering			
	Læringseffekt og kjennskap til konstruksjon			
	Tilpasninger til feil			

Basert på kriteriene (Tabell 20) ble det identifisert hvilke poster som berøres i kalkylen og de områdene som overlappet ble slått sammen for ikke å få et dobbelestimat på en kalkylepost.

Tabell 21: Viser mulighet og risikovurdering for plassbygd metode

Risikovurdering Plassbygd								
Sammenfattet aktivitet	Kalkylepost	Arbeid	Material	Alle	P10	Sansynlig	P90	forventet
Ødelagt material	material		X		-1.0%	0.0%	2.0%	0.4%
Forskjøvet aktivitet	Alle aktiviteter	X			-1.0%	0.7%	7.0%	2.6%
Læringseffekt	Byggetrinn 2	X			-5.0%	0.7%	7.0%	0.9%
	Byggetrinn 3	X			-7.0%	0.7%	7.0%	0.1%
	Byggetrinn 4	X			-15.0%	0.7%	7.0%	-3.2%
	Byggetrinn 5	X			-20.0%	0.7%	7.0%	-5.3%
	Avfallshåndtering	Byggetrinn 1			X	-1.0%	1.0%	5.0%

Tabellen viser ferdig vurdering av plassbygd risiko og muligheter og gir en forventningsverdi til kalkylepostene.

Læringseffekt baserer seg på at P10 oppnådd effekt til siste byggetrinn er -20% forbedring grunnet enkle repetitive konstruksjoner (Eriksen, 2015) og at læringseffekten ikke hentes ut før etter en del gjennomførte byggetrinn. Dette gir skaleringen fra -5% til -20% fra «Byggetrin 2» til «Byggetrinn 5 i kalkylen.

Ødelagt material baser seg på at plassbygd metode kan endre aktiviteter avhengig av vær. Dette og at tiltak for skjerming ikke er en stor kostnadsdriver, gjør at det er mindre utsatt for værforhold. Tiden det tar å få en etasje tett er fire dager. Dette gjør at sannsynligheten for P90 moderat, basert på en værfaktor på 0.17 for (nedbør > 5.0 mm)/dag og 0.07 for (nedbør > 10 mm)/dag. Konsekvensen er også lav hvis noe material blir ødelagt. Derfor vurderes ødelagt material for P90 til 2%. Siden en kan hente ut små besparelser på gjenbruk av beregnet svinn ligger det en liten mulighet på -1%.

For forskjøvet aktivitet baserer P90 seg på at 10 mm nedbør gir 100% lavere effektivitet (Nordeng & Geving, 2017) og sannsynlig verdi gir 10% lavere effektivitet. Basert på 10mm regn/dag vurderer P90 til 7% og sannsynlig verdi til 0.7%.

$$P90 = 100\% * 0.07$$

$$\text{sansynlig} = 10\% * 0.07$$

Plassbygd prosess har større mengder avfall, som vurderes å ville påvirke arbeidsflyten og kan skape sløsing av tid og ressurser.

Risikovurdering elementprodusert byggemetode

Tabell 22: Usikkerhet og mulighetsliste for elementprodusert metode

Element risikovurdering				
Faktor	Aktivitet	Fordel	Ulempe	Tiltak
Værforhold	Ødelagt element			
	Tørke av element før lukking	Rask montering og tett bygg	Skaper ekstra timer for venting på tørking. Krever mer av transportør, stor økonomisk konsekvens av ødelagt element	Planlegge aktivitet med "Just in time" prinsippet. Varmeagregat
	Motivasjon arbeidere			
Transport	Forsinket/tidlig varelevering	Kan slippe mellomlagring, færre leveranser	Lengere transportveg, høyere materialkost, forskyver aktivitet. Større konsekvens ved avvik på leveringstid.	Planlegging og kommunikasjon. Mellomlagring under tak
Grensesnitt mellom fag	Forskøvet aktivitet	Færre grensesnitt, mindre avfall, mindre byggeplasslogistikk, raskere fremdrift. Mer oversiktlig prosess pga færre bygningsmaterialer.	Krever større nøyaktighet til teknisk utførelse. Stor konsekvens ved måleavvik på råbygg. Mindre fleksibelt for tilpasninger.	Tidlig låsing av design og tidlig involvering av UE. Nøye planlegging og oppfølging av aktiviteter
	Avfallshåndtering			
	Læringseffekt og kjennskap til konstruksjon			
	Tilpasninger til feil			

Basert på disse kriteriene ble det identifisert hvilke poster som berøres i kalkylen og de områdene som overlappet ble slått sammen for ikke å få et dobbelestimat på en kalkylepost.

Tabell 23: Viser mulighet og risikovurdering for elementprodusert metode

Risikovurdering Element								
sammenfattet aktivitet	Kalkylepost	Arbeid	Material	Alle	P10	Sansynlig	P90	forventet
Forskjøvet aktivitet	Alle aktiviteter	X			-1.0%	0.7%	14.0%	5.5%
Læringseffekt	Byggetrinn 2	X			-5.0%	0.7%	7.0%	0.9%
	Byggetrinn 3	X			-7.0%	0.7%	7.0%	0.1%
	Byggetrinn 4	X			-15.0%	0.7%	7.0%	-3.2%
	Byggetrinn 5	X			-20.0%	0.7%	7.0%	-5.3%
Avfallshåndtering	Byggetrinn 1			X	-1.0%	0.5%	1.0%	0.1%

For ødelagt material følger elementmontering en byggeprosess som gjør at alle elementene må på plass før etasjeskille legges. Dette gjør elementer mer sårbart for værforhold, men sannsynlig tid for å montere ferdig elementene for en etasje er 12 timer. Tiden det tar å få tett etasje gjør sannsynligheten for P90 lav. Det vil si at det er 17% regndager i året med over 5mm regn/dag. Konsekvensen er høy hvis elementene blir ødelagt. Estimert P90 er vurdert litt under 17% siden en kan justere planer basert på værmelding. Derfor sette den til 15%. Det ligger små svinnbesparelser i komplimentering en kan spare på men bare 1% på P10.

Forskjøvet aktivitet for elementer blir vurdert til å ha større konsekvens en for plassbygd, siden aktivitetene i byggeprosessen i mindre grad kan endres fra original plan. Det vurderes en dobling av P90 i forhold til plassbygd.

Læringseffekten ansees lik for begge metoder, mens avfallshåndtering vurderes som lav i motsetning til plassbygd siden elementene utgjør en ryddigere arbeidsplass. Dette må det jobbes mer med på byggeplassen og derfor vurderes P90 til 1%, P10 til -1 og sannsynlig verdi til 0.5%.

4.5 Følsomhetsanalyse

For å gjøre en vurdering av potensialet og mulighetene for de ulike byggemetodene ble det gjort en følsomhetsanalyse. Denne baserte seg på å se på følsomheten på kostnadsbildet i forhold til resultatene som ble identifisert gjennom usikkerhetsanalysen. Områdene som ble valgt ut til følsomhetsanalysen var reduksjon av elementkostnad som følge av påslagsendring fra elementfabrikk, og timeprisreduksjon for plassbygd. Hos elementfabrikk kan også dette gjenspeile muligheter i produksjonsoptimalisering.

For å se på effekten av å produsere alle veggelementene som prefabrikkerte løsninger kalkuleres det en estimert sum for dette og som knyttes opp mot det risikobilde som er skissert. Følsomhetsanalysen vil påpeke de viktigste kostnadsområdene for å hente ut muligheter eller redusere risiko for de to produksjonsmetodene. (Austeng et al., 2010). For å se nærmere på mulighetene til elementprodusentene ble to «hva-hvis»-analyser gjennomført.

1. Hva blir totalprisen hvis materialprisgrunnlaget til elementprodusent er lik som plassbygd
2. Hva må materialpåslaget til elementprodusent minimum være for at totalkostnaden blir lik som plassbygd.

Sammenhengen mellom risikovurdering, følsomhetsanalysen og kalkylens resultat blir diskutert videre i diskusjonskapittelet. En går igjennom analysen og definerer hvilke tiltak en skal prioritere for å minimere risikoen. Den fremhever også muligheter og diskuterer om det som er analysert er velegnet som beslutningsgrunnlag.

5 Resultater fra case

Dette kapittelet viser resultatene av casen som bidrar til å svare på spørsmål 1: «*Hvordan ser dagens verdikjede ut?*» og spørsmål 2: «*Hvordan kan en framtidig industrialisert verdikjede se ut?*». Kapittelet svarer også indirekte på forskningsspørsmål 3.

5.1 Oppsummering av resultat fra kalkylen

For å få et mer reelt bilde av kostnadene ble en risikoanalyse basert på trinnvismodellen utført, og det totale kostnadsbildet mellom plassbygd og elementprodusert byggemåte hadde under 1% variasjon i totalkostnad inklusive risikotillegg.

Tabell 24: Totalt kostnadsbilde for plassbygd og elementprodusert boligblokk i fem byggetrinn

Totalt prosjekt		Orginalt prisgrunnlag						
		Plassbygd			Elementprodusert			
	Ref	Navn	Påslag	Enhetstid	kostnad	Påslag	Enhetstid	Kostnad
Kostnader								
Matr.	SUM				9,481,187 kr			14,280,668 kr
	Risikotillegg		0.78%		73,812 kr	4.34%		619,242 kr
Arb.	SUM			23,608 h	10,038,847 kr		11,910 h	5,130,791 kr
	Risikotillegg		1.77%		194,306 kr	1.85%		96,056 kr
UE	SUM			10.78 mnd*	2,152,932 kr		5.41 mnd*	1,901,554 kr
	Risikotillegg		0.24%		5,238 kr	0.00%		54 kr
Kostnader					21,929,729 kr	22,027,365 kr		

Resultat fra analysen viser at plassbygd metode har prosjektert gjennomføringstid på 10.78 måneder, mens elementprodusert har gjennomføringstid på 5.41 måneder. Det er også en stor del plassbygd komplementering som utgjør over 50% av arbeidstiden til elementprodusert metode.

De største risikoelementene for plassbygd ligger hovedsakelig i forskyving av arbeidstid som utgjør 2% eller retting av feil på 1%. Mulighetene ligger i læringseffekt av repetitivt arbeid som presser ned den totale arbeidsrisikoen fra 7% i byggetrinn 1 til 2% totalt i prosjektet.

De største risikoelementene for elementprodukter ligger hovedsakelig i ødelagt material på over 4% grunnet mellomlagring, vær, feilmontering og grove toleransegrenser i prosjektering og utførelse. Mulighetene ligger i læringseffekt eller reduisering av risiko.

Det ble gjort en analyse hvis elementprodusentene leverte alt av produkter i prosjektet. Basert på dette ble kostnadsbildet veldig likt.

Tabell 25: Totale kostnader for hele bygget produsert med elementer mot plassbygd

Totalt prosjekt		Originalt prisgrunnlag					
		Plassbygd			Elementprodusert		
Ref	Navn	Påslag	Enhetstid	kostnad	Påslag	Enhetstid	Kostnad
Kostnader							
Matr.	SUM			9,481,187 kr			18,447,978 kr
	Risikotillegg	0.78%		73,812 kr	5.80%		1,072,181 kr
Arb.	SUM		23,608 h	10,038,847 kr		2,753 h	1,346,400 kr
	Risikotillegg	1.77%		194,306 kr	4.31%		58,095 kr
UE	SUM		10.78 mnd*	2,152,932 kr		2.44 mnd*	1,047,889 kr
	Risikotillegg	0.24%		5,238 kr	0.00%		- kr
Kostnader				21,929,729 kr	22,002,544 kr		

Gjennomføringstiden som baserer seg på forventningsverdi er redusert betraktelig for elementprodukter til to måneder og 14 dager. Risikoen øker for elementprodukter til 6% men logistikken blir noe enklere med færre komponenter.

Selvkosten hvis materialgrunnlaget var likt for de to byggemetodene viser at det ligger muligheter i materialprisgrunnlag til elementprodusenten, som vil gjøre den totale selvkosten 10% billigere en plassbygd.

5.2 Materialprisgrunnlag

For å få en bedre oversikt over materialprisgrunnlaget ble materialprisene mellom plassbygd og element for en etasje sammenlignet uten påslag og risikotillegg.

Tabell 26: Sammenligning av materialgrunnlag for en etasje

Materialgrunnlag fra aktørene for en etg.						
Navn	enh	Plassbygd	Element	Differanse	Gjennomsnitt	σ_{gl}
Fasade	kr	29,650	33,394	3,744	31,522	11.9%
Yttervegg	kr	39,179	45,546	6,367	42,363	15.0%
Vegg mot gang	kr	18,277	21,589	3,312	19,933	16.6%
Vegg skille leilighet	kr	7,838	7,969	131	7,904	1.7%
Vindu og dør i vegg	kr	79,000	64,453	(14,547)	71,727	-20.3%
Sum	kr	173,944	172,951	(993)	173,447	-0.6%

Tabell 26 viser en sammenligning mellom plassbygd og element med de materialproduktene elementprodusenten kunne levere på en etasje. Det er noe variasjon i kostnadene som en ser av standardavviket. Elementprodusent har i de fleste veggkonstruksjonstypene høyere materialpriser fra sine underleverandører. På posten «vindu og dør i vegg» er det -20% gjennomsnittlig standardavvik. Posten var ikke produktspesifisert i tegningsunderlaget, og

produktvalgene av vindu og dører kan variere mellom entreprenør og elementprodusent. Dette ga variasjon i materialprisen.

Elementprodusent ga en oversikt over prispåslag på produktene de leverer (Tabell 27). Materialprispåslaget ligger mellom 20 og 30 prosent og prosjektering og fabrikkingspåslag varierer mellom 50 og 100 prosent. Videre har fabrikk en takttid på 7 lm produsert vegg i timen.

Tabell 27: Påslag fra elementprodusent (Stevik, 2018)

Påslagsgrunnlag			
Aktivitet fra elementprodusent	Minimum	Maksimum	
Material bearbeidet i fabrikk	20%	30%	
Materialer levert byggeplass	15%	20%	
Personal i fabrikk / lager / prosjektering	50%	100%	

Tabell 28: Mulighet og risiko i materialgrunnlag fra elementprodusent

Påslagsberegninger						
	Tilbud	Minimum	Maksimum sansynlig	n	ø	
Materialgrunnlag	253,379	253,379	253,379			
Total påslagsfaktor	44.1%	29.2%	51.5%	0%	-10.3%	5.2%
Tilbudspris	365,000	327,433	383,942	365,000	(37,567)	18,942

Den totale påslagsprosenten fra elementprodusenten ligger på 44.1%. Nedre og øvre påslagsprosent som elementprodusenten belager seg på ligger på 29.2% og 51.5%.

For å se på de relevante kostnadsdriverne for de to forskjellige byggemåtene, ble tilbudspris fra elementprodusent, prisgrunnlag fra entreprenør og erfarte enhetstider uten risikotillegg sammenlignet. Timepris arbeider ble hentet fra Norsk Prisbok (Norsk Prisbok, 2017) og beregninger knyttet til å fastslå rigg og drift er listet i tabell 29. Mer spesifiserte detaljer knyttet til beregninger ligger i Vedlegg 1

Tabell 29: Data knyttet til rigg og drift

Beregningsdata for rigg og drift			
Aktivitet	Plassbygd	Elementer	enhet
Timepris inkl. sos.	510	510	kr/h
Timepris UE	751	751	kr/h
Timer pr dag	9	9	h
Antall dager pr mnd	20	20	dag
Antall aktive personer pr time	12	9	stk

Antall aktive arbeidere er mindre for element en for plassbygd metode. Dette skyldes at tre arbeidere monterer ett element på 0.5 timer med en tårnkran. Det er prosjektert med to aktive

tårnkraner som gir seks arbeidere på elementmontering og tre arbeidere som komplimenterer plassbygd arbeid. Elementprodusert metode har noen produkter fra fabrikk, mens resten av produktene komplementeres fra datagrunnlaget for plassbygd metode. Ser man på arbeidet for å få tett etasje vil elementmetoden med tre arbeidere bruke 12 timer på en etasje. Arbeidskost vil bli 37.000 kr eksklusiv krantimer, og tilført elementverdi inklusivt påslag fra produsent vil være 294.000 kr. Dette er uten risikotillegg. Takttiden fra fabrikk gjør at transportflakene vil komme med et tidsintervall på 5.2 timer. Arbeiderne vil montere elementene fra transportflaket på 3.5 timer. Mulig sløsing av tid for arbeiderne på 1.7 timer.

Plassbygd prosess for en tett etasje som består av yttervegg vil ta 16 timer med seks arbeidere der tilført ytterveggverdi er 145.000 kr med en arbeidskostnad på 47.000 kr. Gjenstående arbeid for å oppnå samme tilførte konstruksjon som elementmetoden vil med seks arbeidere være 17 timer, med en arbeidskost på 54.000 kr og tilført verdi til konstruksjon på 44.000 kr. Totalkostnad for plassbygd med seks arbeidere er 200.000 kr i material og 91.000 kr i arbeid på 33 timer uten risikotillegg. Totalkost blir 290.000 kr plassbygd mot 330.000 kr for element. Basert på dette ble prosjektets kostnadsbilde for en etasje som vist i Tabell 8.

Tabell 30: Selvkost uten risikopåslag for element og plassbygd prosess uten rigg og drift for en etasje.

1. etasje		Originalt prisgrunnlag					
		Plassbygd			Elementprodusert		
Ref	Navn	Påslag	Enhetstid	kostnad	Påslag	Enhetstid	Kostnad
Kostnader							
Material	A	Fasade		19,227 kr			70,830 kr
	B	Yttervegg		133,252 kr			223,359 kr
	C	Lett innervegg		90,040 kr			90,040 kr
	D	Vegg mot gang		53,940 kr			53,587 kr
	E	Vegg leilighetsskille		10,056 kr			19,121 kr
		SUM			306,515 kr		
	Risikotillegg	0.00%		0	0.00%		0
Arbeid	A	Fasade	198.43 h	78,489 kr		21.00 h	10,710 kr
	B	Yttervegg	197.13 h	81,820 kr		120.79 h	46,894 kr
	C	Lett innervegg	137.08 h	62,005 kr		137.08 h	62,005 kr
	D	Vegg mot gang	148.30 h	71,021 kr		72.14 h	35,043 kr
	E	Vegg leilighetsskille	47.17 h	21,624 kr		19.59 h	8,165 kr
		SUM		728.11 h	314,959 kr		370.60 h
	Risikotillegg	0.00%		0	0.00%		0
U/E	A	Fasade		33,446 kr			- kr
	B	Yttervegg		3,243 kr			3,243 kr
	C	Lett innervegg		3,952 kr			3,952 kr
	D	Vegg mot gang		2,027 kr			2,027 kr
	E	Vegg leilighetsskille		1,216 kr			1,216 kr
		SUM			43,883 kr		
	Risikotillegg	0.00%		- kr	0.00%		- kr
Total driftskostnad eks mva				665,357 kr			630,191 kr

Materialkostnaden for elementprodukter er den største kostnadsdriveren, og utgjør 73% av totalkostnaden. For plassbygd metode er arbeidstid og timelønn viktige kostnadsdrivere sammenlignet med elementer, og utgjør 47% av totalkostnaden. En ser tydelig at det er forskjell

i gjennomføringstid for de to byggemetodene der element har halvert gjennomføringstid selv om det er plassbygde prosesser for å komplimentere en hel etasje. Totalkostnaden for elementer har ikke tatt høyde for produktvariasjon i posten «vindu og dør i vegg». For å få et mer realistisk bilde for prosjektets beslutningsgrunnlag gjøres en risikoanalyse.

5.2.1 Kostnad inkludert risikopåslag

For å ta høyde for produktforskjellene på «dør og vindu» i datagrunnlaget settes materialprisen for elementprodukt lik som for plassbygd.

Tabell 31: Justert pris på dør og vindu

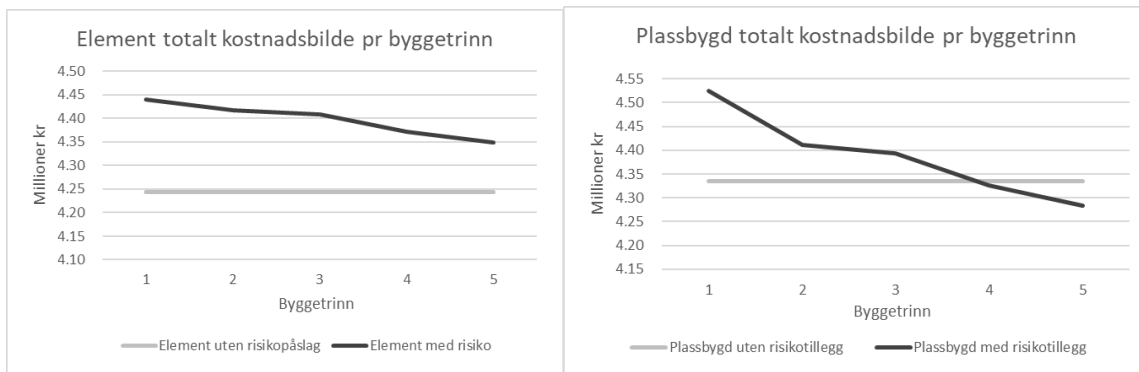
Materialgrunnlag fra aktørene for en etg.					
Navn	enh	Plassbygd	Element	Orginalt element	σ_{gj}
Vindu og dør i vegg	kr	79,316	79,316	64,453	0.0%

Basert på justert prisgrunnlag og risikopåslag gir det følgende kostnadsfordeling (Tabell 32).

Tabell 32: Viser prisgrunnlag inkl forventet risiko

Totalt prosjekt		Orginalt prisgrunnlag					
		Plassbygd			Elementprodusert		
Ref	Navn	Påslag	Enhetstid	kostnad	Påslag	Enhetstid	Kostnad
Kostnader							
Material	1 Byggetrinn			1,896,237 kr			2,856,134 kr
	2 Byggetrinn			1,896,237 kr			2,856,134 kr
	3 Byggetrinn			1,896,237 kr			2,856,134 kr
	4 Byggetrinn			1,896,237 kr			2,856,134 kr
	5 Byggetrinn			1,896,237 kr			2,856,134 kr
	F Rigg og drift			- kr			- kr
	SUM				9,481,187 kr		
	Risikotillegg	0.78%		73,812 kr	4.34%		619,242 kr
Arbeid	1 Byggetrinn		4,887 h	2,007,769 kr		2,465 h	1,026,158 kr
	2 Byggetrinn		4,810 h	2,007,769 kr		2,426 h	1,026,158 kr
	3 Byggetrinn		4,772 h	2,007,769 kr		2,407 h	1,026,158 kr
	4 Byggetrinn		4,618 h	2,007,769 kr		2,330 h	1,026,158 kr
	5 Byggetrinn		4,522 h	2,007,769 kr		2,281 h	1,026,158 kr
	F Rigg og drift		- h	- kr		- h	- kr
	SUM		23,608 h		10,038,847 kr	11,910 h	
	Risikotillegg	1.77%		177,712 kr	1.85%		95,056 kr
UE	1 Byggetrinn			286,770 kr			62,625 kr
	2 Byggetrinn			286,770 kr			62,625 kr
	3 Byggetrinn			286,770 kr			62,625 kr
	4 Byggetrinn			286,770 kr			62,625 kr
	5 Byggetrinn			286,770 kr			62,625 kr
	F Rigg			196,120 kr			603,000 kr
	F Drift		10.78 mnd*		522,963 kr	5.41 mnd*	
SUM				2,152,932 kr			1,901,554 kr
	Risikotillegg	0.24%		5,238 kr	0.00%		54 kr
Kostnader				21,929,729 kr	Kostnader		
					22,027,365 kr		

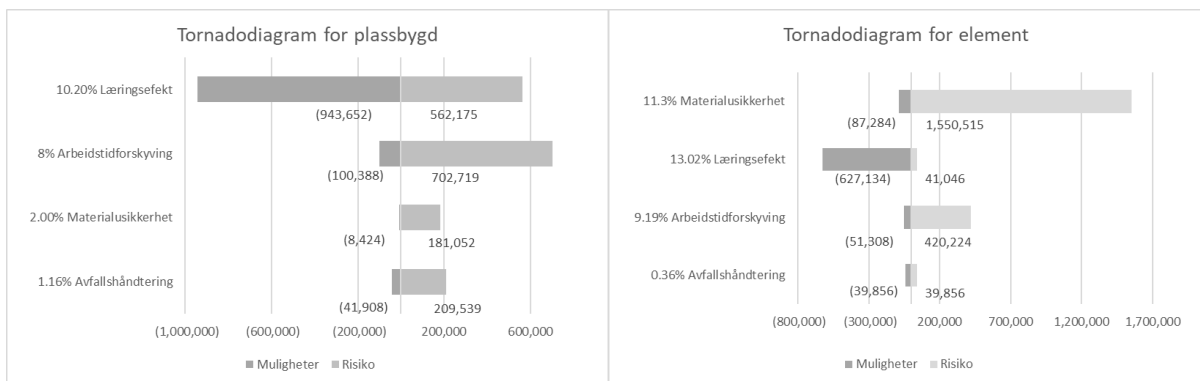
Basert på risikoprofilen ser en at total selvkost inkludert risikotillegg er lik. Materialrisikoen for elementer er 4.3% i denne analysen og utgjør den største risikoen. Gjennomføringstid for elementprodusert en halvpart mot plassbygd. «Rigg og drift»-posten for elementer påvirkes i større grad av tid enn for plassbygd, siden kostnaden per time er større for elementprodusert metode legger det høyere risiko knyttet til dette.



Figur 27: Grafene viser total kostnad inkl. risiko for hvert byggetrinn over kostnad uten risiko

Figur 27 skisserer læringseffektens innvirkning på total kostnaden i byggetrinnene. Grå linje er kostnad uten risikotillegg og mørk linje er risikopåslag for hvert byggetrinn. Grunnet høyere risiko ved første byggetrinn gir grafene et mer reelt bilde av læringseffekten og hva man egentlig oppnår. Å redusere feil ved start er viktig for å få et godt utbytte av læringseffekten.

For å tydeliggjøre skjevheten i muligheter og risiko for plassbygd og elementprodusert metode, presenteres resultatene for de to byggemetodene som tornadodiagram.



Figur 28: Tornadodiagram viser skjevhet og kostnad av risiko og muligheter til plassbygd og elementproduserte byggemetoder

Materialusikkerheten for elementprodukter har en risiko på 1,5 millioner, og utgjør en viktig faktor som bør reduseres. Læringseffekten utgjør 0.6 millioner og er en mulighet som bør hentes ut.

Arbeidskostnaden har mye å si for plassbygd prosess, ved at det er mye å hente på repetitive arbeidsprosesser og læringseffekt. Det totale risikopåslaget for arbeidstid er 1% siden man henter inn tapt verdi mot de siste byggetrinnene. Ved å redusere sløsende aktiviteter i det første byggetrinn, henter en ut mer av læringseffekten tidlig.

5.3 Følsomhetsanalyse

For å se på mulighetene det ligger i å produsere alle bygningsdelene som elementer, ble det gjennomført en følsomhetsanalyse. For å få et så reelt materialgrunnlag som mulig ble materialprisen justert opp slik at det har det samme gjennomsnittlige standardavviket fra datagrunnlaget. Det ble verifisert fra elementprodusent at det var en god tilnærming til en virkelig kostnad (Stevik, 2018).

