

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



FORORD

Denne masteroppgaven er utformet ved Institutt for matematiske realfag og teknologi, og markerer avslutningen på min mastergrad i Byggeteknikk og Arkitektur. Masteroppgaven har et arbeidsomfang på 30 studiepoeng, og er skrevet våren 2013.

Reinertsen Oslo har initiert oppgaven og bistått med to faglige veiledere. Oppgavens tema er strategisk modularisering, og hvordan strategisk modularisering kan se ut i byggeindustrien. Teamet er veldig relevant for dagens bransje, og er under utvikling.

Jeg vil gjerne takke min veileder ved UMB, Leif Daniel Houch for hjelp til å strukturere tanker og ideer.

Jeg ønsker og å takke Roger Klev og Geir Graff-Kallevåg som har vært mine veiledere og støttespillere i Reinertsen. De har bistått med gode råd og faglig støtte gjennom året som har gått.

For å få gjennomført denne oppgaven har jeg vært helt avhengig av mine informanter, og jeg ønsker å takke alle jeg har vært i kontakt med i forbindelse med informasjonsinnsamlingen. Jeg er takknemlig for den velvilje og genuine interesse jeg har møtt.

Takk til min svigerinne og min mor for korrekturlesing. Sist, men ikke minst, takk til min ektemann Aleksander for den enorme støtten og tålmodigheten du har gitt meg gjennom hele studietiden.

Oslo, 15 mai 2013

Elise Østertun Geirdal

SAMMENDRAG

Temaet for denne oppgaven er hva strategisk modularisering er og i hvilken grad det benyttes i byggeindustrien.

Strategisk modularisering er bygget opp rundt tre søyler hvor målet er å øke kapasiteten og redusere kompleksitet ved å integrere taus kunnskap tidlig på modul og leverandørnivå mellom modulintegrator og modulleverandør. Når dette fungerer kan to eller flere uavhengige moduler kommunisere med hverandre gjennom standardiserte grensesnitt som bidrar til bedre resultat og ytelse.

I denne kvalitative tverrsnittstudien ble semistrukturerte dybdeintervjuer anvendt. Fem personer ble intervjuet. Informantene var alle ledere på ulike nivåer med ulik erfaring i byggeindustrien. Resultatene er basert på deres meninger og oppfatninger knyttet til temaet.

Resultatene viser at mange faktorer som presentert i strategisk modularisering benyttes til en viss grad i byggeindustrien. Blant disse er faktorer som kostnadsreduksjon, redusert tidsbruk, bruk av moduler og elementer og godt samarbeid som inngår i strategisk modulariserings første søyle, modulær produktarkitektur. Med hensyn til strategisk modulariserings andre søyle, taus kunnskap, viser funnene at i byggeindustrien er overføring og artikulering av taus kunnskap vel så viktig internt i et firma som mellom ulike aktører i et byggeprosjekt. I den tredje søylen, forsyningskjeden viser resultatene at valg av leverandører i all hovedsak baseres på pris og i mindre grad av partnering og tett samarbeid.

Undersøkelsen viser at en del faktorer i strategisk modularisering er benyttet i byggeindustrien, samtidig som det viser at hensiktsmessig endring eller forbedring vil og positive resultater for kvalitet.

ABSTRACT

The theme for this thesis is strategic modularization and to what extent strategic modularization is used in the construction industry.

Strategic modularization is built around three pillars where the goal is to increase capacity and reduce complexity by integrating tacit knowledge early in the module and supplier level between module integrator and module supplier. When this is functioning it enables two or more independent modules to communicate with each other through standardized interfaces that contribute to better results and performance.

In this cross-sectional study qualitative semistructured depth interviews was used. Five persons were interviewed. The informants were all managers at different levels with different experience in the construction industry. The results are based on their opinions and perceptions related to theme.

The results show that several of the factors used in strategic modularization are used to some extent in the building industry. These include factors such as cost reduction, reduced building time, close cooperation and the use of modules and elements as part of strategic modularizations first pillar, modular product architecture. According to the second pillar in strategic modularization, isolation of tacit knowledge, the results indicate that it is of great importance to transfer and articulate the tacit knowledge within the firm, but also between the firm and the projects participants. When it comes to the third pillar, integration of supply chain, the findings show that the suppliers primarily are chosen due to price and to a lesser extent by partnering and close cooperation.

The research show that factors in strategic modularization are used in the construction industry, still it shows that necessary change and improvement will give positive outcome for the quality.

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	1
SAMMENDRAG	III
ABSTRACT	V
FIGURLISTE	XI
1 INTRODUKSJON	1
1.1 BAKGRUNN FOR OPPGAVEN.....	1
1.2 PROBLEMSTILLING.....	2
1.3 OPPGAVENS OPPBYGGING	3
2 TEORI	4
2.1 STRATEGISK MODULARISERING	4
2.1.1 MODULÆR PRODUKTARKITEKTUR	6
2.1.2 ISOLERING AV TAUS KUNNSKAP.....	9
2.1.3 INTEGRERING AV FORSYNINGSKJEDE	11
2.1.4 SAMMENFATNING AV STRATEGISK MODULARISERING.....	12
2.2 STRATEGISK MODULARISERING I PRODUKTINDUSTRI	14
2.2.1 BILINDUSTRIEN	14
2.3 MODULARISERING I BYGGEINDUSTRIEN	19
2.3.1 PREFABRIKERT BYGGING	21
2.3.2 SYSTEMSTRUKTUR	29
3 METODE	34
3.1 FORSKNINGSMETODER	34
3.1.1 LITTERATURSTUDIE.....	35
3.1.2 KVALITATIV METODE.....	35
3.2 RELIABILITET OG VALIDITET	39
3.3 STYRKER OG SVAKHETER VED METODEVALG	40
4 RESULTATER	42
4.1 FORSTÅELSE AV STRATEGISK MODULARISERING.....	42
4.2 BRUK AV MODULÆR PRODUKTARKITEKTUR.....	42
4.2.1 FORDELER.....	43
4.2.2 UTFORDRINGER.....	44

4.3	ISOLERING AV TAUS KUNNSKAP	50
4.3.1	SKRIFTLIG OVERFØRING AV KUNNSKAP	51
4.3.2	OVERFØRING AV KUNNSKAP GJENNOM "GJENBRUK" AV FOLK.....	51
4.3.3	OVERFØRING AV KUNNSKAP GJENNOM EN-TIL-EN SAMTALER.....	52
4.4	INTEGRERING AV FORSYNINGSKJEDE	53
4.4.1	KRITERIER FOR VALG AV LEVERANDØRER	53
5	DISKUSJON	59
5.1	BRUK AV MODULÆR PRODUKTARKITEKTUR.....	60
5.1.1	FORDELER.....	60
5.1.2	UTFORDRINGER.....	62
5.2	ISOLERING AV TAUS KUNNSKAP	64
5.2.1	SKRIFTLIG OVERFØRING AV KUNNSKAP	65
5.2.2	OVERFØRING AV KUNNSKAP GJENNOM "GJENBRUK" AV FOLK.....	66
5.2.3	OVERFØRING AV KUNNSKAP GJENNOM EN-TIL-EN SAMTALER.....	67
5.3	INTEGRERING AV FORSYNINGSKJEDE	68
5.3.1	PARTNERING VERSUS PRIS.....	68
5.3.2	TIDSPUNKT FOR INVOLVERING	69
5.3.3	BIM.....	69
6	KONKLUSJON	71
7	VEIEN VIDERE.....	73
8	REFERANSER.....	74

FIGURLISTE

FIGUR 1. STRATEGISK MODULARISERINGS TRE SØYLER (ETTER PARENTE 2003).....5

FIGUR 2. VISUALISERING AV GJENSIDIG AVHENGIGHET MELLOM STRATEGISK
MODULARISERINGS TRE SØYLER (ETTER PARENTE 2003)..... 13

FIGUR 3. SAMHANDLING MELLOM PARTER VED BRUK AV
DATABEHANDLINGSPROGRAM (KIERAN & TIMBERLAKE 2004 s. 14). 14

FIGUR 4. PRODUKSJONSLINJEN TIL EN BIL (KIERAN & TIMBERLAKE 2004 s. 86)..... 15

FIGUR 5. MODUL AV HØYRE FRONTLYS (BMW MANUFACTURING CO 2013)..... 16

FIGUR 6. VISUALISERING AV EN DØR, FRA SMÅDELER TIL FERDIG DØR
(KIERAN & TIMBERLAKE 2004 s. 18). 16

FIGUR 7. VISUALISERING AV BILSETE (Kieran & Timberlake 2004 s. 96)..... 17

FIGUR 8. BETRAKTELIG REDUSERT TIDSBRUK I PRODUKSJONSSYKLUS
(KIERAN & TIMBERLAKE 2004 s. 20). 18

FIGUR 9. ET PROSJEKTS LIVSSYKLUS (KOLLTVEIT ET AL. 2009 s. 13). 20

FIGUR 10. TRADISJONELL OPPTRAPPING AV PERSONER (BLÅ) VS ØNSKET BRUK AV
PERSONER I BYGGEPROSJEKT VED BRUK AV PREFABRIKASJON, INSPIRERT ETTER
JAPANSK MODELL (RØD) (ETTER WOMACK ET AL. 1990). 21

FIGUR 11. MODULARISERING I BYGGEINDUSTRIEN (VIBÆK & BEIM 2013 s. 39). 21

FIGUR 12. FERDIGE ELEMENTER (BEIM ET AL. 2009 s. 79)..... 22

FIGUR 13. TIDSBESPARELSE, PLASBYGGET VERSUS PREFABRIKERT VEGGELEMENTER
(KIERAN & TIMBERLAKE 2004 S. 40)..... 23

FIGUR 14.FESTEMEKANISME FOR VEGGELEMENT (KIERAN & TIMBERLAKE 2004 S.143) ... 23

FIGUR 15. PREFABRIKERT VEGGELEMENT LØFTES PÅ Plass (VÅGE ET AL. 2009 s. 32) .. 23

FIGUR 16. BRUK AV ROBOT VED PRODUKSJON AV PREFABRIKASJON
(BEIM ET AL. 2009 s. 62)..... 23

FIGUR 17. NØKKELFERDIG LEVERING (BEIM ET AL. 2009 S. 79) 24

FIGUR 18. HER LØFTES BOENHETER PÅ Plass (GRAN 2010)..... 24

FIGUR 19. BRUK AV "MODULER FOR BYGGING AV HOTELL (DELA STANG 2003 S. 44) .. 25

FIGUR 20. VISUALISERING AV BADEROMSKABINER (MIKKELSEN ET AL. 2005 S. 81) 13

FIGUR 21. VISUALISERING AV BADEROMKABINER (MIKKELSEN ET AL. 2005 S. 81) 26

FIGUR 22. PARAGRAF 5-8 KOLONNEKJØRING MED LANG ELLER BREDT GODS; I
LOVDATA, NR 92: FORSKRIFT OM BRUK AV KJØRETØY (LOVDATA 1990)..... 27

FIGUR 23. MAKSIMAL LENGDE PÅ VOGNTOG UTEN DISPENSASJON (STATENS VEGVESEN 2012B).	28
FIGUR 24. FRAKTING AV FAGVERK (FØLGEBILEN 2011).....	28
FIGUR 25. FRAKTING AV STÅLPROFIL (FØLGEBILEN 2011).....	28
FIGUR 26. BILDET VISER EN BRED LAST SOM HAR KILET SEG FAST (JOHANSEN 2012).	29
FIGUR 27. TRANSPORT AV PREFABRIKKERTE ELEMENTER (BEIM ET AL. 2009 S. 82).	29
FIGUR 28. DELSYSTEM SOM BESKRIVER SYSTEMNIVÅET I SYSTEMSTRUKTURMODELLEN (VIBÆK 2011 S. 199; VIBÆK & BEIM 2013 S. 12).	30
FIGUR 29. DESYSTEMER OG DIMENSJONER (VIBÆK 2011 S.200).	30
FIGUR 30. VISUALISERING AV DIMENSJONENES INNDELING (VIBÆK & BEIM 2013 S. 13)	31
FIGUR 31. TRADISJONELL PLOSSBYGGET KONSTRUKSJON (VIBÆK 2011 S. 202)	131
FIGUR 32. "TRADISJONELL BYGGING"	32
FIGUR 33. DELVIS BRUK AV PREFABRIKASJON (VIBÆK 2011 S. 30).....	32
FIGUR 34. FREMTIDIG INDUSTRIALISERT ARKITEKTUR (VIBÆK 2011 S. 30).....	33
FIGUR 35. RESULTATENE PRESENTERT I TABELL (GEIRDAL 2013)	58
FIGUR 36. STRATEGISK MODULARISERING (GEIRDAL 2013)	59

1 INTRODUKSJON

1.1 BAKGRUNN FOR OPPGAVEN

Byggeindustrien er gjennom tidene utviklet fra å basere seg på ren plassbygging til å inkludere prefabrikkerte elementer og moduler bygget "off-site" på fabrikk. Endringer har vært knyttet til faktorer som konkurranse, valg av entreprenører, nøkkelprodukter og nye fremvoksende markeder (Han et al. 2010). Samtidig som det etterstrebes økende kontroll og standardiserte byggeprosesser, er det økte krav om reduserte kostnader, økt variasjon og økt kvalitet knyttet til de ulike byggeprosessene. For å imøtekomme utfordringene og for å bidra til en mer effektiv byggeindustri er ulike strategier utviklet, blant disse modularisering, strategisk partnering (Miles 1996) Lean konstruksjon (Bertelsen 2004) og bygningsinformasjonsmodellering (BIM) (Eastman et al. 2011). Til tross for at "off-site"- og modulbygging etter hvert har lange tradisjoner i byggeindustrien, har produktutvikling og industrialisering allikevel gått saktere enn i produktindustrien (Wikberg og Ekholm 2010).

Modularisering defineres av Parente og Gu (2005) som en prosess som skaper ferdige produkter fra en rekke forhåndsbestemte og utskiftbare moduler, og er en måte å redusere kompleksiteten til et produkt som produseres i faste moduler og enheter ((Baldwin & Clark 2000; Bertelsen & Koskela 2005).

Strategisk modularisering er et begrep som går utover et produkts modularisering, og er mer en strategisk tilnærming som inkluderer et firmas, en organisasjons eller en industris evne til å håndtere kompleksitet, evne til å integrere underleverandører og andre aktørers bidrag i prosessene, samt evne til å benytte seg av tidligere erfaring og den faglige kunnskapen som lever innenfor produksjonen (Parente & Gu 2005). Det inkluderer virksomhetens produktstruktur, aktiviteter og kunnskap (Dela Stang 2003).

I industrier hvor strategisk modularisering anvendes som en bevisst strategi i produksjon av varer vises resultater som redusert tidsbruk og reduserte kostnader knyttet til produksjon, i tillegg til økt pålitelighet og høyere kvalitet på produktene. Årsaken er bevisst anvendelse av tidligere erfaring og kunnskap. Eksempler på slike industrier er blant annet bil-, skips-, og flyindustri (Kieran & Timberlake 2004; Parente 2003; Parente & Gu 2005) og husholdningsindustrien (Worren et al. 2002).

Innenfor byggeindustrien anvendes begrep som modul, modularitet, modularisering, og industrialisert bygging, hvor målet er å effektivisere, strukturere og redusere byggekostnader. Imidlertid er det usikkert om disse begrepene kan inkluderes i begrepet strategisk modularisering slik det anvendes i andre industrier. Det var derfor av interesse å undersøke i hvilken grad strategisk modularisering inkluderer allerede brukte begrep i byggeindustrien, og i hvilken grad bruk av strategisk modularisering i byggeindustrien vil bidra til en mer effektiv byggeprosess i alle ledd og bidra til økt kvalitet på det som bygges.

1.2 PROBLEMSTILLING

Ut fra betraktningene ovenfor er følgende problemstilling formulert:

Hva er strategisk modularisering, og i hvilken grad benyttes strategisk modularisering i byggeindustrien?

På bakgrunn av dette er hensikten med studien definert med utgangspunkt i tre hovedpunkter:

Studien søker å besvare problemstillingen gjennom å

- vurdere i hvilken grad modulær produktarkitektur benyttes i byggeindustrien i dag
- vurdere i hvilken grad byggeindustrien benytter seg av erfaring og kunnskap fra et prosjekt til det neste
- vurder hvordan leverandører og deres kunnskap benyttes i byggeprosjekter gjennom integrering av forsyningskjeden

1.3 OPPGAVENS OPPBYGGING

I kapittel 2 presenteres teorikapittelet som gir en innføring i strategisk modularisering, hvordan strategisk modularisering ser ut i produktindustrien, i tillegg til modularisering i byggeindustrien. Deretter følger metodekapittelet (kapittel 3) som beskriver metoden som er benyttet i denne studien.

I kapittel 4 presenteres resultatene fra de analyserte kvalitative intervjuene. I det påfølgende kapittelet (kapittel 5) presenteres diskusjon av resultatene opp imot tidligere forskning, i tillegg til veien videre. Kapittel 6 er konklusjon. Oppgaven avsluttes i kapittel 7 med veien videre for strategisk modularisering.

I denne studien presenteres sitater på original språk. Dette er et valg som er tatt for å ivareta originalitet og innhold.

2 TEORI

2.1 STRATEGISK MODULARISERING

I en bedrift eller en virksomhet er strategiene de overordnede planene, og sier noe om bedriftens ønskede og langsiktige utvikling. Strategiene har som mål å være en rettesnor og "veileder" når det gjelder beslutninger og valg som skal tas. Det er viktig at strategiene er oppnåelige for bedriften, og at de er tilpasset iboende ressurser og muligheter (Ledertips 2013). I følge Alfred Chandler (Cole 2006 s. 3) kan strategi defineres som; *"The determination of the basic long-term goals and the objectives of an enterprise, and the adoption of courses of action and the allocation of resources necessary for carrying out these goals"*.

I dagens stadig skiftende marked er det av avgjørende betydning for bedrifter i alle fagfelt å være i stadig utvikling, utvikle dypere og mer effektive strategier for å opprettholde markedsandeler og beholde innsikten om konkurrerende firma (Han et al. 2010). Strategisk posisjonering handler om å utføre andre typer aktiviteter enn konkurrentene, eller de samme aktivitetene bedre. Dette innebærer at et firma må levere en vare med høyere kvalitet til samme pris som konkurrerende bedrift, eller med samme verdi til lavere pris (Porter 1996).

Strategisk modularisering er et forsøk på å redusere kompleksitet ved å integrere taus kunnskap tidlig på modul og leverandør nivå. Som en konsekvens av dette kan to uavhengige moduler kommunisere med hverandre gjennom standardiserte grensesnitt, som bidrar til bedre resultat og ytelse (Kotabe et al. 2007). En definisjon av strategisk modularisering er at det er *"et strategisk valg som går langt utover de fysiske og de funksjonelle dimensjonene av en modul som inkluderer organisatoriske og administrative systemer som kobler modulintegratoren¹ og modulleverandøren for å redusere kostnadene av å håndtere den tause kunnskapen i en monteringsprosess"* (Kotabe et al. 2007 s. 85).

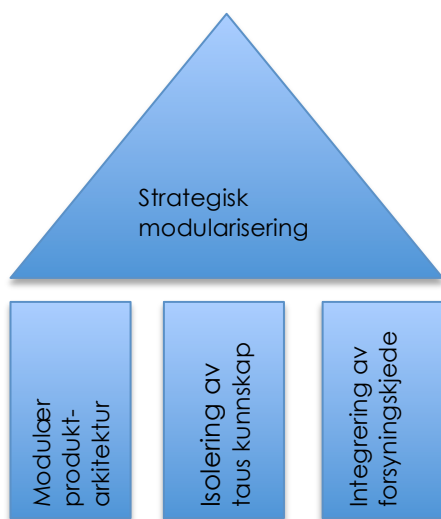
God implementering av strategisk modularisering har vist å gi økt kapasitet til å håndtere den teknologiske utviklingen, for eksempel ved at utviklingen av de

¹ Med modulintegrator menes i henhold til O'Grady (1999) en produsent av et produkt som baserer seg på moduler levert av modulleverandører. Modulintegratoren monterer modulene sammen og skaper produktet.

STRATEGISK MODULARISERING I BYGGEINDUSTRIEN

individuelle modulene blir overlatt til underleverandørene. Underleverandørene har tekniske og karakteristiske kvalifikasjoner som er nødvendige for å utvikle og forbedre de enkelte modulene (Parente & Gu 2005).

Tidligere ble strategisk modularisering sett på som en måte å forbedre effektiviteten til LEAN produksjon som defineres som "a systematic approach to identifying and eliminating waste through continuous improvement, flowing the product at the pull of the customer in pursuit of perfection" (Kilpatrick 2003). "Eliminating waste" betyr i denne sammenheng blant annet eliminering av overproduksjon, ekstra lagring, feil og mangler og dårlig utnyttelse av ferdigheter, i tillegg til redusert ventetid og "just-in-time" levering. Dagens definisjon av strategisk modularisering inkluderer i tillegg til LEAN økt utvikling innenfor forsyningskjedestrategier og produktmodularitet. Ut ifra dette definerer Parente (2003) strategisk modularisering som en flerdimensjonal metode gjennom tre søyler, modulær produktarkitektur, isolering av taus kunnskap og integrering av forsyningskjede (Figur 1).



FIGUR 1. STRATEGISK MODULARISERINGS TRE SØYLER (Etter Parente 2003)

2.1.1 MODULÆR PRODUKTARKITEKTUR

Modulær produktarkitektur er den første søylen strategisk modularisering baseres på, og defineres som *"a special form of product design that uses standardized interfaces between components to create a flexible product architecture. In modular product design, the standardized interfaces between components are specified to allow for a range of variations in components to be substituted into a product architecture"* (Sanchez & Mahoney 1996 s. 66). Modulær produktarkitektur er en viktig kilde til strategisk fleksibilitet ved at et firma raskt har mulighet til å respondere på endringer i markedet og i teknologi. Dette skjer gjennom standardiserte grensesnitt, som bidrar til at nye produktvariasjoner kan skapes basert på kombinasjoner av nye, eller eksisterende moduler (Sanchez & Mahoney 1996).