Tabell 33: Justerte priser for elementproduksjon for hele prosjektet

Estimert datagrunnlag for en etasje basert på standardavvik fra datagrunnlag						
Material	enh	Plassbygd	Element	Differanse	Gjennomsnitt	σ_{gi}
A.Fasade	kr	30,376	33,394.00	3,018	31,885	9.5%
B.Yttervegg	kr	53,935	62,700.37	8,765	58,318	15.0%
C.Lettvegg	kr	90,040	96,640.23	6,601	93,340	7.1%
D.Vegg mot gang	kr	53,940	63,714.96	9,775	58,828	16.6%
E.Vegg skille leilighet	kr	10,056	10,224.38	168	10,140	1.7%
Vindu og dør i vegg	kr	79,316	79,316.12	-	79,316	0.0%
Sum	kr	317,664	345,990	28,327	331,827	8.5%
Produksjon	enh	Plassbygd	Element	Regulert påslagsfaktor		
Festemidler	kr		4,605.49		1.84	
Produksjon, lager fabrikking	kr		121,452.25		1.84	
Prosjektering	kr		22,106.34		1.84	

Tabell 33 viser det nye kostnadsbildet der alt av produkter til en etasje er elementprodusert. Basert på å danne analysen ble et nytt pristilbud estimert med samme påslagsfaktor på 44% til kr 712.000,- pr etasje.

Tabell 34: Kostnadsberegning for plassbygd og element med nytt beregnet elementgrunnlag

Totalt prosjekt		Orginalt prisgrunnlag					
		Plassbygd			Elementprodusert		
Ref	Navn	Påslag	Enhetstid	kostnad	Påslag	Enhetstid	Kostnad
Kostnader							
Material	1 Byggetrinn			1,896,237 kr			3,695,596 kr
	2 Byggetrinn			1,896,237 kr			3,695,596 kr
	3 Byggetrinn			1,896,237 kr			3,695,596 kr
	4 Byggetrinn			1,896,237 kr			3,695,596 kr
	5 Byggetrinn			1,896,237 kr			3,695,596 kr
	F Rigg og drift			- kr			- kr
	SUM			9,481,187 kr			18,477,978 kr
	Risikotillegg	0.78%		73,812 kr	5.80%		1,072,181 kr
Arbeid	1 Byggetrinn		4,926 h	2,007,769 kr		569 h	269,280 kr
	2 Byggetrinn		4,810 h	2,007,769 kr		561 h	269,280 kr
	3 Byggetrinn		4,772 h	2,007,769 kr		556 h	269,280 kr
	4 Byggetrinn		4,618 h	2,007,769 kr		539 h	269,280 kr
	5 Byggetrinn		4,522 h	2,007,769 kr		528 h	269,280 kr
	F Rigg og drift		- h	- kr		- h	- kr
	SUM		23,647 h	10,038,847 kr		2,753 h	1,346,400 kr
	Risikotillegg	1.94%		194,306 kr	4.31%		58,095 kr
UE	1 Byggetrinn			286,770 kr			- kr
	2 Byggetrinn			286,770 kr			- kr
	3 Byggetrinn			286,770 kr			- kr
	4 Byggetrinn			286,770 kr			- kr
	5 Byggetrinn			286,770 kr			- kr
	F Rigg			196,120 kr			603,000 kr
	F Drift		10.78 mnd*	522,963 kr		2.44 mnd*	444,889 kr
SUM			2,152,932 kr			1,047,889 kr	
	Risikotillegg	0.24%		5,238 kr	0.00%		- kr
Kostnader				21,946,322 kr	22,002,544 kr		

Av tabell 34 ser en tydelig redusert tid ved elementprodusert metode som utgjør to måneder og 14 dager for alle byggetrinn. Den store kostnadsdriveren og risikoen for elementproduksjon er materialkostnadene og materialrisikoen.

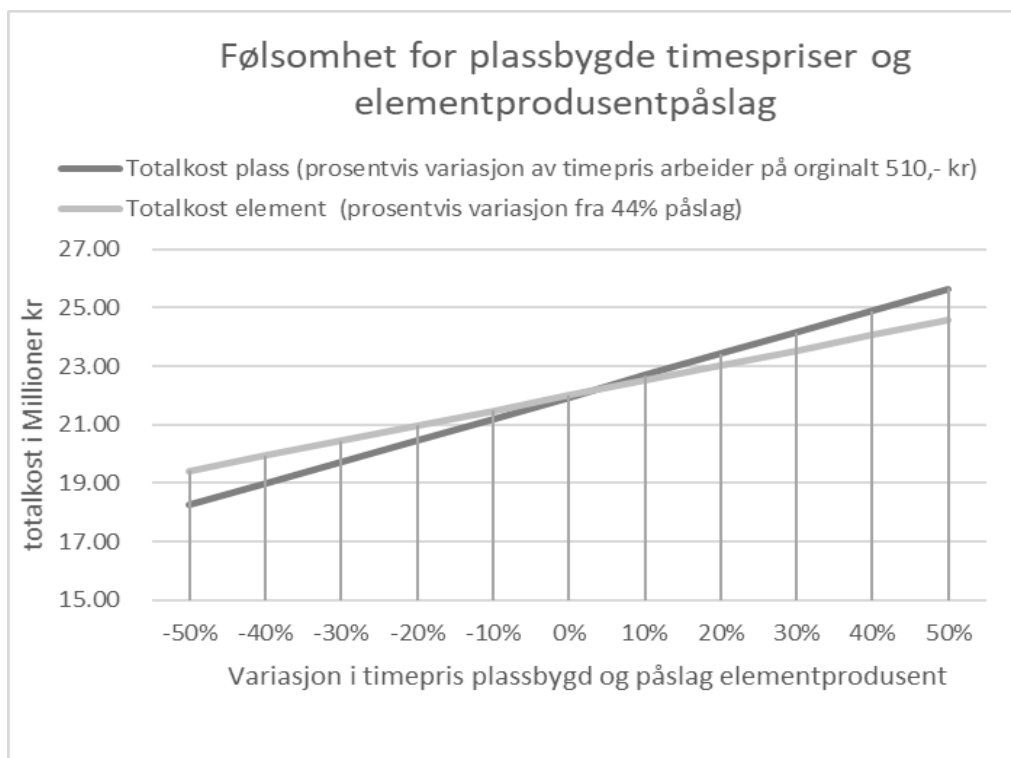
Tabell 35: Viser konsekvensen av hva hvis 1. totalpris hvis materialgrunnlag er likt for de to byggemåtene

Totalt prosjekt		Like materialpriser for plass og element					
		Plassbygd			Elementprodusert		
Ref	Navn	Påslag	Enhetstid	kostnad	Påslag	Enhetstid	Kostnad
Kostnader							
Matr	SUM			9,481,187 kr			17,088,043 kr
	Risikotillegg	0.78%		73,812 kr	5.80%		991,530 kr
Arb	SUM		23,647 h	10,038,847 kr		2,753 h	1,346,400 kr
	Risikotillegg	1.94%		194,306 kr	4.31%		58,095 kr
UE	SUM			2,152,932 kr			1,047,889 kr
	Risikotillegg	0.24%		5,238 kr	0.00%		- kr
Kostnader				28,932,682 kr	26,096,877 kr		

Hvis materialprisen for elementer er lik som den plassbygdes materialpris, er totalkostnaden for elementer 10% lavere enn for plassbygd metode.

For at elementprodusenten skal oppnå lik totalkostnad som plassbygd metode med originalt materialgrunnlag, må de redusere påslaget på materialkost og fabrikkering fra 44% til 43.5%.

For å se på utslaget av de største kostnadsdriverne sammenlignes plassbygd timepriser mot elementprodusentenes påslag. Figur 29 inkluderer risiko og totale kostnader der timeprisen varierer fra -50% til +50% og elementpåslaget varierer mellom -50% og 50%.



Figur 29: Følsomhet i plassbygd arbeidertimepriser og påslag hos elementprodusent

Av figur 29 tilsvarende -50% en plassbygd timepris på 225 kr pr time inklusive sosiale kostnader. For elementprodusent tilsvarende -50% et totalt påslag av material og produksjonskostnader på 22%.

Tabell 36: Forklaring av figur 29

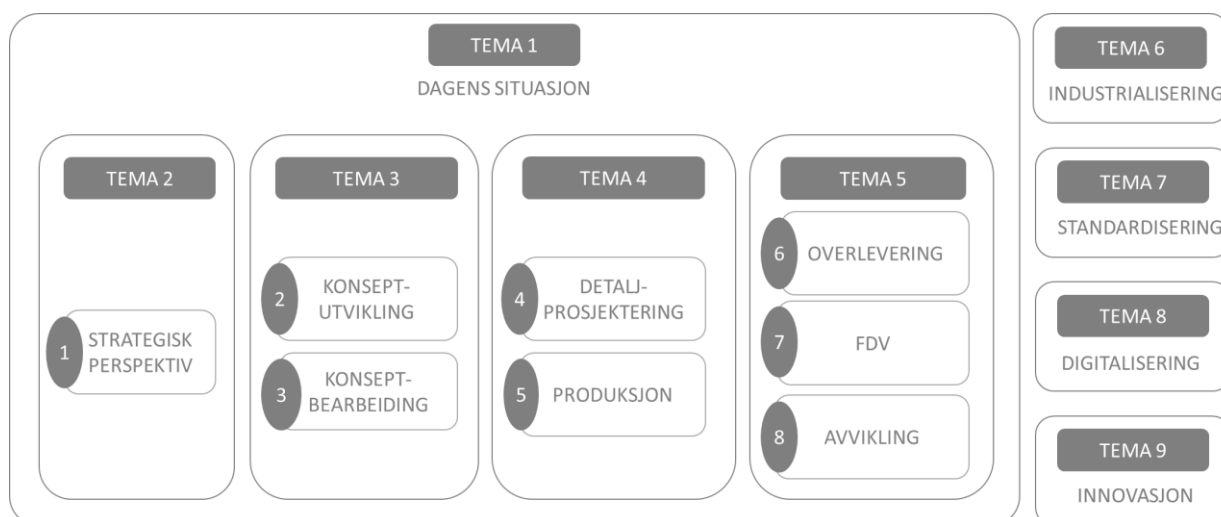
Forklaring av graf		-50%	-30%	-10%	0%	10%	30%	50%
Plassbygd	Timepris arbeider	255	357	459	510	561	663	765
	tot.kost i M kr	18.25	19.73	21.21	21.95	22.69	24.17	25.65
Element	Påslag på material og produksjonspris	22%	31%	40%	44%	48%	57%	66%
	tot.kost i M kr	19.42	20.45	21.49	22.00	22.52	23.55	24.58

Figur 29 og Tabell 36 viser at en timepris for arbeider inklusiv sosiale kostnader på 357 kr, utgjør ca. samme totalt kostnad som et påslag fra elementprodusent på 25%.

6 Resultat – Intervju

Det presiseres at resultatene presentert fra intervjuene omfavner mer enn kun synet rundt industrialisering. Forfatterne mener resultatet danner den nødvendig konseptuelle forståelsen rundt kompleksiteten i næringen og omfanget av utfordringen. For et enda mer detaljert resultat henvises det til Vedlegg 2

Kapittelet starter med å fremstille en sammenstilling av alle intervjuobjektene svar for hvert tema (Figur 33). På den måte presenteres dagens situasjon i byggenæringen knyttet til prosessstegene i et prosjekt. Resultatet vil være med på å svare på forskningsspørsmål 1, «Hvordan ser dagens verdikjede ut og hvilke forhold påvirker industrialiseringen av byggenæringen i dag?». Resultatet bidrar også til å svare på forskningsspørsmål 2, gjennom intervjuobjektene forslag til endringer. I tillegg svarer det på forskningsspørsmål 3 ved at intervjuobjektene snakker om verdien av ulike forhold.



Figur 30: Viser kapittelinnvidlingen og tematisering av intervju

6.1 Dagens situasjon

Norsk byggenæring har flere fortrinn

Bransjeforeningene påpeker at Norge har mange fortrinn, som et overskudd av naturressurser, teknologi, kompetanse, tilgang til kapital og fremragende byggteknologi. Man er flink til å tenke annerledes og samarbeide, men dårlig på å hente ut effektene av dette. Byggekostnadene er heller ikke så mye høyere i forhold til andre land, men særlig lønnskostnadene i Norge drar opp totalkostnaden. Underentreprenørene føler det er et stort fokus på rasjonalisering,

digitalisering og industrialisering i byggenæringen og at byggenæringen til tider får et noe urettferdig omdømme i forhold til bransjens utvikling.

Offentlig sektors rolle

Bransjeforeningene og underentreprenørene nevner at en utfordring er måten offentlig behandling av byggesaker fører til at behandlingen tar veldig lang tid. Det fører til tidsknapphet fra underskrivelse av kontrakt til den fysiske oppstarten av prosjektet. Dette kan gjøre rasjonell drift utfordrende. Byggherre presiserer det kan ta flere år, og gjør forutsigbarheten for hva man faktisk skal bygge, mindre. Når bevilgningen går igjennom, er prosjektet modent for flere revisjoner. Dette gjør det utfordrende for aktører å forholde seg til.

Det offentlige forventes å gå først i forhold til innovasjon peker bransjeforeningene på. Men at de offentlige skal teste og gjøre feil med skattebetalernes penger, det er ikke akseptert. En underentreprenør sier at Byggherre må ta mer ansvar sammen med politikerne å kreve mer innovasjon for at næringen skal levere på annet en kun pris. Arkitekt peker på noen av pilotprosjektene som har vært de siste årene og mener det er bra at byggherrer tørr å satse på nye metoder og dytter næringen fremover.

Å benytte rammebetingelser og lovverk til å forme byggenæringen er noe det er liten politisk forståelse for mener bransjeforeningene. Underentreprenørene sier at lovverket oppleves uoversiktlig og at mye tid brukes på uklare rammebetingelser som fører til usikkerhet hos aktører.

Konfliktbasert næring

De fleste konfliktene i byggenæringen kommer fra juss og økonomiske forhold. Noen bransjeforeninger mener mange av konfliktene kommer fra det offentlige. Det virker som at de offentlige har lettere for å skyve vekk ansvaret. At ingen tar tak i problemer, og man til slutt må å dra inn domstolene. I det private klarer man oftere å få til en dialog.

Det høye konfliktnivået kommer av at man skal levere på minimumspris og da får man løsninger og kvaliteter deretter. Det ble utstøtt en bekymring fra flere av bransjeforeningene om et økende konfliktnivå i næringen, hvis man forsetter å fokusere på pris og ikke kompetanse. Det vil også være tilnærmet umulig å få prosjekter til å prøve nye løsninger og være villig til å feile hvis man ikke får fokuset vekk fra tid og kostnader. Bestiller burde velge basert på andre forhold enn pris, for eksempel deres innovative tilnærming. En bransjeforening bemerker at

også bransjeforeningene og interesseforeninger som BNL og Bygg21 er veldig fragmenterte, et samspill ville ført til at man enklere fikk dratt næringen i en retning.

Bransjeforening og byggherre forteller at en i dag vanligvis har to konstellasjoner med motstridende interesser. Entreprenøren og underentreprenører på den ene siden og på den andre har man Rådgivere og Byggherre. På siden av dette har man leietaker og bruker. Entreprenøren ønsker å gi minst mulig for mest mulig, mens byggherre vil ha mest mulig for minst mulig. Som følge av dette jobber de sterke aktørene mot å levere et minimum til billigst mulig pris i stedet for å jobbe med krav. Derfor konkurrerer man på pris og det har blitt det styrende for næringen. Byggherre ser at man i noen tilfeller også kan være diskriminerende ovenfor underentreprenører i prosjektbeskrivelsen og at det er viktig å stille krav til både underentreprenør og Entreprenør på en slik måte, at man unngår dette.

Bransjeforeningene mener at mye av utfordringene rundt byggetid, kvalitet og kostnader påvirkes av ledelsen som utøves gjennom kontraktsformene som brukes. Ubalanserte kontrakter, avvik fra standarder og urasjonell fordeling av risiko skaper ofte tvister. En bransjeforening sier at rammebetingelsene i seg selv ikke er problemet, men kulturen og profittmaksimeringen som aktørene bruker den til, må endres.

Utfordringene påvirker hele verdikjeden

Det er en forståelse fra byggherre om at kontraktskjeden i dag er bygd opp slik at desto lengre ned man er, desto mindre helhetsforståelse sitter man på. Det blir poengtert fra flere aktører at det er manglende kompetanse og vilje til å prøve nye løsninger. Dette er et ledelsesansvar, og at det særlig er problematisk når store aktører er trofaste til sine løsninger og ikke er ydmykte nok til å se at det finnes andre måter å løse ting på. Bransjeforeningene poengterer at siden fokuset er mye på pris benyttes en del dårlige materialer og metoder.

Det er en nokså samlet enighet fra bransjeforeningene om at ledelse er en av forutsetningene for å redusere byggetid, øke kvalitet og redusere kostnader. Generelt trenger byggenæringen å endre fokuset vekk fra kostnad. Hvis maksimering av profitt er det eneste fokuset, så påvirker det hele kontraktskjeden og bidrar til konflikt. Fokuset på pris er ikke en bærekraftig måte å drive et prosjekt på og det vil også på et tidspunkt føre til dårligere kvalitet. I dagens kontrakter handler det 70-80% på pris om du får kontrakten eller ikke. Ved å presse aktører på pris og ha anbud på hver ny prosess mister man effekten av læring som man kan oppnå ved å følge et prosjekt i flere faser. Det gir fragmenterte prosesser nedover i verdikjeden, som fører til feil.

Byggevarekjedene har stor markedsrett

Flere underentreprenører nevner byggevarekjeden som en stor konkurrent. En bransjeforening sier at Norge ikke må være opportunistiske siden store byggevarekjeder kan få mye marked i Norge. Underentreprenørene sier at byggevarekjedene er deres største konkurrent siden de har beveget seg mere inn på prefabrikeringsmarkedet. Flere bransjeforeninger og underentreprenører peker på markedsretten byggevarekjedene har og mener de ikke gir noen verdi inn i prosjekt med kompetanse eller innovasjon på produksiden. Flere peker også på at de styrer mye av produktverdikjeden og den digitale verdikjeden og har mye makt.

Hva jobbes det mot?

En arkitekt peker på at uten Lean, standardisering og digitalisering er man avhengig av tradisjonelle leveranser, tradisjonelle grensesnitt og da blir innovasjon og utvikling vanskelig. Man har også alt for mange ulike digitale systemer som benyttes i dag, det gjør det vanskelig å kommunisere og samhandle.

Entreprenør peker på Lean Construction som tar utgangspunkt i det som byggenæringen sliter med. Klarer man å trekke sammen fremdriftsplanlegging der driften, prosjektering, kobling mot underentreprenører som skal kontraheres, kobling med byggherre og eiendomsutvikler for å definere behovene til sluttbruker tidlig nok, så vil det bli lettere å prate om industrialisering og industrielle byggemetoder. Underentreprenørene peker alle på tidlig involvering i planleggingsfasen for å kunne hente ut verdi i produktene de leverer.

Byggherre peker på at det er mye sløsende aktiviteter i prosjektering i dag og at en Lean tilnærming der taktplanlegging og en strukturert informasjonsflyt er viktig for forbedring. En aktør ser at en Lean-tilnærming i utførelsesfasen er bra, men vanskelig å få til i tidligfase.

Alle aktører peker på at digitalisering av informasjon vil hjelpe samhandlingsmulighetene og flere aktører bemerker at åpne plattformer og overordnet standardisering av digital informasjonsflyt er viktig for å få til dette.

6.2 Strategisk perspektiv

Behov, kunde og sluttbruker

Bransjeforeningene mener at for å skape livskvalitet og verdiskapning må man vektlegge sluttbrukeren og sette seg inn i hva som ønskes og trengs. Suksesskriteriet for sluttbrukerfokus er å definere tydelig hvem som er sluttbruker og hva målsettingen for prosjektet skal være for å ivareta sluttbrukeren. Dette stiller blant annet krav til prosjektledelsen om å formidle dette til hele verdikjeden slik at alle har samme bilde på hva man vil oppnå. Bransjeforeningene poengterer at det kan være lett å glemme sluttbrukeren, for de som er lengre ned i verdikjeden og ikke jobber direkte med brukerne slik som eiendomsutviklerne gjør. Men det hjelper ikke at hver aktør nærmest betrakter seg selv som sluttbrukeren, og den som definerer hva sluttbrukeren vil ha. Fra softwareaktørene poengteres det at ved å bruke digitale hjelpemidler som VR/AR til å involvere sluttbrukeren tidlig forenkler muligheten til å påvirke og bemerke behov gjennom prosjektet. En underentreprenør bemerket at den minst verdiskapende aktiviteten en sluttbruker kan få, er konflikt i næringen.

Et annet ord for kunde som aktørene påpeker er oppdragsgiver. De fleste kommenterer at det er oppdragsgiver de forholder seg til siden det er de som betaler, men avhenger også av hvordan kontrakten og prosjektet er satt sammen. Bransjeforeningene sier at leverandørene ønsker å tilfredsstille de som betaler og underentreprenørene peker på at siden man kommer sent inn i prosjektet ligger det ikke til rette for å hente ut produktverdier til sluttbruker.

Alle aktørene har en felles lik befatning av hva sluttbrukers overordnede behov er. Alle aktørene peker på de samme områdene:

- Funksjonalitet
- Lokasjon
- Transportenkelhet
- Miljøomdømme
- Energieffektivitet
- Kvalitetsopplevelse
- Driftskostnad

Disse i sammenheng med skjæringspunktet kvalitet og kostnad. Som en bransjeforening påpeker er det ikke alltid bruker har forståelse for kostnaden til funksjoner og behov er.

Finansieringsmodeller

Bransjeforeningene og flere av aktørene peker på et ønske om å inkludere driftsfasen i prosjekteringen og legge til rette for bedre kvalitet for å redusere driftskostnader. Dessverre legges ikke dette til rette i finansieringsplanen og bevilgninger til prosjekter og man tenker ikke

på livsløpet til bygget under planlegging. Man har dårlig prosjekteringstid, ressurser er låst til et begrenset budsjett og man må velge dårligere kvalitet for å tilfredsstille budsjettene.

En bransjeforening påpeker at fokus på fleksibilitet vs. kostnad avhenger av eierforholdet, skal du bygge for å eie kan LCC og fleksibilitet være interessant, skal du selge er man mer opptatt av salgssummen. En underentreprenør sier at før bygget man for eget bruk, mens i dagens næring har det blitt mer et forretningsområde. Flere aktører peker på at en god finansieringsmodell mot drift og livsløp vil drive frem fokus på kvalitet og redusere fokuset fra pris.

6.3 Konseptutvikling og bearbeiding

Muligheter og begrensninger i rammebetingelser, ledelse er vesentlig

Arkitekten mener det i byggenæringen i dag i hovedsak er tre begrensninger for utvikling. De kontraktsmessige forholdene, lederkompetanse og begrensning i forhold til finansieringsmuligheter. Entreprenøren bemerker at rammebetingelser aldri er et hinder, de kan endres på hvis det er behov og ønskelig. I begrensninger og rammebetingelser ligger det like store muligheter for kreativitet som det ligger begrensninger for kreativitet. Rammebetingelser kan derfor benyttes som et utgangspunkt for kreative løsninger hvis man sitter på kompetansen til å bruke rammebetingelser for å forme næringen mener entreprenøren. Bransjeforeningene mener kompetansen starter hos byggherre med de rammene som de har satt for prosjektet og bruk av entreprisform. Bestillerkompetanse er derfor sentralt. Ved valg av totalentreprise fører det til at underentreprenører blir skviset av totalentreprenørene som følge av rammene som byggherre har satt, fører til et jag etter profittmaksimering fra totalentreprenørene.

Brukerens behov blir til funksjon, det kan fort stoppe opp i prosjektverdikjeden

Byggherre forteller at kundeperspektivet er todelt. De må sjonglere mellom behovet fra oppdragsgiver og behovet til brukeren. En bransjeforening sier at arkitekten fokuserer på opplevelseskvaliteter og omsetter behovene til funksjoner og som et resultat av dette, må arkitekten noen ganger generalisere behovene til bruker. Byggherre mener at får å oppnå et økt sluttbrukerfokus i næring så må man tenkte fellesansvar, samhandling og samordning av næringen. For å få til dette, er en god brukeravklaring og oppfølging av bruker hele veien viktig, slik at prosjektet får gode rammer. Softwareselskapet på sin side mener det gjennom bruk av et godt visualiseringsverktøy gjør det mulig å få et godt sluttbrukerfokus og involvere brukeren. Visualiseringsverktøyet gjør det lettere å illustrer hvordan brukerens behov oppfattes og kontrollere om det er en felles forståelse for hva som er behovet.

Byggherren mener det er en utfordring at kunden ikke alltid vet hva behovet deres er og derfor burde et tett samspill med arkitekt viktig for å oppnå en god verdi for kunden. Entreprenøren på sin side opplever at det er null insentiver for at entreprenører skal ha et sluttbrukerfokus, men for å ha et sluttbrukerfokus så må aktører forstå hva kunden er villig til å betale for å treffe denne betalingsviljen.

Entrepriseformenes virkelighet fra aktørene i byggenæringen

Byggherre uttaler seg om at byggherre kan være diskriminerende mot underentreprenører og entreprenører ved utarbeidelse av prosjektbeskrivelsen og byggherre forstår at slik det er utarbeidet i dag så er det en dårligere helhetsforståelse desto lengre ned i kontraktskjeden man kommer.

Underentreprenører opplever et stort fokus på kostnader og mener at loven om offentlig anskaffelser begrenser muligheter og fører til at det fokuseres på pris. De føler at de blir presset på pris og det stimulerer til at man leverer noe som akkurat tilfredsstillende som etterspørres og at man ikke benytter seg av kompetansen til underentreprenørene. Entreprenøren mener at byggherre ikke tilrettelegger for at de skal kunne bidra til en verdiskapning, og mener at man kan selge seg inn ved å vise at man tenker på verdi. Men til slutt, handler det likevel om kostnader. Dette er noe underentreprenørene er enige i, de sier at det snakkes om kvalitet, men det kjøpes likevel til laveste pris. Entreprenøren uttaler seg at de fra deres side ønsker å kunne kombinere både kostnadsreduksjon og verdiøkning, men opplever at byggherre fokuserer på kostnadsreduksjon.

I forbindelse med samspillskontrakter bemerker underentreprenørene at de kan være suboptimale. Mellom byggherre og en entreprenør foregår det samspill, men kontrahering av underentreprenører går fremdeles på pressing av pris, og det føles mer eller mindre ut som en totalentreprise. Da ser man ikke mange av de innovative produktene de ulike ansvarsområdene kan frembringe, og de ulike grensesnittene blir ikke ivaretatt. Resultatet er bygg som det tar mange år å optimalisere fordi grensesnitt ikke er optimale.

Tidlig involvering, informasjonsflyt og samhandlingsmodeller

Underentreprenørene sier at tidlig planlegging og involvering er det motsatte av dagens situasjon, men underentreprenørene vil veldig gjerne inkluderes tidlig i en prosess med kompetansen sin. De mener også at det er en enighet i byggenæringen om at tidlig involvering i et prosjekt er noe de aller fleste aktører ønsker. Dette er også viktig for å oppnå en god

bruksnytte av BIM. Ved tidlig involvering av underentreprenøren sikrer man at den informasjonen entreprenøren trenger er fullstendig. Arkitekten poengterer at gode metoder som IPD og VDC fungerer dårlig når man likevel bygger på den gamle måten og ikke går fullt inn for å benytte metodene i modellen. Da får man ingen effekt av metodene og ender bare opp med å bruke enda mer ressurser på planlegging. Tidlig involvering er mer krevende i dag, men over tid vil det bli en helt vanlig måte å jobbe på. Bransjeforeningene mener også at byggenæringen i Norge er langt mer fremoverlente enn i mange andre land og eksperimenterer med mye forskjellig slik som tidlig involvering, BVP, IPD, BIM og VDC. De ser at det blir stadig mer brukt og gjerne i kombinasjon med en Lean-tilnærming.

Gamle regler, modeller og metoder hindrer utvikling

Bransjeforeningene mener det er alt for mange regler i byggenæringen og man detaljstyrer regelverket og prosessene for lovendring som fører til å hindre innovasjon. De mener det er veldig viktig at de som bestemmer og har innvirkning på lovendringen har forståelse for hvilken innvirkning de rammebetingelsene har for alle som blir berørt av dem. Bransjeforeningene kritiserer lov om offentlig anskaffelse og mener det kun fører til at man bygger kompetanse på å finne feil og krangle om tillegg, slik den blir brukt i dag. Byggherrene sier at byggenæringen henger igjen med å benytte tradisjonelle prosjekterings- og utførelsesmetoder. Arkitekten mener de gamle kontraktene hindrer utvikling og at IPD er med på å bryte ned barrierene mellom aktører og sette felles mål og oppgaver som gir en utvikling i næringen.

Underentreprenørene har opplevd at byggherre har latt seg påvirke av entreprenøren til å fjerne kvalitetskrav, slik at entreprenøren kan konkurransetsette mest mulig og presse underentreprenører på pris. Byggherre mener noe av problemet med samarbeid ligger i hvordan kontraktene er utformet og mener det burde være føringer slik at alle kommer godt ut av et prosjekt og med en fornuftig margin. Slik som det er i dag spekuleres det i kontraktene for å finne feil og mangler for å tjene penger sier bransjeforeningene. Dette er ingen verdiskapende aktivitet og fører til dårlig samarbeid, ledelse og konfrontasjoner som er vanskelig å løse ved sluttoppgjør. Underentreprenørene mener samspillskontraktene har et stort potensial hvis dagens form for samspillskontrakt endres, slik at man får etablert gode samarbeidsplattformer som kan skape trygghet for aktørene, ansvarsfølelse og forpliktelser.

Fordeling av risiko, tillitsbygging, og fokus på verdiskaping

Entrepriseformene om samspill jobbes det mye med og størst effekt vil man oppnå hvis man fikk til samhandling på tvers av bransjer og fag. Men samspillskontrakten er til hinder så lenge

den kun foregår mellom byggherre og entreprenør. Bransjeforeningene mener samspillskontrakten fører til mange gode forslag og løsninger, men at fordeling av risiko er vanskelig, noe som igjen gjør det vanskelig å standardisere en kontrakt. De sier de rådgivende ønsker mer ansvar, men ikke vil ta mer risiko. Sammensetning av team er uansett sentralt i en samspillskontrakt mener bransjeforeningene. Det er viktig å forstå hverandres roller og behov og de mener derfor byggherre burde gjennomføre intervju for å sikre en god oppgaveforståelse og sammensetning av team, litt slik som BVP også blir gjennomført.

Underentreprenørene mener det vil bli en økt bruk av samspillskontrakter, men forhåpentligvis også en utvikling, siden dagens variant fremdeles fører til at de blir presset på pris. Det er en modningsprosess og samspillmodellen vil endres over tid. Underentreprenørene håper det blir mindre av totalentrepriser og som en presiserer, er totalentreprise noe av den minst verdiskapende kontraktene man kan få, sett fra deres side. De fører til mange avviksrapporteringer og dagsbøter hvis man ikke når mål og fokus på pris fjerner mange av synergieffektene som en samspillskontrakt kan gi. Noen totalentrepriser fokuserer på tidlig involvering sier underentreprenørene, men disse fokuserer fortsatt på pris. Bransjeforeningene trekker frem BVP. BVP handler om å skape en «vinn-vinn» situasjon der alle tjener litt og tvinger aktørene til å fokusere på noe annet enn kun pris. BVP fokuserer på samhandling over profittmaksimering. De sier at BVP fører til at man finner de rette aktørene for jobben og hindrer konflikter.

6.4 Detaljprosjektering og produksjon

Grensesnitt mellom fag, en felles utfordring

Entreprenøren peker på at en utfordring byggenæringen har er planlegging og innkjøpsrutiner. Konseptuelt er planlegging enkelt. Behovet for rett informasjon til rett tid for å unngå de vanligste fellene. Per i dag har man ikke tilgang til den informasjonen utførende sitter på som kan være veldig relevant når man prosjekterer. Dette kommer av at underentreprenørene ofte kontraheres alt for sent slik at vesentlig informasjon ikke kommer med i hovedprosjekteringen.

Underentreprenørene føler at det fremstår som en manglende vilje til å hente ut verdiene som ulike produkter faktisk har, som de mener enten kan komme av manglende bestillerkompetanse, at det i hovedsak fokuseres på pris, eller at det er krevende å få en oversikt over hvilke løsninger som finnes. Det bærer også preg av at man i dag har en silotenkning rundt fag og at prosjekter ville hatt stor nytte av at de tekniske entreprenørene hadde hatt et bedre samspill med arkitekt slik at en kan hente ut effekter fra å kunne prefabrikkere i størst mulig grad mener

underentreprenørene. Byggherrene synes også at flere fag kunne samarbeidet tettere på tvers av fag slik at fag som vanligvis har kryssende grensesnitt kunne samarbeidet og levert en komplett pakke under produksjonen.

Samarbeid kan føre til reduserte kostnader

Effektene av samarbeid på tvers av fag kan være store, særlig i kombinasjon med prefabrikasjon og en underentreprenør påstår at man har oppnådd rundt 25% reduksjon i produksjonstiden ved standardisering av leveranser og de kan enklere komme med en ganske nøyaktig pris som dekker behovene til kunden. Prefabrikasjon er alle underentreprenørene positive til og mener at prefabrikat fører til å redusere usikkerheten ved arbeidstiden som gjør kostnadsbildet for prosjektet tryggere. Samarbeid kan også føre til at man øker gjennomføringsgraden hvis de utførende har like byggemetoder. Dette krever en standard måte å bygge på, men slikt er det vanskelig å enes rundt. En årsak til at det ikke er flere produkter med høyere ferdiggrad er at det er en manglende samhandling tror underentreprenørene.

Softwareselskap erfarer derimot at mange underentreprenører ikke tilbyr nye og innovative løsninger, men heller holder seg til de preaksepterte løsningene. Løsningene til underentreprenørene har mye å si for hva en kan få, siden det til slutt er underentreprenøren som leverer. Byggherre forsvaret dette igjen med at underentreprenører har vanskelig for å se det store bildet med dagens kontrakter. Det er forståelse for at kontraktsforhold ikke oppleves som tilrettelagt og byggherrene synes dette er uheldig, siden det kan få store konsekvenser for andre aktiviteter på byggeplassen.

Logistikk og «just in time»

Entreprenøren fremhever logistikk som en utfordring i byggenæringen i forhold til at byggeplasser har dårlig plass og lite mellomagrinsmuligheter. Dette er noe som vil fortsette å øke siden byggeplassene trolig blir mer urbane i tiden fremover. Derfor prøver entreprenøren å benytte seg av Just-in-time teknikk i forhold til leveranser og logistikk. Krevende logistikk som følge av urbane byggeplasser er noe som byggherrene også poengterer og disse fremhever også bruk av Just-in-time for leveranser på byggeplass. Entreprenøren mener også at digitaliseringen og bruk av digitale verktøy kan bidra til å øke presisjonen på blant annet logistikken inn og ut av byggeplassen og hjelpe til å knytte fag sammen.

Det ligger utfordringer og muligheter i praktisk bruk av BIM

Detaljtegninger brukes i dag som et supplement til BIM som følge av at IFC-formatet ofte mister en rekke detaljer ved dataeksportering. Dette er en utfordring for byggenæringen i forhold til dette med å digitalisere byggenæringen mener byggherrene. Underentreprenørene har også utfordringer med å bruke BIM-modellen som tegningsunderlag for bygging siden det kan være en manglende forståelse for hvordan noe blir utført på byggeplass av de som tegner det inn i modellen. Det er også krevende med bruk av BIM-modeller som eneste tegningsunderlag når den norske byggenæringen bruker en stor andel utenlandske arbeidere med manglende språkkunnskaper.

En annen utfordring for underentreprenøren er at mange av delene og produktene de benytter fra sine leverandører enda ikke er digitalisert, og har mange har en egenkonstruert modell som kan lastes inn i BIM-modellen men som ikke har dataen som en ønsker fra produktverdikjeden. Dette er også krevende siden to leverandører kan levere samme produkt ifølge artikkelnummeret eller BIM-modellen, men i virkeligheten er det vesentlige kvalitetsforskjeller. Kvalitetskontroll av de digitaliserte produktene er derfor viktig.

Kunde verdi i utførelse kan være utfordrende

Entreprenøren nevnte at innkjøpsrutiner og informasjonsbehov i detaljprosjekteringen er nødvendig og en utfordring for byggenæringen i dag. Byggherrene mener oppdragsbrev er viktige å benytte aktivt gjennom hele byggeprosessen slik at alle aktørene har en klar forståelse av hva målet er og at man kan måle seg etter disse. Byggherrene har sett at prosjekter der man har en felles interesse så går gjennomføringen raskere med en høyere grad av funksjonalitet og kvalitet. Bransjeforeningene viser til at et stort fokus på å levere god og detaljert dokumentasjon fører til at det går utover kunde verdien.

Vanskelig å være synlig og anbudsform og kontrahering kan diskriminere prefabrikasjon

Underentreprenørene sier at man ikke lærer av feilene man gjør i byggenæringen i dag. Man tørr ikke å feile, og evner ikke å ta lærdom etter at man har feilet. De mener at dette fører til lite nyskaping i næringen. Byggherrene fremhever at det er stadig mer bruk av prefabrikasjon og fordelene med prefabrikasjon er at det reduserer feil. Man ser en økende popularitet for å bruke prefabrikkerte produkter særlig i råbygg med betong og massivtre, men at det er mindre av de tekniske løsningene som er modul- eller elementbasert. Underentreprenørene informerer om at det er vanskelig å være synlig med sine løsninger og produkter opp mot for eksempel byggherre siden den offentlige anbudsformen er særlig utfordrende for de med prefabrikkerte løsninger, spesielt problematisk siden de kontraheres sent og ikke blir inkludert på et tidlig tidspunkt.

Taktplanlegging og prøverom for å redusere feil

Byggherrene informere om at de har gode erfaringer med taktplanlegging for å redusere sløsing og øke verdiskapningen i prosjektet. Dette har blitt gjort ved å benytte kontrollområder med pakkeinndeling og systematisk ferdigstillelse. Takplanlegging er nytt og noe man kontinuerlig forbedrer og lærer av. Byggherrene mener bruk av prøverom og prosjektere med utgangspunkt i likheter fra tidligere prosjekter, er noe næringen kan bli bedre på. Det fører til at man overfører læring og gir en bedre forståelse for byggarbeidet og byggreggekfølgen.

Innovasjon og miljøfokus

Entreprenøren melder om en bedring i forhold til at næringen begynner å bli mer innovative og mindre konservative. Man ser også at det er en økende interesse for samspill i byggenæringen i dag og et ønske om å forbedre kommunikasjonen uten å «sikre» seg med advokater til stede. Entreprenørbransjen har i lang tid hatt et stort fokus på gjenvinning og har fremdeles det. Det er et ønske om en høy grad av gjenvinning mtp miljø, logistikk og kostnadsreduksjoner.

6.5 Overlevering, FDV og Avvikling

Driftskostnad vs. Initialkostnad, hva vil sirkulærøkonomien tilføre?

I dag ligger fokuset til byggherre på lave initialkostnader mener underentreprenørene. Det fører til at det generelt er lite fokus på vedlikeholdskostnader og utskiftningskostnader. Noe av utfordringen er uansett at byggherre må velge mellom en høy initial kostnad eller en høy driftskostnad. Bransjeforeningene informerer om at de merker et økt fokus på miljøkrav, gjenbruk og materialers kvalitet og funksjoner i forbindelse med hva som etterspørres i markedet. Disse egenskapene må kunne dokumenteres. De melder også at leverandører begynner å differensiere produktene sine med hensyn på slike egenskaper.

Bransjeforeningene mener sirkulærøkonomi vil være en sentral del av utviklingen i byggenæringen. Også underentreprenørene mener det vil bli mer fokus på miljø, gjenbruk og resirkulering og sier at næringen har hatt et fokus på dette i mange år, men at det nå er et stadig økende fokus på dette. Underentreprenørene håper det økende fokuset på miljøkrav og miljøegenskaper vil føre til en at man går tilbake til kvalitet og materialvalg som salgskriterier og hvordan det kan gjenbrukes i stedet for å fokusere på pris. Det vil etter entreprenørens mening være slik at sirkulærøkonomien vil komme som en konsekvens av sluttbrukerfokus og markedspress, men synes at sirkulærøkonomi i dag er litt som BIM for 10 år siden, man snakker om det, men vet ikke helt hvordan man skal gripe tak i det.

Livsykluskostnader og digitale verktøy kan fremme verdien og kvaliteten på bygget

Forvaltning drift og vedlikehold (FDV) er en vesentlig del av livssyklusen til et bygg. Underentreprenørene synes det er rart at en ikke dokumenterer livsykluskostnadene mer enn det som gjøres i dag. Byggherrene mener at næringen må få et større fokus på FDV og livssykluskostnadene og sier at FDV er noe som alltid har vært tatt i betraktning for byggherrene. Arkitekten mener det er viktig å ha et økt fokus på dokumentasjon og at det er spesielt viktig for byggherre siden dokumentasjon er sentralt med tanke på en effektiv drift. Byggherrene forteller om at i visse tilfeller ser byggherre på de som drifter som sluttbrukeren og ikke bare kunden. Dette gjelder ofte når bygg inkluderer leieavtaler siden man da er opptatt av hva som genererer leiekostnader som igjen påvirkes av hvordan man bygger bygget og hvilke kvaliteter som legges inn i det under bygging. Særlig publikumsbygg krever en høyere standard siden de har en høyere bruksslitasje. Arkitekten har observert at når prosjektene består av driftskontrakter tar entreprenøren andre valg som fører til økt kvalitet, noe som sammenfaller med det byggherre forteller om. Kvalitet blir dermed valgt over rimeligere alternativer.

Arkitekten tar også opp at byggenæringen ikke ivaretar driftsfasen godt nok og mener man burde se på mulighetene for en finansieringsmodell der det legges til rette for å bygge bygg med bedre løsninger for å redusere driftskostnader. Bruk av BIM kan også benyttes i FDV-fasen som en lærings- og optimaliseringsportal ved at modellen kan brukes til å samle dokumentasjonen og optimalisere FDV-fasen mener softwareselskapet. Arkitektene poengterer at næringen burde fokusere mer på livsløp og driftsstadiet, siden dette er en fase det fokuseres lite på i forhold til hvor stor del av byggets levetid den omhandler. Økt fokus på driftsfasen støttes av byggherrene som tror dette vil bli mer vektlagt fremover, men de ser at det mangler en felles plattform for hele næringen som kan ivaretar driftsfasen på en god måte.

Gjenbruksanalyse på produkt for å konkretisere produktverdi for en sirkulær tilnærming

Bransjeforeningene tror særlig gjenbruk vil bli stadig viktigere i byggenæringen og mener at det kan føre til at det blir stilt krav til å ha en holdbarhetsanalyse av et produkt med en gjenbruksplan for hvordan produktet skal sirkuleres tilbake i verdikjeden. De tror at utbyggere må konkurrere mer på gjenbruksfokus fremover og det fører med seg muligheten for produktutvikling for å møte denne etterspørselen fra sluttbrukere. Hvis det skal være et økende fokus på gjenbruk vil det også være behov for å forbedre regelverket til å gjelde kombinasjonsbruk av ferske og gjenbrukte materialer. Bransjeforeningene mener det vil ligge

en særlig god kombinasjon med element og modulproduksjon og gjenbruk hvis man klarer å utvikle en måte disse enkelt kan skiftes ut, uten at bygget eller produktene rives.

Samhandlingskontrakter vil fortsatt skape konflikter ved overlevering og sluttoppgjør

Når det kommer til overlevering og ferdigstillelse av produksjonsfasen så er det særlig underentreprenørene som har erfaringer å dele. De mener at til tross for at samhandlingskontrakter har gode forutsetninger for å gjøre det bra under produksjonsfasen tror de at den likevel vil kunne føre til konflikter og uenigheter siden samhandlingskontraktene medfører at man investerer mye tid før man får en kontantstrøm og det er en usikkerhet rundt sluttprisen. Underentreprenørene snakker også om at flere tekniske UE i Oslo-området ikke lengre ønsker å samarbeide med flere store aktører som følge av at de misbruker den makten de har som en dominerende aktør. Det brukes særlig mye ressurser på sluttoppgjøret som fører til at det nærmest spekuleres i avklaringer og sluttoppgjør mener flere av underentreprenørene.

6.6 Industrialisering

Økt etterspørsel av prefabrikat men vanskelig å syns i markedet

Etterspørselen har økt de siste årene og økt import av elementer og moduler nevner en underentreprenør at har økt etterspørselen i markedet. Konkurransefortrinnet til Norske industriprodusenter er samspill, nærhet til kunde og fleksibilitet ved tilnærming av behovene til bestiller. Flere bransjeforeninger sier at flere prosjekter har hatt dårlig erfaring med moduler og elementer der mye har vært import.

Alle aktørene sier at det ikke er billigere med prefabrikkerte konstruksjonsdeler. Mulighetene er at en sparer byggetid, raskere tørt bygg, kortere riggetid og en kan øke kvaliteten. Som en underentreprenør presiserer er en med dagens byggemåte ofte tjent med å benytte plassbygd metoder siden en ikke klarer å hente ut mulighetene og gjør feil. Variert bestillerkompetanse og synligheten av produkter i markedet er utfordrende peker flere underentreprenører på. Byggherre sier også at det er vanskelig å ha oversikt over produkter i markedet.

Byggherre mener at en er litt i eksperimentfasen med industriell bygging i dag. En bransjeforening peker på viktigheten med å øke kompetanse for å forstå effekten av industrialisering i byggenæringen og hvilke effekter en kan hente ut av det. Der ligger det mye verdi hvis en klarer å hente ut disse effektene. Økt grad av prefabrikking vil påvirke råvarene og måten produktinnovasjon foregår. En underentreprenør mener også at økt teknisk

kompleksitet taler positivt for prefabrikking og fjerner kompleksiteten i bygging og reduserer risiko.

Tidlig involvering og industriell forståelse er viktig for å lykkes

Alle underentreprenørene peker på viktigheten av å involveres i tidligfase. Da har man mulighet til å hente ut verdien til produktet og produksjonssystemet. Transport er et viktig ledd ved prefabrikking og flere aktører påpeker risikobildet ved transport gjennom Europa og at transportkostnaden kan utgjøre over 10% av totalkostnaden.

Arkitekt og underentreprenører peker på at en industriell produksjon ikke betyr at noe trenger å se likt ut og. En annen utfordring med industrialisering og digitalisering er tilnæringsmåten mange har og ikke alle klarer å tilpasse seg denne måten i prosjekter enda. Derfor krever det mye opplæring og oppfølging i prosjekter for de som ikke er vant med det. En elementprodusent velger å konstruere elementene manuelt for høy fleksibilitet for bestiller og nevner at det ikke er noe problem å knytte flere fag sammen i produksjon, men da kreves det samarbeid og jobbe mot et felles mål. Bransjeforeningene peker på at hvis det velges Norske produsenter er dokumentasjon og kvalitetskontroll lettere.

Prosjekteringsmetoder og forutsetninger for industrialiserte prosesser

Entreprenør forteller at det begrepet industrialisering tar med seg, er et ønske om å eliminere svinn, unngå forsinkelser og de andre typiske faktorene fra Lean. Industrielle byggemetoder er bare et steg av mange innenfor industrialisering. Byggemetoder, kontraktsutforming og samhandlingsform mellom aktører under byggefasen er tre viktige deler av industrialisering.

Det å ha et tankesett som går i retningen av å planlegge byggingen og alle inputer inn i en prosess så tydelig som mulig og ha kontroll over tiden, kvaliteten, standardene og avhengighetene så tidlig som mulig. Erfaringen en bransjeforening sitter på forteller at tar man industrialiseringen langt og krever at man skal gjøre ting helt likt fra et prosjekt til et annet og få rutiner på det, så ser man at det har gitt bedre marginer. Det er derfor viktig å se på volumene man må opp i for å oppnå en effekt og hvilke prosesser en bør gjøre likt.

Entreprenør sier at industrielle byggemetoder er komplekse og ikke sammenlignbart med produksjonslinjen industri har på samme måte men fullt mulig å få til. Arkitekt nevner at skal man ha prefabrikkerte løsninger må en bestemme seg for grensesnitt og låse disse tidlig. Byggherre peker på «just in time» prinsippet og taktplanlegging for å forhindre sløsing og

mellomlagring og at gode planer er viktig. En underentreprenør sier det er vanskelig å hente ut maseproduksjonsfordeler siden det er stor variasjon av produktønsker i prosjektene.

Flere aktører sier at metoden der en planlegger og bygger samtidig som brukes mye i dag, ikke er heldig med bruk av produkter med høy ferdigstillingsgrad siden det da ofte kommer endringer i prosjektet underveis som kan føre til nødvendig plassbygd tilpasninger. En bransjeforening sier rådgiverbransjen må vise byggherre mulighetene og effektene av industrielle metoder og for å lykkes er det viktig å optimalisere logistikk og prosjekteringsprosessene for å hente ut disse effektene. Flere aktører peker på viktigheten med informasjonsflyt mellom aktørene for å hente ut effektene og derfor er standardisering av informasjonsflyt viktig for å lykkes.

6.7 Standardisering

Norske lover, et rammeverk med muligheter og utfordringer

Lovene i Norge er bra for byggenæringen sier underentreprenørene. Strenge krav om HMS fører også til at aktørene fokuserer på kvalitet som følge av renhold, ryddighet og sikkerhet, de som ikke bryr seg om HMS bryr seg sjeldent om kvalitet. Som følge av a lovverket har hyppige endringer siden byggene stadig blir mer komplekse, vil det å legge mer av produksjonen av prefabrikkerte elementer og moduler til Norge, gi en større trygghet mener underentreprenørene. Dette i forhold til import som i dag er en vesentlig kapasitetstilførsel.

Samtidig poengterer underentreprenørene at eksport av norske produkter er krevende siden kravene fra Norge ofte er langt strengere enn de internasjonale kravene og fører til at Norske produkter er dyrere enn andre produkter. Dette fører til at Norge ekskluderer seg selv fra et stort eksportmarked. De sier også at lovverket er uoversiktlig og at bransjen bruker mye tid på uklare rammebetingelser for å tolke disse som igjen fører til at aktørene blir usikre. Bransjeforeningene poengterer at regelverksutforming i seg selv er en innovasjonspådriver og kan være med å åpne for utvikling og nyskaping, hvis det blir brukt på riktig måte.

Lov om offentlig anskaffelse

Lov om offentlig anskaffelse er en lov som blir trukket frem av flere. Underentreprenørene føler de blir diskriminert av som følge av hvordan prosjektbeskrivelser og anbud blir gjennomført. Underentreprenørene informerer om at dette er noe som har vært oppe politisk og som både de og det offentlig ønsker et annet regime for. Byggherrene mener lov om offentlig anskaffelse hindrer byggherrene å kunne kreve produktspesifikke løsninger og heller må etterspørre

funksjon og løsning. Dette er noe de synes er bra, siden det stimulerer til at aktører kan tilnærme seg fra flere ulike retninger. Byggherrene sier at en ulempe med lov om offentlig anskaffelse er at bevilgningene tar lang tid, men fordelene er at anskaffelsen blir kvalitetssikret. Byggherrene ser fordelene for de private byggherrene som kan ha mye raskere prosesser som kan være fordelaktig i et samfunn som utvikler seg raskt, det er særlig fordelaktig for industrialisering.

Teknisk forskrift

Softwareselskapet sier at utformingen av Teknisk forskrift er tidkrevende siden det må være en konsensus hos kommunene, men viktig for å få med alle og for å forankre dette i kommunene. Softwareselskapet forteller også at det er mye intern uenighet i direktoratet for byggekvalitet (DIBK) rundt funksjonell eller detaljbeskrevet teknisk forskrift som også fører til at ting tar tid.

NS-standarder

Bransjeforeningene sier at NS-standarder gir forutsigbarhet og stimulerer innovasjonstakten, men at de er krevende å lage siden de krever konsensus og ulike aktører har ulik interesse i utformingen. Bransjeforeningene mener at lovverket og forskrifter burde benyttes for å legge til rette for innovasjon og industrialisering og at dette ikke burde standardiseres i en NS-standard. Bransjeforeningene sier at det er krevende å få til endringer i lovverket som følge av aktører som fokuserer på å levere billigst mulig løsninger har en dominans i politiske prosesser og er noe av årsaken til at utvikling av lovverket og forskrifter er krevende.

Felles digital plattform

Det er stor enighet i byggenæringen om behovet for en felles digital plattform. Arkitekten sier at det er et stort behov for et felles digitalt språk en kan benytte for å innovere og kommunisere med og mener det er nødvendig for å få til Lean i disse prosessene. Softwareselskapet sier at det i dag er alt for mange frittstående systemer både med software, men også for styring av tekniske systemer. IFC-formatet er et godt eksempel på et forsøk på standardisering som er innført i byggenæringen, mener arkitekten. Det er også et godt eksempel på et åpent format for lettere å implementere digitalisering i næringen. Byggherrene er enig i at det mangler en felles plattform og mener det er et stort behov for dette som følge av den teknologiske utviklingen som er i byggenæringen.

Arkitekten sier at åpne standarder og plattformer er viktige for innovasjon som kan inkludere også små aktører og gi konkurranse på et likt grunnlag. Særlig innenfor digitalisering trekker arkitekten frem at BuildingSmart og Standard Norge jobber mye for åpne plattformer, men at

entreprenørene er lite involvert i slike fora. Det er viktig at størst mulig del av næringen deltar i utviklingen slik at man får til en felles enighet og forståelse. Arkitekten poengterer at det byggenæringen mangler overordnede prosesser og mener standardisering og digitalisering kan være gode hjelpemidler for å lykkes med å få på plass noen overordnede prosesser. Byggherrene sier at en plattform som angir en rød tråd gjennom hele næringen er viktig.

Standardisering

Bransjeforeningene mener standardisering og industrialisering kan føre til økt verdiskapning. Men for å få til dette må man standardisere begreper som benyttes i næringen for å fremme kommunikasjonen og unngå misforståelser, innføre produktstandarder slik at man betegner ting på en lik måte og innfører mer overordnede og åpne standarder. Bransjeforeningene tror også standardisering av de grunnleggende forutsetningene som alle bygg må oppfylle slik som tetthet, varme, lufttilførsel, lys og så videre kan gi god effekt. Da handler ikke standardiseringen av utformingen. Arkitekten støtter dette og mener man trenger overordnede standarder for prosessene i byggenæringen og ikke standardisering av fagspesifikke detaljer. Det burde også utarbeides en felles terminologi og måte å kommunisere på, også digitalt. Uten standardisering er det krevende å få en fragmentert næring til å kommunisere og utveksle informasjon. Arkitekten poengterer at fundamentet for Lean er standardisering, men vektlegger at grunnlaget for innovasjon ikke må standardiseres.

Utvikling viktig for å lykkes med standardisering

Arkitekten mener det er bra at byggherrene pusher næringen til å fokusere på standardisering, digitalisering og innovasjon slik som flere av Statsbyggs prosjekter. Dette er underentreprenørene også enige i og mener at de er viktig at man er fremoverlente og fokusere på innovasjon. De mener det er viktig å ha tørre å ha ambisjoner og løfte blikket til andre næringer og se på deres forskning og mulighetene det gir. Bransjeforeningene sier at man behøver ikke å standardisere og industrialisere alt på en gang, men ta et skritt av gangen og fokusere på et område av gangen. Dermed er forskning og utvikling sentralt for å skape forutsetninger for å lykkes med standardisering mener arkitekt. Bransjeforening mener at økt grad av standardisering vil føre til mindre konflikter og en økt felles forståelse.