Produktarkitektur

Et viktig verktøy innen industrialisert bygging er produktarkitektur. I henhold til Ulrich og Eppinger (2012) defineres produktarkitektur som en av de utviklingsbeslutningene som har størst innvirkning på et firmas evne til effektivt å levere høy produktvariasjon. Med produktvariasjon menes spekteret av produktmodeller et firma kan produsere innenfor en viss tidsperiode, som svarer til markedsetterspørselen.

Produktarkitektur handler ikke om arkitektur som sådan, men refererer til organisatoriske- og produktstrukturelle utfordringer og er et design- og produksjonsverktøy som bidrar til redusert kompleksitet i "designoppgaven". Det er derimot viktig å understreke at sluttproduktets kompleksitet ikke blir redusert ved bruk av produktarkitektur (Vibæk 2011). Et produkt kan tenkes som både det funksjonelle og det fysiske. Det funksjonelle ved et produkt er enkeltoperasjonene og transformasjonene som bidrar til produktets totale ytelse. Dette kan være elementer som teknologi, ulike komponenter, og/eller fysiske prinsipper som benyttes i produktet. Det fysiske ved et produkt er de faktiske deler, komponenter og underenheter som bestemmer produktets funksjon. For å redusere et produkts kompleksitet, blir de fysiske elementene satt sammen til flere byggeklosser, som ofte refereres til som "chunks", biter eller moduler. En modul består av en samling fysiske elementer som implementerer et produkts funksjon (Parente & Gu 2005).

Produktarkitektur gjelder fra tildelingen av funksjonelle elementer i et produkt til produktets fysiske byggeklosser. Meningen med produktarkitektur er å definere modulene til et produkt, dets funksjon, og hvordan byggeklossenes grensesnitt fungerer opp i mot resten av enheten. De arkitektoniske beslutningene muliggjør at produktets detaljerte design samt testing av modulene blir tildelt en leverandør, et team eller et individ. Når de ulike modulene er tildelt ulike aktører, vil dette bidra til at utviklingen av produktets ulike moduler kan foregå parallelt. Videre bestemmer et produkts arkitektur hvordan produktets funksjonelle elementer samordnes med modulene, samt modulenes grensesnitt og deres sammenstilling seg i mellom. Dette kaller vi for modularisering (Ulrich & Eppinger 2012).

Moduler

En modul skal inneholde informasjon om sin arkitektur og funksjon, samt, hvor den hører til i systemet. I tillegg skal en modul ha detaljert beskrivelse av sitt grensesnitt, og hvordan den vil samhandle og kommunisere med andre moduler. Det er avgjørende at modulen samsvarer med designreglene som er satt på forhånd, og at den yter det den skal i forhold til de andre modulene (Baldwin & Clark 1997).

Modularkitektur bidrar til at moduler kan designes uavhengig av hverandre, men fungere som en integrert helhet. Dette kommer av tydelige designregler som sikrer at modulene passer sammen, noe som er nødvendig for at modulene skal fungerer som en helhet. Designreglene spesifiseres i synlige og usynlige designregler. De synlige designreglene består i modulens grensesnitt og dens samhandling med andre moduler, mens de usynlige designreglene har med hver moduls indre kvalifikasjoner å gjøre. For å oppnå modularitet er det avgjørende at disse reglene følges innenfor hver enkelt produksjon (Baldwin & Clark 1997).

"Modularitet er kun gunstig dersom delingen er presis, entydig og korrekt"
(Baldwin & Clark 1997 s. 86).

Dette viser at dersom det skapes gode designregler vil modularitet fungere. Det vil bidra til at ulike leverandører kan ta ansvar for hver sin modul, i visshet om at sammen produserer de et sluttprodukt som er pålitelig, som fungerer og som er av høy kvalitet. I tillegg bidrar modularitet til at bedrifter kan håndtere den økende

teknologiske kompleksiteten, samt gi designere, produsenter og kunder stor fleksibilitet (Baldwin & Clark 1997).

I og med at hver modul blir designet uavhengig av hverandre har designerne stor mulighet til å eksperimentere med produktdesign. Ved å utvikle og teste, kan industrien raskt oppnå forbedrede versjoner. Denne friheten til å eksperimentere innenfor produktdesign skiller modulære leverandører fra vanlige underleverandører (Parente 2003).

Modularisering

"Modularity is a very general set of principles for managing complexity. By breaking up a complex system into discrete pieces—which can then communicate with one another only through standardized interfaces within a standardized architecture—one can eliminate what would otherwise be an unmanageable spaghetti tangle of systemic interconnections" (Langlois 2002 s. 19). Modularisering handler om å skape et økende konkurransefortrinn. Dette ved å benytte seg av standardisering og rasjonalisering på den ene siden og samtidig tilpasning og fleksibilitet på den andre. Med andre ord benytter modularisering seg av fordelene ved bruk av både masseproduksjon² og massetilpasning³ (Miller & Elgård 1998).

Modularisering er en mulighet til å "mikse og matche" modulære komponenter gjennom et standard grensesnitt mellom komponentene (Baldwin & Clark 1997; Mikkola et al. 2000; Sanchez & Mahoney 1996). Standard grensesnitt muliggjør og tillater et stort antall produktvariasjoner ved at en komponent kan tas ut av et produkt og erstattes med en annen, slik at sluttproduktet tilpasses hver enkeltes behov, stil og ønske (Baldwin & Clark 2000). I tillegg vil modularisering kunne gi en

² Masseproduksjon var et resultat av industrialiseringen, og utviklingen av maskiner. Dette bidro til at maskiner og mekanisering tok over produksjonen av produkter (Pine 1999).

³ Massetilpasning er en kombinasjon av fordelene ved masseproduksjon på den ene siden og den skreddersydde, unike løsningene som er spesialtilpasset den individuelle kundes spesifikke ønske og behov på den andre siden. Å kunne levere en bred variasjon som treffer den individuelle kunde, til en lav pris skapes gjennom informasjonsteknologi, fleksible prosesser, og organisatoriske strukturer (Da Silveira et al. 2001; Jørgensen 2007; Vibæk 2011)

signifikant reduksjon i produksjons- og sammenstillingsprosessen, noe som vil føre til ytterligere produktvariasjon og mulighet til tilpasning (Mikkola et al. 2000).

Modularisering er karakterisert av tre drivere (Miller & Elgård 1998). Den første er å skape variasjon, ved å tilpasse seg kundens ønsker slik at produktet blir godt tilpasset og skreddersydd. Den andre driveren er å utnytte likheter ved å gjenbruke ressurser, standardisering og erfaringer for ikke å finne opp "hjulet på nytt". Dette bidrar til raskere produksjon samtidig som man får redusert arbeidsmengde og kostnader samt bedre løsninger. Etablerte løsninger som er mye brukt med god erfaring vil kunne bidra til redusert risiko. I tillegg til at det vil kunne redusere intern variasjon som kan koste mye for en organisasjon. Den tredje driveren innen modularisering er å redusere kompleksiteten. Dette gjøres blant annet ved å dele et produkt opp i uavhengige deler og gjennom dette distribuere oppgaver og jobbe parallelt. Dette krever bedre planlegging (Miller & Elgård 1998).

Modularisering, som vist av Langlois (2002), handler om å håndtere kompleksitet. Kompleksitet måles i faktorer som antall moduler et systemet består av, teknologi og designerens "know-how". I tillegg måles kompleksiteten i modulenes sammenkobling; hvordan de berører hverandre og deres gjensidige avhengighet. Moderne teknologi bidrar stadig til økt kompleksitet, noe som gjør modularisering viktigere enn noen gang (Baldwin & Clark 1997; Langlois 2002).

2.1.2 ISOLERING AV TAUS KUNNSKAP

Isolering av taus kunnskap er den andre søylen strategisk modularisering baserer seg på. Kunnskap har to komponenter, den eksplisitte og den implisitte (Parente 2003). Eksplisitt kunnskap kan systematiseres og overføres i nedskrevet og systematisk form, derimot er den implisitte, eller den taus kunnskapen abstrakt og personlig, basert i erfaringer ("know-how"), vanskelig å kommunisere og ikke nedskrevet i noe dokument (Dhanaraj et al. 2004; Koskinen et al. 2003).

Polanyi (1966) var den som først utviklet en kunnskapsteori for både teoretisk og praktisk kunnskap. All kunnskap har tause dimensjoner, og kunnskap er ikke bare det som naturlig uttrykkes språklig. Polanyi (1966) kan en kjenne igjen et fenomen og det kan artikuleres at det gjenkjennes, men å begrunne, sette ord på gjenkjennelsen kan

derimot være en utfordring. Den tause kunnskapen beskrives som å kunne mer enn en kan fortelle. Den eksplisitte kunnskapen kan defineres som byggeklossene, mens den tause kunnskapen kan defineres som limet mellom byggeklossene (Dhanaraj et al. 2004).

Å isolere taus kunnskap betyr å fange, eller ta tak i kunnskapen slik at den kan dras nytte av i industrien (Parente 2003). Dette er viktig ved bruk av modularisering da det er avgjørende for et produktet at modulene fungerer godt sammen. Når det gis instruksjon om hvordan modulene skal passe sammen i grensesnitt er det viktig at all implisitt, taus kunnskap artikuleres slik at man ikke får overraskelser når de skal settes sammen. Taus kunnskap, må artikuleres for at den skal kunne brukes inn i produksjon og det er viktig at all kunnskap artikuleres på modulnivå, ellers vil det oppstå problemer når alle modulene skal settes sammen til ett system. Det er derfor avgjørende at strategisk modularisering inkorporerer dimensjonen knyttet til å fange, eller ta tak i kunnskapen som ett ledd i produktarkitektur (Parente 2003). Taus kunnskap som er artikulert presiserer og tydeliggjør hvordan delene skal fungere sammen, noe som tilslutt forbedrer ytelsen (Dhanaraj et al. 2004). Graden av evne til å integrere taus kunnskap er et firmas konkurransefortrinn, og den fremstår som egenartet for hvert firma (Dierickx & Cool 1989). Kunnskapsintegrering baseres imidlertid ikke bare i separate systemer, men utvikles i samhandling mellom mennesker, firmaer og leverandører (De Boer et al. 1999).

Den beste metoden å sikre effektiv overføring av kunnskap er gjennom "face-to-face" eller en-til-en kommunikasjon mellom aktørene som er involvert i design og implementering i produksjonsprosessen. Graden av en-til-en overføring av kunnskap mellom modulintegrator og modulleverandør bestemmer hvor effektiv bruken av implementering av strategisk modularisering er i en produksjon (Parente 2003).

I en produksjons monteringsfase kan skjulte avhengighetsforhold og skjult taus kunnskap være en stor utfordring. At disse har vært skjult kan være et resultat av at den tause kunnskapen ikke er tilstrekkelig artikulert og synliggjort (slik at de blir en del av de synlige designreglene) eller at det er for lite kunnskap hos ingeniøren eller hos leverandøren. Dersom designreglene ikke er tilstrekkelig beskrevet eller godt nok kommunisert på modulnivå, mellom modulintegrator og modulleverandør, kan det

bidra til uforutsette utfordringer, som bidrar til at produktet ikke yter maksimalt (Parente 2003). Dårlig overføring av taus kunnskap kan gi kostbare resultater ved at moduler og komponenter ikke er tilstrekkelig ferdige når de kommer fra modulleverandør, noe som gir merarbeid og "lapping" av grensesnitt hos sluttmontør (Kotabe et al. 2007).

Det er avgjørende at strategisk modularisering inkorporerer dimensjonen isolering av taus kunnskap, i og med at den har avgjørende betydning for hvor vellykket resultatene av produktarkitekturen blir (Parente 2003).

2.1.3 INTEGRERING AV FORSYNINGSKJEDE

Den tredje, og siste søylen til strategisk modularisering er integrering av forsyningskjeden.

En forsyningskjede er et system som uttrykker hvordan et produkt er blitt til. I følge Nagurney (2006) defineres forsyningskjeden som *"the system of organizations, people, technology, activities, information and resources involved in moving a product or service from supplier to customer. Supply chain activities transform natural resources, raw materials and components into a finished product that is delivered to the end customer"*. Gjennom en rekke prosesser og ulike operatører, transformeres en mengde råmaterialer, som i seg selv ikke har verdi, inn i et produkt som er etterspurt, og som har høy verdi. Enkle og små forsyningskjeder fokuserer kun på materialflyten fra en leverandør, gjennom et firma som bearbeider råmaterialet, til forbruker. En større forsyningskjede kan i tillegg til råmaterialflyten ha ansvar for faktorer som design, transport og økonomi (Vibæk 2011). Den kan strekke seg tusenvis av mil over hele jorden og bestå i en rekke ulike leverandører (Hugos 2011). En forsyningskjede er følsom og lar seg lett påvirke av markedet, positivt som negativt. Leverandørtilgjengelighet, prisendringer, uregelmessigheter i transport og kommunikasjon er noen faktorer som kan gi negative utslag i en forsyningskjede. Ny teknologi og etterspørsel i markedet, økt etterspørsel av et produkt og nye leverandører er faktorer som kan bidra til et positivt utslag på forsyningskjeden, og som gir økt muligheter for produsenter og distributører (Nagurney 2006). Videre fremhevet Nagurney (2006) at en bedrift er avhengig av en forsyningskjede for å

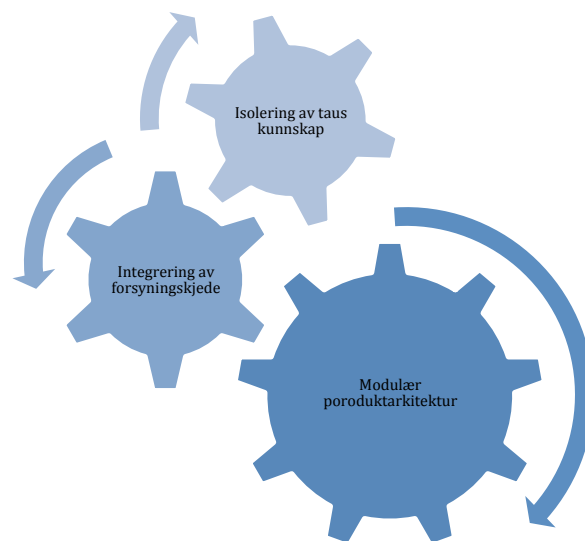
overleve og lykkes. Det er derfor viktig for bedrifter å ha god kjennskap til forsyningskjedene slik at det bygges sterke bånd som tåler motgang (Hugos 2011).

Strategi i strategisk modularisering handler blant annet om hvordan man benytter seg av underleverandører og deres kompetanse i en produksjon. Dette gjøres gjennom et nært, gjennomtenkt og fungerende samarbeid mellom modulintegrator og modulleverandør, som bygges på gjensidig tillit mellom partene. Målet er et styrket samhold som bidrar til en synergieffekt mellom modulintegrator og modulleverandør ved at de utnytter hverandres ressurser, kompetanse, ekspertise og spesialitet. Gode resultater er like viktig for begge parter ettersom de ved strategisk modularisering i samarbeidet deler investering og risiko. Det betyr at involvering og forpliktelser mellom partene går utover tradisjonell levering av moduler, ved at begge må ta ansvar for tekniske løsninger, problemløsning, design og garantier (Parente 2003). I følge Parente (2003) vil en høy grad av strategisk modularisering bidra til at et firma kan tilpasse seg og respondere raskt på markedets etterspørsel. Hensikt er å håndtere overføring av kunnskap på tvers av satte grenser og redusere kostnader ved å løfte opp den tause kunnskapen. Overføring av kunnskap skjer gjennom flere prosesser. Først lærer modulleverandør av modulintegrator, for så å benytte seg av denne kunnskapen inn i egen produksjon. Deretter lærer de av egen erfaring, i tillegg til prøving og feiling. Til slutt overføres denne akkumulerte kunnskapen inn i modulintegrators produksjon. Dette betyr at både modulleverandør og modulintegrators kunnskap integreres i prosessen som baserer seg på engasjement og gjensidig tillit (Parente 2003). Leverandørene blir mer som samarbeidspartnere gjennom denne formen for samarbeid. Produksjonen tilføres verdi og et firma vil kunne oppnå et strategisk og bærekraftig konkurransefortrinn gjennom forbedret effektivitet og virkningsgrad. Dette gjennom samarbeid med kvalifiserte og egnede leverandører (Kotabe et al. 2007).

2.1.4 SAMMENFATNING AV STRATEGISK MODULARISERING

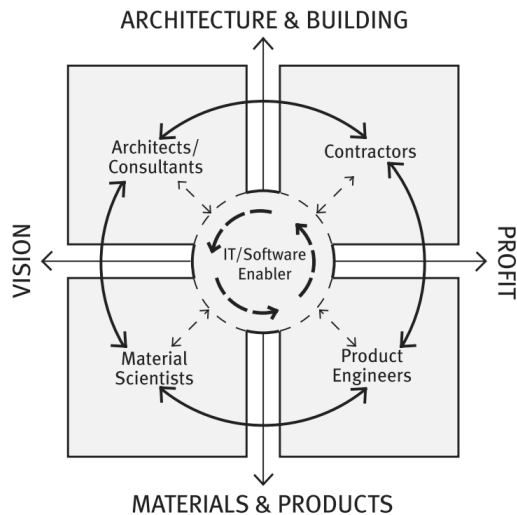
Sammenfattet handler strategisk modularisering om å integrere modularitet, og forbedre prosesser gjennom isolering av taus kunnskap og integrere forsyningskjeden (Figur 2). Dette for å redusere kostnader tilknyttet håndtering av taus kunnskap, samtidig som produkter produseres gjennom integrert produktarkitektur (Parente 2003). Mens modularisering håndterer komplekse systemer i en produksjonsfase er

den strategiske modulariseringen en strategisk tilnærming som også vektlegger organisasjonens ressurser og kapasitet med hensyn til håndtering av utfordringer tilknyttet underleverandører, og hvordan deres kunnskap, spesielt den tause kunnskapen, kan anvendes i felles produksjonsutfordringer (Parente & Gu 2005). Implementering av strategisk modularisering vil kunne gi en organisasjon en rekke positive utfall; Økt produktvariasjon, reduserte kostnader, og redusert utviklingstid for nye produkter. Den tause kunnskapen blir i strategisk modularisering benyttet direkte inn i integrert produkt arkitektur (Parente 2003), som definerer et produkts moduler, dets funksjon og grensesnitt (Ulrich & Eppinger 2012).



FIGUR 2. VISUALISERING AV GJENSIDIG AVHENGIGHET MELLOM STRATEGISK MODULARISERINGS TRE SØYLER (Etter (Parente 2003)).

Avgjørende for å muliggjøre strategisk modularisering er bevisst og økt bruk av databehandlingsprogrammer. Dette bidrar til å redusere kostnader dramatisk ved å fange, prosessere og lagre kunnskap, samt ved å gi reduserte kostnader for design og testing av modulene (Baldwin og Clark 1997). Økt bruk av databehandlingsprogrammer er dermed en viktig forutsetning for godt samarbeid mellom alle aktører og kommunikasjon som fører til overnevnte faktorer. Figur 3 visualiserer samhandling mellom parter gjennom bruk av databehandlingsprogram.



FIGUR 3. SAMHANDLING MELLOM PARTER VED BRUK AV DATABEHANDLINGSPROGRAM (Kieran & Timberlake 2004 s. 14).

2.2 STRATEGISK MODULARISERING I PRODUKTINDUSTRIEN

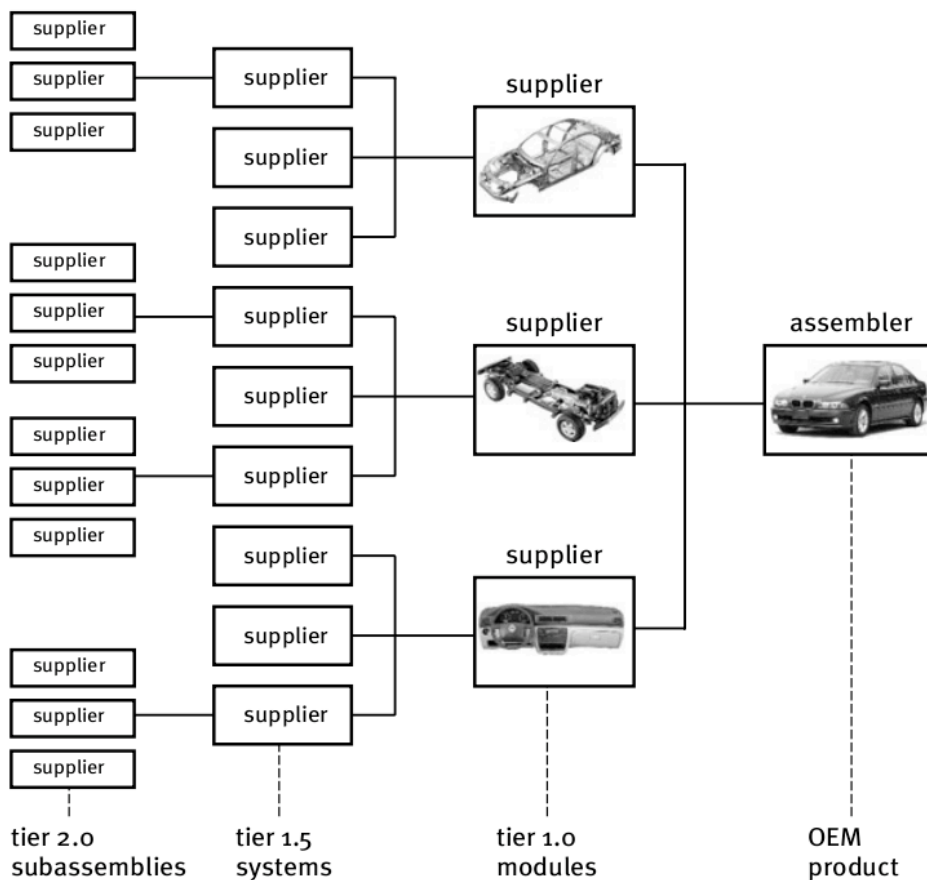
Strategisk modularisering har vært gjenstand for forskning i produktindustrien. Det som karakteriserer produktindustrien er at de produserer store mengder produkter i høy hastighet og at det er utviklet modeller for å integrere alle prosesser fra design til produksjon. Industriene preges av at det produseres høyt antall produkter i høy hastighet, og at det er stor global konkurranse og et marked i stadig bevegelse. Modulariseringens mål er å produsere et bredt spekter med produkter ut ifra en og samme modulbase (Kieran & Timberlake 2004; Parente & Gu 2005)

2.2.1 BILINDUSTRIEN

Erfaring fra bilindustrien er at utstrakt bruk av strategisk modularisering gir konsekvenser for hvordan en organisasjon opererer. Bilindustrien har blitt sett på som et godt eksempel og referanse knyttet til strategisk modularisering fordi industrien har vært en hoveddriver med hensyn til innovasjon innen produktdesign, utvikling, engineering, håndtering og markedsføring (Beim et al. 2009). Årsaken til dette er et stadig økende krav og forventning fra markedet om produktvariasjon, høy kvalitet, rask leveringstid og ikke minst lave kostnader. Strategisk modularisering er en bevisst metode for å redusere produksjonskostnader, i tillegg til å gi økt og rask nyutvikling.