6.8 Digitalisering

Norge kan lede an i den digitale utviklingen

Norge er langt fremme på software mener et softwareselskap. Det kan komme av at kulturen rundt å samarbeide er mer integrert i landet enn det man tror. BIM har potensialet til å bli en erfaringsdatabase slik som kraftindustrien deler datainformasjon. Byggenæringen vil være tjent med å jobbe mot en datadreven byggenæring som kan bruke reelle data og fakta for å drive en kontinuerlig forbedring. Er det et sted en kan lykkes er det i Norge. En bransjeforening sier at for å bryte ned de siloene med fysisk lagret informasjon hos ulike aktører så må man få en grunnstruktur på plass. Derfor er standardisering viktig i forbindelse med digitalisering. Softwareselskapet presiserer også at Norge kan lede an i denne utviklingen og at dette vil kunne åpne opp eksportmuligheter og næringen vil kunne posisjonere seg internasjonalt.

Flere aktører presiserer viktigheten av de åpne plattformene for å få til utvikling og entreprenøren peker på at det også ligger et konkurransefortrinn i den digitale transformasjonen hos aktørene man ikke kan påtvinge at en skal dele. Arkitekten peker på at de overordnede digitale formatene er de som må standardiseres og at åpne plattformer kan muliggjøre bedre digital samhandling og innovasjon for eksterne aktører, i større grad enn det det er i dag. Som softwareselskapet sier, handler digitalisering ikke om BIM men strukturering av data.

Felles digitalt språk og rammer rundt data som genereres

Et problem som byggherre og arkitekt påpeker er at mange verktøy ikke snakker godt nok sammen. Detaljer kan forsvinne og aktørene har behov for forskjellig grad av informasjon som de benyttede verktøyene ikke overfører. Bransjeforeningene nevner også at åpne systemer og formater er viktig for utvikling. At man kan kommunisere sammen på en felles digital plattform. Men for å komme dit må man ha på plass en bedre sikkerhet og systemarkitektur rundt den digitale rammen. Byggherre påpeker at det er menneskene som utfører samhandling og at det digitale er et verktøy for dette.

En bransjeforening nevner at det må bestemmes hvem som skal ha tilgang til og innsyn i dataen man generer fra sensorer, roboter og andre teknologiske løsninger. Å benytte block-chain prinsippet rundt denne informasjonen er en mulighet. Det vil også være viktig å få på plass standardisering tidlig slik at en får et best mulig utgangspunkt for de åpne plattformene og lette integreringen av disse. Standardisering kan heller ikke være for detaljert så en hindrer utvikling peker flere aktører på.

Digitale verktøy i prosjektering og utførelse

Byggherre nevner at det testes med digitale piloter og at det jobbes med å innføre 4D i BIM. Dessverre er det ikke alle som benytter BIM og det gjør digital samhandling problematisk. En underentreprenør sier at de ønsker å benytte digitale verktøy, men det er kostbart og markedet må være modent før en kan ta det i bruk. Med stramme marginer er det en utfordring. En annen underentreprenør forteller at de aktivt har vært med i å utvikle BIM og bransjeforeningene nevner at digitalisering vil hjelpe næringen til å endre seg i riktig retning.

Arkitekt forklarer at å kunne visualisere prosjekteringen er en fordel for å få med seg sluttbrukers behov i hele prosjekteringen og softwareaktøren peker på bruk av AR/VR for visualisering av dette men også som verktøy for de som bygger og dokumenterer. Arkitekt sier det er behov for at drift og dokumentasjon kommer inn i BIM og at en modell der råvaredata tagges til et produkt som igjen kan kobler mot drift, vedlikeholdsplan og avvikling.

Digitale forståelsen hos aktører og viktigheten med å få med seg råvareindustrien i utviklingen

Bransjeforeningene nevner at det må til en kulturendring også for digitalisering for å få synergieffekten av det. Det er interesse for digitale prosesser, men ledelsen i bedrifter må forstå mulighetene for at det skal bli mulig. En bransjeforening sier at digitale prosjekteringssystemer vil fremme muligheten for industrialiserte prosesser.

Flere peker på at det er viktig å få med seg råvareindustrien på utviklingen for at en skal få med seg den informasjonen som ønskes. I dag er NOBB og CoBuilder konkurrenter og flere peker på at byggevarekjedene sitter på mye makt rundt denne utviklingen. Differensiering av produkter og informasjonen som ligger i produktene som miljø og kvalitet er en utfordring å få igjennom peker en bransjeforening og noen underentreprenører på.

6.9 Innovasjon

Politisk medvirkning på innovasjon

Underentreprenørene mener at Byggherre må ta mer ansvar sammen med politikerne om å kreve mer innovasjon og å levere på annet en kun pris. Generelt må man bli flinkere til å løfte blikket til andre typer industri og annen type forskning og tørre å ha andre ambisjoner enn man har i næringen i dag. Bransjeforeningene poengterer at bestiller burde velge basert på andre forhold enn pris, for eksempel deres innovative tilnærming. Det ble utstøtt en bekymring fra flere av bransjeforeningene at det vil kunne bli et økende konfliktnivå i næringen hvis man forsetter å fokusere på pris og ikke kompetanse. Konfliktnivået i byggenæringen er for høyt i

dag. Det kommer av at man blir kontrahert på minimumspris og da får man løsninger og kvaliteter deretter, uten at den totale kostnaden blir noe særlig lavere.

Softwareselskapet på sin side sier at prosjekter som Digibbygg er bra for næringen siden de danner arenaer og pilotprosjekter som prøver ut nye løsninger. Men side flere av rammebetingelsene i næringen settes av de offentlige byggherrene er en del av utfordringen for utvikling for kommuner at de kanskje sitter på lite kompetanse og derfor vil de være godt tjent med å slå sammen kommunene og danne tverrkommunale kompetanseplattformer. Bransjeforeningene foreslår at prosjekter som bruker lang tid i designfasen kan brukes som en innovasjonsarena for å finne den løsningen man faktisk ønsker og bestille for deretter å benytte innovasjonspartnerskap som kan være med på å endre kulturen. Men for at disse tingene skal kunne la seg gjøre er det viktig å legge til rette for opplæring, oppfølging og utvikling og at prosjekter har etablerte rammer og tydelige mål, men også at de har takhøyde nok til å prøve nye ting, som blir poengtert av Arkitekten.

Læringsplattformer og digital overlevering

Arkitekten mener det bør etableres læringsplattformer og tilrettelegge for å hente erfaring fra andre næringer slik at man kan utvikle løsninger som bidrar til å effektivisere prosessene man skal utføre. Underentreprenørene poengterer at sluttbrukeren kommer alt for lite til og for sent inn i prosessen. En digital samhandling, godkjenning og overlevering av prosjektet vil føre til at man kan få brukeren mer i fokus. Det gir en god gjennomgang på levering og prosjektering og man kan ta en overlevering av den digitale modellen med byggherre og bruker for å unngå misforståelser.

Prototyping og fleksibilitet ved nye løsninger

Underentreprenørene mener at byggenæringen må følge med på utviklingen og være fremoverlente for å ivareta og levere best mulig produkter. Byggenæringen må også blir flinkere til å legge til rette for å teste løsninger i småskala før man implementerer disse i fullskala prosjekter. De må altså tilrettelegge for prototyping, testing av disse og eventuelt prøverom i prosjekter. Per i dag hvis man prøver å være innovativ og gjør en feil så kan det få store konsekvenser. En underentreprenør bemerker at man kanskje har en liten gevinst fra prefabrikasjon hvis en bruker dagens materialer og dagens metoder. Den virkelige gevinsten får man når man finner nye materialområder og nye metoder å prefabrikkere på.

Får vi en ny materialbruk så kommer dette med prefabrikkering til å se helt annerledes ut og da har man gjort fremskritt. Entreprenøren støtter dette og mener det som virkelig vil tilføre verdi er når man klarer å oppnå gjeldende krav med nye materialer eller byggemetoder. Slik tenkning er det lite av i dag og entreprenøren mener byggherre sitter på en viktig rolle for å påtvinge innovasjon. Pushet på innovasjon bør komme fra byggherre og ikke entreprenør.

Bransjeforeningene bemerker at preaksepterte løsninger byr på utfordringer, siden kravet om analyse ved fravikelse av dette gjør det kostbart for mange å dokumentere nye løsninger. Dette hemmer utviklingen og fører til at man begrenser bruken av produkter.

Bestille innovasjon og skape en kulturendring

Bransjeforeningene ser en kulturendring i forhold til dette med bestilling og innovasjon der man bruker bestillermakten for å kreve innovasjon, men det stimulerer til den tradisjonelle lineære organiseringen av næringen. Derfor er det behov for å forbedre bestillerkompetansen slik at man klarer å bestille innovasjon, for eksempel gjennom bruk av innovasjonspartnerskap. Softwareselskapet mener byggenæringen må gjøre som andre næringer gjør og benytte seg av prototyper for å øke kunde- og sluttbrukerverdi der man kan teste og utvikle, men det krever en kulturendring for å få til. Bransjeforeningen støtter at det må til en kulturendring for å få til innovasjon og endring, men det må også være en modenhet i toppledelsen og forståelse for muligheter som finnes.

Åpne plattformer som muliggjør effektiv innovasjon

For å fremme innovasjon og utvikling så mener arkitekten at det er sentralt at man jobber mot et fokus på åpne plattformer med der man utvikler plattformen gjennom informasjonsoppbygging. Da fokuserer man på hvilken informasjon som er lik og bygger opp plattformen rundt det. Bransjeforeningene tar opp at byggenæringen mangler åpne registre med erfaringer på problemer og løsningen på dette, noe som åpne plattformer kan legge til rette for. Dette krever datasikkerhet og adgangskontroll til informasjon som ikke alle burde ha tilgang til, men som følge av manglende IT-forståelse og en næring med små marginer så trigges ikke satsning på dette. Manglende IT-forståelse fører også til en oppfatning av at åpne plattformer er en trussel. Nøytrale arenaer som BuildingSmart der man kan prøve og feile er viktig i for innovasjonen i byggenæringen mener bransjeforeningene. Slike arenaer er også med på å få folk til å tenke annerledes og bidrar til en kulturendring. Det er dermed viktig at byggenæringen støtter oppunder slikt arbeid som BuildingSmart jobber med.

Produktutvikling og tidkrevende standardutgivelser

Underentreprenørene mener produktutvikling er viktig og at det vil være et fortsatt fokus på utvikling av produkter og forretningsområder. De mener også at de som klarer å ha et godt fokus på produktutvikling vil være de som vil komme best ut av det. Bransjeforeningene mener at utgivelsene av NS-standarder tar for lang tid i dag og raskere utgivelser vil bidra til å stimulere innovasjonstakten i byggenæringen. Derfor er utvikling av hvordan man lager NS-standarder viktig og inspirasjon fra startup-miljøer og Lean startup burde vurderes.

Digitale produktdatablad og sirkulærøkonomi

Bruk av digitale produktdatablad er stadig økende og vil være sentralt i forhold til fokuset på gjenbruk og den økende interessen for sirkulærøkonomi. Bransjeforeningene poengterer at det i dag i hovedsak er to byggevarekjeder som sitter med systemene å strukturere de digitale produktdatabladene fra leverandørsiden. Dette er begrensende for utviklingen innenfor leverandørsiden. Økende interesse for sirkulærøkonomi støttes av arkitekten som tror dette vil være sentralt og særlig interessant i kombinasjon med elementproduksjon siden man vil kunne ha elementer som kan byttes ut eller oppgraderes uten å rive. Sirkulærøkonomi og sirkulærtankegangen vil ha en positiv innvirkning på innovasjon i byggenæringen tror arkitekten.

7 Diskusjon

Diskusjonskapittelet tar for seg de overordnede temaene problemstillingen omhandler, og temaer som har blitt belyst sentrale i etterkant av intervjuene. Disse temaene blir diskutert i forhold til tidligere forskning, teori og resultater fra kalkylen. For å danne en bedre forståelse i diskusjonen vil enkelte sider bli eksemplifisert med utgangspunkt i et veggelement, slik som i kalkylen, eller ved hjelp av sitater fra intervjuobjektene. Innledningsvis vil metodevalgene og resultatene fra disse diskuteres.

7.1 Intervju

I etterkant av intervjuene gjorde visse forhold seg synlige, som kunne vært håndtert annerledes. I forbindelse med forarbeidet rundt intervjuene burde sentrale begrep, som det er en del ulike tolkninger av i byggenæringen, vært tidlig avklart og definert fra oppgavens side. Dette er begreper som standardisering, industrialisering, kvalitet og standarder. Disse kunne vært sendt til intervjuobjektene i forkant av intervjuene slik at både forfatterne og intervjuobjektet var omforent med hva som lå i de ulike begrepene, og på den måten kunne intervjuene generert et mer presist resultat. Slik resultatet foreligger nå må det forstås at det kan være ulike tolkninger av de ulike begrepene som har farget deres svar, og som ikke sammenfaller med forfatternes forståelse av begrepet.

Ved rekruttering av intervjuobjekter til intervjuene ble det bevist tatt utgangspunkt i personer som hadde vist interesse i å få til en endring i næringen. Utvalget kunne vært sammensatt med en bedre struktur slik at samtlige aktører i de ulike delene av næringen var tilnærmet likt representert. Slik det ble for denne oppgaven består noen av kategoriene av én aktør, noe som i utgangspunktet gir lite mulighet for å kunne generalisere resultatene. Andre kategorier består av mange aktører, som gir et mer omfattende/helhetlig bilde. Dette kan ha gitt et vridd resultat mot disse aktørene. I tillegg er det visse kategorier som ikke er representert, slik som politiske instanser, private byggherrer og byggevarekjedene. Byggevarekjedene var i utgangspunktet satt som en avgrensning i verdikjeden, men i retrospekt kunne det vært interessant å få frem deres tanker. Det kan likevel sies at det i arbeidet med utvalget til intervjuene ble vektlagt å intervjuer en rekke aktører fra ulike bransjeforeninger. Det ble vurdert at disse favnet en bred forståelse for sine medlemsbedrifter og kunne gi et godt bilde av dagens situasjon for sin bransje.

Når det kommer til analysen av intervjuene ble alle bransjeforeningene bevisst gruppert i samme kategori. Det hadde vært interessant å se sammenhengen mellom bransjeforening og

aktør som tilhørte samme del av næringen for å se om det var noen likheter. Dette hadde også vært en fordel for de aktørene som var underrepresentert. Siden etterarbeidet med intervjuene og at analysearbeidet var omfattende, strakk tiden derimot ikke til for å gjennomføre en slik analyse.

Som følge av åpne temaer i intervjuene har resultatene blitt omfattende, favner bredt og kunne vært mer konkrete med mer presise spørsmål. Når det er sagt sitter forfatterne som følge av dette igjen med en følelse av å ha oppnådd en stor forståelse for hvordan byggenæringen oppleves fra intervjuobjektens ståsted, som har vært til stor motivasjon og hjelp i arbeidet med oppgaven.

Det ble valgt å ta med temaer som ikke direkte omhandler industrialisering som følge av at disse temaene belyser problemer som næringen fokuserer på. Disse problemene kan indirekte påvirke mulighetene for et industrielt tankesett.

7.2 Case - Industriell og plassbygde kostnadsdrivere

Kalkylens oppbygging tok utgangspunkt i måten Norconsult sin ISY Calcus (Norconsult Informasjonssystemer AS, 2018) beregner selvkost. Dette ble gjort for å få en god tilnærming til datagrunnlaget. Forfatteren som har hatt hovedansvaret for utformingen av kalkylen gjennomførte et kurs hos Norconsult i forkant av utarbeidelsen av kalkylen. Dette ga en god forståelse for hvordan disse kalkylene er bygget opp. Siden forfatterne ikke hadde tilgang på programvare ble det laget en egen kalkyle som integrerte risikovurdering basert på tripplestimering. I etterkant var dette gjort på en noe mer omfattende måte enn nødvendig. Dette kan ha påvirket validiteten og redusert den noe, siden kalkylen ble stor og med mange variabler. I et forsøk på å redusere usikkerheten for programmeringsfeil er kodelinjer kontrollert med håndberegning for å kvalitetssikre at variablene gir riktig output.

Det er viktig å poengtere at dette primært har vært en analyse av veggkonstruksjoner med tilhørende byggemetode og produktivitetsutfall, mens intervjuene gjenspeiler hele næringens utfordringer. Dermed vil selvkosten fra kalkylen og risikovurderingene i casen gi et lite bilde av mulighetene og utfordringene sett i lys av intervjuene. Men igjen, selv om casen ser på en liten del av de totale bildet, gir det et godt grunnlag for å poengtere de industrialiserte byggemetodene. Casen og kostnadsbilde sier heller ingen ting om opplevd kvalitet for sluttbruker, foruten at det er preaksepterte løsninger fra Sintef Byggforsk (Byggforsk, 2018d) som er benyttet.

Av innhentet data for materialgrunnlaget ble det bare innhentet data fra to aktører. Det hadde vært ønskelig med flere aktører for å få et bedre bilde av markedet i dag, slik at det kunne presentert et mer generalisert resultat. Resultatene i oppgaven gjenspeiler to store aktører i næringen, og vil gi en god indikasjon på de forskjellige byggemetodene. Forskjell på pris mellom de to aktørene skyldes i hovedsak at entreprenøren har en større stordriftsfordel enn elementprodusenten. Entreprenør har en produktverdikjede som inkluderer byggevarehandel, mens elementprodusent forhandler direkte med sagbruk og produsenter av materialer. Dette vil si at entreprenøren har en lavere pris enn elementprodusenten til tross for at entreprenøren har et ekstra ledd i verdikjeden sin. Dette kan igjen forklares med at entreprenøren er en av de større entreprenørene i byggenæringen og trolig har en langt bedre innkjøpsavtale enn det elementprodusenten klarer å få. Generelt sett ligger nok materialprisen oppgitt fra elementprodusenter nærmere den gjennomsnittlige materialprisen i Norge.

Hvis en tar bort «vindu og dør» fra materialkostnadene i kalkylen er gjennomsnittlig standardavvik mellom de to 7.1%, som i seg selv ikke er en betydelig forskjell. Sett i forhold til kostnadsdrivere fra resultatene og «hva-hvis»-analysen utgjør det en vesentlig forskjell mellom de to byggemetodene. Ser man på resultatet der elementprodusentens materialpris er lik som entreprenørens materialpris, er totalkostnaden for elementer 10% billigere. Det reflekterer noe av markedsmakten byggevarekjedene har, som også blir poengtert av flere av intervjuobjektene.

Usikkerhetsanalysen for byggemetodene er utført av forfatterne selv. Siden erfaringene med usikkerhetsanalyser er lav, baseres mye av analysen på tidligere forskning og statistikk, sammen med egne vurderinger. Det er derfor rimelig å anta at resultatet kan avvike noe fra en reell analyse. Poenget med usikkerhetsanalysen er derimot å belyse områder som har potensialet for forbedring eller som en kan hente ut muligheter fra. Disse vil knyttes mot eksempler i diskusjonen videre.

I industrielle byggemetoder er logistikk, å ha en god plan for utførelse, samt unngå mellomlagring viktige faktorer for å redusere risikobildet. Temaer fra Lean som «Last Planner», taktplanlegging, pakkeinndeling, kontinuerlig læring, «Just-in-time» og tidlig involvering er sentrale temaer knyttet til utførelse (Dennis, 2007; Kalsaas, 2017). Intervjuobjektene har poengtert at bruk av Lean-verktøy er sentralt ved industrielle byggemetoder. Det er flere områder som vil være nødvendig å belyse, men disse er avhengig av prosjektstadiet.

Plassbygde prosesser har et noe mindre risikobilde, men dette risikobildet knytter seg primært til arbeidskostnadene ved forskyvning av planlagt fremdrift eller sløsende arbeid. Tiltak for å øke produktiviteten for plassbygde prosesser er å benytte flere av Lean-prinsippene, som ble nevnt i forrige avsnitt. Likevel vil ikke produktivitetsøkningen kunne stige like betraktelig som det de industrielle byggemetodene har potensiale for, og som resultatene tydelig viser. I diskusjonen vil dette temaet bli tatt opp. Casen belyser de økonomiske og tidsmessige aspektene og intervjuene reflekterer de kvalitative utfordringene og mulighetene.

«VDC-guruen Martin Fisher fra CIFE på Stanford sier at bruk av prefabrikkerte elementer i produksjon, i seg selv, ikke er billigere, det er raskere. Det har alt annet, som høyere kvalitet og det kan redusere mye risiko i bygging. Dette kan som nettoeffekt redusere pris.» (Arkitekt, IO06)

Siden totalkostnaden i kalkylen er tilnærmet lik for begge byggemetoder ser man at elementprodusenten ikke har klart å hente ut en prisreduksjon som en industriell prosess kan bidra til.

7.3 Dagens situasjon

Den norske byggenæringens utfordringer er kjent for mange og dette kommer godt fram fra intervjuene og tidligere forskning. Lignende utfordringer har man hatt helt siden den første industrielle revolusjon. Ser vi på bilindustrien på begynnelsen av 1900-tallet var bilene meget kostbare som følge av at alle var håndlagde og dermed unike. Dette betydde at hver bil var lagd spesifikt til hver enkelt kunde, og kvaliteten var uforutsigbar siden hver bil var en prototype. Dette gjorde det vanskelig å lære fra gang til og gang, og dermed også vanskelig å redusere variasjonen i produksjonen (Dennis, 2007). Nå er det ikke slik at å sette opp en bygning er det samme som en bil, det er ofte en meget omfattende, kompleks og sammensatt prosess (Kalsaas, 2017). Det er likevel noen påfallende likheter mellom hvordan oppføringen av et bygg er og hvordan en bil ble bygd på begynnelsen av 1900-tallet. Bygget er gjerne håndlaget av fagarbeidere på byggeplassen, bygd spesifikt etter ønskene til en kunde og kvaliteten er varierende som følge av at hvert byggeprosjekt er unikt. Siden bygget er unikt og kvaliteten varierer, har byggenæringen utfordringer med å lære fra gang til gang og sikre kontinuerlig læring.

For å se videre på sammenligningene mellom en byggeprosess og bilindustrien kan vi se til det neste steget i industrialiseringen. Henry Ford er kjent for å ha innført standardiserte produksjonslinjer og endret bruken av samlebåndet slik at deler kom til arbeiderne, i stedet for at arbeiderne hentet deler. En annen vesentlig endring som Ford tok med seg var at han drastisk

standardiserte bruken av deler, forenklet kompliserte deler og bygde de som sammensatte moduler (Dennis 2007). Dette er en fremgangsmåte som fremdeles preger bilindustrien ved at ulike produsenter lager ulike moduler, som så settes sammen på bilfabrikken. Igjen er byggenæringen annerledes, men man ser likhetstrekk. Et byggeprosjekt lar seg vanskelig bevege på seg slik at det som skal monteres kommer til fagarbeiderne, men det er her standardisering og industrialisering kommer inn. Dagens industrialisering har ikke forenklet måten vi bygger for eksempel vegger på, men den forenkler logistikken på byggeplass og sikrer bedre kvalitet og arbeidsmiljø for fagarbeiderne (Moum et al., 2017a) Som både intervjuene, kalkylen og tidligere forskning viser, gir bruk av prefabrikkerte løsninger og standardisering av disse en økt produktivitet. Dette opplevde også Ford (Dennis, 2007).

Det kan derfor ligge et stort potensial når næringen klarer å finne løsninger som tilfredsstillers forskrifter og samtidig er langt enklere sammensatt. Økning av ferdigraden på industrialiserte produkter er en tilnærming for å få til dette. Dette er fremdeles ikke en ny måte å bygge på, man bare ferdigstiller mer før man sender det til byggeplassen. Næringen er flinke til å ta i bruk ny teknologi og er ivrige i å teste ut nye (Dialogkonferanse, 2018). Man henger likevel etter med å tilrettelegge for å hente ut de industrielle effektene. Dette kommer av at næringen ikke klarer å tilpasse seg et industrielt tankesett.

Slik det fremgår av intervjuene og tidligere forskning legger man mye forskjellig i begrepene industrialisering og industrielle byggemetoder. For å lykkes med industrialisering er det viktig å enes om hva det betyr. Industrialisering av byggenæringen handler om mer enn bare å benytte industrielle byggemetoder i utførelse og detaljprosjektering (Moum et al., 2017a). Hele næringen må tilnærme seg et industrielt tankesett. Byggeindustrien har gjort dette ved hjelp av en Lean-filosofien. En utfordring med Lean i byggenæringen er at ulike aktører legger til grunn ulike aspekter ved Lean i sin virksomhet, og mange bruker det som et verktøy og ikke et mål. Dette er to aspekter med Lean som mange opplever utfordringer med når de skal ta i bruk Lean (Modig & Åhlström, 2012). Det er derfor helt essensielt at byggenæringen forstår at Lean er en filosofi og en kultur. Kulturen må innarbeides i alle ledd i verdikjeden og den må kontinuerlig jobbes med. Toyota med sitt verdenskjente produksjonssystem brukte over 40 år på å tilrettelegge for Lean i egen og leverandørene sine verdikjeder. Derfor vil det å implementere en kultur i en fragmentert byggenæring være svært krevende.

Sentralt med Lean er kundefokus og kunde verdi. Oppfyllelse av kundens behov fører til en verdiskapning. Byggenæringen sier at sluttbruker- og samfunnsbehovet fokuseres på, men oppgaven identifiserer at dette ikke blir vektlagt i like stor god grad i hele byggeprosessen. Til

tross for at intervjuobjektene identifiserer sluttbruker- og samfunnsbehovene som viktige er paradoksalt nok hovedfokuset til aktørene å tilfredsstille behovene til leddet over seg i verdikjeden. Dette er deres kunde siden de betaler regningene og et sterkt fokus på pris i næringen gjør det nødvendig å tilfredsstille kunden best mulig.

«Samme om man tenker at man skal ha prosjektet i sentrum osv. så vil byggherren ha mest mulig for minst mulig penger og så vil entreprenøren gi minst mulig for mest mulig penger.» (Bransjeforening, IO05)

Dagens økonomi fører til et fokus på pris. Slik som denne er så kan man ikke fortsette å presse ned prisene, man må forsøke å redusere kostnadene sine gjennom kvalitetsforbedringer og reduksjon av sløsing (Dennis, 2007). Som det fremgår av dette er fokuset i næringen hos kunde og ikke sluttbruker. Når denne kunden kan ha ulike ambisjoner om hvorvidt bygget skal bygges for å selges/leies eller er til eget bruk, fører det til enda større avstand mellom de behovene som ønskes oppfylt og de behovene som blir oppfylt for sluttbrukeren.

Lean er kun en liten del av det store bildet for å implementere et industrielt tankesett i byggenæringen. Som det fremgår av både resultatene fra intervjuene, Bygg21 (Bygg21, 2014), Stortingsmelding 28 (Meld. St. 28 (2011-2012)), #48) og SINTEF (Moum et al., 2017a) for å nevne noen, er næringen særdeles fragmentert. Dette medfører mye variasjon i arbeidsmetoder, prosesser og samhandling. Manglende standardisering er et hinder for å digitalisere og industrialisere næringen. Dette har både tidligere forskning og kartleggingen av KPMG av hindre for digitale forretningsprosesser (KPMG, 2014) konkludert med. BNL har derfor utarbeidet et digitalt veikart (BNL, 2017) i et forsøk på å samle byggenæringen mot en felles måte å håndtere digitaliseringen i næringen. Klarer næringen dette vil dette være et stort steg i retning av å standardisere prosesser, lettere samhandle, informasjonsflyt og kommunikasjon i næringen.

Gjennomføringen av digitalisering og det digitale veikartet er en forutsetning får å lykkes med industrialisering i en moderne byggenæring. Det digitale veikartet (BNL, 2017) er en stor pådriver for å gjennomføre det digitale skiftet i byggenæringen. Næringen vil gjøre lurt i å benytte dette «pull»-et som digitaliseringen har startet. Dette kan gi fokus på å endre byggenæringen gjennom å omfavne industrialisering. Byggenæringen vil oppnå en mye større effekt og vesentlig bedre produktivitet av en heldigital næring. Dagens utfordringer med industrialisering baserer seg på mange av de samme utfordringene som digitalisering har. Det mangler en samlet kraft som involverer alle parter i næringen og en felles måte å gjøre det på - en standardisering av hvordan det skal være.

Standardisering av byggenæringen handler om å finne en felles måte å gjøre ting på slik at man kan unngå sløsende aktiviteter i prosjektering og utførelse. Reduksjon av variasjon på både tid, kvalitet og effektivitet vil igjen føre til økt produktivitet til samtlige aktører i næringen, ikke bare fagarbeiderne. Dette vil også bidra til å skape en høyere verdi for sluttbruker og kunde.

«Vi har sterke stemmer som sier at «standardisering hemmer innovasjon» siden en ferdig standard kan oppleves å lukke en videre prosess ... Men dette er helt feil, for standardisering er per definisjon en åpen prosess.» (Bransjeforening IO09)

Standardisering handler ikke om at alt skal være likt eller strenge lovgivninger som forteller deg akkurat hvordan du skal gjøre noe. Standardisering skal være beste måte å gjøre noe på i dag, med den kompetansen og forståelsen man har. Den skal kontinuerlig forbedres når ny kompetanse eller forståelse oppnås. En standard skal være enkel, oversiktlig og forståelig. Standardisering er sentralt i forhold til digitalisering som hovedsakelig handler om informasjon og informasjonsflyt. Ved å standardisere informasjonsflyten i byggenæringen skaper det større forutsigbarhet og forståelse, som muliggjør involvering av alle aktører. Standardisering av informasjonsflyten er viktig for industrialisering og for å oppnå en industriell byggenæring. Men for å få til dette må byggenæringen bli enig i hvordan dette skal gjøres.

Her spiller det politiske inn, det vil si de som setter rammer og lover for næringen. Flere av intervjuobjektene og tidligere forskning (KPMG, 2014) poengterer at staten og politikerne burde gå foran og styre hvordan næringen skal håndtere dette. Dette krever forståelse og kompetanse for hvordan ting er sammensatt i næringen og at man har rett kompetanse på rett sted (Wig, 2014). Det har i den senere tiden vært en stor satsning på kompetanseutvikling og forståelse av utfordringene i byggenæringen. Blant annet Bygg21 (Regjeringen, 2017b) er et resultat av dette. Det gjøres mye riktig, men det er viktig at dette blir overlevert på en god måte slik at det bygger kompetanse og kontinuerlig læring for de politiske aktørene som til slutt skal ta avgjørelser og bestemme hvilken retning næringen skal gå. Fordelen med Bygg21 er at den består av en stor del av næringen og inkludere disse i arbeidet. Dette skaper en felles interesse, forståelse og enighet fra næringen som kan gjøre eventuelle lovgivninger og endringer rundt rammebetingelser enklere for politikerne å definere, og for næringen å akseptere. Ulempene kan være at egeninteresser fra bedriftene kan fokuseres i arbeidet som ekskluderer konkurrenter.

Norge har alle forutsetningene til å lykkes med kompetansebygging, standardisering, digitalisering, industrialisering og kundefokus. Dette kommer av at Norge sitter på en rik tilgang av naturressurser av høy kvalitet, er langt fremme teknologisk, har en solid tilgang på kompetanse og innehar en god tilgang på kapital. Næringen er også innstilt på å utvikle seg og

er stadig mer innovative, det er ikke der problemet er. Så hva er det vi ikke klarer å få til? Er det å kutte kostnadene med 20% innen 2020 (Bygg21, 2014) som virkelig burde være målet for byggenæringen? Er det virkelig for dyrt i byggenæringen i dag eller er det et overfokus på ressurseffektivitet som bidrar til sløsende sekundærbehov?

7.4 Industrialisering

Som det fremkommer fra de fleste intervjuobjektene er det i dag ikke kostnadsbesparende å bruke prefabrikkerte løsninger.

«[bruk av elementer]...er ikke sikkert at de er billigere og for oss var det ikke billigere i materialkostnader eller produksjonskostnader. Men man sparte tid. I forbindelse med det tidsmessige aspektet ligger det mye potensialet, men det gir også en kvalitetsutfordring.» (Byggherre, IO03)

Dette viser resultatene fra casen også. Treffer man forventet usikkerhetsbilde vil begge byggemetodene komme likt ut med tanke på totalkostnadene. Treffer man ikke forventet usikkerhetsbilde vil totalkostnaden for den industrielle byggemetoden påvirkes i større grad enn for plassbygd. Som en underentreprenør påpeker er man bedre tjent med plassbygd metode i dag, siden en ikke klarer å omstille seg til andre byggemetoder og hente ut de effektene industrialiserte prosesser kan gi. I tillegg er det knyttet større risiko til prefabrikkerte løsninger hvis en benytter tradisjonelle byggemetoder. Ved å benytte den praksisen som brukes i dag der man prosjekterer og bygger plassbygd samtidig (SINTEF, 2015) viser casen at det er en økt materiell risiko. Denne risikoen påløper hvis en ikke planlegger godt, og man kan få en kostnadsøkning ved feilmontering, skader på material som følge av mellomlagring og regn eller forskyving av aktiviteter som følge av å vente på at det tørker opp. Basert på kalkylen kan risikoen forventes å være 5.8% av materialkostnadene siden materialkostnadene utgjør 89% av totalkostnadene hvis alt er elementer. Derfor utgjør risikoen en stor andel. Forskjellen ligger i at ved bruk av industrielle byggemetoder blir tid som brukes på utførelse overført til prosjekteringsfasen. Som markedsundersøkelsen til SIV(SINTEF, 2015). poengterer, vil man ved bruk av industrielle byggemetoder totalt kunne redusere tid fra prosjektstart til overlevering.

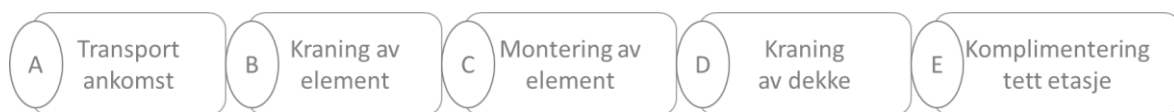
En oppfatning som flere trekker frem i intervjuene er at industrialisering ofte assosieres med at produktene ser like ut. De fleste intervjuobjektene er enige om at industrialisering ikke handler om likhet, men er en prosess der en kan hente ut økt kvalitet og kortere byggetid. Industrialisering med dagens teknologi er en mer robotisert tilnærming der en har høy grad av skreddersøm innenfor gitte grensesnitt (Moum et al., 2017a). Disse grensesnittene er det

varierende forståelse for og vanskelig å ha oversikt over. Dette i et marked som bare innenfor trelementer i Norge har 90 forskjellige preaksepterte løsninger i 2014 (Edvardsen & Ramstad, 2014). Produsentene med disse løsningene har igjen sin egen produksjonslinje som har egne muligheter for skreddersøm. I tillegg har man modulløsninger, tekniske løsninger, og kombinasjoner av disse.

Hovedpoenget med industrialiserte prosesser handler derfor ikke om å vite om alt av produkter, men forståelsen for hva som skal til for å hente ut effekten av en repeterende prosess, redusere flaskehals og omstillingstid mellom produkter samt jobbe mot flyteffektivitet i hele produksjonsprosessen (Dennis, 2007). Det er derfor nødvendig med forståelse for hvordan dette henger sammen med bygging (Kalsaas, 2017). Hvordan skal man da klare å hente ut effektene av et industrialisert tankesett i byggenæringen?

Eksempel på prosjektering og utførelse

For å se på noen av utfordringene og mulighetene ved utførelse og planlegging tas det utgangspunkt i elementene fra casen der det sees på en arbeidspakke (Figur 31) som består av prosessen transportankomst til komplimentering av en tett etasje.



Figur 31 Arbeidspakke i casen

Ifølge Lean Construction (Kalsaas, 2017) og Last Planners (Ballard, 2000) kan dette defineres som en aktivitet i en ukeplan. Arbeidspakken skal gjennomføres syv ganger i fem byggetrinn. Før gjennomføring går arbeiderne knyttet til arbeidspakken igjennom stegene med ansvarlig Bas der bakoverplanlegging fra tett etasje til transportankomst gjennomgås. Dette gjenspeiler også likheter med Veidekkes «Involverende planlegging» i utførelsesfasen der arbeiderene har tildelte mål i ukeplaner, og der tegningsunderlag kontrolleres før detaljplanlegging og utførelse påbegynnes (Kalsaas, 2017).

Siden det benyttes elementer er toleransegrensene viktig for å lykkes og for å unngå feil. Som en tilnærming til kontinuerlig læring i Lean bør det fra tidlig blir kontrollert fra ansvarlig entreprenør at toleransen fra søyler er innenfor kravene. Disse kravene kan være så presise som 2mm ifølge en underentreprenør. Dette er viktig for flyt i systematisk ferdigstilling og for å avdekke feil tidlig og underveis i byggingen (Dennis, 2007). Arbeiderne legger en plan for utstyr som skal benyttes, festemateriell og arbeidsplan for å oppnå tett etasje. I etterkant kan

verktøy som Lean Construction presenterer benyttes for måling av arbeid utført, selvevalueringsplan eller overføring av arbeid mellom fag (Kalsaas, 2017). Ryddighet og orden reduserer sløsende aktiviteter som TFV-modellen (Koskela, 2000) og 5S-systemet (Dennis, 2007) også peker på. Det er viktig at mannskap selv lager planer slik at man sikrer forståelse (Kalsaas, 2017). Samhandling med kranfører og en koordinering med transportør er viktig for å redusere sløsing av tid når transporten ankommer. For å markere overgang fra plan til utførelse kan utførende underentreprenør overta detaljene, for eksempel BIM-modellen, tilknyttet arbeidspakken en uke før for å planlegge de detaljerte utførelsene.

Kalsaas skriver at flere studier er utført på sløsende aktiviteter på byggeplass og at Lean Construction kan bidra til å redusere denne sløsing (Kalsaas, 2017). Dette taler også positivt for industrielle byggemetoder dersom planlegging settes i fokus er det mindre material å koordinere og holde styr på.

Fra kalkylen vil det i casen ta 12 timer med tre montører for å oppnå en tett etasje med elementer. Økonomisk sett tilfører disse monteringerne en elementverdi på 294 000 kr eksklusivt risikopåslag til en arbeidskostnad på 37 000 kr. Elementprodusenten presiserer at en montør tar seg av stropping og emballasje mens de to andre monterer. To arbeidslag vil på en dag få tettet en etasje. For å hente ut læringseffekt bør arbeidspakkene repeteres slik at man henter ut effekten av læring (Dennis, 2007) og som en studie av Block Watne viser (Eriksen, 2015).

Tilsvarende prosess for plassbygd metode har en materialverdi på 290 000 kr med seks arbeidere på 30 timer. Ser en på totalkostnaden for alle byggetrinn, inkludert risiko, er plassbygd metode 21.9 millioner kr på 11 måneder. En kombinert bruk av plassbygde metoder og elementer kommer på 22.0 millioner kr på ca. 5.5 måneder. Av dette ser man at kostnadsbildet er relativt likt, men gjennomføringstiden er halvert. Dette innebærer potensielt at bruk av elementer gir en langt høyere produktivitet. Hvis alle konstruksjonene leveres som elementer forblir kostnaden på 22.0 millioner kr, men gjennomføringstiden reduseres til 2.5 måneder. Det bringer med seg en økt risiko og kreves god planlegging for å redusere risiko og hente ut mulighetene. Ved å gjøre dette kan man oppnå økt produktivitet. Denne produktiviteten hjelper lite hvis tilstøtende byggeprosessene fremdeles gjøres tradisjonelt. For at man skal lykkes med en høy produktivitet kreves god planlegging i forkant av utførelse.

Fra entreprenørsiden er risiko naturlig å vurdere. En kan benytte underentreprenører som har høy kompetanse på elementmontering, men disse kan ha en høyere timepris. Alternativt kan man ta risikoen selv. Som følge av at materialkostnadene på elementer er høye og krever kort

monteringstid, taler dette for å benytte arbeidere med høy kompetanse på montering av elementer, enn å ta risiko med feilmontering eller ødelagte elementer.

Sammenligner man den plassbygde metoden med den industrielle ser man at den plassbygde metoden har lavere materialkostnader, men langt flere arbeidstimer. Det motsatte gjelder for den industrielle metoden. Materialprisen er høy, men det er langt færre arbeidstimer. I kalkylen i dag har elementprodusenten et påslag på 44%. Påslaget på 44% baserer seg på usikkerheten elementprodusenten opplever i forhold til prosjektet og for å sikre deres lønnsomhet. Hvis prosjekter da kan gjennomføres med større forutsigbarhet, slik som ved industrialisering, vil dette kunne redusere behovet for et høyt påslag for å opprettholde samme lønnsomhet. Reduseres denne til 25% kan man likevel betale montørene 510kr i timen og totalkostnadene for prosjektet blir det samme som for plassbygd metode. Ved plassbygd metode er timesprisen derimot 357 kroner. Likevel er det viktig å huske på at plassbygde metoder tar elleve måneder i casen, mens de industrielle kan gjennomføres på 5,5 måneder. Dette innebærer at man har ledig kapasitet og kan i teorien bygge dobbelt så mye på den samme tiden og generer større verdier. Det kan selvsagt også gjøres en vurdering på om montørenes timespris skal justeres for å redusere kostnadene.

Fabrikkens perspektiv

I prosjekteringsfasen er det ved industrialiserte metoder vesentlig å hente ut det potensialet som ligger i fabrikkproduksjonen. De fleste produsenter opererer med en taktid, optimal flyt i produksjonen, redusere flaskehals og sløsende aktiviteter (Dennis, 2007). Optimal tilnærming er da lasting av elementer direkte på transport og utkjøring til byggeplass. Fra Lean-prinsippene handler det om å skape en «pullmekanisme» i prosjektflyten og fokusere på flyteffektivitet (Dennis, 2007; Kalsaas, 2017). Dette er mulig, men krever noen forutsetninger. Ser man fra produsentenes side, er tidlig involvering i byggeprosjekt viktig for å finne en god plan på flyt i hele produksjonslinjen. Tidlig involvering er også viktig for å hente ut kvalitet i produktens egenskaper i forbindelse med produksjon. Hvem denne effekten gagnar og hvilke insentiver man burde ha for å fremprovosere effekten vil bli diskutert senere.

For aktørene som detaljprosjekterer og utfører handler det om å hente pullmekanismen fra fabrikk og benytte «just in time»-prinsippet på byggeplass for å minimere sløsende aktiviteter (Kalsaas, 2017). Det vil si at mellomlagring er en sløsende aktivitet og tilfører ingen verdi. Direkte montering er da en løsning, og som entreprenør peker på, er dette veldig relevant i urbane byggeprosjekt siden man har begrenset lagringsplass. Reduksjon av mellomlagring er

sentralt når man snakker om kvalitets- og risikobildet ved for eksempel nedbør som er poengtert i caseeksempelet, og hvor fort en kan oppnå tett bygg eller etasje. Logistikken er avhengig av når utførende arbeider skal påbegynne sin aktivitet. Derfor må informasjon om transportleveransen ankomst låses før utførende offisielt overtar planleggingen. Hvis utførende har fri planlegging, er det større sannsynlighet for at en ikke klarer å hente ut pulleffekten fra produksjonslokalet som kan medføre sløsing av tid i form av mellomlagring som igjen er en risiko for kvalitet og forskyver plantakten. Dette taler også for nærhet til produksjonslokale for å minimere transportkostnader og usikkerhet rundt ankomst til byggeplass. Bruk av utenlandske moduler og elementer er mye brukt i dag (Moum et al., 2017a). Dette innebærer også en vesentlig risiko for kvaliteten og leveransens tidspunkt. Ved å legge produksjonen til Norge kan dette reduseres. Fra intervjuene ble det påpekt at dette også kan resultere i redusert risiko forbundet med manglende kunnskap om norsk byggeskikk. Det er flyteffektiviteten i hele produksjonslinjen man jobber mot, ikke ressurseffektivitet på byggeplass (Modig & Åhlström, 2012). Ressurseffektivitet resulterer i at man ser på hver enkelt del av byggeprosessen isolert. Dette blir omtalt som en utfordring i intervjuene.

7.5 Digitalisering og informasjon

«Konseptuelt er planlegging enkelt, men behovet for rett informasjon til rett tid for å unngå de vanligste fellene er det som er utfordrende.» (Entreprenør, IO16)

Rett informasjon til rett tid er et tema som går igjen hos alle aktørene. I de siste årene har BIM og digitale hjelpemidler fått en økt bruk for å visualisere informasjonen som tidligere var PDF-formater, 2D-tegninger og dokumenter med informasjon (Flyen, 2016). Byggherre nevner at det ikke er alle som benytter seg av BIM i næringen. Dette gjør det utfordrende å samle informasjon, og en underentreprenør påpeker at stramme marginer i næringen er en utfordring for å implementere digitale verktøy. Årsaken til at disse ofte er kostbare og gjør det utfordrende for mindre aktører å ta de i bruk. Det er tydelig at det er en forskjell mellom aktører og hvilke digitale verktøy som benyttes. Entreprenør sier i intervjuet at bruk av digitale verktøy og innovasjon rundt disse blir brukt som et konkurransefortrinn. Siden mindre aktører opplever det som krevende å ta i bruk kostbare og ukjente digitale systemer, kan dette gjøre det utfordrende med informasjonsflyt i et prosjekt. Dette vil gjøre det spesielt krevende å få til industrialisering siden dette krever god informasjonsflyt for å virkelige hente ut potensialet.

Bygg21 lanserte det digitale veikartet (BNL, 2017) som definerer områder som bør fokuseres på for å sette det digital skifte på agendaen. Som softwareprodusenten sier, så handler ikke digitalisering om BIM, men systematisering av informasjon.

Det som er viktig i første omgang er at formater standardiseres slik at informasjonen som ligger i produkter og prosesser følger med i konvertering og overføring mellom digitale verktøy. Flere aktører peker også på at store prosjekter kan generere så mye informasjon at en ikke har oversikt, og at det ikke er tilpasset den bruken som er ønskelig. Dette gjør seg særlig gjeldende ved produkttagging i FDV-fasen, ble det sagt i intervjuene. For å hente ut effekten av industrialisering kreves det en god informasjonsflyt mellom produsent, prosjekterende og bestiller.

Som nevnt tidligere har de fleste underentreprenørene en skreddersømstilnærming til produktene sine, men bestiller må vite hvilke grensesnitt, valgmuligheter og takt fabrikken produserer i. Det vil derfor si at å kontrahere på pris, basert på en tegning der leverandørene ikke har vært med å definere grensesnittene, er mot sin hensikt. Dette er fordi den industrielle effekten handler om å hente ut fabrikkens pulleffekt, skape flyt og redusere sløsende aktiviteter (Dennis, 2007). Tidlig involvering er en måte å løse dette på. Byggherre, arkitekt og ingeniør samt entreprenør må koordineres med underentreprenørene for å identifisere den informasjonen en trenger til riktig tid. Taktplanlegging er en god tilnærming i hele verdikjeden for å hente inn informasjon og kompetanse til rett tid (Kalsaas, 2017). For å se nærmere på hvilken informasjon som kreves når, og hvor industrialisering kommer inn i bildet, ses dette nærmere på med et eksempel.

Eksempel på konseptfase og informasjonsflyt

Hvis det tas utgangspunkt i konseptfasen (Bygg21, 2015) etter grovskisser av bygget er gjennomført, og en tilnærming av ønsket behov for kunden er materialisert, vil neste steg i casen være å hente inn kompetanse fra elementprodusenter. Poenget er å skaffe en oversikt over elementprodusentens oppbygning av produkter og danne en forståelse for hvilke friheter produktene har med tanke på arkitektur, tekniske løsninger og funksjonalitet. Dette gjøres for å danne en forståelse av hvordan det kan skapes en optimal produksjonsprosess for elementprodusenten. Eksempler på informasjon som det burde tas stilling til kan være:

- Om tekniske komponenter tilføres elementet i fabrikk, eller skal de monteres på plass
- Om fasaden kan monteres på yttervegg i fabrikk eller på plass
- Om produsenten har støtte for IFC-formatet i produksjonssystemet
- Rammene for geometrisk utforming
- Hvilken takt har produksjonen slik at entreprenør kan hente ut pulleffekten fra fabrikk og prosjektere med «just in time» på byggeplass.
- Er det identifisert noen innovasjonsbehov basert på dette

Informasjonen i punktlisten vil variere fra prosjekt til prosjekt. Det er derfor viktig å definere en taktplan der denne informasjonen skal innhentes til riktig tid i prosjekteringen for å hindre unødvendig dobbelprosjektering og sløsende aktiviteter (Kalsaas, 2017).

En forutsetning for god flyt i casen er å vite takttiden for produksjonen av elementer og taktiten for montering av disse på byggeplassen. En tett etasje består av to transportflak bestående av sju yttervegger, et flak med fire «innervegger mot gang» og to «vegg mellom leilighet». Elementene har en taktid fra fabrikk på sju lm vegg i timen som tilsvarer at det kommer et flak hver 5.15 time på byggeplass. Et arbeidslag monterer et transportflak på 3.5 timer og det blir et opphold på 1.65 timer som er en flaskehals for arbeiderne. Denne tiden kan planlegges til en annen aktivitet eller en kan gjøre tiltak i fabrikk for å redusere produksjonstid. Dette må planlegges og risikovurderes, fremfor å baseres på erfaringer ikke erfares.

Informasjonsflyt

Et annet spørsmål er hvor mye elementprodusenten må produsere for å hente ut stordriftsfordelen i fabrikk sin. I utgangspunktet, hvis prosjektet har etablert pull-mekanisme i prosjektplanen sin, vil produksjonsfabrikken operere med en optimal oppetid og generere disse fordelene. Dette forutsetter at bedriften har en Lean tilnærming til produktflyt.

«Hvis vi skal få til industrialisering i verdikjeden må vi få til gode LEAN-prosesser. Et grunnlag for dette er standardisering og digitalisering. Ellers får vi ikke til å kommunisere og utveksle informasjon på kryss og tvers ...» (Arkitekt IO06)

Å hente ut taktid og koordinere disse kan bli komplisert i et prosjekt, der det er mange leverandører, tekniske installasjoner og kryssende faggrensesnitt. Igjen handler det om riktig kompetanse til riktig tid i prosjekteringen og finne gode tilnærminger til de definerte behovene som er skissert. Dette er enklere å få til i privat sektor der en ikke er underlagt lov om offentlig anskaffelse og kan danne kunderelasjoner der kontinuerlig læring er lettere å etablere.

Gjennomfører en prosessene riktig, og for eksempel benytter seg av åpne plattformer der en kan systematisere informasjon fra mange prosjekter, kan en hente ut læring basert på for eksempel Big data. Her har digitalisering med systematisering av informasjon har en stor fordel. Da kan man gjøre automatiske variasjonsanalyser på optimal leveringstid, produksjonstid fra industrileverandører eller andre variabler. Dette vil være med på å redusere usikkerhet i leveranse og produksjon. Som en underentreprenør sier har de en innarbeidet rytme på sin leveranse, så de kan estimere veldig presist kostnadene og leveringstid for sine produkter selv om det er kundetilpasninger innenfor deres grensesnitt. Stordriftsfordelene kommer av seg selv

hvis en forstår flyteffektiviteten for produksjon i fabrikk. Viktigheten av informasjonsflyt fører da med seg et behov for standardisering, som også er fundamentet i Lean (Dennis, 2007). Dette må være på et nivå som den digitale utviklingen og aktører kan håndtere sammen, fremfor et konkurransefortrinn som skaper usikkerhet i digitale tjenester for leverandører.

7.6 Standardisering og rammer

Standardisering er et begrep som oppfattes forskjellig i byggenæringen. Ofte kan det assosieres som produktlikhet eller at det snakkes om en Norsk standard. Fra Lean handler standardisering om den beste måten å gjøre noe på, i forhold til det man vet i dag. (Dennis, 2007). Sentralt innen Lean sitt begrep om standardisering er kontinuerlig forbedring og læring. For byggenæringen handler standardisering om å skape en felles forståelse for å sikre optimal flyt av informasjon og produkter i systemer og prosesser. Når dette er oppnådd vil man kontinuerlig optimalisere dette etter som tiden går. Flere intervjuobjekter peker på at en overordnet standardisering for prosessene i byggebransjen er viktig for å samle en fragmentert næring. Hva en skal standardisere og hva som skal være åpent for innovasjon er vanskelig å definere, spesielt i en næring hvor det er mange aktører med forskjellige og kryssende interesser.

BuildingSmart jobber for en nøytral og åpen plattform som nettopp kan bidra til en digital kontinuerlig læring gjennom en brukerstyrt utvikling (BuildingSmartNorge, 2013). Der er ÅpenBIM sentral (BuildingSmartNorge, 2017). Åpne plattformer krever at aktører deler informasjon, og for noen aktører kan dette oppleves å utfordre konkurransefortrinn og forretningsmodeller. Som et intervjuobjekt sier, har aktører fra entreprenørsiden vært mindre involvert i disse foraene. Dette er interessant å se i kontrast til at entreprenørene er fremoverlente på innovasjon, men dette skjer gjerne i egen virksomhet. Likevel ser man en tendens til at noen entreprenører prøver å skape innovasjon gjennom samarbeid med andre, på plattformer de selv er med på å skape (Arnsten, 2018).

Digitale formater og produktinformasjon fra råvareleverandører er temaer som de fleste intervjuobjektene peker på som viktig for å få til god samhandling og informasjonsflyt. Ser en på industrialiserte metoder, handler det om standardisering av prosesser for å sikre riktig informasjon til riktig tid. Den digitale standardiseringen vil derfor øke effektiviteten på prosjekteringen og nøyaktigheten på produktinformasjonen. Denne produktinformasjonen er spesielt viktig for eiere av bygget i FDV og avviklingsfasen.

I dagens marked er det noen store aktører som leverer produktdatablad med tilhørende BIM-modeller, slik at detaljert informasjon lettere kan innhentes. Dette kan hjelpe med å

standardisere prosesser og samtidig opprettholde kundetilpasninger (Moum et al., 2017a). Hvis en ser på casen med elementer, kan elementenes BIM-modell legges inn, med mulighet for tilpasninger fra arkitekt. Da kreves det at modellen har standardiserte grensesnitt som arkitekt og rådgivende ingeniør kan forholde seg til. Alternativt kan involvering av elementprodusenten i tidligfase også bidra til gode løsninger for brukerbehov. Tidlig involvering er noe alle underentreprenørene foretrekker for å kunne hente ut verdien av produktene sine.

Lov om offentlig anskaffelse

En utfordring i næringen i dag er «Lov om offentlig anskaffelse» som det offentlige er pålagt å følge. Fra intervjuene kom det frem at loven skaper rammer som er til hindre for utvikling i næringen, og at det som blir vektlagt i forbindelse med anbudskonkurranser og prosjektbeskrivelse er kun pris. Dette kommer ikke bare av lovverket, men også som følge av valg av gjennomføringsmodell og manglende bestillerkompetanse, altså kompetanse fra oppdragsgiver. Forståelse for konsekvensene i næringen som følge av at man har et usunt fokus på pris og kostnadsreduksjon er også viktig. Fokuset på pris kommer av et stort fokus på ressurseffektivitet og leder frem til et effektivitetsparadoks (Modig & Åhlström, 2012). Denne bidrar til å generere unødvendige sekundærbehov som skaper overflødig arbeid som kunne vært unngått. Det har i denne oppgaven ikke blitt intervjuet byggherrer i den private sektoren, men det hadde vært interessant å høre deres synspunkter rundt dette. Fra intervjuene gikk det frem at det var langt enklere å samarbeide med de private utbyggerne siden man ikke var avhengig av å følge «Lov om offentlig anskaffelse».