STRATEGISK MODULARISERING I BYGGEINDUSTRIEN

En bil deles inn i flere moduler. Hver modul er sammensatt av hundrevis av deler som er levert av en mengde ulike leverandører ("supplier"), og som delmonteres før de blir en del av hovedproduksjonslinjen (samlet og montert hos "assembler"). Dette er et resultat av en gradvis utvikling og gjennom forbedring av forsyningskjeden. I stedet for at alle deler blir levert og montert på samme sted, består forsyningskjeden av flere nivåer ("tier"), som gradvis bygger opp deler og moduler som leveres til sluttmontering (Kieran & Timberlake 2004). Dette visualiseres i Figur 4.

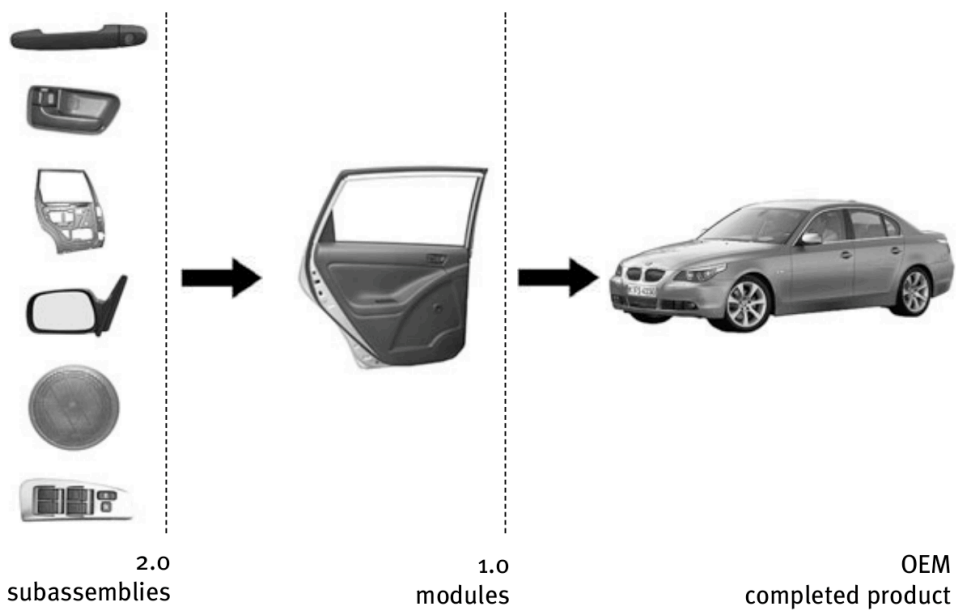


FIGUR 4. PRODUKSJONSLINJEN TIL EN BIL (Kieran & Timberlake 2004 s. 86).

Noen av hovedmodulene en bil deles inn i er blant annet motorrom, hjuloppheng og styring, cockpit og instrumentpanel, frontlys, dører, seter, bensin/dieseltank og karosseri. Alle modulene blir først ett i de siste minuttene av produksjonsprosessen (Kieran & Timberlake 2004) (Figur 5, 6, 7).



FIGUR 5. MODUL AV HØYRE FRONTLYS (BMW Manufacturing Co 2013).



FIGUR 6. VISUALISERING AV EN DØR, FRA SMÅDELER TIL FERDIG DØR (Kieran & Timberlake 2004 s. 18).

STRATEGISK MODULARISERING I BYGGEINDUSTRIEN

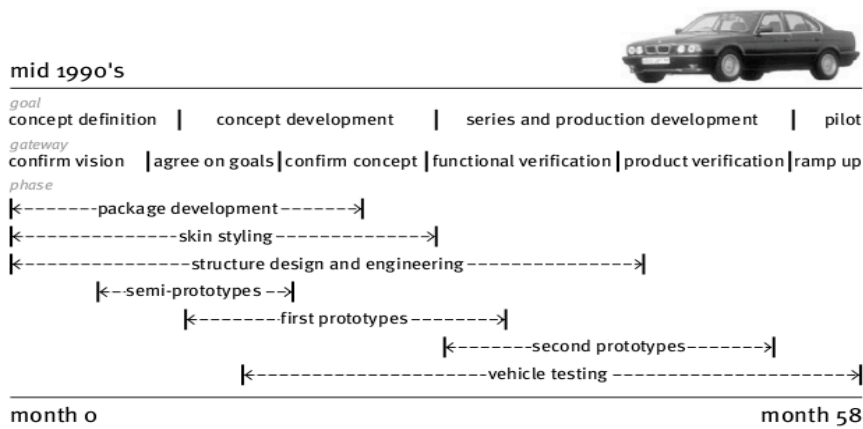


FIGUR 7. VISUALISERING AV BILSETE (Kieran & Timberlake 2004 s. 96).

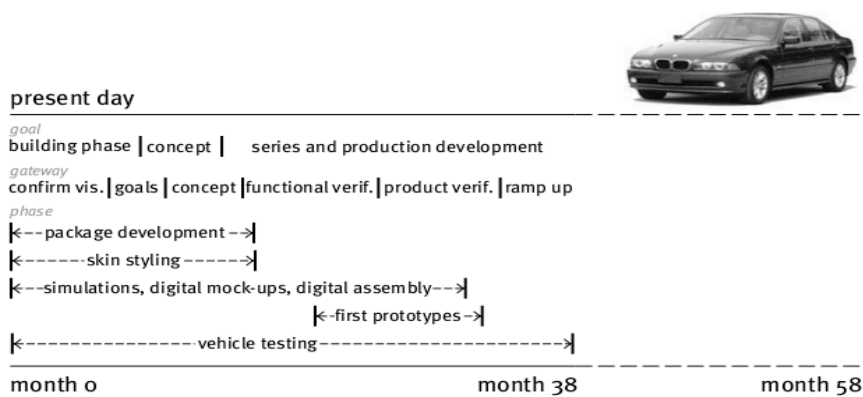
Alle deler ved prosessen blir nært fulgt opp gjennom elektronisk kommunikasjon mellom alle deltakere. De arbeider vanligvis på samme anlegg, næringsområde eller under samme tak (Kieran & Timberlake 2004; Parente 2003).

I henhold til Kieran og Timberlake (2004 s. 21) er resultatet av strategisk modularisering i bilindustrien "*higher quality, more scope and features, less time, lower cost*". Kotabe et al. (2007) sier i sin forskning at resultatene ved å benytte seg av strategisk modularisering er kortere produktutviklingscykluser som øker i takt med teknologisk endring, bedrer produktkvaliteten og reduserer kostnadene (Figur 8). I tillegg vil integrering av den tause kunnskapen på modul og leverandørnivå bidra til at de individuelle modulene fra ulike og uavhengige leverandører, kommuniserer og passer sammen gjennom et standardisert grensesnitt (Langlois 2002).

STRATEGISK MODULARISERING I BYGGEINDUSTRIEN



VS.



T = TIME FROM CONCEPTION TO MARKET

FIGUR 8. BETRAKTELIG REDUSERT TIDSBRUK I PRODUKSJONSSYKLUS (Kieran & Timberlake 2004 s. 20).

Strategisk modularisering i bilindustrien fungerer også ved at kundene, på bakgrunn av en standardplattform har en rekke valgmuligheter. Standardplattformen er de delene ved bilen som ikke er foranderlige, slik som bilens funksjonelle egenskaper. Valgmulighetene knyttes til de fysiske, synlige og relativt overfladiske egenskaper som farger, materialer og overflater. Dette er kvaliteter som ikke har noe med bilens kvalifikasjoner å gjøre (Jørgensen 2007).

2.3 MODULARISERING I BYGGEINDUSTRIEN

Byggeindustriens første industrialiseringsbølge var preget av masseproduksjon og kom for fullt på 60- og 70-tallet. I Norge tok dette form som drabantbyer i storbyene (grunnet boligmangel), og førte til rask boligbygging ved hjelp av økt industrialisering. Byggeindustriens forsøk på å industrialisere seg gjennom modularisering var sterkt preget av standardisering for at produsentene skulle få størst mulig rasjonalisering av produksjonsapparatet. Boligblokkene var og er preget av stor repetisjon, og består derfor i en serie av ensartede og identiske bygg. I Norge er det stor tradisjon for å eie sin egen bolig. Dette bidrar til økt ønske og krav om individualitet og originalitet i boligbyggingen (Berg 2008) fremfor industrialiserte og identiske bygg.

Etterspørselsnedgangen etter boliger sent på 1980-tallet og nordmenns ønske og krav om variasjon og individualitet i eksteriør, tilpasning til egen stil, så vel som tilpassing til nærmiljø og tomt, bremsset den industrielle utviklingen i byggeindustrien i Norge (Berg 2005).

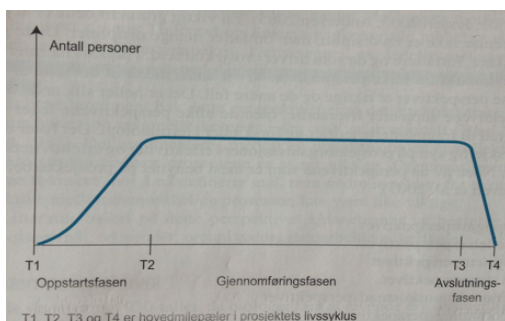
I dag foretrekkes valgmuligheter, individualitet og muligheten til å endre mening i siste liten (Kieran & Timberlake 2004), og som ved mange andre teknologiske nyvinninger gjør massetilpasning seg gjeldene i byggeindustrien (Jørgensen 2007). Massetilpasning er imidlertid hovedsakelig kjent fra produktindustrier, og firmaer i disse industriene har reorganisert seg for å møte kundenes krav ved å tilby produktvalg, produkter med kort bestillingstid til lav pris, i tillegg til høy kvalitet på produktene. Erfaring viser at firmaer som tilegner seg disse produkttegenskapene vil få økt markedsandel for sine merkevarer (Kieran & Timberlake 2004). En eskalerende forventning og produkters økende kompleksitet var blant årsakene til den andre industrialiseringsbølgen i de senere år, som var preget av massetilpasning. Massetilpasning bidrar til mangfold ved å imøtekomme den enkeltes individuelle behov, noe som bidrar til identitetsskaping (Jørgensen 2007).

Industrialisering i byggeindustrien har ført til en overgang fra tradisjonell bygging tuftet på godt og plassbygget håndverk, til maskinbasert utvikling av byggekomponenter (Beim et al. 2007). Produktivitet og omfanget av industrialisering er allikevel ikke like omfattende som i produktindustrien, selv om den har blitt forsøkt industrialisert gjennom "off-site" produksjon (Kieran & Timberlake 2004; Wikberg et al. 2010). Årsaker er at byggeindustrien påvirkes av prosjektets kontekst; som kultur,

geografisk lokasjon, samfunnets teknologiske nivå, sosioøkonomiske faktorer, lokale byggeteknikker og ulike tilgjengelige materialer og fasiliteter, samt en mengde andre faktorer (Berg 2008; Beim et al. 2007; Vibæk 2011). Allikevel, i en rapport fra SINTEF Byggforsk Berg (2008), hevdes det at det i ethvert byggeprosjekt i dag benyttes prefabrikkerte komponenter og elementer i mer eller mindre grad.

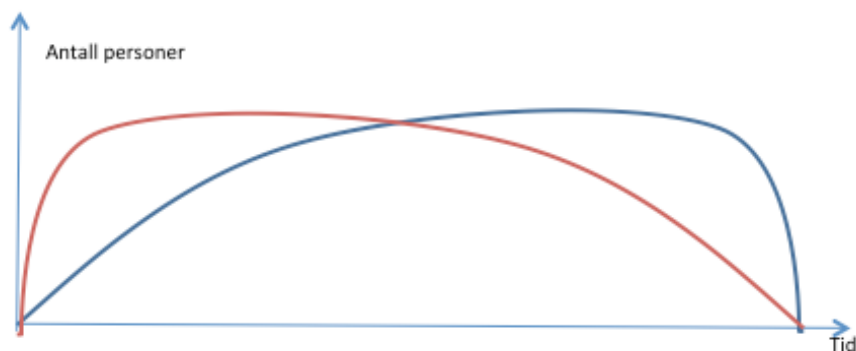
Industriell bygging stiller nye og endrede krav til prosjektering og økt kompetanse når det gjelder kunnskap om produkt og teknologi for å skape kvaliteter på komponent og produktnivå, i tillegg til helhetlig kvalitet (Beim et al. 2007). Det er viktig at de prosjekterende, arkitektene og designerne, ingeniørene og de andre aktørene, får økt tid til planlegging i tidligfasen, det vil si i oppstarten av et prosjekt. Inkludert i dette er blant annet at prefabrikkert bygging krever transport fra fabrikk til byggeplass, noe som kan by på en del utfordringer.

Et prosjekts tradisjonelle livssyklus er i følge Kolltveit et al. (2009) full bemanning i gjennomføringsfasen og frem til nedtrappingen som er en kortere periode (Figur 9).



FIGUR 9. ET PROSJEKTS LIVSSYKLUS (Kolltveit et al. 2009 s. 13).

I "Japanske prosjekter" er det flest mennesker involvert i oppstarten av et prosjekt, hvor alle relevante aktører er representert og samarbeider i alle nødvendige oppstartsprosesser for å oppnå gode og hensiktsmessige løsninger. Etter hvert som prosjektet utvikles reduseres både antall personer og spesialiteter (Womack et al. 1990) (Figur 10).



FIGUR 10. TRADISJONELL OPPTRAPPING AV PERSONER (BLÅ) VS ØNSKET BRUK AV PERSONER I BYGGEPROSJEKT VED BRUK AV PREFABRIKASJON, INSPIRERT ETTER JAPANSK MODELL (RØD) (Etter Womack et al. 1990).

2.3.1 PREFABRIKERT BYGGING

Prefabrikasjon i byggeindustrien inkluderer bygningskomponenter og romlige elementer produsert i kontrollerte miljøer, "off-site", ved hjelp av informasjonsteknologi, og som fraktes til byggeplass for montering (Beim et al. 2009; Dela Stang 2003; Vibæk & Beim 2013) (Figur 11).

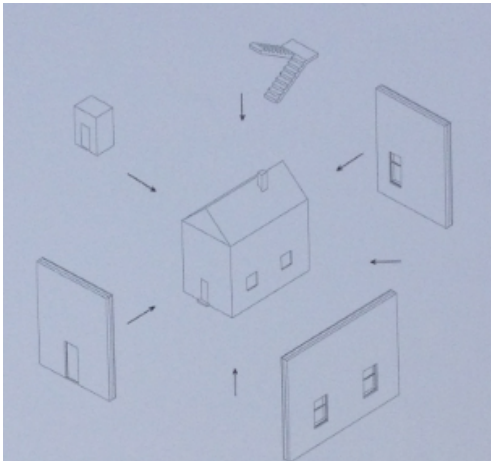


FIGUR 11. MODULARISERING I BYGGEINDUSTRIEN (Vibæk & Beim 2013 s. 39).

Det er flere fordeler ved å benytte modularisering i et byggeprosjekt. Den mest avgjørende er at prefabrikasjon reduserer byggekostnadene med opp til 15 % (Beim et al. 2009). En forutsetning for å få ned prisene er at prinsippene for masseproduksjon benyttes i produksjonen. Det vil si at høy investering i avanserte maskineri og verktøy bidrar til redusert arbeidskraft ved rasjonalisering av arbeidsoppgaver, og mindre behov for høyt utdannet arbeidskraft i produksjonen. Videre reduseres materialkostnadene fordi materialer bestilles i store kvanta, utnyttes bedre, og gir dermed mindre avfall og svinn. Andre fordeler ved prefabrikasjon er kortere byggetid, mindre feil og mangler, økt innovasjon, forbedrede løsninger og redusert energibruk i produksjon (Beim et al. 2009; Berg 2008; Vibæk & Beim 2013). Videre er en viktig fordel ved bruk av prefabrikasjon at det gir kontroll på fukt i

produksjonen. I Norge er det tradisjon for å benytte seg av plassbygging hele året. Dette bidrar til at regn og snø kommer i kontakt med byggematerialene. Innestengt fuktighet i en konstruksjon vil kunne bidra til fuktskader som kan være svært uheldig for konstruksjonen og gi dårlig inneklima. Bruk av prefabrikasjon reduserer denne utfordringen betraktelig da de bygges innendørs i tørt klima, og gir raskt tettbygg ved montering på byggeplass (Våge et al. 2009).

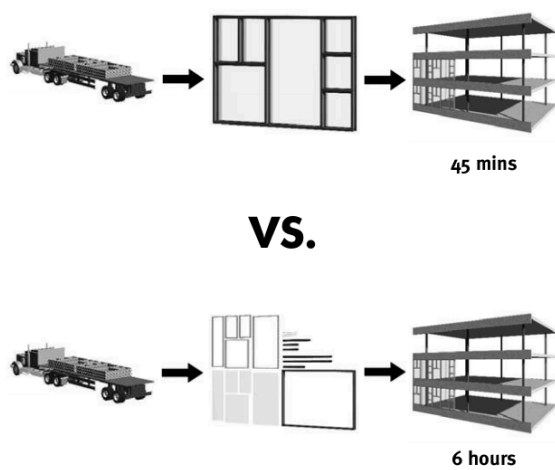
Innen prefabrikkert bygging er det i henhold til Beim et al. (2009) to hovedmåter. Den ene måten er ved å benytte prefabrikkerte byggelementer og montere det på byggeplass (Figur 12).



FIGUR 12. FERDIGE ELEMENTER (Beim et al. 2009 s. 79).

Sammenlignet med tradisjonell bygging hvor alle individuelle materialer og deler ankommer byggeplass, og settes sammen der, reduseres byggetid og behov for arbeidskraft både i produksjon (gjennom økende bruk av roboter) og på byggeplass ved prefabrikasjon av bl.a. bæreelementer, veggelementer, takelementer og trappeelementer (Beim et al. 2009) (Figur 13, 14, 15 og 16).

STRATEGISK MODULARISERING I BYGGEINDUSTRIEN



FIGUR 13. TIDSBESPARELSE, PLASSBYGGET VERSUS PREFABRIKERT VEGGELEMENT (Kieran & Timberlake 2004 s. 40).



FIGUR 14. FESTEMEKANISME FOR VEGGELEMENT SOM LØFTES RETT PÅ Plass (Kieran & Timberlake 2004 s. 143).



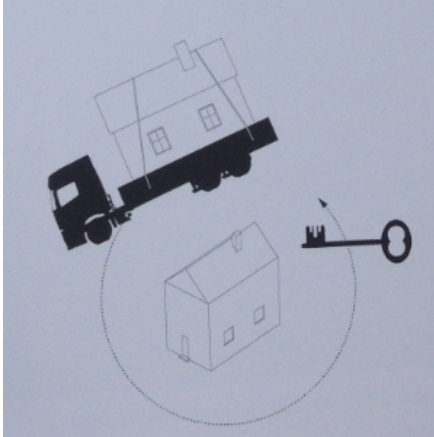
FIGUR 15. PREFABRIKERT VEGGELEMENT LØFTES PÅ Plass (Våge et al. 2009 s. 32).



FIGUR 16. BRUK AV ROBOT VED PRODUKSJON AV PREFABRIKASJON (Beim et al. 2009 s. 62).

STRATEGISK MODULARISERING I BYGGEINDUSTRIEN

Den andre måten å benytte seg av prefabrikasjon på er å benytte seg av romlige moduler som er ferdige bygget på fabrikk, hvor alle installasjoner er installert før de ankommer byggeplass. Dette kaller Beim et al. (2009) "turnkey delivery", eller "nøkkelferdig levering". Det betyr at det kun er å koble til strøm i tillegg til vann og avløp før nøkkel leveres (Figur 17).



FIGUR 17. NØKKELFERDIG LEVERING (Beim et al. 2009 s. 79)

Denne type bygging er ofte forbundet med lavprisboliger. Rasmussen skriver i en artikkel i Vibæk og Beim (2013) at bransjens mål i dag er å bygge dårligst mulig, fordi det er billig, og for så å selge det dyrest mulig. *"Hvis alle byggede unikahuse til stedet til en fornuftig pris og var enormt gode til det, så behøvede vi ikke lave disse koncepter, men sådan er det ikke, og her kan vi gøre en forskel"* (Vibæk & Beim 2013 s. 40) (Figur 18 og 19)



FIGUR 18. HER LØFTES BOENHETER PÅ Plass (Gran 2010).



FIGUR 19. BRUK AV "MODULER FOR BYGGING AV HOTELL (Dela Stang 2003 s. 44).

De vanligste og foreløpig mest brukte funksjonelle modulene er baderomskabiner. Baderomskabinene er enheter der det eneste som gjenstår er kobling på ledninger, samt vann og avløp. Fordeler ved å benytte ferdige baderomskabiner er som ved øvrig prefabrikasjon, blant annet reduserte feil og mangler, redusert materialavfall, bedre arbeidsforhold, bedre garanti og ansvarsdeling, kortere byggetid og redusert fukt. Dette ved at modulene produseres innendørs i varme og tørre omgivelser (Beim et al. 2009). Baderomskabiner benyttes mye i nybygg av hoteller, boliger, pleiehjem, sykehus og kontorer. Som regel vil kunden kunne ha en del alternativer å velge i når det gjelder fliser, og baderomsmøblement (Mikkelsen et al. 2005) (Figur 20 og 21).