Slik utformingen av prosjektbeskrivelser kan være i dag, kan underentreprenører og leverandører bli diskriminert i forhold til at de verken kan eller klarer å levere slik den er beskrevet. Dette er interessant når det fremgår av loven etter «Likebehandlingsprinsippet» at «Lov om offentlig anskaffelse» ikke skal diskriminere. Dette viser litt hvordan manglende bestillerkompetanse medfører at bestiller kanskje handler etter beste hensikt, men av manglende forståelse ikke ser at måten det blir bestilt på fører til at man bryter loven. Det er viktig for det offentlige å forstå at hvordan man går frem når beskrivelsen utarbeides, fører til konsekvenser i næringen og for prosjektet. Bransjeforeningene sier i intervjuene at «Lov om offentlig anskaffelse» kun fører til at man bygger kompetanse på å finne feil og rapportere om avvik på dette. Dette faller innenfor definisjonen av sløsende aktiviteter. Derimot medfører «Lov om offentlig anskaffelse» at det ikke kan etterspørres spesifikke produkter, men det må etterspørres funksjon og løsning. En annen utfordring med denne loven er at bevilgningsprosessen tar lang

tid. Dette gjør at det kan være utfordrende å bestille en anskaffelse i et samfunn hvor teknologi og behov utvikler seg raskt.

Flere av intervjuobjektene trakk frem at det er alt for mange lover og regler i byggenæringen, som fører til at man detaljstyrer regelverket og prosessene for lovendring. Andre intervjuobjekter er enige, men syntes på den andre siden det er bra med et strengt regelverk i Norge, og at det fremtidig bør være strenge lover og regler for sikkerhet og seriøsitet. Rammebetingelser behøver derfor nødvendigvis ikke å være negativt. Som entreprenøren bemerker, kan rammebetingelser i like stor grad føre til utvikling som det er et hinder (Lombardo & Kvålshaugen, 2014), men det krever mer kompetanse fra de som setter rammebetingelsene for å forstå hvordan disse kan utformes for å føre til kreativitet og utvikling.

Valg av kontraktsform

Fra intervjuene sier bransjeforeningene at valg av entreprisemodeller som ivaretar brukertilfredsheten er viktig. Særlig entreprisereformer som samspillskontrakter der det fokuseres på tidlig involvering er fordelaktig for å oppnå brukertilfredshet. Det kommer også frem at de tradisjonelle utførelsesentreprisene er gammeldagse og hindrer utvikling av næringen.

*«Totalentrepriser ... det er vel sånn som vi opplever det, noe av den minst verdiskapende samarbeidsformen man kan få. Kun en slåsskamp. Kun en kamp om å melde avvik hele veien og sloss om dette. I stedet for å tenke samarbeid, kvalitet og fremdrift.»
(Underentreprenør, IO15)*

Dette er noe byggherrene er enige i og mener at noe av problemet som hindrer samarbeid er valg av nettopp kontraktsformer. Det er en relativt samlet enighet om at samspillskontrakter har et stort potensial, men at også disse har utfordringer for blant annet underentreprenørene som fremdeles blir kontrahert på pris og står igjen med små marginer. Likevel vil nok samspillskontraktene fortsette å utvikles og forhåpentligvis vil dette bidra til å endre fokuset vekk fra kun å se på pris og til å vektlegge kvalitet mer enn det gjøres i dag. Samspillskontraktene vil være fordelaktig med tanke på industrialisering og bruk av industrielle byggemetoder, siden dette vil legge til rette for at viktige forhold kommer frem på et tidlig tidspunkt. Samspillskontrakter er uansett å foretrekke for mange i dag.

BVP blir trukket fram som en god anskaffelsesmetode siden denne legger opp til en «vinn-vinn» situasjon for alle aktørene, samtidig som den bidrar til å finne de rette aktørene for jobben (Difi, 2018a). Flere pilotprosjekter har prøvd seg med en Lean tilnærming der samhandling er fokus. Der ble BVP benyttet som anskaffelsesform, IPD som kontraktsmodell, VDC, ICE og

flere av Lean Construction sine verktøy i gjennomføringen. Det kommer frem fra flere intervjuobjekter at det ble skapt mye positiv læring fra disse prosjektene, men at kulturen til prosjektorganisasjonen er vanskelig å skape (Wik 2014). Lean Construction (Ballard, 2000) peker på viktigheten av rammebetingelser, samhandling og produksjon. Lean Construction Institute omtaler dette som Lean-triangelet (Howell, 2011). Fra denne er det utviklet en samspillskontrakt IPD (AIA, 2007) som definerer viktige forutsetninger for å integrere Lean i en prosjektorganisasjon i byggenæringen. VDC, ICE og andre Lean-verktøy i kombinasjon med IPD og BVP danner på mange måter et godt grunnlag for konseptbearbeidings-, detaljprosjekterings- og utførelses- samt også overleveringsfasen etter Bygg21 sin «Neste Steg». Som det fremkommer av dette, mangler næringen en overordnet forståelse for hvilken rolle hver enkelt aktør har i verdisystemet og hvilke aktiviteter som fremmer en god flyt (Dennis, 2007).

«...det å maksimere egenprofitt er det eneste målet en har i et prosjekt, gjør nok at en har disse konfliktbaserte variantene[kontrakter] bransjen har i dag. Så en holdningsendring i det å se linjene i en større sammenheng er viktig. Det er ikke bare en prosjektledelsesoppgave, men en utdannelse- og bedriftsoppgave. Det starter ofte inne i bedriften basert på hvilket man har som bedrift.» (Bransjeforening, IO07)

En slik tilnærming til byggeprosessen som BVP og IPD legger opp til er særlig fordelaktig hvis industrielle byggemetoder skal benyttes. Hvis en i tillegg kan koble flere fag sammen i tidligfasen og se på mulighetene for å integrere disse inn i den industrielle produksjonen, begynner man å kutte ned på byggetid og virkelig hente ut mulighetene. BVP og IPD legger også til rette for å industrialisere flere deler av byggeprosessen, ikke bare byggemetodene.

7.7 Innovasjon og kompetanse

I dagens byggenæring er det få insentiver for å drive innovasjon og for å utvikle nye løsninger. Dette gjelder spesielt med tanke på materialbruk, men også med tanke på byggemåter. Det har blitt et løft på tekniske løsninger som følge av en rask teknologisk utvikling, men mange av materialene slik som gips og isolasjon har forblitt uendret i mange år (Orstavik, 2014). Fra intervjuene ble det også poengtert at man fremdeles bygger de samme veggene, med de samme egenskapene. Siden utvikling av nye byggemåter ikke blir etterspurt blir det heller ikke vektlagt i dagens næring.

«... det er ikke så veldig revolusjonerende å bygge vegger som er 20 til 40 cm. Den dagen du kan prefabrikkere et element som er 10cm tykt med samme U-verdi som den på 40cm, det er med et materiale vi ikke bruker i dag eller ikke kjenner til, da har du gjort et fremskritt.» (Underentreprenør IO11)

I tillegg er norske krav strenge og noe av utfordringen med innovasjon i byggenæringen kan ha en sammenheng med at TEK17 har krav om dokumentasjon ved fravikelse fra preaksepterte løsninger (Forskrift om tekniske krav til byggverk, 2017). Dette er et hinder for innovasjon siden det er kostbart og tidkrevende å dokumentere dette. Tanken bak kravet er å kvalitetssikre at løsningen tilfredsstillende oppfyller kravene satt for norske byggverk. Slik prosessen er i dag fører den likevel til begrenset utvikling og utprøving av nye løsninger. Derfor burde det offentlige angi en prioritering av områder å fokusere innovasjon på, som er hensiktsmessig for samfunnet og kundebehovet.

At det ikke legges til rette for innovasjon i byggenæringen i dag kommer ikke bare av at det er kostbart og krevende å dokumentere nye løsninger. Ofte kan finansieringsmodellen vektlegge lave initialkostnader til fordel for lave vedlikeholdskostnader. Vedlikeholdskostnader blir vektlagt og budsjettert med av byggherrer i dag, men de økonomiske rammene for prosjektet til oppføringen av bygget tar ikke i seg selv høyde for FDV-fasen. Fasen blir medtatt i et eget budsjett, sidestilt fra det for oppføringen. Dermed er det ikke økonomi til å velge løsninger som kan redusere vedlikeholdskostnadene.

Det handler også om manglende bestillerkompetanse fra utbyggere og byggherrer (Norges forskningsråd, 2017a). Det mangler altså kompetanse på å bestille innovasjon, og bestille noe på en slik måte at nye løsninger kan oppdages, utvikles og bestilles. Dermed kan en utbygger anskaffe noe som svarer til kundebehovet, eller overgår dette. Verdiskapningen en oppnår ved en ny løsning kan gi verdi til prosjektet, men også til næringen og kanskje samfunnet. Utvikler man for eksempel en ny måte å innfeste veggelementer på, vil dette skape en verdi både for prosjektet og byggenæringen ved å endre måten det bygges på. Dette kan igjen gi en verdi til samfunnet ved at byggene kan få en høyere kvalitet.

Denne innovasjonen kan man oppnå ved å utvikle kompetansen til de som har ansvaret for anbudsprosessene. Man kan likevel risikere å fortsatt ha manglende kompetanse og ikke klarer å bestille det man ønsker siden det er vanskelig å en oversikt over alt som finnes. Hvordan skal man da klare å ha oversikt over alle løsninger som finnes og hvordan skal man bestille for finne en løsning som man ikke visste eksisterte? Ved å benytte en anskaffelsesform slik som BVP, innovative anskaffelser eller innovasjonspartnerskap kan man ta høyde for, og dermed øke bestillerkompetansen sin. Økningen av bestillerkompetansen kommer blant annet av at man utarbeider en bestilling som et team og ikke som en enkeltperson. Ved å involvere særlig leverandører, men også andre aktører tidlig, vil man lettere danne seg en forståelse for hva som vil være mulig og eventuelt identifisere behov for nye løsninger.

Å utvikle bestillerkompetanse handler ikke utelukkende om å vite hvordan man skal bestille noe man ikke visste eksisterte. Det handler også om å forstå fordelene og ulempene med ulike systemer og hvordan disse fungerer i samspill med hverandre. Man må forstå hvordan mekanismene i ulike produksjonsprosesser, slik som for eksempel industrialisering foregår. Det handler også om å forstå fordelene og ulemper med ulike kontraktsmodeller samt forstå hva Lean virkelig handler om og hvordan dette kan anvendes. Det er viktig å forstå at finansieringsmodellen man benytter påvirker vedlikeholds- og utbytingskostnadene og ikke bare initialkostandene.

«Jeg tror at regelverksutforming vil kunne tvinge aktørene sammen og at den kan bruke den innovasjonskraften som ligger i regelverksutforming. Ved å bruke regelverksutforming til innovasjon så må, de som ikke vill. Og det [regelverksutforming] tror jeg er det kraftigste grepet du kan bruke.» (Bransjeforening IO13)

Bestillerkompetansen er på mange måter avgjørende for hvordan hele prosjektet vil utarte seg og hvorvidt det blir vellykket eller en fiasko. Riktig kompetanse, til riktig tid og på riktig sted i verdikjeden er derfor viktig. En økt bestillerkompetanse vil resultere i en økt verdi siden man bedre klarer å bestille det man ønsker gjennom en optimal prosess. Ved å benytte virkemidler belyst i Lean, slik som å være en lærende organisasjon (Wig, 2014) vil man kontinuerlig kunne forbedre sin kompetanse.

I dag tar man utgangspunkt i behovene til sluttbruker og samfunnet. Bransjeforeningene peker på et økt miljøfokus, FN's bærekraftsmål og gjenbruk av kvaliteter i materiale. For eksempel sier byggherre at det har blitt gjenbrukt betong i ikke-bærende konstruksjoner og resirkulering av armeringsstål. Underentreprenørene presiserer at det har vært fokus på miljø og gjenvinning i mange år og som forskningsrapport fra SINTEF (Moum et al., 2017b) viser, kommer Norge godt ut. Dette uten at offentlig har hatt store insentiver for å iverksette slike tiltak.

Sirkulærøkonomi er som BIM var for ti år siden, man snakker om det, men vet ikke helt hvordan man skal gripe tak i det.» (Entreprenør IO16)

Bransjeforeningene peker på at sirkulærøkonomi vil være en sentral del av utviklingen i byggenæringen fremover. Dette er noe som også kommer frem i blant annet Sintef sin rapport om sirkulærøkonomi (Moum et al., 2017b). Så hvilke muligheter ligger det egentlig i dette? Sirkulærøkonomi vil kunne fremme et kvalitetsfokus, men da kreves det et marked for dette, slik at aktører ser forretningsmulighetene i det. For å sette fokus på kvalitet i materialet kan sirkulærøkonomi med hjelp fra utbyggere være med på å trigge et økt fokus på levetid og kvaliteter på material. Hvis en setter som krav at et material skal ha en gitt levetid, være

utskiftbar eller mulig å selge etter 30 år, stiller det krav til løsninger. Dette vil igjen trigge sammensetning av kvalitetsprodukter og drive frem innovasjon. Som en bransjeforening påpeker må kvaliteter og funksjoner i forbindelse med gjenbruk og avvikling dokumenteres og lages en plan for. Det finnes lite regler for hvordan ferskt og resirkulert materiale dokumenteres hvis de brukes sammen.

Med tanke på sirkulærøkonomi ligger det mye potensiale i industrialiserte metoder. Hvis dette kan kombineres med moduler, elementer eller tekniske løsninger vil man kunne fokusere på muligheten for å bytte ut segmenter av et bygg uten å rive bygget. Dette muliggjør videre demontering og ombruk av materialene eller bytte ut deler av bygget hvis behov endrer seg. For å ha en gjenbrukbarhet bør innfesting gjøre det mulig å montere og demontere uten at det rives. Med dagens byggemetoder og festemåter er det vanskelig å hente ut den fulle verdien av materialet siden man ikke kan bruke dette om igjen uten å ødelegge det. Hvis dette blir satt fokus på så vil løsningene komme. Det må riktignok etterspørres.

Fokus på gjenbruk og innfesting vil kunne skape større fleksibilitet med tanke på bruk av bygget, og det legger til rette for «bruksalg» av segmentene som kan byttes ut. Det vil tilføre en kvalitet siden levetiden og demonterbarheten er ivaretatt, Selv om den økonomiske neddiskonterte verdien er lav, vil den tekniske levetiden være høy. Når den tid kommer, vil nye forretningsmodeller gjøre det mulig å hente ut verdiene av disse produktene. Enten som direkte overførbare til en annet bygg eller som et gjenvinningsprodukt. Forretningspotensialet ligger der allerede, men en må innovere produkter som har holdbarhet og robusthet til å takle demontering. Klarer man det, vil det også være en klar fordel med tanke på industrialisering siden bruken av slike produkter vil bli mer anvendelige.

Et insentiv for å få fokus på sirkulærøkonomi, i tillegg til EUs varslede handlingsplan (Regjeringen, 2015), kan være å ha en form for sirkulærsertifisering. Dette kan utbyggere bruke på lik måte som BREEAM-sertifiseringen og skape et «image» rundt det sirkulærøkonomiske.

8 Oppsummering

Dette kapittelet skal svare på hvert av de tre forskningsspørsmålene. Dette gjøres gjennom å belyse de mest fremtredende funnene for dagens verdikjede og utfordringer med industrialisering av byggenæringen. Deretter presenteres «Det Industrielle Veikartet» og en tilhørende tiltaksliste for å oppnå en industrialisert byggenæring. Avslutningsvis vil kapittelet ta for seg muligheter for videre forskning og besvare problemstillingen.

8.1 Forskningsspørsmål 1

Ved å belyse de mest vesentlige forholdene som fremkommer av resultatene og diskusjonen for dagens verdikjede, og hvordan disse påvirker industrialiserte prosesser, vil oppgaven svare på: *«Hvordan ser dagens verdikjede ut og hvilke forhold påvirker industrialiseringen av byggenæringen i dag?»*.

Opgaven har identifisert flere forhold som påvirker byggenæringens evne til å industrialisere seg i dag. Disse er oppsummert som seks punkter:

- Kompetanse
- Standardisering og kontinuerlig læring
- Digitalisering og informasjonsflyt
- Rammebetingelser og samhandling
- Innovasjon og kvalitet
- Lean og kultur

Det som går igjen er at næringen ikke klarer å hente ut effektene av industrialisering og oppfylle de behovene som sluttbruker har. Disse effektene handler i første omgang om å hente ut pulleffekten fra fabrikk, gjennom samhandling med produsenter, for å finne det optimale skjæringspunktet mellom kvalitet og kostnad. Store deler av næringen og byggeindustrien har vært gode på å ta i bruk verktøy fra Lean for å øke kundefokuset, ikke sluttbrukerfokuset. Problemet er at ulike verktøy og metoder er plukket ut av sammenheng og ikke forankret i Lean-filosofien. Det mangler en forståelse for at Lean handler om den helhetlige forståelsen, og er en kultur. Denne forståelsen må eksistere fra de som legger strategiske føringer, helt ned til fagarbeidere og fabrikkmedarbeidere. De viktigste områdene som fremkommer av resultatene er å standardisere prosesser som kontinuerlig forbedres og kulturbygning internt i bedrifter og prosjektorganisasjoner. Det snakkes om at brukerfokuset forankres gjennom tidligfase, men det er også viktig at resten av prosjektorganisasjonen også har forståelsen og jobber mot samme mål.

I dag er det et høyt fokus på pris som kan føre til en suboptimal ressursbruk i prosjekter. Dette kan oppleves som effektivt, selv om det egentlig ikke gir noen verdi til sluttbruker. Noe av utfordringen går derfor på bestillerkompetanse, som handler om å innhente riktig kompetanse til riktig tid. Dette gjelder både for de som bestiller byggene og de som setter rammebetingelsene. Det mangler også kompetanse og forståelse for de mekanismene som byggenæringen består av og hvordan rammebetingelsene, og endring av disse, påvirker hvordan næringen og industrien opptrer. Et eksempel er å redusere dobbelprosjektering gjennom taktplanlegging og samhandling med leverandører i tidligfase. Det kan tyde på mangel på kompetanse på hva og hvordan det som skal bestilles, som påvirker muligheter og innovasjon, i næringen. Satsning på kompetanseøkning gjennom prosjekter som Bygg21 er derfor meget nyttig for næringen og jobber med nettopp denne manglende forståelsen for de som bestiller og setter rammebetingelser.

Casen i denne oppgaven belyser at potensialet med industrielle byggemetoder er stort, men dårlig utnyttet. Per i dag er kostnadene ved både plassbygde og industrielle byggemetoder tilnærmet like og de industrielle byggemetodene har en høyere risiko siden prosjektering og bygging ofte foregår samtidig. Mye av grunnen er også de forholdene som er poengtert i forrige avsnitt. Disse forholdene er en felles oppgave å løse, ikke bare entreprenøren eller fagarbeiderne, slik som Lean Construction påpeker. Gjennom økt kunnskap kan byggenæringen tilpasses et industrielt tankesett i motsetning til dagens tradisjonelle tankesett.

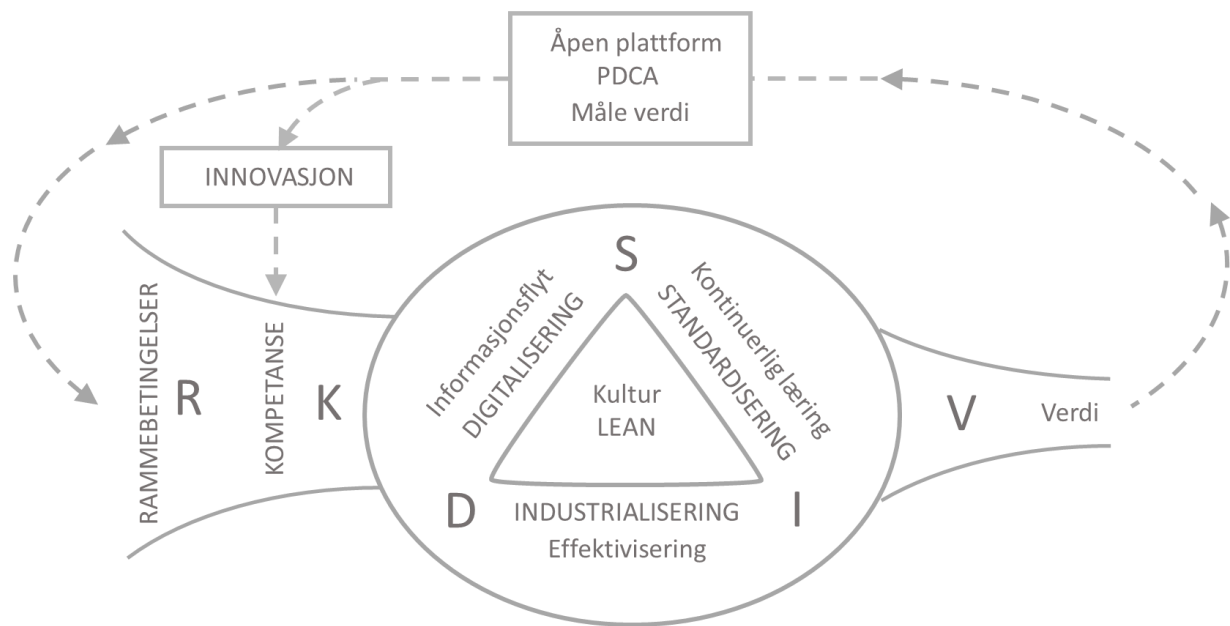
8.2 Forskningsspørsmål 2

Dette kapittelet vil presentere det industrielle veikartet med en tilhørende tiltaksliste for å oppnå en industrialisert byggenæring. Dette underkapittelet svarer dermed på det andre forskningsspørsmålet: «*Hvordan kan en framtidig industrialisert verdikjede se ut?*».

En industrialisert verdikjede kan ikke eksistere alene i en moderne byggenæring. Den er avhengig av flere forhold slik det er poengtert i forskningsspørsmål 1 over. Derfor vil industrialiseringen av byggenæringen utgjøre en del av det større bildet i en fremtidig verdikjede.

«Det Industrielle Veikartet» vil illustrere sammenhengen mellom de ulike forholdene og dermed vise hvordan disse er med på å forme hvordan en fremtidig industrialisert verdikjede ser ut. Veikartet er sammen med tiltakslisten tiltenkt å hjelpe byggenæringen i å forstå hva hvilke aktører må gjøre for å legge til rette for industrialisering, hvorfor de burde gjøre det og

forslag på hvordan det kan gjøres. Forslagene er generiske, men likevel forklarende for hvilken retning det kan være fornuftig å se nærmere på.



Figur 32: Industrielle prosessveikartet

Først må prosessene standardiseres slik at de digitale systemene kan snakke sammen på like premisser. Dette handler ikke om BIM, men om å kartlegge hvilken informasjon som trengs i prosessene. Deretter kan en integrere dette i BIM og andre visualiseringsprogrammer og teknologier. Når dette er på plass så er det enklere å få til en god samhandling med dagens industrielle metoder og man kan lettere hente ut effekter som økt kvalitet, redusert byggetid og høyere omsetning for næringen. Reduksjon av kostnader vil dermed komme som en effekt av alle disse tiltakene. Ikke nødvendigvis som redusert materialkost, men som følge av en økt flyteffektivitet i hele verdikjeden.

For å øke fleksibiliteten som kreves må det et skifte til i byggenæringen. Skiftet må være til et enda mer robotisert produksjonssystem. For å komme dit kan ikke industriene belage seg på mange forskjellige digitale informasjonsstrukturer og standardisering av byggeprosessen som ulike aktører benytter. Derfor er en det nødvendig med en felles standard for byggeprosessen som kontinuerlig forbedres. Dette er noe hele næringen må være med å utvikle. Det ligger mange muligheter i de digitale systemene som over tid kan utvikles slik at man kan oppnå økt bruk av roboter i byggenæringen som kan bidra til å øke fleksibiliteten.

Tiltakslisten belyser tiltak man kan igangsette for å starte arbeidet mot en mer industrialisert verdikjede:

Tiltaksliste for "Det Industrielle Veikartet"				
Hvem	Hva	Pkt.	Hvorfor	Forslag til hvordan
POLITISK NIVÅ	Kompetanse om byggenæringen	1.1	Desto lengre opp i kjeden man er desto bedre kompetanse må man ha. Det er nødvendig med kompetanse på hvordan byggenæringen er og hvordan de ulike mekanismene i næringen henger sammen	Tett dialog med byggenæringen. Ha en dialog med alle aktører for å sikre det fulle bildet av næringen
		1.2	De som fatter beslutninger om rammevilkår må forstå hvilken konsekvens valgene har for byggenæringen	
BRANSJEFORENING	Standardisering av prosesser	2.1	Jobbe innenfor hver bransje og på tvers av disse for å sikre kontinuerlig læring i en helhetlig prosjektorganisasjon	Ta utgangspunkt i tidligere forslag og standarder, men jobb mot kontinuerlig forbedring i din bransje
	Fokus på flyteffektivitet	2.2	For å skape en kultur som fokuserer på flyt over ressurseffektivitet	Jobbe for tidlig involvering av leverandører
	Etablere åpne plattformer	2.3	For å bidra til å skape muligheter for innovasjon ved å bygge videre på tilgjengelig informasjon	Skaffe informasjon om hva som trengs av informasjon i en åpen plattformløsning
		2.4	Skape et sug etter innovasjon som er med på å dra næringen videre	Utarbeide forslag til insentiver for å utvikle og etterspørre nye løsninger
	Distribuere kunnskap	2.5	Jobbe mellom næringen og det politiske nivå for å bygge deres kompetanse slik at de fatter gode avgjørelser som er til fordel for næringen	Påse at kunnskap som genereres i byggenæringen blir videreformidlet og forstått på politisk nivå
BYGGHERRER	Forsette utprøving av samhandlingsmodeller	3.1	For å forstå hvordan det industrielle tankesettet kan brukes i tidligfase for å øke produktivitet og skape utvikling på tvers av faggrænser	Evaluere tidligere prosjekt med samhandling
	Riktig informasjon til riktig tid i prosjekteringen	3.2	Informasjon trengs ofte tidlig i byggeprosessen, spesielt ved industrialiserte prosesser	Tidlig involvering, også av leverandører. Bruk anskaffelsesformer som gir rom for kompetanseformidling
	Bygge kultur i prosjektorganisasjonen	3.3	For å hente ut effektene og danne forståelse for lean og industriell prosesser nedover i verdikjeden	Etterspørre informasjon om produkter og prosessene til disse ved anbud
	Standardisere prosesser	3.4	For å danne plattformer som sikrer forutsigbarhet, redusere usikkerhet og muliggjøre kontinuerlig forbedring av prosessene	Gjennom å etablere åpne kompetanseplattformer
	Digitalisere standardiserte prosesser	3.5	For sikre at riktig nivå danner grunnlaget for samhandling	Realisere "Det digitale veikartet"
	Rett kompetanse til rett tid	3.6	For å sikre en god bestilling gjennom valg av anskaffelsesform og ønsket fokus hos aktørene, slik at det legges til rette for pull helt fra fabrikk og oppnår en optimal verdi vs. kostnad for sluttbrukeren	Gjennomføre "Hackathon" og idekonkurranser med utdanningsinstitusjoner og næringen
ARKITEKT / RÅDGIVER	Forståelse for industrielle prosesser	4.1	Forstå hvordan disse skaper verdi og hvordan mulighetene i industrialiserte produkter kan benyttes	Se på byggeindustrien eller andre industrier
		4.2	For å benytte repetetive industriprosesser og produkter uten at det påvirker funksjonen og det arkitektoniske	
	Søke kompetanse	4.3	Skaper nye løsninger i stedet for å bruke preaksepterte løsninger	Et veggelement kan ha ulik form, men lik teknisk oppbygging. Lik innfesting og gjenbruk av løsninger
ENTREPRENØR	Standardisere prosesser	5.1	Skape digitale plattformer for å drive kontinuerlig læring i prosesser samtidig som det skaper forutsigbarhet og reduserer usikkerhet	Samarbeide om åpne plattformer og dele kunnskap
	Kunnskap om Lean-kultur	5.2	Forstå effekten av kulturen og ikke verktøyene og danne et grunnlag for et industrielt tankesett	Danne forståelse for lean på alle plan i bedriften
	Inkluderte samhandling	5.3	Søke gevinst gjennom økt flyteffektivitet, bruk av pull-mekanismer og taktplanlegging gjennom samhandling og informasjonsdeling	Åpne læringsplattformer og samhandlingskontrakter
UNDERENTREPRENØRER	Tilrettelegge for "Pull"	6.1	Aktørene må skape forutsetninger for at ENT kan benytte seg av pull-mekanismen.	Aktøren har implementert Lean
	Tilgjengeliggjøre informasjon	6.2	Digitalisere informasjonen på deres produkter for lettere å samhandle med resten av næringen. Dette stimulerer til økt involvering og synliggjøre aktørens muligheter	Opprette beskrivelser av løsningene og prosessen for disse digitalt.
	Stimulere til krysskompetanse	6.3	Unngå faglige siloer, men fremme samarbeidsmiljøer for krysskompetanse av tilstøtende fagområder	Etablere innovasjonspartnerskap

Figur 33 Tiltakslisten for "Det Industrielle Veikartet" for å oppnå en mer industrialisert verdikjede

8.3 Forskningsspørsmål 3

Dette underkapittelet søker å svare på det tredje forskningsspørsmålet som er: «*Hvilken verdi kan industrialisering tilføre sluttbrukeren?*»

Sentralt i Lean er kundefokus og kundeverdi. Oppfyllelsen av kundens behov fører til en verdiskapning. Byggenæringen i dag påstår å fokusere på sluttbruker- og samfunnsbehovet, men dette viser seg å ikke stemme. På et eller annet sted i byggeprosessen faller dette fokuset bort, og fokuset på pris og kostnader tar overhånd. Fokuset i dag er å tilfredsstille behovene til leddet over seg i verdikjeden siden et sterkt fokus på pris og lave marginer gjør det nødvendig å tilfredsstille den som betaler regningen best mulig. Dette er ikke en bærekraftig håndtering av byggeprosessen og bidrar ikke til verdiskapningen for hverken sluttbruker eller samfunnet. Det er likevel ingen god måte å redusere prisen på i dagens økonomi. Det må foregå gjennom kvalitetsforbedringer og reduksjon av sløsing der prisreduksjon kommer som et resultat av dette arbeidet, og ikke som et mål i seg selv.