FIGUR 20 VISUALISERING AV BADEROMSKABINER (Mikkelsen et al. 2005 s. 81)



FIGUR 21. VISUALISERING AV BADEROMS- KABINER (Mikkelsen et al. 2005 s. 81)

I praksis er dagens byggeindustri en kombinasjon av disse to måtene å benytte seg av prefabrikasjon på, prefabrikkerte byggelementer med montering på byggeplass og nøkkelferdig levering i tillegg til at det stadig benyttes plassbygget bygging (Beim et al. 2009). Det ligger et stort potensiale i bruk av prefabrikasjon, samtidig er det fortsatt en oppfatning av at: *"in quality, off-site fabrication has come to be associated be with products in trailer parks"* (Kieran & Timberlake 2004 s. 106).

Wikberg et al. (2010) mener det er en ny trend og utvikling i dagens byggeindustri å jobbe gjennom bruk av blant annet strategisk partnering, LEAN bygging og bygningsinformasjonsmodellering (BIM). Strategisk partnering handler om å dele eierskap til et prosjekt gjennom "å jobbe under samme kontrakt" og å ha felles insentiver. Målet med partnering er å oppnå en vann-vinn situasjon når det gjelder innovasjon, kvalitet og prestasjoner på leveranse samt kostnader og vinning (Momme 2001). LEAN bygging samsvarer med definisjonen av LEAN produksjon (side 13), og handler hovedsakelig om å utnytte ressursene maksimalt. BIM defineres som et planleggings- og prosjekteringsverktøy, og er i henhold til Eastman et al. (2011) en av de mest lovende utviklingene innenfor arkitektur, engineering og byggeindustri. BIM er et dataassistert konstruksjonsverktøy (DAK-verktøy). Dette er en programvare hvor alle aktører kan bidra og jobbe inn i samme modell, hvor det kan foregå kontroll av ulike tekniske- og VVS løsninger, kontroll på at det ikke forekommer kollisjoner mellom de ulike fagene i tidligfasen, i tillegg til at det kan kjøres energisimuleringer, sol/skyggestudier, akustiske simuleringer, kontroll opp mot innebygget lovverk. "Det er

billigere å gjøre feil i bits og bytes enn i stål og betong" (Statsbygg). BIM er en teknologi som gir en digital, nøyaktig virtuell modell av en bygning og dens konstruksjon. Modellen inneholder presis geometri og all relevant data som kreves for bygging, fabrikasjon og andre aktiviteter som trengs for å utføre byggingen (Eastman et al. 2011), og er avgjørende ved økende modularisering i byggeindustrien (Vibæk & Beim 2013). *"When implemented appropriately, BIM facilitates a more integrated design and construction process that results in better quality buildings at lower cost and reduced project duration"* (Eastman et al. 2011 s. 1).

Transport

I henhold til Statens Vegvesen er maksimal lengde på et vogntog på norske veier totalt 25,25 meter inkludert førerhus, og en last på maks 60 tonn. På noen veistrekninger er maksimal vekt 50 tonn (Statens vegvesen 2012b). I tillegg er transportbegrensningene normalt 2,5 meter bredde. Dersom leveransen går utover transportbegrensningene må komponentene eller elementene deles i biter eller "chucks" i henhold til den modulære produktarkitektur slik som vist i produktindustrien. Også designet, oppdeling av bruk av leverandører og kundens tilpasningsevne påvirker en bygnings modulære produktarkitektur (Beim et al. 2009). Dersom lasten stadig er større i lengde og bredde er det krav om å søke Statens vegvesen om dispensasjon. Dette er svært fordyrende (Statens vegvesen 2012a) (Figur 22 og 23).

§ 5-8. Kolonnekjøring med langt eller bredt gods

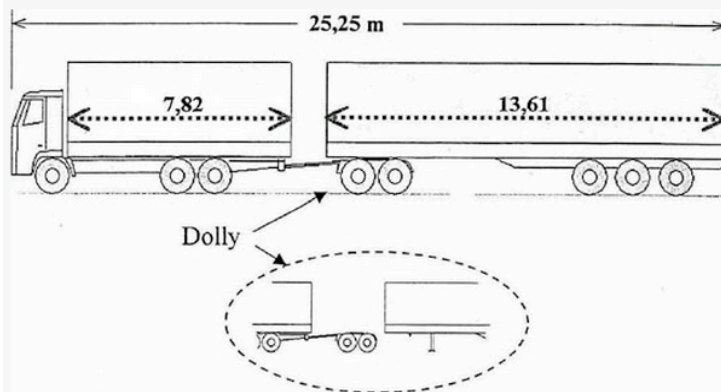
Om kjøring med to eller flere kjøretøyer i følge (kolonne) gjelder følgende:

- a) Slik kjøring er bare tillatt mellom kl. 2200 – 0600. Politiet kan gjøre unntak i særlig tilfelle.
- b) Alle kjøretøyer i kolonnen medregnet ledsagerkjøretøy skal ha internt radiosamband når transporten ikke følges av politiet.
- c) Kolonnen skal ha ledsagerkjøretøy foran og bak. Foruten varsellykt, og varselskilt som fastsatt i § 3-4 nr. 6, skal disse kjøretøyene ha varselskilt Kolonne. Dette varselskiltet skal ha tilsvarende utforming som varselskiltet i § 3-4 nr. 6.
Skilt som er utformet etter tidligere bestemmelser kan benyttes inntil videre.
- d) En kolonneleder skal sørge for å slippe fram andre kjørende så snart forholdene tillater det.

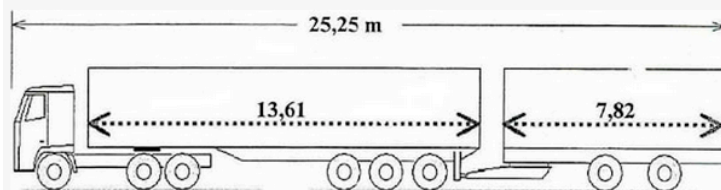
FIGUR 22. PARAGRAF 5-8 KOLONNEKJØRING MED LANG ELLER BREDT GODS; I LOVDATA, NR 92: FORSKRIFT OM BRUK AV KJØRETØY (Lovdata 1990)

STRATEGISK MODULARISERING I BYGGEINDUSTRIEN

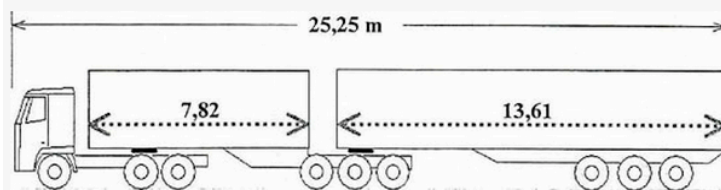
1. Bil med utvendig lastelengde på 7,82 meter eller mindre påkoblet en "dolly" med en semitrailer som ikke har lengde over 13,61 m.



2. Semitrailervogntog med maks 16,5 m påkoblet en påhengsvogn med utvendig lastelengde på 7,82 meter eller mindre.



3. Semitrailer med vekslerbeholder/container med utvendig lengde på 7,82 meter eller mindre påkoblet en semitrailer som ikke er over 13,61 m.



FIGUR 23. MAKSIMAL LENGDE PÅ VOGNTOG UTEN DISPENSASJON (Statens vegvesen 2012b).

En ekstra utfordring når det gjelder transport av bred, eller lang last i Norge er at store deler av veinettet er smalt og bratt (Figur 24, 25, 26 og 27).



FIGUR 24. FRAKTING AV FAGVERK (Følgebilen 2011).



FIGUR 25. FRAKTING AV STÅLPROFIL (Følgebilen 2011).



FIGUR 26. BILDET VISER EN BRED LAST SOM HAR KILET SEG FAST (Johansen 2012).



FIGUR 27. TRANSPORT AV PREFABRIKKERTE ELEMENTER (Beim et al. 2009 s. 82).

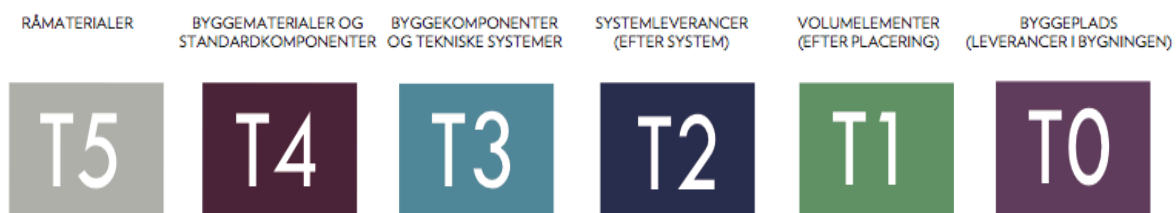
2.3.2 SYSTEMSTRUKTUR

Vibæk (2011) har utviklet en modell kalt "Systemstrukturmodell".

Systemstrukturmodellen viser "*abstrakte representasjoner av bygninger med fokus på den måde, de er sammensatt af kombinationer af ideer, processer og materialer*" (Vibæk & Beim 2013 s. 11). Systemstrukturen forklarer hvordan en bygning deles inn i delsystemer av ulik ferdiggrad, det vil si fra råmateriale til en sammensatt komponent til ferdig bygning. Det er et forsøk på kombinere produktarkitektur og forsyningskjeder i tillegg til å gi redusert kompleksitet (Vibæk & Beim 2013). Systemstrukturmodellen er en god modell for samarbeid og forståelse fordi den gir en visuell fremstilling av relasjoner på tvers av fagfelt og mellom de ulike aktører og leveranser i et byggeprosjekt (Vibæk 2011).

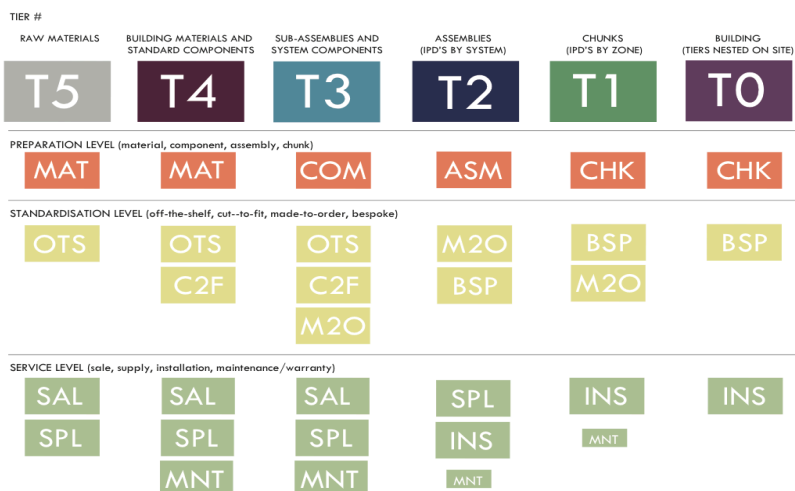
STRATEGISK MODULARISERING I BYGGEINDUSTRIEN

Figur 28 viser de ulike delsystemene i systemstrukturmodellen; Råmaterialer (T5), byggematerialer og standardkomponenter (T4), byggekomponenter og tekniske systemer (T3), systemleveranser (T2) og volumelementer (T1). Nivå 0, byggeplass (T0), består av alle de ulike systemene samlet, og satt sammen i en bygning. Figuren viser at det blir gradvis mer komplekst fra råmateriale til ferdig bygg på byggeplass. Dette betyr at jo lavere delsystem, jo høyere systemkompleksitet (Vibæk 2011; Vibæk & Beim 2013).



FIGUR 28. DELSYSTEM SOM BESKRIVER SYSTEMNIVÅET I SYSTEMSTRUKTURMODELLEN (Vibæk 2011 s. 199; Vibæk & Beim 2013 s. 12).

Videre består hvert delsystem av en integrert kompleksitet som deles inn i tre dimensjoner. Den første dimensjonen er forberedelsesnivå som igjen deles inn i; materialer, komponenter, sammensetting/montering og biter. Den andre dimensjonen er standardiseringsnivå som er delt inn i; hyllevare, spesialvare, bestillingsvare og skreddersydd vare, altså fra helt standardisert til helt kundetilpasset. Den tredje og siste dimensjonen er servicenivå som igjen er delt inn i; rent salg, ren levering, installasjon inkludert og vedlikehold/garanti hører med i leveransen (Figur 29 og 30).



FIGUR 29. DELSYSTEMER OG DIMENSJONER (Vibæk 2011 s. 200).

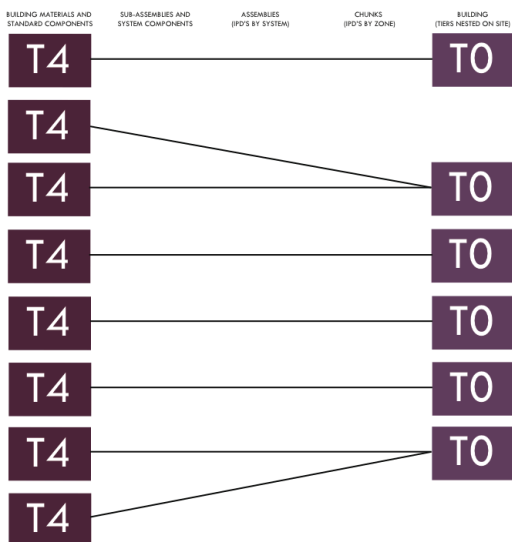
STRATEGISK MODULARISERING I BYGGEINDUSTRIEN



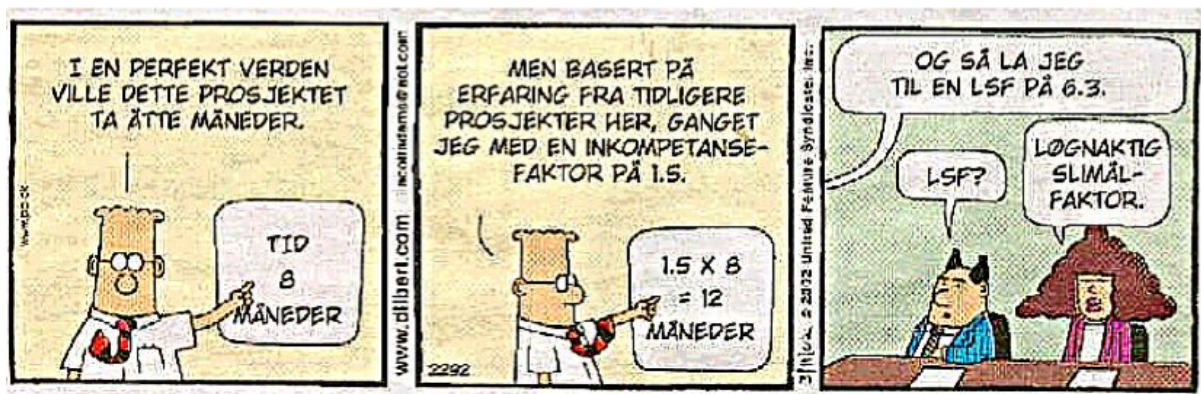
Dimensjonenes nivåer bestemmer en leveranses kompleksitet, ikke bare med tanke på hvilke materialer og komponenter leveransen er sammensatt av, men også med tanke faktorer som hvor standardisert eller skreddersydd den er, eller om det er rent salg eller om den inkluderer installasjon, og så videre.

FIGUR 30. VISUALISERING AV DIMENSJONENES INNDELING (Vibæk & Beim 2013 s. 13)

Figur 31 viser systemstrukturen til et tradisjonelt plassbygget byggeprosjekt, hvor råmaterialer kommer direkte til byggeplass og alt bygges på plassen (Vibæk 2011).

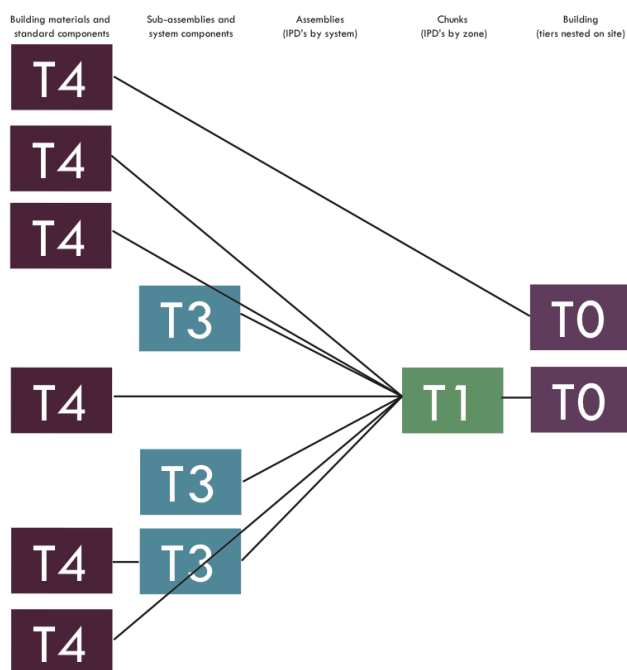


FIGUR 31. TRADISJONELL PLASSBYGGET KONSTRUKSJON (Vibæk 2011 s. 202)



FIGUR 32. "TRADISJONELL BYGGING"

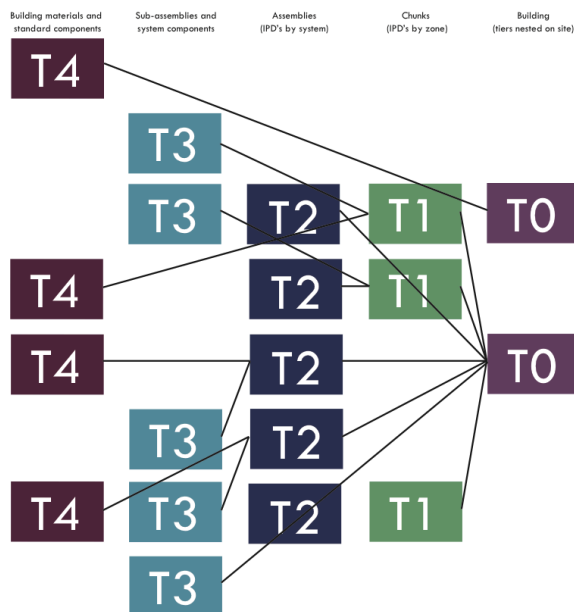
I figur 33 er systemstrukturen til et byggeprosjekt, som benytter seg av delvis prefabrikasjon. Figur 31 og figur 33 viser hvordan byggeprosjekter stort sett foregår i dag, hvor det benyttes en del systemleveranser og sammensatte komponenter i tillegg til en del råmaterialer, som kombineres og komplementerer hverandre på byggeplass (Vibæk 2011).



FIGUR 33. DELVIS BRUK AV PREFABRIKASJON (Vibæk 2011 s. 30).

Figur 34 viser systemstrukturen til fremtidig industrialisert arkitektur. Fremtidig industrialisert bygging består i all hovedsak av større systemleveranser og i høy grad integrering av forsyningskjeden.

STRATEGISK MODULARISERING I BYGGEINDUSTRIEN



FIGUR 34. FREMTIDIG INDUSTRIALISERT ARKITEKTUR (Vibæk 2011 s. 30)

Forskningen viser at strategisk modularisering er kommet lengst i produktindustrien, her eksemplifisert gjennom bilindustrien og resultatene viser at det ligger store fordeler i implementeringen av strategisk modularisering. Det er også gjort forskning innenfor byggeindustrien, der det fremkommer at den er i utvikling mot økt bruk av modularisering. I byggeindustrien er det vanskelig å fange og håndtere kunnskap knyttet til prosjekter på en systematisk måte, grunnet at et hvert prosjekt er fragmentert og tidsmessig avgrenset (Eliufoo 2008). I tillegg til dette er taus kunnskap iboende i mennesket, og innebygget i det menneskeskapte, noe som bidrar til at det er svært vanskelig å artikulere og å videreføre kunnskapen til nye grupper og prosjekter (Horvath 2000; Kogut & Zander 1992; Winter 1998). I arbeidsintensive industrier, slik som byggeindustrien sies det derfor at folk er et firmas største ressurs, og avgjørende for organisasjonene suksess (Green et al. 2004; Pathirage et al. 2007).

3 METODE

I metodekapittelet forklares design og metode som har styrt den empiriske undersøkelsen, samt en redegjørelse for datainnsamling og analyse, reliabilitet og validitet. I tillegg forklares forskjellen mellom kvantitativ og kvalitativ forskningsdesign.

3.1 FORSKNINGSMETODER

All forskning stammer fra nysgjerrighet, og er et ønske om å få svar på ett eller flere spørsmål. En forskningsprosess innledes ved at en forsker (student) setter seg inn i hva som tidligere er skrevet og gjort innenfor det aktuelle forskningsfeltet (Olsson & Sørensen 2003). Johannessen et al. (2006) viser til forskning som en prosess som består av fire faser; Forberedelse, datainnsamling, dataanalyse og rapportering. Fasene gjelder både kvalitativt- og kvantitativt design.

I *forberedelsesfasen* formuleres det hva som skal forske på, formålet med studien defineres og det klargjøres hvilke metoder som skal benyttes for å nå studiens mål. I forberedelsesfasen tas det stilling til hvilken forskningsdesign som skal anvendes for å besvare forskningsspørsmålet (Johannessen et al. 2006), samtidig som det er forskningsspørsmålet som bestemmer design (Olsson & Sørensen 2003). Det skilles mellom kvalitative- og kvantitative design. En kvalitativ studie består i ulike former av tekst; dokumenter, artikler, skriftlige notater og verbal utsagn. I en slik studie er det vanlig å innhente data gjennom observasjoner, ren observasjon eller deltagende og intervjuer, enten individuelt, i fokusgrupper eller både (Kvale & Brinkmann 2009). Begge intervjuene transkriberes i tekst. I kvantitativ metode innhentes data i form av spørreskjemaer med mange spørsmål, med et sett gitte svarmuligheter (Johannessen et al. 2006), og resultatene presenteres i form av tabeller og figurer (Olsson & Sørensen 2003).

I fase to, *datainnsamlingsfasen* benyttes det valgte forskningsdesign. Begge metodene krever at det tas stilling til hvem som skal delta, utvelgelsesstrategi og rekruttering. Ved en kvalitativ datainnsamling inviteres et strategisk utvalg, i den hensikt å få en mest mulig fylldig beskrivelse fra informantene (Johannessen et al. 2006). Ved kvantitative studier inviteres en mye større gruppe personer, ofte som en randomiser utvalg fra en populasjon, som bidrar til bredde, og gir mulighet til å

kartlegge et fenomens utbredelse i populasjonen (Johannessen et al. 2006; Thagaard 2009).

I den tredje fasen, dataanalysen, analyseres og tolkes dataene (Johannessen et al. 2006). Mens forskeren i den kvalitative forskningstradisjonen forholder seg til data i form av tekst, fortolkes kvantitative data ved hjelp av statistiske analyser (Johannessen et al. 2006; Thagaard 2009). I den siste fasen, *rapportering*, presenteres og diskuteres resultatene gjennom skriftlig rapportering (Johannessen et al. 2006).

I denne studien er det benytter kvalitativ metode, da målet var å undersøke erfaring tilknyttet bruk av prefabrikasjon og strategisk modularisering hos personer med ulik ledelseserfaring i byggeindustrien.

3.1.1 LITTERATURSTUDIE

En litteraturstudie er en systematisk gjennomgang av litteratur eller forskning som allerede er gjort på det aktuelle forskningstema (Olsson & Sørensen 2003). I denne studien er tidligere forskning og litteratur knyttet til fenomenet strategisk modularisering generelt og modularisering benyttet i byggeindustrien. I henhold til Hart (1999) skal et litteraturstudie enten være et teoretisk grunnlag for en empirisk studie, det vil si at litteraturen er en orientering om hva som er gjort i feltet, eller som en metode for å besvare problemstilling og forskningsspørsmål. I denne studien er litteraturen brukt som et teoretisk grunnlag. En sammenfatning av kunnskapen som er tilegnet fra de ulike skriftlige kildene er dermed presentert og diskuteres senere opp mot resultater fra den kvalitative undersøkelsen.

3.1.2 KVALITATIV METODE

Den kvalitative forskningsmetodens hensikt er å gå i dybden gjennom å undersøke og få forståelse for et fenomen (Thagaard 2009).

Det kvalitative intervjuet

Innenfor kvalitativt design er intervju en av de vanligste metodene for å innhente data. Intervjuets mål er å innhente ny kunnskap gjennom interaksjon mellom forsker og informant (Kvale & Brinkmann 2009). For å kunne stille gode oppfølgingsspørsmål

er det avgjørende å ha gode kunnskaper om intervjuetemaet (Kvale & Brinkmann 2009), og disse formuleres ofte i en intervjuguide. I henhold til Thagaard (2009) kan et forskningsintervju utføres på tre forskjellige måter, det uformelle, det strukturerte og det semistrukturerte (Thagaard 2009).

Det uformelle intervjuet, også kalt det ustrukturerte intervjuet (Johannessen et al. 2006), er et intervju med lite struktur. Dette er en uformell intervjuform, og oppleves som en samtale mellom forsker og informant. Temaet for samtalen er bestemt på forhånd (Thagaard 2009), men ikke spørsmålsformuleringen og rekkefølgen. Dette bidrar til at samtalen kan tilpasses til den enkelte informants svar og opplevelser (Johannessen et al. 2006), og er en form som gjerne benyttes gjerne som et initieringsintervju. Ved at intervjuets løp er fleksibelt kan samtalen endre retning og det kan skape grunnlag nye, uventede tema til videre forskning (som forskeren selv ikke hadde tenkt på på forhånd). Denne form for forskningsintervju benyttes dersom forskeren ikke har behov for å sammenligne informantene (Thagaard 2009).

I det strukturerte forskningsintervjuet er både tema og spørsmålsformuleringer fastsatt på forhånd (Johannessen et al. 2006); (Thagaard 2009). Dette kan til en viss grad ligne spørreskjema med svaralternativer i en kvantitativ undersøkelse, men forskjellen er at i det strukturerte intervjuet kan informantene selv utforme svarene sine, og uttrykke hvordan de forstår sin situasjon. Fordelen ved å benytte seg av en relativt strukturert form er at informantene har svart på de samme spørsmålene, noe som bidrar til at svarene er sammenlignbare. Denne metoden benyttes i forskning det vil være viktig å kunne sammenligne informantenes situasjon og forståelse (Thagaard 2009).

Det semistrukturerte intervjuet eller delvis strukturert intervju er den mest brukte intervjuemetoden i kvalitativ forskningsdesign, og baserer seg på en intervjuguide (Johannessen et al. 2006; Thagaard 2009). Et semistrukturert intervju er en planlagt, men fleksibel samtale (Kvale & Brinkmann 2009), der tema og spørsmål er bestemt på forhånd av forsker, mens rekkefølge og omfang bestemmes underveis avhengig av hvilken retning samtalen går. I tillegg kan temaer som ikke er planlagt bli bragt på banen, enten gjennom informanten eller forskeren (Thagaard 2009).

Forskningsintervjuet er altså en samtale preget av planlegging og et klart formål, og varierende grad av struktur. Det forutsetter at forsker både spør og lytter grundig. Formålet er å innhente kunnskap som kan etterprøves av andre (Kvale & Brinkmann 2009).

I denne studien er det benyttet et semistrukturert forskningsintervju basert på en intervjuguide.

Valg av informanter

Utvalgsstørrelse

I følge Johannessen et al. (2006) er det ofte vanskelig å estimere hvor mange informanter en bør intervju, men et mål bør være å intervju til det ikke fremkommer mer ny kunnskap. Imidlertid er det et spørsmål om hva som er gjennomførbart, og det er realistisk å begrense "*intervjuer til 5-10 informanter i studentprosjekter basert i begrenset tid som er til rådighet*" (Johannessen et al. 2006 s. 106). Antall informanter bestemmes ut ifra dette perspektivet, og det er viktig å ta stilling til hvor mange intervjuer det er mulig å gjennomføre da både intervjuene og dokumentering av dataene er tidkrevende (Johannessen et al. 2006; Thagaard 2009).

Data i denne studien er basert på intervju med personer ansatt i byggeindustrien. Informantene ble rekruttert ved direkte telefonkontakt, og deretter tilsendt informasjonsskriv. Totalt ble seks personer invitert til å delta i studien. Fem takket ja. Imidlertid fremkom ingen ny informasjon etter fjerde intervju, og det femte intervjuet bekreftet de fire første intervjuene.

Strategisk utvalg av informanter

Som beskrevet i Johannessen et al. (2006) ble strategisk utvelging av informantene anvendt hvor hensikten med utvelgelsen var, som i kvalitativ metode, hensiktsmessig og ikke nødvendigvis representativt for en hel populasjon. I litteraturen vises det til ulike måter å velge strategisk. I denne studien ble det valgt ut ifra homogenitet og typiske tilfeller. Det vil si at det er lite variasjon ut ifra sentrale kjennetegn, og at informantene er typisk for det som ønskes studert.

I denne studien er sentrale kjennetegn og typiske tilfeller å være leder med bred erfaring i byggeindustrien. Målet med intervjuene var å fremskaffe kunnskap om informantenes erfaringer, og at dataene fra dette utvalget ville være egnet til å gi relevant informasjon knyttet til forskningsspørsmålet.

Intervjuguide, gjennomføring av intervjuene og analyse

Dybdeintervjuene ble gjennomført der det var mest hensiktsmessig for informantene, i all hovedsak på deres arbeidsplass, med unntak av et intervju som ble gjennomført over Skype. Intervjuene i studien fikk frem informantenes meninger og erfaringer knyttet til intervjuguidens temaer. Intervjuguiden ble utarbeidet i forkant, og alle spørsmålene ble stilt til alle, men rekkefølgen fulgte samtalsens naturlige løp. Intervjuguiden ble ikke endret underveis i studien.

I følge Johannessen et al. (2006) er det avgjørende å skape tillit mellom intervjuer og informant. Dette ble gjort gjennom at jeg presenterte meg selv og prosjektet i tillegg til at de hadde fått informasjon på forhånd. Irrelevant for studiens resultater, men viktig for intervjuets dynamikk gikk intervjuets spørsmål fortrinnsvis fra generelle til det spesielle. Det aller meste av informasjonen var av relevans.

Samtlige intervjuer ble tatt opp på bånd og transkribert i sin helhet etter samtykke fra informantene. Denne måten å intervju og transkribere er i tråd med teorien (Kvale & Brinkmann 2009; Thagaard 2009). Å benytte seg av opptak har flere fordeler, som blant annet at hele intervjuer blir bevart. En kan gå tilbake å høre intervjuet på nytt, noe som styrker resultatene (Thagaard 2009). Forskeren kan under hele intervjuet konsentrere seg om informanten og hans eller hennes svar, følge med på reaksjoner og kroppsspråk. Dette er avgjørende for gode oppfølgingsspørsmål, genuin interesse og oppmerksomhet til informanten. Ved notering underveis er det vanskelig, om ikke umulig å få med seg alt. Det er utfordrende å notere, observere og gi respons samtidig. I tillegg blir data kraftig redusert i forhold til bruk av opptak, da det ikke er nok tid til å notere alt informanten sier (Thagaard 2009).

I tråd med teorien var min erfaring at det var svært nyttig å bruke opptak slik at jeg kunne konsentrere meg om informantene og det han sa, og for å kunne følge opp

med de relevante spørsmålene. I denne studien ble de fleste intervjuene på om lag 15-20 A4 sider i transkribert form.

Erfaringen fra intervjuene er at informantene var gjennomgående engasjert og opptatt av studiens tema. Hvorvidt jeg opplevde intervjuene som lette hadde sammenheng med informantens egen trygghet og evne til å formidle sin erfaringer og kunnskaper. I analysearbeidet ble spørsmål stilt til dataene om hva utsagn og erfaring handlet om relatert til temaet strategisk modularisering. Alle utsagn ble kategorisert i forhold til dette.

3.2 RELIABILITET OG VALIDITET

Reliabilitet er et viktig spørsmål i all forskning og sier noe om en forsknings pålitelighet (Johannessen et al. 2006). Reliabilitet handler om forsknings resultat, hvordan resultatene er funnet og håndtert i etterkant. Videre betegnes reliabilitet enten som *"hvorvidt et resultat kan reproduseres på andre tidspunkter av andre forskere"* (Kvale & Brinkmann 2009 s. 250), *"test-retest-reliabilitet"* eller *"inter-rater-reliabilitet"* som handler om at flere forskere undersøker samme fenomen. Når det brukes kvalitativ metode som i denne studien er imidlertid slike krav om reliabilitet ikke hensiktsmessig fordi det er samtalen som styrer datainnsamlingen. Dette betyr at det kan være vanskelig for en annen forsker å kunne reprodusere samme resultat, ikke minst fordi forsker, i dette tilfelle jeg, bruker seg selv som instrument også i forståelse av data (Johannessen et al. 2006).

Om en legger til grunn test-retest-reliabilitet eller inter-rater-reliabilitet for vurdering av grad av reliabilitet i denne aktuelle studien kan reliabiliteten bli lav. Derimot er det åpenhet knyttet til fremgangsmåten, både i forhold til valg av metode og intervju, utvalgsstrategi og datainnsamlings- og analyseprosessen for å sikre god innsikt i hele forskningsprosessen.

Validitet handler om resultatenes troverdighet og dreier seg i kvalitativ forskning om i hvilken grad resultatene reflekterer studiens formål og representerer virkeligheten. (Johannessen et al. 2006). I denne studien ble dette ivaretatt ved å stille spørsmål basert i teoretisk kunnskap om forskningstema og for å styrke studiens validitet

underbygges resultatene ved å vise sitater. Samt at funnene diskuteres opp mot teori.

I en kvalitativ studie er målet å generere kunnskap som kan anvendes i forståelsen av hva som kjennetegner et fenomen. Det er imidlertid ikke naturlig å snakke om generalisering av kunnskap, derimot overføring av kunnskap i kvalitative studier som handler om i hvilken grad resultatene oppleves nyttige for andre og i andre sammenhenger (Johannessen et al. 2006).

Studien har vært relativt begrenset med tanke på tid og ressurser, og dette kan ha fått følger vedrørende validitet. Datamaterialet er begrenset og det kunne sannsynlig gitt et større mangfold og bredde om informanter fra andre arenaer i byggeindustrien også var inkludert. Allikevel hvis resultatene er gjenkjennbare for andre enn informantene selv vil resultatene ut ifra en validitet være tilfredsstillende. Det kan også tenkes at validiteten kunne vært styrket om informantene hadde blitt intervjuet flere ganger.

3.3 STYRKER OG SVAKHETER VED METODEVALG

Begrepene i strategisk modulariserings teori er å oppfatte som generelle i den forstand at hovedsøylene; produktarkitektur, isolering av taus kunnskap og integrering av forsyningskjeden kan ha felles betydning for ulike industrier, men med ulike betegnelser avhengig av industriens terminologi. Begrepet strategisk modularisering som sådan er virker å være ukjent i byggeindustrien. På bakgrunn av dette måtte de anvendte begreper benyttet i intervjuene, for å besvare problemstillingen, være tilpasset byggeindustriens terminologi. Ved å endre terminologi kan en miste noe av essensen og begrepets faktiske betydning. Dette kan være å anse som en svakhet ved studien.

Det er forsket lite på strategisk modularisering som begrep i byggeindustrien. Ved å bruke kvalitativ metode og dybdeintervjuer har jeg i denne studien forsøkt å undersøke, kartlegge og forstå i hvilken grad strategisk modularisering benyttes i byggeindustrien. Til tross for overnevnte svakhet har den kvalitative metoden vist seg hensiktsmessig for å få innsikt i hvilken grad strategisk modularisering benyttes i

STRATEGISK MODULARISERING I BYGGEINDUSTRIEN

byggeindustrien. I så henseende gir de empiriske resultatene troverdige svar på problemstillingen. Dette er å anse som en styrke.

4 RESULTATER

I dette kapittelet vil resultatene fra intervjuene bli presentert og satt i sammenheng med problemstillingen; hva er strategisk modularisering og i hvilken grad benyttes strategisk modularisering i byggeindustrien. Kapittelet består i fire delkapitler. For det første forståelse av strategisk modularisering, og dernest i henhold til strategisk modulariserings tre "søylar"; modulær produkt arkitektur, eller modularisering, integrering av forsyningskjede og bruk av leverandører i tillegg til bruk av den tause kunnskapen. Fremstillingen i kapittelet presenterer resultater basert i tolkning av informantenes erfaringer og meninger. Alle sitater som brukes gjengis slik de ble sagt.

4.1 FORSTÅELSE AV STRATEGISK MODULARISERING

Strategisk modularisering som begrep var ukjent for de fleste, men etter å ha fått begrepet definert var det gjenkjennbart for alle og samtlige mente at dette var noe som mer eller mindre blir praktisert i byggeindustrien.

Noen fremholder at konseptet strategisk modularisering er blitt utarbeidet i byggeindustrien, men med en annen terminologi. Med utgangspunkt i byggeindustrien defineres strategisk modularisering ved at modularisering er industrialisert bygging og bruk av prefabrikkering av moduler og elementer. Videre definerte informantene strategi som langsiktig utvikling. Dette er strategiske grep industrien benytter for å øke kvaliteten, redusere tidsbruk og redusere kostnader.

4.2 BRUK AV MODULÆR PRODUKTARKITEKTUR

Alle informantene, uavhengig av firma og stilling, hadde selv erfaring med bruk av prefabrikasjon, både prefabrikkerte romlige moduler og prefabrikkerte elementer, men erfaringene og oppfatningene knyttet til bruken var noe ulike. Det fremkom gjennom intervjuene at det i teorien er mange fordeler ved å benytte seg av modularisering i byggeprosjekter, men at det i realiteten sjelden går hundre prosent som planlagt. En felles erfaring blant informantene var at ved feil, mangler og forsinkelser av de prefabrikkerte elementene og modulene, kan det skapes store utfordringer for montering og mye merarbeid på byggeplass. Det ble presisert at disse faktorene fordyrer prosessen.

Samtidig som mange av informantene hadde negative opplevelser ved bruk av modularisering, mente flere at dette er veien å gå for fremtidens bygging.

4.2.1 FORDELER

Byggeindustrien bærer fortsatt preg av plassbygging og spesialtilpasning på byggeplass. Dette er en forståelse fra alle informantene, samtidig som de opplever fremmarsj i bruk av modularisering i norsk byggeindustri. Samtlige informanter mener at dersom bruk av modularisering fungerer som planlagt er det stor gevinst med hensyn til redusert tidsbruk, reduserte kostnader og økt kvalitet.

Redusert tidsbruk

Informantene understreket at ved bruk av modularisering reduseres tidsforbruk i byggeprosessen totalt, spesielt i montasje- og byggetid. For det første var det enighet om at parallell arbeid kan foregå. Samtidig som den prefabrikkerte modulen eller elementet bygges på fabrikk forberedes byggeplass for å ta i mot modulen eller elementet, det vil blant annet si grunnarbeider, støp av grunnmur og bygging av bæresystem. For det andre nevnte flere av informantene at bygging på fabrikk drar nytte av masseproduksjon og er mer effektivt da det er høy investering i maskiner og verktøy som ikke blir benyttet på byggeplass. Et tredje moment som understrekes med hensyn til redusert tidsbruk er at når moduler eller elementer ankommer byggeplass dreier det seg i all hovedsak om å løfte på plass, feste og tilpasse. Sammenlignet med tradisjonell bygging, sier de dette er svært tidsbesparende når det fungerer. Som et par av informantene uttrykte det:

"Det er bare å løfte dette her inn, du sparer tid på byggeplass og det er fantastiske greier."

"Det er vesentlig kortere montasjetid ved bruk av prefabrikasjon enn på plassbygging".

Økt kvalitet

Flere informanter mente at modularisering gir økt kvalitet på sluttproduktet. I og med at moduler og elementer produseres inne på fabrikk, i tørre og trygge omgivelser, har

de en oppfatning om at det bidrar til redusert fukt, i motsetning til ved plassbygging hvor fukt kan sette seg i materialer. Materialets fuktighetsgrad kan ha stor effekt på byggets innelima. Videre mente informantene at bruk av prefabrikasjon bidrar til raskere tettbygg, noe som også bidrar til redusert fare for fuktskader. I tillegg til bedre kontroll på fukt gjennom prefabrikasjon og raskt tettbygg, er informantenes erfaring at sammenlignet med plassbygget produksjon, gir dette bedre kontroll i produksjonsprosessene i fabrikk, samt betraktelig reduserte feil og mangler. Som en informant uttrykte det;

"Et element med dette er kvaliteten, der en stor grunn er at du får kontroll på fukt, fordi du kan bygge dette inne i kontrollerte områder".

En annen viktig faktor for økt kvalitet er den høye investeringen av maskineri og verktøy på fabrikk, som muliggjør bruk av nyutviklede og avanserte materialer. Dette ble spesielt understreket av en informant.

Reduserte kostnader

Når bruk av modularisering har, som vist over, positiv innvirkning på montasje- og byggetid, gir dette positive utslag på reduserte riggekostnader i følge flere av informantene. Videre er det enighet om at prefabrikerte moduler og elementer gir redusert behov for arbeidskraft på byggeplass, som reduserer kostnadene ytterligere.

Flere informanter fremhevet at prefabrikasjon ofte blir bestilt fra utlandet, ettersom det er vesentlig lavere timekost, spesielt fra land i Øst-Europa. Dette bidrar til en økonomisk gevinst som blir sett på som en fordel.

4.2.2 UTFORDRINGER

Bruken av modularisering byr imidlertid på en del utfordringer. Det formidles av alle informantene. Dette er faktorer som tilstrekkelig med tid, grensesnitt og tilpasning, transport, logistikk, kundens forventning, samt norsk arbeidskraft og verdiskapning.

Tid, grensesnitt og tilpasning på byggeplass

Til tross for at tid i form av redusert tidsbruk defineres som en fordel i forbindelse med modularisering, viser resultatene at flere av informantene mente at kanskje en av de største utfordringene knyttet til modularisering er mangel på tid i tidligfasen i byggeprosessen. En informant mente dette har sammenheng med at det blir satt av for lite tid til prosjektering og planlegging, slik at prosjektet ikke er tilstrekkelig planlagt før bestilling og produksjonen av de prefabrikkerte elementene og modulene. Det er en holdning blant informanten at slik det gjøres i dag er det for dårlig, men at endring avhenger av ressurser til planlegging på et tidlig stadium. To av informantene beskriver det på denne måten:

"Vi har for kort tid til prosjektering i forhold til når vi må starte produksjonen av hva det måtte være".

"Det å komme tidlig nok i gang med prosjektering er avgjørende for at vi ikke skal gå av skoene gang etter gang".

Bruk av modularisering krever, i henhold til flere informanter, at prosjekteringen er grundigere og mer detaljert, da manglende planlegging bidrar til at det blir for mange feil og mangler. Når de prefabrikkerte elementene og modulene ikke er tilstrekkelig ferdige, eller ankommer byggeplass for tidlig eventuelt for sent i forhold til fremdriftsplanen er informantenes erfaring at dette skaper tidsmessige ulemper.

God planlegging og kontroll på grensesnittet er i henhold til flere informanter helt avgjørende for å få til bruk av modularisering. Videre presiserer de at hovedårsaken til at grensesnittene er for dårlige, at det blir dårlige innfestinger og overganger, samt andre feil og mangler ved prefabrikasjon er at det ikke settes inn nok ressurser i et prosjekt i tidligfasen. Det må flere folk inn i tidligfasen, så kan man heller redusere antallet etter hvert. I følge flere informanter er det tradisjonelt en stigende kurve med hensyn til en gradvis oppbemanning av folk og kompetanseområder knyttet til prosjekter over tid. Å kontrahere så mange folk og kompetanseområder som mulig fra starten av et prosjekt, altså en bratt kurve, mener de vil ivareta presis prosjektering som igjen vil bidra til redusert behov for tilpasning av moduler og elementer på

byggeplass. Poenget med dette, mener de, er at kunnskap er tilgjengelig så tidlig som mulig.

"Alt i byggebransjen handler om grensesnitt og å ha ferdige tegninger og gode planer. Det mangler alltid for mye, det mangler detaljer".