Oppgaven identifiserer at sluttbrukerverdi er avhengig av de tre søylene *stabilitet i variasjon*, *informasjonsflyt* og *produktflyt*. Dette blir illustrert i det industrielle veikartet som standardisering, digitalisering og industrialisering, som igjen kan identifiseres som Lean. Lean har kundefokus og verdiskapning i fokus, og bruk av begrepet kunde i stedet for sluttbruker i Lean-litteraturen kan vippe en del aktører av pinnen. Lean-filosofien vektlegger og fokuserer på den faktiske kunden. I en byggeprosess må hver aktør dermed reflektere over hvem som er deres faktiske kunde. Det er i de aller fleste tilfellene sluttbrukeren eller samfunnet.

Industrialisering har derfor potensialet, sammen med informasjonsflyt og standardisering, til å bidra til å flytte fokuset vekk fra pris og over på kvalitet. Gjennom en god flyteeffektivitet kan dette føre til store produktivetsforbedringer i byggenæringen. Casen i denne oppgaven viser et stort produktivetspotensial for industrielle byggemetoder, men som ikke er hentet ut siden næringen ikke tilstrekkelig industrialisert. Dette kan innebære at byggeprosesser går langt fortere, men også at bygget får den kvaliteten som er ønsket eller overgår de forventningene sluttbrukeren hadde. Industrialisering vil også kunne frigi kapasitet til å drive innovasjon og dermed generere en generell verdiskapning som kan komme prosjekter, byggenæringen og ikke minst sluttbruker og samfunnet til gode. Tiltakslisten for det industrielle veikartet viser hvordan industrialiseringen kan oppnås og dermed gi en økt verdi til sluttbruker.

8.4 Videre forskning

I forbindelse med oppgaven har det dukket opp en rekke interessante temaer, utfordringer og muligheter som forfatterne ikke hadde anledning til å se nærmere på eller som ikke var direkte relatert til oppgavens problemstilling. Noen av disse temaene vil bli gjengitt her.

Sirkulærøkonomi var et tema som kom opp i forbindelse med intervjuene, og som forfatterne siden spurte om i de resterende intervjuene. Dette var et tema det var blandet kjennskap til, men mange mente det ville være sentralt for byggenæringen fremover. Forfatterne mener det kan være spennende å se på hvordan industrialisering kan spille inn på det sirkulærøkonomiske ved å ivareta muligheten til å skifte ut og gjenbruke for eksempel elementer og moduler. Dette krever i så fall innovasjon på innfesting av elementer og moduler slik at disse tåler gjentagende monteringer

Sirkulærøkonomi vil bli sentralt i fremtiden. Det vil være fornuftig å se på hvordan en lignende sertifisering som for BREEAM kan brukes for sirkulærøkonomien.

Det har i forbindelse med oppgaven dukket opp interessant informasjon rundt byggevarekjedene. Slik informasjonen fra intervjuene fremstiller det er disse i en posisjon til å blokkere/hindre innovasjon i byggenæringen og kontrollere byggeindustrien. Mange av byggevarekjedene er heller ikke norske og kan på sikt kunne utgjøre en trussel for norsk industri og byggenæring ved at de kontrollerer store deler av byggenæringen. Sett fra en Lean-ståsted, og med tanke på en verdistrømkartlegging, kan byggevarekjedene synes å kun være et fordyrende mellomledd. Byggevarekjedene ble ikke sett nærmere på i denne oppgaven, men det hadde vært spennende å se nærmere på de momentene belyst her.

Denne oppgaven har kun sett på deler av byggenæringen og overfladisk på denne. Oppgaven synliggjør at det er behov for å se nærmere på industrialisering i byggenæringen, men også standardisering. Det vil være sentralt å få til en felles enighet om begreper som «standard», «kvalitet», «industrialisering» og «standardisering. Videre kartlegging av hva aktører legger i dette er nødvendig. Det trengs også mer forskning på hvordan byggenæringen kan struktureres for å oppnå et industrielt tankesett.

Det er også behov for å se på verdiskapning og hvordan standardisering, industrialisering og digitalisering kan påvirke den opplevde kvaliteten for sluttbruker og dermed den opplevde verdien av bygget.

8.5 Konklusjon

Oppgavens problemstilling er: *«Hvordan kan byggenæringen struktureres for å oppnå effektene av et industrielt tankesett og hvilken verdi har industrialisering av byggenæringen for sluttbrukeren?»*.

Det industrielle veikartet illustrerer og beskriver overordnet hvordan byggenæringen kan struktureres for å oppnå effektene av et industrielt tankesett. Som det fremkommer av veikartet vil en rekke ulike forhold være nødvendig for å sikre dette. Dette handler om at byggenæringen må fokusere på sluttbrukeren gjennom hele verdikjeden og hele byggeprosessen. Dette kan la seg gjøre ved å benytte filosofien fra Lean. Dette i seg selv er ikke nok. Det industrielle tankesettet som ligger i filosofien i Lean legger også en forutsetning om standardisering og informasjonsflyt. Gjennom en standardisering av byggenæringen på et overordnet nivå, som gir aktører spillerom, vil både industrialisering og digitalisering være mulig. Dette krever kompetanse både fra de som setter rammebetingelsene og byggherre, men også på politisk hold. Her må det skje endringer slik at rammebetingelsene gjennom lover og forskrifter blir utformet på en god nok måte til å samle næringen, uten å ekskludere enkelte aktører. Utstrakt kompetanse og forståelse av mekanismene i byggenæringen vil være nødvendig for å få til dette. Hvordan næringen kan struktureres er dermed avhengig av mange forhold, men dersom forholdene som er presentert ovenfor er til stede, mener forfatterne at byggenæringen vil kunne oppnå effektene av et industrielt tankesett.

Sluttbrukerverdien i byggenæringen er avhengig av standardisering, informasjonsflyt og industrialisering som kan oppnås gjennom Lean, som vektlegger og fokuserer på den faktiske kunden. Derfor oppfordres alle aktørene i en byggeprosess til å reflektere over hvem som er deres faktiske kunde. I de aller fleste tilfeller er det sluttbrukeren eller samfunnet. Industrialiseringen av byggenæringen vil kunne bedre informasjonsflyt og standardisering, som kan bidra til å flytte fokuset over fra pris til kvalitet, samt frigjøre kapasitet til å drive med innovasjon. Dette vil gi verdier for sluttbrukeren. Innovasjonen kan generere en verdiskapning som kan komme prosjekter, byggenæringen, men ikke minst sluttbrukeren og samfunnet til gode.

Referanser

- Ahuja, G. & Lampert, C. M. (2001). Entrepreneurship in the large corporation: A longitudinal study of how established firms create breakthrough inventions. *Strategic management journal*, 22 (6-7): 521-543.
- AIA. (2007). Integrated Project Delivery: A Guide. 1.
- Altinn. (2017). *Forretningsmodell*. Tilgjengelig fra: <https://www.altinn.no/starte-og-drive/starte/for-oppstart/forretningsmodell/> (lest 02.05.2018).
- Andersen, E. & Sannes, R. (2017). *Hva er digitalisering*. Econas tidsskrift for økonomi og ledelse: MAGMA.
- Arnsten, L. (2018). *Ulven skal huse kunnskapsparken Construction city: vårt oslo*. Tilgjengelig fra: <https://www.vartoslo.no/ulven-skal-huse-kunnskapsparken-construction-city/> (lest 05.05.2018).
- Austeng, K., Torp, O., Midtbø, J. T., Helland, V. & Jordanger, I. (2010). Usikkerhetsanalyse: Metoder. *Concept rapport*, 12.
- Ballard, G. (2012). *Should Project budgets be based on worth or cost*. INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION.
- Ballard, H. G. (2000). *The last planner system of production control*: University of Birmingham.
- Berg, T. (2008). *Industrialisering og systematisering av boligbyggproduksjon*. Prosjektrapport 20 - 2008. Oslo: SINTEF byggforsk.
- BNL. (2017). *Digitalt veikart for BAE næringen for økt bærekraft og verdiskaping*. Tilgjengelig fra: <https://www.bnl.no/globalassets/dokumenter/rapporter/210917-digitalt-veikart-for-bae-3.pdf> (lest 05.04.2018).
- Bowman, C. & Ambrosini, V. (2000). Value creation versus value capture: towards a coherent definition of value in strategy. *British journal of management*, 11 (1): 1-15.
- BuildingSmartNorge. (2013). *Hva gjør vi*: BuildingSmart. Tilgjengelig fra: <https://buildingsmart.no/bs-norge/hva-gjor-vi> (lest 04.05.2018).
- BuildingSmartNorge. (2017). *Hva er åpenBIM?* Tilgjengelig fra: <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim>.
- Bygg21. (2018). *Hva er Bygg21*.
- Bygg21. (2014). *En strategi for en konkurransedyktig bygg- og eiendomsnæring*. Sammen bygger vi fremtiden. Oslo: Bygg21,.
- Bygg21. (2015). *Veileder for fasenormen "Neste Steg"*. Verson 1.2. Oslo: Norsk Eiendom.
- Byggforsk. (2016a). *542.101 figur 36*
- Stående trekledning*. Byggetetaljer. Tilgjengelig fra: https://byggforsk.no/dokument/472/staaende_trekledning.
- Byggforsk. (2016b). *742.111 figur 51 Eldre, utvendig bordkledning. Profiler og utførelse*. Byggetetaljer. Tilgjengelig fra: <https://byggforsk.no/Document/Index/711/#fig01a>.
- Byggforsk. (2018a). *523.002 figur 35 Yttervegger over terreng. Egenskaper og konstruksjonsprinsipper. Krav og anbefalinger*. Byggetetaljer. Tilgjengelig fra: https://byggforsk.no/dokument/348/yttervegger_over_terreng_egenskaper_og_konstruksjonsprinsipper_krav_og_anbefalinger.
- Byggforsk. (2018b). *523.002 figur 354 Yttervegger over terreng. Egenskaper og konstruksjonsprinsipper. Krav og anbefalinger*. Byggetetaljer. Tilgjengelig fra: https://byggforsk.no/dokument/348/yttervegger_over_terreng_egenskaper_og_konstruksjonsprinsipper_krav_og_anbefalinger.

- Byggforsk. (2018c). *524.305 figur 31 Skillevegg mellom rekkehusboliger*. Byggetetaljer. Tilgjengelig fra: https://byggforsk.no/dokument/3059/skillevegg_mellom_rekkehusboliger.
- Byggforsk. (2018d). *Byggforskserien*. Byggetetaljer. Tilgjengelig fra: <https://byggforsk.no/innhold/2/byggdetaljer>.
- Byggordboka. (2017). *FDVU filosofien*. Tilgjengelig fra: <https://www.byggordboka.no/artikkel/les/fdvu-filosofien> (lest 04.05.2018).
- Dalland, O. (2017). *Metode og oppgaveskriving*. 6. utg. utg. Metode og oppgaveskriving for studenter. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Dennis, P. (2007). *Lean production simplified : a plain language guide to the world's most powerful production system*. 2nd ed. utg. New York: Productivity Press.
- Dialogkonferanse. (2018). *Statsbygg og Bergen kommune utfordrer etablerte strukturer i byggebransjen og inviterer til dialogkonferanse 18. januar i Oslo*. Tilgjengelig fra: <http://www.statsbygg.no/Prosjekter-og-eiendommer/Byggeprosjekter/Digibygge/Dialogkonferanse/>.
- Dibk. (2018a). *Byggesaksforskriften (SAK10)*: Direktoratet for byggkvalitet. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggeregler/sak/> (lest 04.05.2018).
- Dibk. (2018b). *Byggteknisk forskrift (TEK17)*: Direktoratet for byggkvalitet. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/> (lest 04.05.2018).
- Dibk. (2018c). *Enterpriseformer*. Tilsyn: Direktoratet for byggkvalitet. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/saksbehandling/kommunalt-tilsyn/temaveiledninger/tilsyn/del-3--vedlegg/vedlegg-3.2/3.2.5.-enterpriseformer/>.
- Dibk. (2018d). *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)*: Direktoratet for byggkvalitet. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggeregler/dok> (lest 04.05.2018).
- Difi. (2017a). *Forvaltning, drift og vedlikehold (FDVU)*. Tilgjengelig fra: <https://www.anskaffelser.no/hva-skal-du-kjope/bygg-anlegg-og-eiendom-bae/forvaltning-drift-og-vedlikehold-fdvu> (lest 04.05.2018).
- Difi. (2017b). *Kontrakter - BAE*. Tilgjengelig fra: <https://www.anskaffelser.no/hva-skal-du-kjope/bygg-anlegg-og-eiendom-bae/kontrakter> (lest 05.05.2018).
- Difi. (2017c). *Livssyklus kostnader - BAE*. Tilgjengelig fra: <https://www.anskaffelser.no/hva-skal-du-kjope/bygg-anlegg-og-eiendom-bae/livssyklus-kostnader> (lest 04.05.2018).
- Difi. (2018a). *Best Value Procurement (BVP) prestasjonsinnkjøp*. Tilgjengelig fra: <https://www.anskaffelser.no/hva-skal-du-kjope/bygg-anlegg-og-eiendom-bae/best-value-procurement-bvp> (lest 02.05.2018).
- Difi. (2018b). *Hva er innovative anskaffelser?* Tilgjengelig fra: <https://www.anskaffelser.no/innovasjon/hva-er-innovative-anskaffelser> (lest 03.05.2018).
- Difi. (2018c). *Innovasjonspartnerskap*. Tilgjengelig fra: <https://www.anskaffelser.no/prosess/innovasjonspartnerskap> (lest 03.05.2018).
- Difi. (2018d). *Kva er innovasjon?* Tilgjengelig fra: <https://www.difi.no/fagomrader-og-tjenester/innovasjon/hvordan-jobbe-med-innovasjon/hva-er-innovasjon> (lest 02.05.2018).
- Drevland, F., Austeng, K. & Torp, O. (2010). Usikkerhetsanalyse-Modellering, estimering og beregning. *Consept rapport*, 11.
- Edvardsen, K. I. & Ramstad, T. Ø. (2014). *Trehus*. [10. utg.]. utg. SINTEF byggforsk håndbok (trykt utg.), b. 5. Oslo: SINTEF akademisk forl.
- Eikeland, P. (2001). *Teoretisk analyse av byggeprosesser*. Trondheim: Samspill i Byggeprosessen.
- Eriksen, K. (2015). *Avgjørende faktorer i gjennomføringsfasen av boligprosjektet Heimdalstunet*. Masteroppgave. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.

- Tilgjengelig fra: <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2384002> (lest 15.04.2018).
- Faurholt, F. (2013). *Den 4. industrielle revolutin: Ingeniøren*. Tilgjengelig fra: <https://ing.dk/blog/den-4-industrielle-revolution-162347> (lest 04.05.2018).
- Flyen, C. (2016). *Samhandling og BIM tidlig i byggeprosessen*: SINTEF.
- FN-sambandet. (2018). *FNs bærekraftsmål*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/Om-FN/FNs-baerekraftsmaal> (lest 04.05.2018).
- Forskrift om tekniske krav til byggverk. (2010). *Forskrift om tekniske krav til byggverk 01. juni 2010 hefte 5*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SFO/forskrift/2010-03-26-489> (lest 01.05.2018).
- Forskrift om tekniske krav til byggverk. (2017). *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift) Kapittel: 9*. Tilgjengelig fra: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840/#KAPITTEL_9 (lest 03.05.2018).
- Frederiksen, F. & Holm, V. (2004). *Når forretningsstrategi og IT møtes*. Econas tidsskrift for økonomi og ledelse: MAGMA.
- Gotvassli, K. A. (2008). Community knowledge-a catalyst for innovation. *Regional Analysis and Policy*, 38 (2): 145-158.
- Howell, G. A. (2011). *Where LCI and DBIA agree and where we differ*. a presentation at the January 11, 2011 meeting of DBIA NorCal, Oakland, CA.
- Kalsaas, B. T. (2017). *Lean construction : forstå og forbedre prosjektbasert produksjon*. Bergen: Fagbokforl.
- Kolltveit, B. J., Lereim, J. & Reve, T. (2009). *Prosjekt : strategi, organisering, ledelse og gjennomføring*. 3. utg. utg. Oslo: Universitetsforl.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*: VTT Technical Research Centre of Finland.
- KPMG. (2014). *Kartlegging av hindre for digitale forretningsprosesser*. Rapport på oppdrag for Kommunal- og moderniseringsdepartementet. Oslo: KPMG.
- Linge, G. (2016a). *Hva er egentlig BIM*: SKANSKA. Tilgjengelig fra: <https://relasjon.skanska.no/hva-er-egentlig-bim/> (lest 04.05.2018).
- Linge, G. (2016b). *Hva er egentlig VDC*: SKANSKA. Tilgjengelig fra: <https://relasjon.skanska.no/hva-er-egentlig-vdc/> (lest 04.05.2018).
- Lombardo, S. & Kvålshaugen, R. (2014). Constraint-shattering practices and creative action in organizations. *Organization Studies*, 35 (4): 587-611.
- lov om offentlig anskaffelser. (2016). *lov om offentlig anskaffelser (anskaffelsesloven) § 5. Miljø, menneskerettigheter og andre samfunnshensyn*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2016-06-17-73> (lest 03.05.2018).
- Lov om planlegging og byggesaksbehandling. (2009). *lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven), Fjerde del: Byggesaksdel, Kapittel 23: Ansvar i byggesaker, §23-2. Tiltakshaver*. Tilgjengelig fra: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL_4-4#KAPITTEL_4-4 (lest 01.05.2018).
- Madsen, D. & Stenheim, T. (2014). *Strategisk økonomistyring*. En oversikt over sentrale konsepter og modeller: bookboon.com.
- Meld. St. 28 (2011-2012). *Gode bygg for eit betre samfunn*. Oslo: Kommunal- og regionaldepartementet. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld-st-28-20112012/id685179/sec1> (lest 15.04.2018).
- Modig, N. & Åhlström, P. (2012). *Dette er Lean : løsningen på effektivitetsparadokset*. Stockholm: Rheologica Publ.

- Moum, A., Kaupang, H., Olsson, N. & Bredeli, M. (2017a). *Industrialisering av byggeprosessene. Status og trender*. Oslo: SINTEF.
- Moum, A., Skaar, C. & Midthun, K. T. (2017b). *Sirkulærøkonomi i morgendagens byggenæring*. Rapport: SINTEF.
- NHPs sekretariat. (2017). *NHP4. Handlingsplan 2017-2020*. Oslo: Ledergruppe ved BNL, NFFA og RIF.
- Norconsult Informasjonssystemer AS. (2018). *ISY Calcus*: Nordkonsult. Tilgjengelig fra: <https://www.nois.no/produkter/prosjektstyring/isy-calcus/> (lest 01.04.2018).
- Nordeng, K. & Geving, S. (2017). *Unngå byggeskader med værbeskyttet bygging*: SINTEF Byggforsk.
- Norges forskningsråd. (2017a). *Rapport delprosjekt 1*. OSCAR. Oslo: Multiconsult.
- Norges forskningsråd. (2017b). *Rapport delprosjekt 2*. OSCAR. Oslo: Multiconsult.
- Norsk Prisbok. (2017). *Datablad for NS 3420*. Programvare: Norconsult Informasjonssystemer AS. Tilgjengelig fra: <https://www.norskprisbok.no/> (lest 10.02.2018).
- NSD. (2017). *Norsk senter for forskningsdata*. Tilgjengelig fra: <http://www.nsd.uib.no/>.
- Nyrud, A. Q., Bysheim, G. G. & Nord, T. (2011). *Industrielt trebyggeri: Erfaring fra Norske prosjekter*.
- Orstavik, F. (2014). Innovation as re-institutionalization: a case study of technological change in housebuilding in Norway. *Construction management and economics*, 32 (9): 857-873.
- Osterwalder, A. (2004). *The business model ontology: A proposition in a design science approach*: Universitetet i Lausanne.
- Porter, M. E. (1985). Creating and sustaining superior performance. *Competitive advantage*, 167.
- Regjeringen. (2013). *Rammedirektiv for avfall*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2006/apr/rammedirektivet-for-avfall/id2432014/> (lest 10.12.2018).
- Regjeringen. (2015). *Sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2015/des/sirkular-okonomi/id2470468/> (lest 02.05.2018).
- Regjeringen. (2017a). *FNs bærekraftsmål*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/mat/fns-barekraftmal/fns-barekraftsmal/id2538121/> (lest 03.05.2018).
- Regjeringen. (2017b). *Mandat for Bygg21-stret 2017-19*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dep/kmd/org/styret-rad-og-utvalg/bygg21/mandat-for-bygg21-styret-2017-19/id2576609/> (lest 15.04.2018).
- Rother, M. & Shook, J. (2009). *Learning to see : value stream mapping to create value and eliminate muda*. Version 1.4. utg. Brookline, Mass: Lean Enterprise Institute.
- Samset, K. (2008). Prosjekt i tidligfasen: valg av konsept. *Trondheim: Tapir Akademisk Forlag*.
- Schmidt, L. (2009). *Industrialisering av trehusproduksjon - en kunnskapsoversikt*. NIBR - rapport 2009:18. Oslo: Norsk institutt for by- og regionsforskning.
- Seres, S. (2017). *Digital Disruption*. Zerokonferansen 2017, Oslo: Zerokonferansen.
- Shingo, S. (1988). *Non-stock production: the Shingo system of continuous improvement*: CRC Press.
- SINTEF. (2015). *BA 2015*. Markedsundersøkelse industriell byggemetodikk: SINTEF.
- SINTEF. (2018). *Hva betyr egentlig sirkulær økonomi?* Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/siste-nytt/hva-betyr-egentlig-sirkular-okonomi/>.

- Søk & Skriv. (2017). *Søking*. Tilgjengelig fra: <https://sokogskriv.no/soking/> (lest 25.04.2018).
- Sprenger, M. (2016, 08.11.2016). Tech-leder Silvija Seres i intervju med Shifter: Vi har 12 Gutenberg-øyeblikk samtidig. Norge må satse på å bli best i ett av dem. *Shifter*. Tilgjengelig fra: <https://shifter.no/tech-sjefen-silvija-seres-12-gutenberg-oyeblikk-samtidig-norge-ma-satse-pa-a-best/> (lest 04.05.2018).
- SSB. (2009). *Standard for næringsgruppering*: Statistisk sentralbyrå. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/klasse/klasseklassifikasjoner/6> (lest 03.05.2018).
- SSB. (2018). *Bygge- og anleggsvirksomhet, strukturstatistikk* Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/08016/?rxid=9059d606-7710-4067-b7ea-c313664354b8> (lest 15.04.2018).
- Standard Norge. (2008). *NS 5814:2008 Krav til risikovurdering*. Tilgjengelig fra: <http://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProduktID=337102> (lest 02.04.2018).
- Standard Norge. (2017a). *NS 3420 Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner*. Tilgjengelig fra: <http://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProduktID=251000> (lest 10.02.2018).
- Standard Norge. (2017b). *Standard Norge*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/toppvalg/om-oss/standard-norge/>.
- Standard Online. (2017). *Standardisering*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/standardisering/> (lest 01.05.2018).
- Statsbygg. (2018). *Digibyg*. Tilgjengelig fra: <http://www.statsbygg.no/Prosjekter-og-eiendommer/Byggeprosjekter/Digibyg/> (lest 03.05.2018).
- Stevik, T. K. (2018). *Kilde for datainformasjon for entreprenør og elementprodusent. Førsteamanuensis Tor Kristian Stevik*. Ås.
- Store Norske leksikon. (2009a). *Hovedentreprenør*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/hovedentreprenør> (lest 01.05.2018).
- Store Norske leksikon. (2009b). *Underentreprenør*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/underentreprenør> (lest 01.05.2018).
- Store Norske leksikon. (2017a). *Åpen innovasjon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/åpen_innovasjon (lest 02.05.2018).
- Store Norske leksikon. (2017b). *Detaljhandel*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/detaljhandel> (lest 01.05.2018).
- Store Norske leksikon. (2017c). *Digitalisering*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/digitalisering> (lest 03.05.2018).
- Store Norske leksikon. (2017d). *Kalkulasjon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kalkulasjon> (lest 04.05.2018).
- Store Norske leksikon. (2017e). *Norsk Standard*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/Norsk_Standard (lest 04.05.2018).
- Store Norske leksikon. (2017f). *Teknologi*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/teknologi> (lest 03.05.2018).
- Store Norske leksikon. (2017g). *Validitet*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/validitet> (lest 02.05.2018).
- Store Norske leksikon. (2018a). *Arkitekt*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/arkitekt> (lest 01.05.2018).
- Store Norske leksikon. (2018b). *Forskrift*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/forskrift> (lest 02.05.2018).
- Store Norske leksikon. (2018c). *Innovasjon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/innovasjon> (lest 02.05.2018).