Flere informanter mente at grensesnitt har en tendens til og "glemmes", og de mente at dette kommer av flere faktorer. I tillegg til at det ikke settes av nok tid, settes det ikke på nok folk i forhold til alt som burde være ferdig prosjektert i det byggingen begynner. Ved bruk av modularisering må prosjektering være ferdig når prefabrikasjonen av moduler og elementer skal produseres. En felles erfaring er at når prosjekteringen ikke er tilstrekkelig kan det skje at noen faktorer blir glemt og dette blir svært dyrt å tilpasse og justere på byggeplass.

" Plutselig må vi frese hull for 1 million kroner. Det er bortkastede penger".

Skal bruk av prefabrikasjon bli en lønnsom måte å bygge på må ferdiggraden, grensesnittet og detaljer bli vesentlig høyere fra fabrikk. Det er enighet mellom informantene at grensesnittproblematikken koster mye penger.

Når ferdiggraden og grensesnittene ikke er tilstrekkelige skaper det i følge alle informanter store utfordringer på byggeplass medførende mange arbeidstimer. I tillegg sier noen av informantene at det ofte er usikkerhet knyttet til hvem som har ansvar for gjennomføring og håndtering av kontroll på grensesnittene. Dersom kontrollen svikter kan det som en informant sa oppleves slik:

"Det blir et stort problem nå, når du står der og skal feste et element i løse luften".

Resultatene viser at modularisering krever mer tid til prosjektering i tidligfase, samt større kunnskap hos de prosjekterende. For lite tid og for dårlig planlegging av detaljer og grensesnitt i tidligfasen kan gi mye merkostnader i form av tid og ressurser på byggeplass.

Transport

Det er flere faktorer ved bruk av modularisering som bidrar til at sluttresultatet ikke gir den lønnsomhet som ble forespeilet. Flere av informantene mente at en av de største utfordringene ved bruk av moduler er transport og de høye kostnadene forbundet med dette, i tillegg til de restriksjonene og begrensningene transport gir.

"Vi greier fortsatt ikke gjøre modulene ferdige nok på fabrikk til at det er verdt merkostnaden i transport".

"Transport er noe som kan ta livet av deg".

Prefabrikkerte moduler og elementers størrelse og form avgjøres gjennom transportmulighetene og begrensningene det gir. En informant fremhevet at dette bestemmes etter norsk lov som setter krav til kjøring av bred eller tung last på vei. Spesialtransport av store, romlige moduler kan bli en stor utfordring, hvor begrensningene kan bidra til at *"det slår i hjel produktiviteten"* i følge en av informantene.

Dersom det skal benyttes romlige moduler mente et par av informanter at det bør vurderes om det vil lønne seg å benytte kortreiste moduler, altså at de produseres i nærmiljøet. Det er begrenset hvor langt det er mulig og hensiktsmessig å transportere, og en sa; *"byggeplass er en lokal greie og så omfangsrik at bygging av moduler må skje i nærheten"*. Ved sammenligning av norsk prefabrikasjon og utenlandsk prefabrikasjon, er utenlandsk mest lønnsom, med tanke på prisen for selve produktet i tillegg kommer merkostnader som har med transport, montering og tilpasning. En informant mente at ved sammenligning av norsk prefabrikasjon mot norsk plassbygget bygging vil det være gunstigere å benytte norsk prefabrikasjon fremfor norsk plassbygget bygg, både når det gjelder kvalitet, byggetid og kostnader.

Felles erfaring er allikevel at det gjennom beregning viser seg at selv om utenlandsk prefabrikasjon er billigere i produksjon vil det ikke nødvendigvis lønne seg. Dette har sammenheng med mulige merkostnader til transport og tilpasning.

Logistikk

Informantene ser på logistikk som en mulig utfordring, og mener det krever god planlegging av produksjon og produksjonsløp. Ved bruk av modularisering kan det lett oppstå forsinkelser, der en forsinkelse skaper en dominoeffekt. Dersom en levering blir forsinket, vil hele fremdriften bli forsinket, ikke minst når det er viktig hvilken rekkefølge modulene bygges i. En informant presiserer at det kan være utfordrende å ha tilstrekkelig plass til lagring av moduler og elementer på en byggeplass. Det mest gunstige er hvis modulen kommer til rett tid, og kan lastes rett fra lastebilen og monteres på plass.

Kundens forventning

Flere av informantene mente at en utfordring ved bruk av modularisering i Norge er nordmenns høye krav og store forventninger, for eksempel til arkitektur, utforming, standard og skreddersøm. Det er derfor viktig at det utvikles metode for design, arkitektur og prosjektering som bruker standardpremisser som forutsetninger å jobbe etter. Dette tilsier at man ikke får alle frihetsgradene man vil ha. En informant brukte bilindustrien som eksempel:

"Det blir litt som bilproduksjonen, det er ikke mulig å kjøpe hjul fra Toyota, karosseri fra Fiat, motor fra Volvo, og påstå at noen skal sette sammen dette her og det skal fungere godt".

Et par informanter mener bruk av baderomskabiner og andre romlige moduler kun vil fungere i lavkostnadsprosjekter hvor kunden ikke har påvirkning. Det er fordi tilkobling og design til baderomskabinene kan rasjonaliseres fremfor å være avhengig av kundenes ønske om tilpasning, valg og muligheter. Årsaken til at dette vil fungere best i lavkostnadsprosjekter er, som en informanten sa, fordi bad er veldig personlig og en nordmann forventer å kunne påvirke hvordan badet skal se ut. Selges luksusleiligheter er baderomskabiner som konsept vanskelig forenlig med det som selges og leveres.

"Selger du 'Mercedes' til kunden, og leverer 'Lada' blir folk sure og føler seg lurt".

Alle informantene er enige om at moduler skaper en del begrensninger som ikke alle nordmenn er like fornøyd med. Noen informanter tror nordmenn er redde for bruk av moduler og at vi vil få mindre særpreg og unike bygg.

Arbeidskraft og verdiskapning

Prefabrikkerte moduler og elementer kommer i henhold til informantene i all hovedsak fra utlandet. Dette kommer av at det gjennomgående er billigere å produsere der. Kombinasjonen av at produksjonen av prefabrikasjon flyttes fra byggeplass til utlandet og at moduler bidrar til at det trengs færre fagarbeidere på byggeplass, kan være kritisk for norsk fagarbeidere, mente noen informanter, og formuleres slik:

"Modularisering vil jo være et element som truer fagarbeiderstanden, helt klart".

Noen informanter mente at økt modularisering vil føre til kunnskapstap og fordumming av den norske arbeidsstokken, samtidig som det ble understreket viktigheten og fordelene ved å ha fagkunnskap for å se at prosjektering er riktig. Mens noen opplever modularisering som en trussel mot det norske arbeidsmarkedet, mente andre at markedet skriker etter flere fagfolk det trengs mer arbeidskraft, at det er stor mangel både når det gjelder håndverkere, fagarbeidere og ingeniører og derfor er utviklingen positiv for norsk byggeindustri. Det stort behov for nye bygg, både offentlige bygg, skoler, boliger og nye anlegg samt er det stort behov for oppgradert infrastruktur i årene som kommer. Flere av informantene mener derfor at dersom vi skal få bygget alt som skal bygges er det avgjørende at vi får "hjelp" fra utlandet.

"Jeg tror ikke det finnes noen arbeidsledige norske snekkere, og sånn sett må vi jo på en eller annen måte få hjelp for å gjøre alt som skal gjøres i Norge".

Alle informanter er enige om at ved bruk av økt modularisering trengs det noen håndverkere til å montere og komplementere, men deres erfaring er at det ikke er i storindustrien de flinke fagarbeiderne jobber. En informant sa at flesteparten av de dyktige norske håndverkerne jobber i større og større grad på egen hånd i et privat

marked, og i mindre grad i storindustrien men utenlandsk arbeidskraft jobber i storindustrien.

"De som kan faget driver med småhusbygging og bor på landet. I byen driver de med rehabilitering eller mer spesielle prosjekter. De jobber ikke her".

4.3 ISOLERING AV TAUS KUNNSKAP

Når det gjelder overføring av kunnskap og erfaringer mente samtlige informanter at dette er noe som er avgjørende for produksjon, men som hele byggeindustrien sliter med.

"Jeg mener den tause kunnskapen som du kaller det for, erfaringer er vel et ord jeg liker bedre, er alfa og omega."

En informant sa at hvert byggeprosjekt begynner som om det er det aller første prosjektet. Det er ofte rot og kaos, og ingen avklarte grensesnitt mellom prosjektgruppens deltakere. En informant mente videre at et hvert firma sitter på enormt med erfaring og kunnskap, og for å lykkes i et prosjekt er videreføring og bruk av erfaring helt avgjørende. Det behøver ikke være egen erfaring, men "noen sin erfaring". Informantene er enige om at overføring av erfaring er en utfordring i alle ledd i byggeindustrien.

"I byggebransjen har vi et indisk bryllup hver gang".

"Norsk kultur tilsier at på neste prosjekt er det blanke ark (...) premissene for neste prosjekt blir så ulikt at det blir umulig å gjenta".

Flere av informantene opplever at byggeindustrien som helhet har vanskeligheter for å lære av sine feil. Samtlige har "smertelig" erfart at bruk av moduler krever mer detaljkunnskap i tidlig fase, men vi klarer ikke ta lærdom av lærdommen.

En informant mener en av de største utfordringene med overføring av erfaring er at alle er så opptatt med alt at det å sette av tid til erfaringsoverføringsseminarer, møter

eller samtaler ikke prioriteres, men går i stedet i gang med oppgaven, uten å tenke gjennom om andre har gjort dette før.

4.3.1 SKRIFTLIG OVERFØRING AV KUNNSKAP

Samtlige informanter har dårlig erfaring ved bruk av systemer for å overføre kunnskap og erfaringer, og at det er et problem at det er for lite tid til å skrive ned erfaringen en har opparbeidet seg. En felles erfaring er også at om det blir skrevet ned har ikke andre tid til å lese. Flere informanter mener det ved bruk av skriftlig overføring av erfaring kan det bli så mye at det blir vanskelig å komme til "essensen", samt at det blir så store lagringssystemer at det blir umulig å håndtere og katalogisere det.

"Skriver du det inn i et system, er det ingen som leser de erfaringsrapportene".

Informantene mener at det vil gi bedre effekt å benytte seg av mennesker til overføring av erfaring, og ikke systemer. En informant mener at dersom det finnes styringssystemer i et firma, må dette systemet hele tiden oppdateres, og omsette erfaringer i forbedringer i det systemet man har, slik at det hele tiden er "best practice" som gjelder, at det blir optimalisert, og at kunnskapen konserveres og mangfoldiggjøres.

4.3.2 OVERFØRING AV KUNNSKAP GJENNOM "GJENBRUK" AV FOLK

Når det gjelder overføring av erfaring og kunnskap mener samtlige informanter at en avgjørende metode å overføre erfaring på, er gjennom gjenbruk av folk. Flere sa at gjenbruk av nøkkelpersoner i prosjekter gir kontinuitet og erfaring ved at noen har gjort det før, og dette gir en trygghet for hele gruppen. En informant mente at dersom et prosjekt har en helt fersk prosjektleder, kreves det et kjerneteam som har vært borte i noe av den samme problematikken før for å lykkes i prosjektet. Å ha erfarne folk i kjerneteamet av et prosjekt er i henhold til en informant den eneste mekanismen som fungerer bra i prosjekt.

"Når du får et ferskt team uten erfaring, så kan det gå riktig dårlig".

Flere mener en utfordring i byggeindustrien i Norge er at det vi i for lite grad utnyttes erfarne prosjektgjennomføringsteam. Vider sa flere at det vanlige er at det i starten av hvert prosjekt dannes et nytt team, med nye teamsammensettinger, og lite gjenbruk av fungerende_nøkkelteam, som kjennetegnes ved at fungerende nøkkelpersoner går igjen. En informant mener det er mangel på kjerneteam som bygger stein for stein ved å bruke erfaringer fra et prosjekt til det neste.

"Jo mer erfaring vi har i et prosjektgjennomføringsteam, jo bedre rustet står vi".

En av informantene mener det er mer effektivt å være "spesialister", å kun jobbe inn mot et spesielt markedssegment. Han mener det er en fordel å jobbe tett, med godt samarbeid og alle jobber inn mot samme prosjekter. Alle er "hands on", involvert og hvert prosjekt baseres på tidligere erfaring.

"Erfaring har alt å si for et prosjekt".

En av informantene delte en erfaring om hva som skjedde i hans firma under finanskrisen, og boligbyggingen stoppet opp. De opplevde 1,5 år uten at nye boligprosjekter ble igangsatt. Etersom boligprosjektene som pågikk ble ferdige, begynte alle som drev med boligbygging med noe annet.

"Når du da starter opp igjen en boligproduksjon og du plutselig ikke har tilgjengelige folk som er erfarne ser du hvor tungt det er og hvilken taus kunnskap du faktisk mangler, og hvilke samkjørte team du mangler".

4.3.3 OVERFØRING AV KUNNSKAP GJENNOM EN-TIL-EN SAMTALER

"En-til-en overføring av kunnskap. Det er den eneste måten å gjøre det på, og det er også rasjonelt".

En informant definerte en en-til-en samtale som en relasjon der erfaring overføres direkte, noe som bidrar til nøyaktig og presis informasjon, og det blir konkrete anbefalinger rettet inn mot hva slags erfaring man er ute etter. En informant mener at fremfor å ha et skriftlig erfaringsystem er det viktig innad i et firma er at noen

kjenner til de ansattes kvalifikasjoner og erfaringer slik at den som trenger erfaring fra et spesifikt felt kan bli henviset og satt i kontakt med noen som sitter på den spesifikke kunnskapen og erfaringen som det er behov for i en bestemt situasjon.

I byggeindustrien er det dessverre slik, i henhold til en informant at noen av de knapphetsfaktorene et prosjekter lider mest under er mangel på kompetanse og kapasitet. Det blir for lav kompetanse og for lav kapasitet i tidlig fasen, som bidrar til at et prosjekt kommer skjevt ut fra starten av, noe som vil prege hele prosjektet.

Informanter mente det en god måte å oppnå effektiv erfaringsoverføring på, er gjennom en sunn balansegang mellom seniorer og juniorer, og å finne en balanse mellom erfaring og systemer. Da menes systemer som konserverer kunnskap og mangfoldiggjør den. Hvis seniorer og juniorer jobber tett gjennom hele prosesser mener informantene at junior har forutsetninger for å gjennomføre neste prosjekt alene. Seniorene omtales av en av informantene som;

"navet i et hjul, der juniorer sitter som satellitter rundt".

Å overføre kunnskap fra de med stor "know-how", og å være tett på har informantene felles tro på. En informant var også tydelig på at det er bedre om kunnskap overføres direkte da;

"får du mangfoldiggjort i praktisk forstand den erfaringen, tause kunnskapen".

4.4 INTEGRERING AV FORSYNINGSKJEDE

4.4.1 KRITERIER FOR VALG AV LEVERANDØRER

Informantene mener det som regel er pris som bestemmer valg av leverandør men at det er andre kriterier som for eksempel tillit og kjennskap til leverandører som på mange måter er viktigere enn pris. På grunn av firmapolitikk og -retningslinjer velges allikevel leverandører ofte ut ifra pris. Det informantene sier er at det til tross for bevissthet knyttet til andre faktorer ved valg av leverandører er det en generell oppfatning av at det allikevel handler om pris. En informant sa;

"Det kommer av manglende forståelse på viktigheten med gode relasjoner, og stabile leverandører og tjenester".

Pris

Mens flere informanter mente at de tidligere hadde "korteiste" leveranser, er det nå slik at for å oppnå beste markedspris er det avgjørende å holde pris og anbudskonkurranser. Disse konkurransene er ofte internasjonale, slik at utenlandske aktører kan gi anbud. Erfaring tilsier at utenlandske leverandører er de billigste.

"Vi søker utenlandske samarbeidspartnere i mye større grad for å være konkurransedyktige".

En informant mener man ofte blir blind av den billige "innkjøpsprisen", og gevinsten man kan oppnå, og glemmer transport, montasje, og andre kostnader forbundet med moduler. En informant hadde benyttet seg av prefabrikasjon fra Latvia, der frakten koster mer enn materialkostnadene. Han mener gevinsten blir marginal, og han trodde ikke sluttkostnadene ville være billigere enn om man benyttet seg av en norsk leverandør.

En annen informant sa generelt at ved innkjøpstidspunktet lønner det seg å velge leverandør ut ifra pris, men når det gjelder sluttresultat, gjennomføring og for totalen, både for kvalitet og pris er gevinsten større ved å jobbe sammen med folk man kjenner og som man stoler på og som man vet leverer. Dette fører til at de 2-5% man klarer å tyne i innkjøpsfasen ikke nødvendigvis vil gi gevinst i sluttproduktet.

Pris burde ikke være den faktoren som er avgjørende i alle tilfeller, sier flere informanter. Tillitt til at varen som skal leveres og kunnskap om godt håndverk er vel så avgjørende, mener de. Å spare "noen kroner" tidlig i prosessen kan koste dyrt senere, og som en sier;

"Avgjørelsen med å spare 30 000 kr kostet oss i alle fall 1 million kroner".

Samarbeid mellom ulike aktører innenfor bedriften, for eksempel innkjøpsleder og prosjektleder er også viktig. Informantene er enige om at pris ikke er det eneste kriteriet i valg av leverandør, men dersom man ikke kjenner leverandøren fra før er

det vanskelig å bedømme ut ifra andre kriterier, utenom skussmål. En informant tror og håper på at det vil skje en utvikling når det gjelder samarbeidsformer og prosjekt, entrepriserformer og prosjektmodeller som fører til at andre kriterier blir like viktige og betyr noe for valg av leverandører. De har tro på at byggeindustrien i større grad skal drive partnering mot underleverandørene enn det som gjøres i dag.

"Jeg opplever at jeg får leverandørene slengt i fanget".

Partnerskap/samarbeid

Alle informantene ønsker å benytte seg av leverandører de kjenner fra før, som de har tillit til og som de vet leverer et godt resultat. Ved å benytte seg av kjente leverandører vet man hva man får, selv om det tilsynelatende koster noen prosent mer, ikke minst fordi;

"Det er alltid trøbbel med nye leverandører, alt for mange uavklarte grensesnitt".

Det er enighet om blant informantene at gode prosjekter er den største effekten ved å ha langsiktige leverandørsamarbeid. En fordel ved bruk av langsiktige samarbeidspartnere er i henhold til flere informant er at man lærer seg å ta hensyn til hverandres premisser i en planfase. I tillegg, dersom man har hatt et langt samarbeid og leverandøren tørr å ta investeringen kan de kanskje bidra på produktutvikling. Langsiktige relasjoner mot leverandørene gir en "vinn-vinn" situasjon i den forstand at det skapes trygghet hos alle aktør, i følge flere informanter, og at risikopåslaget for prosjektet blir mindre.

En informant er inspirert av den "Japanske forretningsmodellen". Han sier at entreprenør-leverandør forhold bygges på felles insentiver, ved at de kjøper aksjer hos hverandre. Det skapes således et forretningsmessig insentiv for å ha en god relasjon, og de har en "åpen bok" situasjon, som bidrar til et gjensidig ønske og behov om å lykkes. Overskuddet gjennom det vil deles rettferdig i forhold til eierandel. Relasjonene i Norge er tradisjonelt ikke preget av åpen bok i følge informantene.

Videre mener en informant at det også er mye å lære fra USA hvor de har kultur for å signere at de fraskriver seg retten til å saksøke hverandre. Når de ikke har dette

som virkemiddel er de nødt til å basere seg på på samarbeid. Informanten mener videre at de derfor ikke har noe å tjene på å lure å hverandre. Begge parter tjener på godt samarbeid, og en godt utført jobb, da profitten deles etter avtalt prosent av omsetting.

En informant mener et godt samarbeid avhenger av hvem som gjør hva, til hvilket tidspunkt. En stor utfordring i teamarbeid er at folk ikke klarer å gjøre jobben sin, til rett tid, av flere forskjellige årsaker. En annen informant mener at i prosjekter hvor det er god flyt karakteriseres av at folk er i forkant, at de gjør det de skal gjøre, ser fremover, identifiserer hva som skal bli gjort og hvilke faktorer og mennesker man er avhengig av.

Tidspunkt for involvering

Flere informanter mente at hva leverandørene skal bidra med er bestemmende for når i prosessen, hvor tidlig, en leverandør skal involveres i prosjektering. Generelt bør flere involveres tidligere enn det som er vanlig og som har vært tradisjonelt. De er enige i at;

"det som kjennetegner prosjekter som fungerer godt er ofte at man har hatt en ganske bred involvering tidlig, leverandørene har blitt valgt tidlig og fått tilpasset designet til sine løsninger".

Alle informantene mente at ved å involvere leverandørene tidlig blir mye avklart i prosjekteringen i tidligfasen. Dermed unngås feil og mangler som må rettes opp på byggeplass. En informant mente det er billigere å sette på mer ressurser i tidligfasen, enn å måtte håndtere forsinkelser, ventetillegg og forsering på byggeplass. I tråde med dette sier en annen informant at ved å involverer produksjonskompetanse tidlig kan det spares store kostnader og "omveier" i produksjon. Det som tradisjonelt skjer i Norge er at leverandør informasjon kommer for sent, som kan føre til at prefabrikkerte moduler og elementer ikke passer, eller at den innledende kalkyle er for lav. Informantene tror samlet sett at det ligger et stort uttømt potensiale i å benytte seg av leverandørens kompetanse tidlig i et byggeprosjekt. Allikevel bør det, som en informant fremholder være en bevissthet knyttet til tidspunkt til at dersom en

leverandør blir involvert i et prosjekt "for tidlig" er det risiko for at informasjon låses informasjon.

"Du låser mulighetene".

BIM

BIM blir ansett av de fleste informantene som et viktig verktøy. En informant som har jobbet mye med BIM definerer det som et videre utviklet DAK-verktøy som du utfører design og konstruksjon i, og er en modell som er bærer av all informasjon. Videre sier han at dette bidrar til at man kun trenger å legge inn informasjon en gang, fremfor den tradisjonelle prosessen hvor alt gjøres flere ganger for å samordne de ulike fagene. Brukes BIM er det stadig tilgang på oppdatert informasjon. Han mener dette vil prege, og sette premissene for hvordan man jobber tverrfaglig, da alle fag og alle aktører jobber i samme modell.

BIM har ikke bare den fysiske design og konstruksjon, men alle egenskaper, all dokumentasjon og informasjon puttes inn i modellen. Dette bidrar til at BIM i tillegg fungerer som dokumentasjonen på bygget, og simuleringer kan kjøres rett i modellen for kontroll når det gjelder bl.a. konstruksjon, energibruk og tilstrekkelig og riktig rømningsveier. I følge flere av informantene vil BIM bidra til å forenkle tidligfasen, samt gi et bedre samarbeid mellom leverandører og ulike fagfelt som er involvert i et byggeprosjekt. I tillegg blir designet mye mer presist enn det har vært før.

De fleste informanter anser BIM som er nyttig verktøy i utførelse av byggeprosjekter, og at ved bruk av BIM kan ulike aktører i byggeprosessen arbeide i samme modell, mener andre at det kompliserer prosessen og bidrar til mer uferdige og utydelige tegninger enn tradisjonell bygging.

"Tror BIM og 3D blir veldig viktige verktøy fremover, for å ha noe å møtes og diskuteres omkring, og bygge virtuelt før du bygger det fysisk".

"Derfor mener jeg at 3D modellen kanskje ikke er så gunstig for oss som er ute i praksis, som skal gjøre det. Når det ble tegnet i 2D ble det bedre tegninger enn det blir i dag".

STRATEGISK MODULARISERING I BYGGEINDUSTRIEN

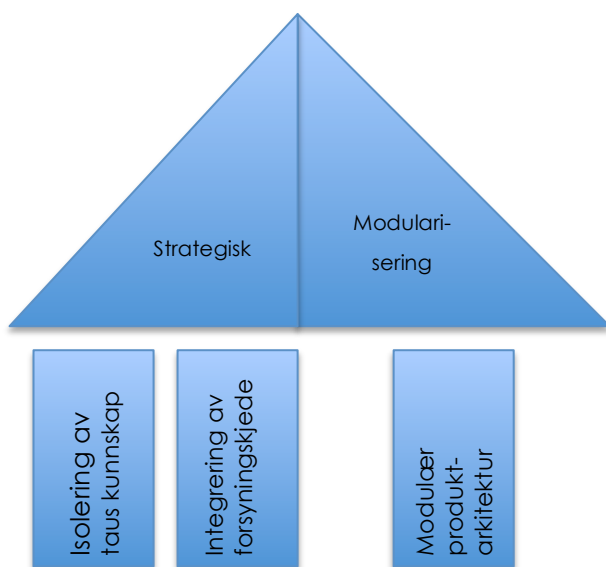
SAMMENDRAG AV RESULTATENE			
		FORDELER	Ufordringer
BRUK AV MODULÆR PRODUKT-ARKITEKTUR (MODULARISERING)	PREFABRIKASJON > Romlige moduler	<ul style="list-style-type: none"> * Redusert fukt - bygging inne * Redusert fare for fukt gjennom raskt tett bygg * Redusert byggetid * Redusert riggekostnader * Redusert arbeidskraft på byggeplass 	<ul style="list-style-type: none"> * Økt prosjekteringstid som kommer av økt behov for detaljert og nøye prosjektering * For dårlig prosjektert kan føre til mye feil og mangler, dårlige grensesnitt og mye tilpasning på byggeplass * Redusert beslutningsansvar for prosjektleder som resultat av at det tas flere valg og beslutninger i en tidligfas * Transport/reisevei, moduler bygges "off-site". * Hvis det blir feil, blir det systemfeil og "alt feil" * Nordmenns høye krav * Logistikk krever god planlegging * Reduserer kreativitet * Redusert fagrelatert arbeid for fagarbeidere
	PREFABRIKASJON > Elementer	<ul style="list-style-type: none"> * Redusert fukt - bygging inne * Redusert fare for fukt gjennom raskt tett bygg * Redusert byggetid * Redusert riggekostnader * Redusert arbeidskraft på byggeplass * Lett å transportere enn romlige moduler 	<ul style="list-style-type: none"> * Økt prosjekteringstid som kommer av økt behov for detaljert og nøye prosjektering * For dårlig prosjektert kan føre til mye feil og mangler, dårlige grensesnitt og mye tilpasning på byggeplass * Redusert beslutningsansvar for prosjektleder som resultat av at det tas flere valg og beslutninger i en tidligfase
ISOLERING AV TAUS KUNNSKAP (KUNNSKAPS-OVERFØRING)	SKRIFTLIG OVERFØRING	* Kan lete seg frem til infomransjon uavhengig av andre	<ul style="list-style-type: none"> * Det tar mye tid og ressurser å skrive all erfaring ned * Det tar mye tid, og vanskelig å komme til essensen for den som trenger kunnskapen * uoversiktlige og store systemer
	OVERFØRING GJENNOM GJENBRUK AV FOLK	<ul style="list-style-type: none"> * Gjenbruk av folk gir stabilitet * Trygghet at noen vet hva de driver med 	* Avhengig av noen få
	OVERFØRING GJENNOM EN-TIL-EN SAMTALE	<ul style="list-style-type: none"> * Direkte overføring * Rett på sak * Fullt fokus 	<ul style="list-style-type: none"> * Avhengig av andre * Noen må vite hvilken erfaring og kunnskap hver enkelt sitter med for å snakke med riktig person
INTEGRERING AV FORSYNINGSKJEDE (VALG AV LEVERANDØRER)	PRIS	<ul style="list-style-type: none"> * Markedspris * Mange tilbud å velge mellom 	<ul style="list-style-type: none"> * "Benefit of the doubt", man velger leverandører man ikke kjenner * Usikkerhet, man vet ikke hva man får med tanke på: <ul style="list-style-type: none"> > Samarbeid > Grensesnitt > Risiko > Kvalitet
	PARTNERING/TIDLIGE BENYTTET LEVERANDØR	<ul style="list-style-type: none"> * Tillit/stole på * Felles erfaring * Trygghet, vet hva man får med tanke på; <ul style="list-style-type: none"> > Samarbeid > Grensesnitt > Risikodeling > Kvalitet 	<ul style="list-style-type: none"> * Prisen blir fort høyere enn markedspris * Redusert innovative løsningsner * Lett å utnytte andres penger

FIGUR 35. RESULTATENE PRESENTERT I TABELL (Geirdal 2013)

5 DISKUSJON

Strategisk modularisering er en flerdimensjonal metode bygget opp av tre hovedsøyler; modulær produktarkitektur, kunnskapsoverføring og integrering av forsyningskjeden (Parente 2003). Modularisering består av variasjon og tilpasning til hver kunde, gjenbruk av ressurser og erfaring gjennom standardisering, samt reduisering av kompleksitet. Hovedfunnene i studien viser at strategisk modularisering som brukt i produktindustrien benyttes til en viss grad i byggeindustrien, først og fremst gjennom produktarkitektur. Med hensyn til isolering av taus kunnskap og integrering av forsyningskjeden er det en vei å gå for å kunne kalle det strategisk modularisering.

Studien har også resultert i en bevissthet knyttet til at strategisk modularisering som begrep kan deles inn i kategoriene strategisk og modularisering og at søylene kan plasseres inn i disse. Slik det fremkommer i studien kan produktarkitektur plasseres inn i modularisering, mens isolering av taus kunnskap og integrering av forsyningskjeden plasseres inn i kategorien strategisk. Samtidig er søylene og kategoriene gjensidig avhengig av hverandre for at strategisk modularisering skal fungerer optimalt.



FIGUR 36. STRATEGISK MODULARISERING (Geirdal 2013)

5.1 BRUK AV MODULÆR PRODUKTARKITEKTUR

Modulær produktarkitektur som vist i teorien og anvendt i produktindustrien er ikke et like innarbeidet og kjent begrep i byggeindustrien. På den annen side brukes viktige elementer fra dette. For å være konkurransedyktig og kostnadsreducerende, i tillegg til å ta høyde for endringer i samfunnet og generell utvikling har bruk av modularisering i byggeindustrien kommet for å bli. Informantene er opptatt av hvordan prefabrikkerte moduler og elementer tilpasses gjennom standardiserte grensesnitt. Modulær produktarkitektur betegnes som standardiserte grensesnitt mellom komponenter for å skape strategisk fleksibilitet for å være i stand til å møte endringer i teknologi og marked (Sanchez & Mahoney 1996). Det er ingen fast mal på hvordan et byggeprosjekt skal utføres, og i byggeindustrien er det svært mange ulike bedrifter og firma. Blant disse er det mange store generalister som konsentrerer seg om ulike segmenter og små firmaer som ofte er spesialister og fokuserer på et spesifikt markedssegment. Modularisering benyttes i byggeindustrien i varierende grad uavhengig av prosjektstørrelse.

Modulær produktarkitektur er ikke et begrep som benyttes i byggeindustrien. Derimot benyttes betydningen av begrepet. Bruk av modularisering gjennom prefabrikasjon av moduler og elementer og standardiserte grensesnitt, knyttes til modulær produktarkitektur som kategori, og har flere fordeler og utfordringer.

5.1.1 FORDELER

Redusert tidsbruk og reduserte kostnader

Det fremkommer i studien at det er noen absolutte fordeler ved anvendelse av modulær produktarkitektur. Et økende bruk av modularisering gjennom prefabrikasjon og industrialisert bygging reduserer det totale tidsbruket. Som vist i produktindustrien kan dette ha sammenheng med at ulike prosesser foregår parallelt (Kieran & Timberlake 2004). I byggeindustrien handler dette om at mens de prefabrikkerte modulene og elementene produseres kan grunnarbeider og forberedende bygging skje parallelt slik at prefabrikasjonen kan løftes direkte på plass, i motsetning til plassbygging der alt bygges i fortløpende prosesser.

Som en følge av kortere byggetid reduseres riggekostnader, som i tradisjonell plassbygging representerer en meget stor utgift. Informantenes erfaring er at det derfor er av stor betydning og interesse at byggetiden reduseres gjennom bruk av modularisering. Disse funnene er på linje med Kotabe et al. (2007) funn fra bilindustrien hvor det understrekes at raskere produksjon reduserer kostnadene. Funnene er også i tråd med tidligere forskning i byggeindustrien som viser at reduserte kostnader blant annet har sammenheng med økt bruk av maskineri og verktøy som reduserer arbeidskraft gjennom rasjonalisering og materialkostnader (Beim et al. 2009; Berg 2008; Vibæk & Beim 2013).

Økt kvalitet

Resultatene viser at den viktigste fordelene ved bruk av modularisering er redusert fuktproblematikk. Tradisjonell plassbygging tar ofte lang tid, i tillegg til at det ikke er til å unngå at bygget står åpent over lengre tid. Ved bruk av modularisering produseres moduler og elementer innendørs, for så og pakkes godt inn i plastikk for å forhindre fukt i å trenge inn i konstruksjonen under transport og montering. Montering skjer raskt, noe som bidrar til rask tettbygg, og derav redusert fare for fukt i konstruksjonen som reduserer risiko for dårlig inneklima dramatisk. Dette bekreftes gjennom tidligere forskning i byggeindustrien (Våge et al. 2009).

Det er enighet blant informantene om at bruk av prefabrikasjon gjennom modularisering gir redusert antall feil og mangler som lett kan oppstå ved plassbygging. Disse funnene er i tråd med det som fremkommer gjennom forskning i byggeindustrien, som sier at bruk av prefabrikasjon bidrar til mindre feil og mangler, i tillegg til forbedrede løsninger gjennom økt innovasjon (Beim et al. 2009; Berg 2008; Vibæk & Beim 2013). Forskning viser videre at dette er et resultat av at en ved modularisering benytter fordelene ved masseproduksjon, der materialer utnyttes maksimalt gjennom bruk av avansert maskineri og verktøy. I tillegg benyttes det mer og mer roboter i produksjon, som gjør jobben plettfritt (Beim et al. 2009).

Det informantene definerer som fordeler knyttet til bruk av modularisering finner vi og i forskning av Vibæk (2011). Innenfor rammen av produktarkitektur er det viktig med forståelsen av at bruk av modularisering ikke reduserer sluttproduktets kompleksitet, men at det vises til at ved industrialisert bygging effektiviseres selve byggeprosessen

gjennom effektiv bruk av tid, ressurser og arbeidskraft. Dette er også elementer som gjenkjennes fra bilindustrien hvor kundens forventning knyttet til variasjon, høy kvalitet og leveringstid er av avgjørende betydning for utviklet bruk av modularisering (Parente 2003).

5.1.2 UTFORDRINGER

Produktet som skapes er et resultat av ulike elementer, komponenter, fysiske prinsipper og samarbeid mellom mange aktører med ulike roller i det ferdige produktet. Når dette fungerer godt er det mange og store fordeler knyttet til bruken av modularisering gjennom prefabrikasjon. Imidlertid påpeker informantene i studien flere utfordringer ved bruk av modularisering.

Tid, grensesnitt og tilpasning på byggeplass

Resultatene viser tydelig at det er enighet om at ved bruk av modularisering kreves detaljert planlegging og dermed økt prosjekteringstid. I henhold til et prosjekts tradisjonelle livssyklus ligger tyngden på bruk av ressurser, bemanning, tid og penger i gjennomføringsfasen (Kolltveit et al. 2009). Ved modularisering derimot fremkommer det av resultatene at det vil være hensiktsmessig med økt bemanning og ressurser i oppstartsfasen, mens det kan trappes ned i gjennomføringsfasen. Årsaken ligger i økt behov for detaljert og nøye prosjektering, og tett oppfølging i starten. Informantene bekrefter dermed synspunktene til Womack et al. (1990) som fremhever viktigheten av sterk bemanning og tilstedeværelse av flere aktører i tidligfasen, og Miller og Elgård (1998) som mener at økt modularisering krever bedre planlegging.

Ved for lite tid og manglende involvering av ulike aktører tidlig i prosessen viser resultatene at modulene og elementene ofte ikke er tilstrekkelig ferdige når de ankommer byggeplass, som igjen fører til mye merarbeid av grensesnitt og tilpasning på byggeplass. Informantenes tanker om manglende beskrivelser av grensesnitt er i tråd med forskning fra produktindustrien (Baldwin & Clark 1997), som fremhever at det er avgjørende at modulene samsvarer med design satt på forhånd og at den skal yte det den er tenkt i forhold til andre moduler. Byggeprosjekter består som regel i en kombinasjon av prefabrikasjon som krever tilpasning på byggeplass og

plassbygging, og resultatene i denne studien harmonerer således med tidligere forskning (Beim et al. 2009; Vibæk 2011).

Transport

Realiteten i at modulene bygges "off-site" sees på som en stor utfordring, i og med at størrelse og form i stor grad bundet av lovverket som begrenser transport av store moduler. I følge det norske lovverk er det begrensninger på hvor store kjøretøy som kan kjøre på norske veier både med tanke på lengde, bredde og vekt (Statens vegvesen 2012b). Gjennom resultatene vises det at en av de største utfordringene med bruk av modularisering er knyttet til transport, og begrensningen i størrelse til disse knyttes til restriksjonene på norske veier. Transport gir vesentlige kostnader. Dersom lasten er større enn maksimal lovlig størrelse kreves det dispensasjon (Statens vegvesen 2012a). Begrensninger knyttet til størrelse på moduler ligger derfor ikke bare i design eller kvalifikasjon og økonomi, men i norske veinett og fordyrende elementer knyttet til transport.

I produktindustrien er dette løst ved at modulleverandørene ofte er plassert i nærheten av hovedprodusent. I tillegg til at modulene er vesentlig mindre, og ikke nødvendigvis skaper store problemer ved frakt. Det sier seg selv at med byggeindustriens dynamikk, hvor byggeplassen flyttes ved hvert nytt prosjekt, er det nærmest umulig å tenke at samtlige leverandører til en hver tid vil ligge i kortreist avstand, og dermed redusere transportutfordringene.

Logistikk

Logistikk i byggeindustrien handler om at alle prosesser går som hånd i hanske og det påpekes i resultatene at logistikk er et avgjørende og viktig punkt. I produktindustrien er dette tilrettelagt, og alle ledd i kjeden bidrar i sine ledd i prosessen til riktig tid og sted (Kieran & Timberlake 2004). I byggeindustrien derimot, er dette langt vanskeligere, ikke minst fordi der modularisering brukes er det fortsatt i en kombinasjon av plassbygg og modularisering. Til tross for god planlegging kan endringer i produksjonstid, både på plassbygg og «off-site» skje, og dermed forsinkelser som skaper dominoeffekt i form av økt bruk av ulike ressurser og forsinkelser i videre bygging. For å unngå denne dominoeffekten er større fokus på

planlegging, både produksjon og produksjonsløp av stor betydning og vil bidra til bedre modularisering.

Kundens forventning

Høye krav fra oppdragsgivere eller potensielle kjøpere bidrar til at bruk av modularisering ansees som en utfordring og potensiell hindring. Sammenlignet med produktindustrien som benytter seg av strategisk modularisering hvor sluttproduktet tilpasses hver enkelt behov, stil og ønske (Mikkola et al. 2000) synes det som om frihetsgraden av valgmuligheter er mye mindre i byggeindustrien. I byggeindustrien benyttes for eksempel baderomskabiner først og fremst i institusjons- og offentlige bygg, men også i leilighetskomplekser, men med reduserte valgmuligheter (Mikkelsen et al. 2005).

Arbeidskraft og verdiskapning

Behov for spesifikk fagkunnskap i form av gammel håndverkstradisjon på byggeplassen synes å bli redusert ved økt bruk av modularisering. Riktignok understrekes det at fagfolk trengs til å montere og tilpasse, og disse erfaringene er på linje med Beim et al. (2009) som hevder dagens byggeindustri består i en kombinasjon av prefabrikasjon og plassbygging. Spesielt er det viktig i følge informantene at der det oppstår problemer og utfordringer i montering og supplering og ha nok fagkunnskap til å bedømme at resultatene blir riktige og gode.

5.2 ISOLERING AV TAUS KUNNSKAP

Å besitte taus kunnskap er ikke spesifikt for aktører i byggeindustrien, men som Polanyi (1966) har vist har all kunnskap tause dimensjoner som ikke alltid uttrykkes naturlig i språk. Resultatene viser at kunnskapsoverføringen må skje på flere nivåer i et byggeprosjekt. Hvordan overføring av kunnskap og erfaring kommuniseres mellom disse ulike nivåene er avgjørende for å sikre best mulig gjennomføring av et byggeprosjekt. Denne tanken er i tråd med det som fremkommer fra produktindustrien (Parente 2003).

Det er viktig at det foregår kunnskapsutveksling på to nivå, hvor begge er avgjørende for en vellykket modularisering. Gjensidig overføring av taus kunnskap

mellom modulintegrator og modulleverandør er viktig for et prosjekt, i tillegg til at det er helt avgjørende for et byggeprosjekt at kunnskapen som besittes i den interne prosjektgruppen artikuleres for felles forståelse.

I strategisk modularisering blir det lagt vekt på overføring av taus kunnskap mellom modulintegrator og modulleverandør (Kotabe et al. 2007). Det synes som om dette er en utfordring for byggeindustrien, da forsyningskjeden ikke blir tilstrekkelig involvert i tidligfasen i prosjekteringen, noe som blant annet kan bidra til ufullstendige grensesnitt som krever mye tilpasning på byggeplass og økte kostnader. Dette er i tråd med Kotabe et al. (2007) som sier at dårlig overføring av taus kunnskap kan gi kostbare resultater ved at den modulære produktarkitekturen ikke er tilstrekkelig definert slik at moduler og komponenter ikke er tilstrekkelig ferdige når de kommer fra modulleverandør, noe som gir merarbeid og "lapping" av grensesnitt hos modulintegrator (sluttmontør). Konsekvensen ved bruk av modulleverandørens taus kunnskap tidlig gjør at taus kunnskap presiserer og tydeliggjør hvordan delene skal fungere sammen slik at modulene kommuniserer med hverandre gjennom standardiserte grensesnitt, noe som gir bedre resultat og ytelse til et produkt (Kotabe et al. 2007). Overføringen av den tause kunnskap mellom modulintegrator og modulleverandør i byggeindustrien synes mest ivaretatt ved at erfaringene løftes inn i organisasjonen og artikuleres internt.

5.2.1 SKRIFTLIG OVERFØRING AV KUNNSKAP

Som det fremkommer i studien er erfaring med hensyn til skriftlig overføring av kunnskap relativt dårlig, og at det ved bruk av skriftlig overføring er vanskelig å komme til essensen. Tidligere forskning har derimot vist at ved å artikulere taus kunnskap inn i dokumenter og databaser forenkles muligheten til å lære av og imitere tidligere kunnskap (Pathirage et al. 2007).

I følge resultatene er det avgjørende for å kunne nyttiggjøre seg skriftlig overføring av erfaring at nye erfaringer oppdateres kontinuerlig i manualer og styringssystemer slik at de til en hver tid representerer "best practice". I byggeindustrien er det imidlertid slik at det ikke ligger noen automatikk i å klippe og lime "best practice" fra tidligere erfaringer på grunn av at byggeprosjekter er sammensatte og unike (Pathirage et al. 2007). Når resultatene viser at manualer og styringssystemer bør representere "best

practice" innebærer dette en variasjon og erkjennelse av at "best practice" i ett prosjekt ikke nødvendigvis er "best practice" i et annet, men at manualer og styringssystemer representerer et sett av "best practice". Resultatene er i tråd med tidligere forskning som påpeker at for å presentere "best practice" må det derfor dras kunnskap fra tidligere erfaringer for å finne gode løsninger for fremtiden (Pathirage et al. 2007). Her bør styringssystemer og manualer være en løsning. Fra forskning er det også kjent at "best practice" ofte er en del av den iboende kunnskapen hos prosjektmedarbeiderne i form av taus kunnskap (Hizar Md Khuzaimah & Hassan 2012).

5.2.2 OVERFØRING AV KUNNSKAP GJENNOM "GJENBRUK" AV FOLK

Ved enhver nyoppstart av nye byggeprosjekter kreves nye roller besatt. Resultatene viser at enhver oppstart ofte bærer preg av at det er nye grupper og sammensetninger av folk, uten felles erfaringsbakgrunn fra tilsvarende prosjekter, noe som kan være utfordrende. Medarbeiderne er organisasjonens viktigste ressurs (Green et al. 2004), forskere er enige om at disse besitter en unik verdi av taus kunnskap og at dette er et firmas konkurransefortrinn (Dierickx & Cool 1989; Horvath 2000). Allikevel virker det som om dette ikke blir tatt tilstrekkelig hensyn til ved oppstart av nye prosjekter. Å gjenbruke nøkkelpersoner er av avgjørende betydning. Tidligere forskning gjennom at det understrekes at kunnskapen er iboende hver enkelt medarbeider og kunnskapen risikerer å forsvinne for godt når prosjektgrupper opphører og prosjektmedlemmene går hver sin vei i nye prosjekter (Hizar Md Khuzaimah & Hassan 2012; Kogut & Zander 1992).

Det kan synes som om det ikke er noen forutsetning at hele prosjektgruppen overføres fra liknende prosjekter, men det er avgjørende av noen av funksjonene gjenbrukes for å bringe videre erfaring. Informantene sier gjenbruk av kunnskap i prosjekt kan bidra til reduserte kostnader, færre feil og ivareta faktorer som også fremheves som utfordringer i modulær produktarkitektur. Ut i fra dette kan taus kunnskap presiseres og tydeliggjøres gjennom strategisk valg av deltakere i prosjektgruppen, og i henhold til tidligere forskning vil dette sannsynligvis føre til forbedring av resultatene (Hizar Md Khuzaimah & Hassan 2012; Kogut & Zander 1992).

For hvert prosjekt rokkeres deltagerne i prosjektgruppene, og integrering av den tause kunnskapen kan dermed bli en utfordring i byggeindustrien, da prosjektgruppen ikke nødvendigvis settes sammen ut ifra hvilken kunnskap deltagerne besitter, men mer som en følge av hvem som er tilgjengelige for deltagelse i et nytt prosjekt. Samtidig synes det at det er helt avgjørende for et byggeprosjekts suksess at kunnskapen, også den tause fra tidligere prosjekter blir bevart og implementert inn i neste prosjekt. Disse funnene i studien bekrefter tidligere forskning som viser viktigheten av å utnytte likheter ved gjenbruk av ressurser og erfaring i modularisering (Miller & Elgård 1998). Deres forskning viser at ved å overføre kunnskap gjennom gjenbruk av personer fra ett prosjekt til et annet reduseres arbeidsmengde og kostnader, så vell som at løsninger blir bedre og produksjonen raskere.

5.2.3 OVERFØRING AV KUNNSKAP GJENNOM EN-TIL-EN SAMTALER

Funnene i studien er at den tause kunnskapen mest effektivt overføres gjennom en-til-en kommunikasjon, i muntlig form som forutsetter gjensidig tillit, tid og tilgjengelighet. Dette er helt i tråd med tidligere forskning som påpeker at den beste metoden å sikre effektiv overføring av kunnskap på er gjennom en-til-en kommunikasjon mellom aktørene som er involvert i design og implementering i produksjonsprosessen (Parente 2003). Ikke minst vil en fordel ved denne kunnskapsoverføring synes å ha betydning for økt kompetanse og kapasitet til å gjennomføre prosjekter i tråd med intensjonene. Blant annet med hensyn til å forebygge intern variasjon som, når denne foreligger, kan koste mye for en organisasjon (Miller & Elgård 1998).

En måte å sikre dette i byggeindustrien er i følge resultatene å sørge for at for eksempel en junior til enhver tid går sammen med en senior, inntil junior har den nødvendige kunnskap som trengs for å gjøre jobben selv. I byggeindustrien vil det i tillegg være nyttig med en-til-en kommunikasjon mellom alle medlemmer i prosjektgruppen gjennom hele prosessen for å sikre gode resultater gjennom modularisering.

5.3 INTEGRERING AV FORSYNINGSKJEDE

I byggeindustrien er det hovedsakelig to måter å velge leverandører på; den ene er gjennom laveste pristilbud og den andre er ved å benytte seg av leverandører man har benyttet før, basert på tillit.

5.3.1 PARTNERING VERSUS PRIS

Byggeindustrien har i følge resultatene ikke kommet like langt som produktindustrien når det gjelder partnering og samarbeid med leverandører, samtidig som det fremkommer at partnering anses som den tryggeste måten å benytte seg av leverandører. Funnene viser at partnering karakteriseres som en relasjon basert på tillit mellom partene og deling av insentiver, noe som skaper en "vinn-vinn" situasjon. Dette er på linje med tidligere forskning (Momme 2001) som også understreker at det blir en vinn-vinn situasjon der det blir økt innovasjon og kvalitet på leveranse. Partnering er derfor viktig for at begge parter skal lykkes i prosjektet. Også i produktindustrien understrekes dette, det at samarbeid bygges på gjensidig tillit mellom modulintegrator og modulleverandør hvor de utnytter hverandres ressurser, kompetanse, ekspertise og spesialitet (Parente 2003). I den forstand praktiseres samarbeid i byggeindustrien som presentert i produktindustrien. Det som imidlertid skiller er at produktindustrien benytter seg av partnering, som omfatter mer enn kun samarbeid, i større grad enn byggeindustrien.

I byggeindustrien, slik resultatene viser er ikke partnering brukt i samme grad som i produktindustrien og i strategisk modularisering. Dette kan ha sammenheng med at pris ofte er utslagsgivende ved valg av leverandører, da den med lavest pris i anbudskonkurransen tildeles jobben. I strategisk modularisering er det fokuset på partnering i hele prosessen. Erfaringen viser at å jobbe med leverandører en har erfaring og tillitt til i byggeindustrien, i tråd med partnering, gir en tryggere økonomisk ramme, større delt ansvarsforhold og et produkt med høyere kvalitet. Allikevel velges leverandører i all hovedsak ut ifra pris. Ved oppstart av et prosjekt vil dette virke lønnsomt, men ved avslutning viser det seg ofte at de innledende kalkylene ved konkurranser ut i fra pris er for lave, og gevinsten blir spist opp i endringer og mangler underveis.

På bakgrunn av dette er det allikevel realistisk å tro at leverandører, også i fremtiden vil bli valgt ut ifra pris, men at det samtidig bør oppfordres til å utvikle samarbeid og partnerskap.

5.3.2 TIDSPUNKT FOR INVOLVERING

Det synes som om at leverandører bør involveres så tidlig som mulig i tidligfasen for at den tause kunnskapen skal bli benyttet inn i prosjektet og kommunisert tidlig gjennom tidlig involvering av leverandøren. Tidlig involvering er spesielt viktig ved bruk av modularisering da dårlig overføring av den tause kunnskapen kan føre til at produktet ikke yter maksimalt ved at moduler og komponenter ikke passer sammen, og får "lapping" og en mislykket modularisering. Dette er i tråd med den "japanske-prosjekt" teorien som sier at alle aktører som har kjennskap og kunnskap om prosjektet og noen av dets elementer skal involveres i oppstarten av prosjektet for å oppnå gode og hensiktsmessige løsninger sammen (Womack et al. 1990). Imidlertid fungerer det ikke alltid slik i byggeindustrien. Her kommer ofte leverandørinformasjon for sent, som gir grensesnittutfordringer ved prefabrikkerte moduler og elementer, i tillegg til at den nødvendige kunnskapen ikke er tilført slik at den innledende kalkyle er for lav. Dette bekreftes gjennom Womack et al. (1990) som sier at vestlig byggeindustri ikke mestrer utfordringer som har med å involvere og stille krav til aktører allerede ved oppstart av prosjekt. Noe som kan bidra til konflikt om ressurser og prioriteringer sent i prosessen, og som den Japanske modellen styrer unna ved å bestemme dette tidlig.

5.3.3 BIM

Bygningsinformasjonsmodell (BIM) defineres som et planleggings- og projekteringsverktøy (Eastman et al. 2011). I resultatene anses BIM som et viktig og nyttig verktøy, som bidrar til bedre og tverrfaglig samarbeid mellom alle aktører og fagfelt som jobber sammen i en og samme virtuelle modell man kan møtes og diskutere omkring. Dette er i henhold til forskning som sier at BIM er den mest lovende utviklingen innenfor arkitektur, engineering og utførende byggeindustri (Eastman et al. 2011), spesielt er BIM avgjørende ved økt bruk av modularisering (Vibæk & Beim 2013). Til tross for fordelene ved bruk av BIM sliter byggeindustrien med å implementere og benytte seg av det i prosjekter. Det synes som om dette kommer

STRATEGISK MODULARISERING I BYGGEINDUSTRIEN

av at endring av arbeidsmetoder og rutiner tar lang tid, og det vil alltid være noen med meninger og opplevelser som står imot utviklingen. BIM kan skape store utfordringer for noen med tanke på datakunnskaper, da det i henhold til Eastman et al. (2011) er et dataassistert konstruksjonsverkyøt (DAK).

6 KONKLUSJON

Hovedintensjonen med denne studien var å øke kunnskapen om strategisk modularisering og i hvilken grad benyttes strategisk modularisering i byggeindustrien.

Strategisk modularisering er bygget opp rundt tre søyler hvor målet er å øke kapasiteten og redusere kompleksitet ved å integrere taus kunnskap tidlig på modul og leverandør nivå mellom modulintegrator og modulleverandør. Når dette fungerer kan to eller flere uavhengige moduler kommunisere med hverandre gjennom standardiserte grensesnitt som bidrar til bedre resultat og ytelse.

Funnene fra studien indikerer at den første søylen i strategisk modularisering, modulær produktarkitektur benyttes i høy grad i byggeindustrien. Til tross for at resultatene indikerer at flere faktorer knyttet til produktarkitektur oppleves som utfordringer, er det allikevel tydelig at faktorer som kostnadsreduksjon, redusert tidsbruk og økt kvalitet, bruk av moduler og elementer (ved hjelp av grensesnitt) er felles for byggeindustrien og modulær produktarkitektur som brukt i SM.

Taus kunnskap slik den brukes i strategisk modularisering, hvor hovedmålet er å artikulere den tause kunnskapen for å forbedre ytelsen til et produkt, gjennom fungerende grensesnitt mellom de individuelle deler og komponenter. Dette kan ikke sies å fungere i like stor grad i byggeindustrien. Her er det utfordringer ved full utnyttelse av den tause kunnskapen både internt i firmaet, og eksternt med leverandører, og resultatet er mye feil, mangler og grensesnittsproblematikk.

Den tredje søylen i strategisk modularisering, integrering av forsyningskjeden, karakteriseres av et styrket samhold som bidrar til en synergieffekt mellom modulintegrator og modulleverandør ved at de utnytter hverandres ressurser, kompetanse, ekspertise og spesialitet. Til en viss grad anvendes dette i byggeindustrien, men funnene viser at det i all hovedsak benyttes valg av leverandører ut ifra pris.

På bakgrunn av disse funnene kan det konkluderes at strategisk modularisering anvendes i en viss grad i byggeindustrien. De grunnleggende metodiske forhold er de samme enten det bygges hus, bil eller en maskin, ettersom det skal utvikles og

STRATEGISK MODULARISERING I BYGGEINDUSTRIEN

produseres produkter ut ifra spesifikke forhold i alle bransjer. Imidlertid har byggeindustrien en vei å gå med hensyn til isolering av taus kunnskap og integrering av forsyningskjeden. Økt partnering og hensiktsmessig bruk av leverandører vil kunne gi positive resultater for industrien, ikke minst ved at den tause kunnskapen deles på et tidligere tidspunkt, som totalt vil forbedre produktarkitekturen.

Funnene i denne viser til en fremtidig strategisk modularisering i byggeindustrien, men at byggeindustrien har en vei å gå før det kan konkluderes med at strategisk modularisering brukes i byggeindustrien i sitt fulle potensiale. På tross av dette er det ingen tvil om at strategisk modulariserings prinsipper er kommet for å bli.

7 VEIEN VIDERE

Med mer tid tilgjengelig ville det være ønskelig å intervju et bredere spekter av personer innenfor flere ulike grener av byggeindustrien med ulik utdannelses- og erfaringsbakgrunn. I tillegg ville det vært interessant å benytte en "mixed-method", det vil si en kombinasjon av kvalitativ og kvantitativ metode som vil gi resultater som komplementerer hverandre. En videre studie som ville vært interessant var på bakgrunn av resultater med overnevnte metoder og undersøke i hvilken grad implementering av strategisk modularisering i noen konkrete firma ville ha positive konsekvenser med hensyn til reduserte kostnader, redusert tidsforbruk og økt kvalitet.

For at prinsippene til strategisk modularisering skal utvikles og implementeres i byggeindustrien, kreves det at flere bedrifter blir delaktige, og det starter først og fremst ved at ansvarlige i firmaer i byggeindustrien blir bevisst og inspirert av forskningen som allerede gjort, og at endringer initieres fra toppen.

8 REFERANSER

- Baldwin, C. Y. & Clark, K. B. (1997). Managing in an age of modularity. *Harvard Business Review*, 75 (5): 84-93.
- Baldwin, C. Y. & Clark, K. B. (2000). *Design rules, Volume 1: The power of modularity*, b. 1: mlt Press.
- Beim, A., Ryborg Jørgensen, T. & Vibæk, K. (2007). Arkitektonisk kvalitet & industrielle byggesystemer. *Kunstakademiets Arkitektskole CINARK, København*.
- Beim, A., Nielsen, J. & Vibæk, K. S. (2009). *Three ways of assembling a house: CINARK-Center for Industriel Arkitektur på Kunstakademiets Arkitektskole Copenhagen*.
- Berg, T. F. (2005). Industrialisering som mulig vei for redusksjon av byggekostnader. *Byggforsk*.
- Berg, T. F. (2008). Industrialisering og systematisering av boligbyggproduksjon: SINTEF Byggforsk Byggekostnadsprogrammet.
- Bertelsen, S. (2004). Lean Construction: Where are we and how to proceed. *Lean Construction Journal*, 1 (1): 46-69.
- Bertelsen, S. & Koskela, L. (2005). *Approaches to managing complexity in project production*. Proceedings of 13th International Group for Lean Construction Conference. 65-71 s.
- BMW Manufacturing Co. (2013). *Suppliers*. <https://http://www.bmwusfactory.com/suppliers-portal/supplier-information/supplier-network/>: BMW Manufacturing Co. (lest 17. april).
- Cole, G. A. (2006). *Strategic management*: Cengage Learning Business Press.
- Da Silveira, G., Borenstein, D. & Fogliatto, F. S. (2001). Mass customization: Literature review and research directions. *International journal of production economics*, 72 (1): 1-13.
- De Boer, M., Van Den Bosch, F. A. J. & Volberda, H. W. (1999). Managing Organizational Knowledge Integration in the Emerging Multimedia Complex. *Journal of Management Studies*, 36 (3): 379-398.

- Dela Stang, B. (2003). *Nye generationer af byggekomponenter: Prisopgave for studerende ved arkitekt-og designuddannelserne*: Statens Byggeforskningsinstitut, SBI.
- Dhanaraj, C., Lyles, M. A., Steensma, H. K. & Tihanyi, L. (2004). Managing tacit and explicit knowledge transfer in IJVs: the role of relational embeddedness and the impact on performance. *Journal of International Business Studies*, 35 (5): 428-442.
- Dierickx, I. & Cool, K. (1989). Asset stock accumulation and sustainability of competitive advantage. *Management science*, 35 (12): 1504-1511.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*: Wiley.
- Eliufoo, H. (2008). Knowledge creation in construction organisations: a case approach. *The Learning Organization*, 15 (4): 309-325.
- Følgebilten. (2011). *Bilder fra følgebiloppdrag*. <http://www.folgebilten.no/bilder-fra-folgebiloppdrag>: Følgebilten (lest 15 mars).
- Gran, J. (2010). *Selvaag Bolig henter moduler fra Estland til rekkehus på Glassverket på Jeløy*. <http://www.moss-avis.no/nyheter/%C3%B8konomi/selvaag-bolig-henter-moduler-fra-estland-til-rekkehus-pa-glassverket-pa-jeloy-1.3946095>: Moss Avis (lest 17 mars).
- Green, S., Newcombe, R. a., Fernie, S. & Weller, S. (2004). Learning across business sectors: knowledge sharing between aerospace and construction. *Reading: University of Reading*.
- Han, S. H., Kim, D. Y., Jang, H. S. & Choi, S. (2010). Strategies for contractors to sustain growth in the global construction market. *Habitat International*, 34 (1): 1-10.
- Hart, C. (1999). *Doing a literature review: Releasing the social science research imagination*: SAGE Publications Limited.
- Hizar Md Khuzaimah, K. & Hassan, F. (2012). Uncovering Tacit Knowledge in Construction Industry: Communities of Practice Approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 50 (0): 343-349.

- Horvath, J. A. (2000). Working with tacit knowledge. *The knowledge management yearbook*, 2001: 34-51.
- Hugos, M. H. (2011). *Essentials of supply chain management*. 3 utg.: John Wiley & Sons.
- Johannessen, J., Tufte, P. A. & Kristoffersen, L. (2006). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*, b. 3. Oslo: Abstrakt forlag.
- Johansen, V. (2012). *Bred last - ikke fullt så bred vei*.
<http://www.tv2.no/underholdning/broom/bred-last-ikke-fullt-saa-bred-vei-3783773.html>: Tv2 (lest 15 mars).
- Jørgensen, T. R. (2007). Arkitektur & Mass customization. *Kunstakademiets Arkitektskole CNARK, København*, 1 (1).
- Kieran, S. & Timberlake, J. (2004). *Refabricating architecture*: McGraw-Hill New York, NY.
- Kilpatrick, J. (2003). Lean principles. *Utah Manufacturing Extension Partnership*: 1-5.
- Kogut, B. & Zander, U. (1992). Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology. *Organization science*, 3 (3): 383-397.
- Kolltveit, B. J., Reve, T. & Lereim, J. (2009). *Prosjekt: strategi, organisering, ledelse og gjennomføring*: Universitetsforl.
- Koskinen, K. U., Pihlanto, P. & Vanharanta, H. (2003). Tacit knowledge acquisition and sharing in a project work context. *International Journal of Project Management*, 21 (4): 281-290.
- Kotabe, M., Parente, R. & Murray, J. Y. (2007). Antecedents and outcomes of modular production in the Brazilian automobile industry: a grounded theory approach. *Journal of International Business Studies*, 38 (1): 84-106.
- Kvale, S. & Brinkmann, S. (2009). *Det kvalitative forskningsintervju*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Langlois, R. N. (2002). Modularity in technology and organization. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 49 (1): 19-37.

Ledertips. (2013). *Strategi*.

<http://www.ledertips.no/default.asp?side=stikkord&id=184>: ledertips.no (lest 15. mars).

Lovdata. (1990). *Lovdata, FOR 1990-01-25 nr 92: Forskrift om bruk av kjøretøy*. <http://www.lovdata.no/cgi-wiff/lldles?doc=/sf/sf/sf-19900125-0092.html> - 3-4 : Lovdata (lest 15 mars).

Mikkelsen, H., Beim, A., Tølle, M. & Hvam, L. (2005). *Systemleveranser i byggeriet-en udredning til arbejdsbrug*: Danmarks Tekniske Universitet.

Mikkola, J. H., Universitet, A. & Syd, H. (2000). *Modularization assessment of product architecture*: Department of Industrial Economics and Strategy, Copenhagen Business School.

Miles, R. S. (1996). Twenty-first century partnering and the role of ADR. *Journal of Management in Engineering*, 12 (3): 45-55.

Miller, T. D. & Elgård, P. (1998). *Defining Modules, Modularity and Modularization. Evolution of the Concept in a Historical Perspective*.

Momme, J. (2001). *Outsourcing manufacturing to suppliers*.

Nagurney, A. (2006). *Supply chain network economics: Dynamics of prices, flows and profits*: Edward Elgar Publishing.

O'Grady, P. J. (1999). *The age of modularity: Using the new world of modular products to revolutionize your corporation*: Adams & Steele.

Olsson, H. & Sørensen, S. (2003). *Forskningsprosessen, Kvalitative og kvantitative perspektiver*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag.

Parente, C. R. (2003). *Strategic modularization in the Brazilian automotive industry: An Empirical Analysis og its antecedents and performance implications*: The Temple University The Temple University Graduate Board. 166 s.

Parente, R. & Gu, J. (2005). Strategic modularisation and performance implications in the Brazilian automotive industry. *International journal of automotive technology and management*, 5 (4): 430-460.

Pathirage, C. P., Amaratunga, D. G. & Haigh, R. P. (2007). Tacit knowledge and organisational performance: construction industry perspective. *Journal of knowledge management*, 11 (1): 115-126.

- Pine, B. J. (1999). *Mass customization : the new frontier in business competition*. Boston, Mass.; London: Harvard Business School ; McGraw-Hill.
- Polanyi, M. (1966). *The Tacit Dimension*. Garden City, NJ: Doubleday and Co.
- Porter, M. E. (1996). What is strategy? *Harvard Business Review*.
- Sanchez, R. & Mahoney, J. T. (1996). Modularity, Flexibility, and Knowledge Management in Product and Organization Design. *Strategic Management Journal*, 17 (Spesial Issue): 63-76.
- Statens vegvesen. (2012a). *Dispensasjon for spesialtransport*.
<http://www.vegvesen.no/Kjoretoy/Yrkestransport/Veglister+og+dispensasjoner/Sok+om+dispensasjon>: Statens vegvesen (lest 15 mars).
- Statens vegvesen. (2012b). *Modulvogntog*.
<http://www.vegvesen.no/Kjoretoy/Yrkestransport/Veglister+og+dispensasjoner/Modulvogntog>: Statens vegvesen (lest 15 mars).
- Statsbygg. *BIM - En kortfattet innføring*.
<http://www.statsbygg.no/FoUprosjekter/BIM-Bygningsinformasjonsmodell/BIM-En-kortfattet-innforing/> (lest 10.03.13).
- Thagaard, T. (2009). *Systematikk og innlevelse. En innflring i kvalitativ metode*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Ulrich, K. T. & Eppinger, S. D. (2012). *Product design and development*. New York: McGraw-Hill.
- Vibæk, K. S. (2011). *System Structures in Architecture - Constituent elements of a contemporary industrialised architecture*. Denmark: The Royal Danish Academy of fine arts, Schools of Architecture.
- Vibæk, K. S. & Beim, A. (2013). *Bæredygtigt Byggeri, Gennem anvendelse af systemlevernacer*. *Kunstakadamiets Arkitektskole CINARK, København*.
- Våge, M., Marrable, H. & Burgold