- Store Norske leksikon. (2018d). *Offentlig anskaffelse*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/offentlig_anskaffelse (lest 01.05.2018).
- Store Norske leksikon. (2018e). *Relabilitet*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/validitet> (lest 01.05.2018).
- Tjora, A. H. (2012). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. 2. utg. utg. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Tjora, A. H. (2017). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. 3. utg. utg. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Todsén, S. (2018). *Produktivitetsfall i bygg og anlegg*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/produktivitsfall-i-bygg-og-anlegg> (lest 15.04.2018).
- Tønsbergprosjektet. (2018). *Ikke større risiko med IPD*. Tilgjengelig fra: <http://tonsbergprosjektet.no/ipd-avtale-ikke-storre-risiko/> (lest 03.05.2018).
- Wågø, S. I. (2017). *Universell utforming*. Bakgrunn for målkravene i Byggforskserien.
- Wig, B. B. (2014). *Lean : ledelse for lærende organisasjoner*. 2. utg. utg. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Winch, G. M. (2010). *Managing construction projects*: John Wiley & Sons.
- Yr. (2018). *Tbell for temperatur, nedbør og vind per dag*. Oslo (Blindern) målestasjon. Tilgjengelig fra: [https://www.yr.no/sted/Norge/Oslo/Oslo/Oslo_\(Blindern\)_m%C3%A5lestasjon/detaljert_statistikk.html](https://www.yr.no/sted/Norge/Oslo/Oslo/Oslo_(Blindern)_m%C3%A5lestasjon/detaljert_statistikk.html) (lest 20.04.2018).

Formelliste

Symboloversikt

Symbol	Betydning
Resept	Faktor for tid pr mengdeenhet
eht	Enhetstid
T	Timepris inkl sosiale kostnader
m	Mengde
Mat	Materialkost/enhet
SK _{Mat}	Selvkost material
SK _{Arb}	Selvkost arbeid
SK _{UE}	Selvkost Underentreprenørtilbud
E	Forventningsverdi
σ	Standardavvik
σ_{gj}	Gjennomsnittlig standardavvik
n	Nedre (risikoberegning)
ø	Øvre grense (risikoberegning)
s	Sansynlig verdi (risikoberegning)
ζ	Delingsfaktor ved utregning av standardavvik
θ	Vekting av sansynlig verdi ved utregning av forventningsverdi
Skf	Skjevhetsforhold (risikoforskjyvnig)

Vedlegg

Vedlegg 1 – Datagrunnlag

Ta kontakt med forfattere eller veileder for utfyllende datagrunnlag og den komplette kalkylemodellen.

Veileder:

Tor Kristian Stevik: tor.stevik@nmbu.no

Forfattere:

Torjus Nytnes: tnytnes@gmail.com

Håkon Løfald Kidd: hakon.kidd@gmail.com

Vedlegget viser grunnlagsdataen til plassbygd og elementproduserte metodene. I tillegg rigg og drift. Blå felt viser hvor det har blitt hentet inn data, mens gule felt markerer risikovurdering som vist i eksempel på «plassbygd grunnlag». Grunndataen til elementprodusenten er bearbeidet i kalkyleprogrammet for å kunne sammenligne byggemetodene opp mot hverandre.

Vedlagt ligger:

- Data for elementproduserte elementer
- Data for Rigg og drift
- Data for plassbygd metode

Elementprodusert								
Post	NS	Navn	Enhet	Prisgrunnlag			Resept	Enhetstid
				Material	Arbeid	UE		
sansynlig								
A	NS3420	Fasade		kr/etg	kr/etg	kr/etg		h/element
A.1	QK1.1	Krysslagt utlekting for stående panel	etg	33394.0			1.0	1.5
A.2	QK2.111211011	Trekledning, lektpanel						
A.3	TB6.424196	2 strøk dekkbeis						
B	NS3420	Yttervegg		kr/etg	kr/etg	kr/etg		h/element
B.1	QK5.216222	GU	etg	45546.0			1.0	1.5
B.2	QB2.112581	Bindingsverk 198mm						
B.3	SB1.11161	200mm isolasjon						
D	NS3420	Vegg mot gang		kr/etg	kr/etg	kr/etg		h/element
D.1	QK5.31112	Gips 13mm	etg	21589			1.0	1.5
D.3	QK5.31113	Gips 13mm						
D.4	QB2.121248	Bindingsverk 148x98mm						
D.6	SB1.11146	150mm isolasjon						
E	NS3420	Dobbel innervegg		kr/etg	kr/etg	kr/etg		h/element
E.1	QK5.31112	Gips 13mm	etg	7969			1.0	1.5
E.4	QB2.121248	Bindingsverk 148x98mm						
E.5	SB1.11141	100mm isolasjon						
E.8	QK5.31112	Gips 13mm						
E.10	QB2.121248	Bindingsverk 148x98mm						
E.11	SB1.11141	100mm isolasjon						
		Vinduer, dører montert i element		kr/etg	kr/etg	kr/etg		
		Vindu	etg	64453				
		Dør						
		Andre variable kostnader		kr/etg	kr/etg	kr/etg		
		festemidler	etg	2500				
		Produksjon, lager, fabrikkering	etg	65928				
		Prosjektering	etg	12000				
		Tilbudspris (inkl påslag fra produsent)		kr/etg				
		Tilbudspris	etg	365000				

Rigg og Drift							
Post	NS	Navn	Enhet	Antall	Prisgrunnlag		
					UE	kr/enh	
F	NS3420	Plassbygd	Rigg	Leie	stk		kr/enh
F.1	AK3.5224	Rigging murstillas	m2		5		60.0
F.2	AK3.5226	Rigging trappetårn i stillas	stk		5		7000.0
F.3	AK3.5311	Rigging av byggekran 40m/850kg	RS		0		150000.0
F.4	AM3.5224	Leie murstillas pr. måned		mnd	5		20.0
F.5	AM3.5311	Drift av byggekran 40m/850kg		mnd	0		80000.0
F.6	AM3.822	Avfallscontainer, 10m³, leie pr uke		uke	4		500.0
F.7	AS3.5224	Nedrigging av murstillas	m2		5		60.0
F.8	AS3.5126	Nedrigging trappetårn i stillas	stk		5		7000.0
F.9		Nedrigging avbyggekran 40m/850kg	stk		0		150000.0
F.10		Leie av lift, inkl drivstoff		uke	1		5000.0
F.11		Transport og henting av lift i flak	stk		1		3000.0
F	NS3420	Elementproduksjon	Rigg	Leie	stk		kr/enh
F.1	AK3.5224	Rigging murstillas	m2		0		60.0
F.2	AK3.5226	Rigging trappetårn i stillas	stk		0		7000.0
F.3	AK3.5311	Rigging av byggekran 40m/850kg	RS		2		150000.0
F.4	AM3.5224	Leie murstillas pr. måned		mnd	0		20.0
F.5	AM3.5311	Drift av byggekran 40m/850kg		mnd	2		80000.0
F.6	AM3.822	Avfallscontainer, 10m³, leie pr uke		uke	1		500.0
F.7	AS3.5224	Nedrigging av murstillas	m2		0		60.0
F.8	AS3.5126	Nedrigging trappetårn i stillas	stk		0		7000.0
F.9		Nedrigging avbyggekran 40m/850kg	stk		2		150000.0
F.10		Leie av lift, inkl drivstoff		uke	5		5000.0
F.11		Transport og henting av lift i flak	stk		0		3000.0

Plassbygde grunnlag

Post	NS	Navn	Enhet	Prisgrunnlag				Material Risikojustering						Enhetsid risikojustering					
				Material	Arbeid	UE	forventnings verdi	sansynlig	Matr	Resept	forventnings verdi	sansynlig	Enhetsid Justering						
				kr/m2	kr/m2	kr/m2	kr/m2	kr/m2	%	P10	P90	h	h	%	P10	P90			
A	NS3420	Fasade																	
A.1	OK1.1	Krysslagt utledning for stående panel	m2	14.0	51.0	kr/m2	14.000	14.0	0%	0%	0%	1.0	0.100	0.10	0%	0%	0%		
A.2	OK2.11121011	Trakledning, lektranel	m2	79.7	331.5		79.700	79.7	0%	0%	0%	1.0	0.650	0.65	0%	0%	0%		
A.3	TB6.424196	2 strøk dekkbels	m2			163.0	0.0	0.0	0%	0%	0%	1.0	0.217	0.22	0%	0%	0%		
B	NS3420	Plassbygd																	
B.1	OK5.216222	GU	m2	30.5	51.0	kr/m2	30.5	30.5	0%	0%	0%	1.0	0.100	0.10	0%	0%	0%		
B.2	QB2.112561	Bindingsverk 198mm	m2	104.0	169.8		104.0	104.0	0%	0%	0%	0.9	0.370	0.37	0%	0%	0%		
B.3	SB1.11161	200mm isolasjon	m2	74.8	23.0		74.8	74.8	0%	0%	0%	0.9	0.050	0.05	0%	0%	0%		
B.4	SF1.121	Dampsperre 0.15mm	m2	5.7	9.2		5.7	5.7	0%	0%	0%	0.9	0.020	0.02	0%	0%	0%		
B.5	QB2.119981	Bindingsverk 48x48mm	m2	17.6	68.9		17.6	17.6	0%	0%	0%	0.9	0.150	0.15	0%	0%	0%		
B.6	SB1.11126	50mm isolasjon	m2	19.8	23.0		19.8	19.8	0%	0%	0%	0.9	0.050	0.05	0%	0%	0%		
B.7	OK5.31112	Gips 13mm	m2	31.8	87.2		31.8	31.8	0%	0%	0%	0.9	0.190	0.19	0%	0%	0%		
B.8		Basisstallasjon for kabelføring	m2BTA			116.5			0%	0%	0%	1.0	0.155	0.16	0%	0%	0%		
B.9	SB1.11926	Isolasjon dekkerforakt 50mm	m2	1650.0	5.1		1650.0	19.1	0%	0%	0%	0.1	0.100	0.10	0%	0%	0%		
B.10		Tillegg for åpning (Vindu)						1650.0	0%	0%	0%	0.0							
B.11		Vindu	stk	4500.0			4500.0	4500.0	0%	0%	0%	0.0							
C	NS3420	Lettt innervegg																	
C.1	OK5.31112	Gips 13mm	m2	31.8	0.0	kr/m2	31.8	31.8	0%	0%	0%	0.9	0.190	0.19	0%	0%	0%		
C.2	OK5.31112	Gips 13mm	m2	31.8	0.0		31.8	31.8	0%	0%	0%	0.9	0.190	0.19	0%	0%	0%		
C.3	SF3.1180	Fugeleiting, lydbrann	m2	3.8	0.0		3.8	3.8	0%	0%	0%	0.8	0.050	0.05	0%	0%	0%		
C.4	PJ3.119322019	Bindingsverk, innervegg 75mm	m2	42.0	0.0		42.0	42.0	0%	0%	0%	1.0	0.170	0.17	0%	0%	0%		
C.5	PJ3.61221	Åpning innervegg	stk	1500.0	0.0		1500.0	1500.0	0%	0%	0%	1.0							
C.6	SB1.11126	Isolasjon innervegg 50mm	m2	19.1	0.0		19.1	19.1	0%	0%	0%	1.0	0.050	0.05	0%	0%	0%		
C.7		Basisstallasjon for kabelføring	m2BTA			116.5			0%	0%	0%	1.0	0.155	0.16	0%	0%	0%		
C.8	RH2.211999	dør rom	stk	2500.0	0.0		2500.0	2500.0	0%	0%	0%	1.0							
D	NS3420	Vegg mot gang																	
D.2	OK5.216222	Gips 2 lag 11mm	m2	63.5	-	kr/m2	63.5	63.5	0%	0%	0%	0.9	0.340	0.34	0%	0%	0%		
D.3	QB2.121248	Bindingsverk 148x88mm	m2	56.1	-		56.1	56.1	0%	0%	0%	1.0	0.250	0.25	0%	0%	0%		
D.4	SB1.11146	150mm isolasjon	m2	56.1	-		56.1	56.1	0%	0%	0%	0.9	0.050	0.05	0%	0%	0%		
D.5	SF1.121	Dampsperre 0.15mm	m2	5.7	-		5.7	5.7	0%	0%	0%	0.9	0.020	0.02	0%	0%	0%		
D.6	QB2.119981	bindingsverk 48x48mm	m2	17.6	-		17.6	17.6	0%	0%	0%	0.9	0.150	0.15	0%	0%	0%		
D.7	SB1.11126	50mm isolasjon	m2	19.1	-		19.1	19.1	0%	0%	0%	0.9	0.050	0.05	0%	0%	0%		
D.8		Basisstallasjon for kabelføring	m2BTA			116.5			0%	0%	0%	1.0	0.155	0.16	0%	0%	0%		
D.9	QB2.811	Tillegg for åpning dør	stk	1500.0	-		1500.0	1500.0	0%	0%	0%	1.0							
D.10		dør	stk	2500.0	-		2500.0	2500.0	0%	0%	0%	1.0							
D.11	OK5.216222	Gips 13mm	stk	31.8	-		31.8	31.8	0%	0%	0%	1.0	0.190	0.19	0%	0%	0%		
D.12	NE2.11390000009	Grunnpuss + armeringsnett +fripuss	m2	115.0	-		115.0	115.0	0%	0%	0%	1.0	0.350	0.35	0%	0%	0%		
E	NS3420	Vegg leilighetskille																	
E.1	OK5.31112	Gips 13mm	m2	31.8	0.0	kr/m2	31.8	31.8	0%	0%	0%	0.9	0.190	0.190	0%	0%	0%		
E.2	OK5.31112	Gips 13mm	m2	31.8	0.0		31.8	31.8	0%	0%	0%	0.9	0.190	0.190	0%	0%	0%		
E.3	SF3.1180	Fugeleiting, lydbrann	m2	3.8	0.0		3.8	3.8	0%	0%	0%	0.8	0.050	0.050	0%	0%	0%		
E.4	QB2.121248	Bindingsverk 148x88mm	m2	56.1	0.0		56.1	56.1	0%	0%	0%	1.0	0.250	0.250	0%	0%	0%		
E.5	SB1.11141	100mm isolasjon	m2	37.7	0.0		37.7	37.7	0%	0%	0%	1.0	0.050	0.050	0%	0%	0%		
E.6		Basisstallasjon for kabelføring	m2BTA			116.5			0%	0%	0%	1.0	0.155	0.155	0%	0%	0%		
E.7	OK5.31112	Gips 13mm	m2	31.8	0.0		31.8	31.8	0%	0%	0%	0.9	0.190	0.190	0%	0%	0%		
E.8	OK5.31112	Gips 13mm	m2	31.8	0.0		31.8	31.8	0%	0%	0%	0.9	0.190	0.190	0%	0%	0%		
E.9	SF3.1180	Fugeleiting, lydbrann	m2	3.8	0.0		3.8	3.8	0%	0%	0%	0.8	0.050	0.050	0%	0%	0%		
E.10	QB2.121248	Bindingsverk 148x88mm	m2	56.1	0.0		56.1	56.1	0%	0%	0%	1.0	0.250	0.250	0%	0%	0%		
E.11	SB1.11141	100mm isolasjon	m2	37.7	0.0		37.7	37.7	0%	0%	0%	1.0	0.050	0.050	0%	0%	0%		
E.12		Basisstallasjon for kabelføring	m2BTA			116.5			0%	0%	0%	1.0	0.155	0.155	0%	0%	0%		

Vedlegg 2 – Intervjuresultater

Ta kontakt med forfattere eller veileder for utfyllende intervjuresultater

Veileder:

Tor Kristian Stevik: tor.stevik@nmbu.no

Forfattere:

Håkon Løfald Kidd: hakon.kidd@gmail.com

Torjus Nytnes: tnytnes@gmail.com

Intervjuene med de ulike intervjuobjektene har resultert i svar som kan deles inn i 6 hovedtema, der de ulike intervjuobjektene har svar i ulik grad på de ulike temaene. De 6 temaene svarene kategoriseres etter er:

- Kunde- vs. sluttbrukerfokus
- Generelle erfaringer fra byggenæringen
- Erfaringer med digitalisering i byggenæringen
- Erfaringer med industrialisering i byggenæringen
- Rammebetingelser
- Trender og utvikling

I dette vedlegget vil resultatene presenteres slik at intervjuobjekter med lik tilhørighet er slått sammen. Resultatet fra bransjegruppen presenteres deretter for hvert tema fra intervjuet.

Intervjuobjektene er gruppert som det fremgår av en tabell oppgitt i vedlegget

Kategorisering av intervjuobjekter		
Kategori	Intervjuobjekt	Bransje
Bransjeforening	IO01	Rådgivning
	IO02	Bruker/Kunde
	IO05	Juridisk/Rammevilkår
	IO07	Arkitekt
	IO09	Rammevilkår
	IO13	Underentreprenør
	IO14	Underentreprenør
	IO17	BIM
	IO18	BIM
Software	IO08	Software
Byggherre	IO03	Offentlig byggherre
	IO04	Offentlig byggherre
Arkitekt	IO06	Arkitekt
Entreprenør	IO16	Totalentreprenør
Underentreprenør	IO10	UE - Teknisk
	IO11	UE - Teknisk
	IO12	UE - Prefab
	IO15	UE - Prefab

Vedlegget starter med å fremstille en sammenstilling av alle bransjegrupperingenes svar for hvert tema fra intervjuet og på den måte presentere dagens situasjon i byggenæringen og svar på forskningsspørsmål 1.

Vedlegg 3 – Intervjuguide

Intervjuguide – «Industrialisering av byggenæringen»

Dype fokusintervju/ Dybdeintervju

Tidsbruk: Ca. 60 min

Rammesetting:

1. Løst prat
2. Informasjon
 - Introdusere oss selv
 - Spørsmål/uklarheter informanten lurer på
 - Bakgrunn, formål
 - Bekrefte samtykke og bruk av lydopptaker
 - Starte opptak

Bakgrunn

Vi har sett at mange aktører individuelt er gode på å implementere Lean og Lean metodikken i sitt virke, men man klarer ikke å hente ut det fulle potensialet som ligger i systemtenkningen. Sett opp mot Lean-filosofien mener vi at byggenæringen kan klassifiseres som «effektive øyer». Gjennom å benytte Lean tankegangen på et strategisk plan og tenke verdisystemer samt hente inspirasjon fra industrier som har vært flinke på dette (matindustrien, bil) for å innføre industrielle byggemetoder, vil man kunne få langt høyere verdiskapning for både kunde og næringen. Byggenæringen har også et stort fokus på resultatmålene tid, kostnad, kvalitet og ikke effektmålene ved verdiskapningen for kunden/brukeren og samfunnet. Den totale verdiskapningen kan være langt større hvis man klarer å kombinere og forbedre det byggenæringen til nå har fått til, med tanke på Lean implementeringen. Det burde nå virkelig sees på kunden i verdisystemet i stedet for kunden av hver enkel entreprenør/produsent sitt produkt.

Forankret i Lean og industritenkning med samleband. Læring fra systematisk gjentakelse (Kontinuerlig forbedring og PUVI-sirkelen (Deming) etc.). Kunde verdi, verdiskapning, lønnsomhet og samfunnsøkonomi

Formål

Formålet med oppgaven er å kartlegge dagens utfordringer og foreslå endringer for bedre å implementere industrielle byggemetoder som gagnar utførende og samtidig ivaretar kundefokuset.

Ivareta et fokus på kunden og sluttbrukers opplevde verdi i forbindelse med en omstrukturering av byggenæringen der industrielle byggemetoder vektlegges. Det er tatt utgangspunkt i en boligblokk/kontorbygg på 3-8 etasjer som utgangspunkt.

Tema: Industrialisering av byggenæringen

Problemstilling: Hvordan kan byggenæringen struktureres for at effektene av et industrialisert tankesett og sluttbrukers verdiskapning skal maksimeres?

Forskningsspørsmål:

- Hvordan forstår vi dagens verdikjede for byggenæringen?
- Hvilke deler av næringen er eller lar seg standardisere i dag?
- Hvordan har andre land gått frem for å industrialisere byggenæringen?
- Hvordan ser den framtidige industrialiserte verdikjeden i byggenæringen ut?

Grunninformasjon:

3. Kan du fortelle kort om deg selv, relatert til arbeidslivet?
4. I hvilken del av byggenæringen tilhører du?

Sluttbruker vs. Kundefokus

5. Hvem er deres kunde?
 - a. Hva er deres definisjon av en kunde?
6. Hvem anser dere som sluttbruker av deres produkter/tjenester?
 - a. Hva er deres definisjon av en sluttbruker?
7. Hva tror du en sluttbruker verdsetter mest?
8. Hvis du kunne vært med på å utvikle et nytt boligprosjekt/bolig/næringsbygg som du skulle ta i bruk. Hva ville du vektlagt/ hva ville det vært viktig for deg å fokusere på?
9. Hvordan burde byggenæringen gå frem slik at sluttbrukeren er i fokus?

Erfaringer:

10. Hvordan opplever du byggenæringen i dag?
 - a. Bruk av teknologiske løsninger
 - b. Økonomisk tankesett
 - c. Kontraktsformer
 - d. Samarbeider på byggeplassen
 - e. Samarbeid på tvers av ledd i verdikjeden
 - f. Fokusområde: Kunde, Kvalitet, kostnader, framdrift, innovasjon
 - g. Hva opplever du at dere fokuserer mest på?
11. Hvilke tanker har du om å industrialisere byggenæringen ved hjelp av industrielle byggemetoder?
 - a. Standardisering
 - b. Utseende og utformingen på bygg
12. Hvilke erfaringer har du/dere til bruk av industrielle byggemetoder?
 - Konkrete erfaringer
 - Prosjekter

13. Hvilke opplevelser ved bruk av industrielle byggemetoder vil du særlig trekke frem?
 - Fordeler/ulempes
14. Hvordan ser du på bruk av elementer vs. plassbygde konstruksjoner?
 - a. Fordeler/ulempes
15. Hvilke aktiviteter mener du at kunne latt seg standardisere i dag?
 - a. Egner seg til systematisk gjentakelse

Rammebetingelser

16. Hvilke faktorer er det som i stor grad påvirker byggetiden, kostnad og kvalitet?
 - a. Hvilke faktorer er det som særlig påvirker dere?
 - a. Hva gjør dere for å forbedre dere på disse områdene?
 - b. Hva hindrer dere i å utvikle dere på dette?
17. Hvilke rammebetingelser er det som skaper mest utfordringer?
 - a. Lover
 - b. Forskrifter
 - c. Standarder
 - d. Politiske vedtak
 - e. Strategier
18. Hvordan påvirker dette næringen?

Trender og utvikling?

19. Hvordan ser du for deg at byggenæringen utvikler seg i den nærmeste fremtiden?
20. Hvilke muligheter og utfordringer ser du at kan være sentrale?
21. Hvilken rolle tror du sirkulærøkonomien vil ha i byggenæringen?
22. Hvilke tanker gjør du deg om å tenke industrielt i byggenæringen i tiden fremover? Hvilke tanker gjør du deg om påstanden om at industrialisering av byggemetoder vil føre til læring og kunnskap som kan videreføres til neste prosjekt slik at man ikke starter på bunn for hver gang.
 - a. Hvordan kan dette gjøres for at man også skal ivareta kunde/brukerbehov?

Avslutning

23. Er det noen områder som du etter det vi har snakket om i dag anser som aktuelle og vi ikke har vært innom?
 24. Har du noe du vil legge til?
 25. Oppsummere og bekrefte om man har forstått vedkommende riktig
 26. Fortelle om videre arbeid
-

Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet

” Industrialisering av byggenæringen: Standardisering av verdikjeden for økt flyt og marginer”

Bakgrunn og formål

Formålet med denne studien er å innhente informasjon og erfaringer rundt bruken av industrielle byggemetoder fra ulike aktører i byggebransjen. Studien er gjennomføres i forbindelse med en masteroppgave ved Fakultetet for Realfag og Teknologi ved Norges Miljø og Biovitenskapelige Universitet. Masteroppgaven gjennomføres uavhengig uten eksterne bidragsyter eller oppdragsgivere, men oppgavens problemstilling er hentet med inspirasjon fra bla Byggin-nettverkets og Bygg21 sitt arbeid.

Det vil i denne studien fokuseres på verdikjeden fra produksjonsanlegget og frem til et ferdig bygg, samt byggherres erfaringer i etterkant av ferdigstilling. Dette skal gjøres for å danne en forståelse av hvordan dagens situasjon er og dermed danne et bilde av hvilke utfordringer og forbedringspotensialer det er for denne verdikjeden og bruken av industrielle byggemetoder i tre. Dette vil videre danne grunnlaget for vår anbefaling/forslag til hvordan verdikjeden burde være for å optimalisere effekten av å industrialisere verdikjeden.

Utvalget for intervjuet er basert på relevante aktører fra byggebransjen og er valgt på bakgrunn av aktørens posisjon i byggebransjen eller tidligere erfaring/mangel på erfaring i forbindelse med industrielle byggemetoder. Årsaken til at du/dere er valgt til å delta er fordi vi mener du/dere oppfyller de behovene vi har.

Hva innebærer deltakelse i studien?

Oppgaven baserer seg på innhenting av informasjon fra tidligere publikasjoner, statistikk og rapport samt din/deres aktive deltagelse gjennom intervju på **ca 45-60 minutter**.

Opplysningene som innhentes vil foruten navn og institusjonstilknytning IKKE omhandle personspeifikke detaljer. Vi ønsker din/deres generelle erfaring, både de gode og dårlige og eventuelt forslag til endringer. Vi ønsker å innhente navn kun som følge av videre oppfølging ved eventuelle påfølgende masteroppgaver med lignende tematikk. Institusjonstilknytningen benyttes for å generalisere din/deres erfaring etter bransjer. Dataen vil registreres i form av **notater og lydopptak**.

Hva skjer med informasjonen om deg?

Alle personopplysninger vil bli behandlet konfidensielt. Det er kun oss to som jobber med masteroppgaven som vil ha tilgang til de dataene vi innhenter, samt vår veileder ved universitetet som vil ha innsyn i dataene. Lydopptakene vil slettes etter at de er transkribert. Personopplysninger vil ikke bli benyttet direkte i masteroppgaven, men lagret vha. koblingsnøkkel for å kunne lete opp intervjuobjektet ved behov

Det er som tidligere nevnt ikke vår hensikt at informasjonen vi innhenter i intervjuet skal benyttes på en slik måte i masteroppgaven at enkeltpersoner skal kunne identifiseres.

Masteroppgaven skal etter planen avsluttes **15.mai 2018**. Dataene vil lagres vha. koblingsnøkkel og ved samtykke oppbevares av veileder til neste års masterstudenter som kan benytte kontaktinformasjonen til videre arbeid innenfor samme tema. For intervjuobjekter som ikke samtykker til lagring av kontaktinformasjon vil koblingsnøkkelen slettes. Data vil frem til 15.mai 2018 bli lagret på en OneDrive-bruker gitt av Universitet. Etter dette vil dataene bli overlevert vår veileder for videre oppbevaring til påfølgende oppgaver. Ved samtykke innebærer dette at kontaktinformasjon vil bli lagret på frem til senest **31.05.2019**.

Frivillig deltakelse

Det er frivillig å delta i studien, og du kan når som helst trekke ditt samtykke uten å oppgi noen grunn. Dersom du trekker deg, vil alle opplysninger om deg bli anonymisert.

Dersom du har spørsmål til studien, ta kontakt med:

Student:

Håkon Kidd
938 98 169

Student:

Torjus Nyrnes
909 41 746

Veileder:

Tor Kristian Stevik
913 25 401/ 672 31 648

Studien er meldt til Personvernombudet for forskning, NSD - Norsk senter for forskningsdata AS.

Samtykke til deltakelse i studien

Jeg har mottatt informasjon om studien, og er villig til å delta

- Jeg samtykker til å delta i intervju
- Jeg samtykker til at kontaktopplysninger om meg kan lagres etter prosjektslutt.
- Jeg ønsker ikke å kontaktes på et senere tidspunkt

Signert av prosjektdeltaker, dato)



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway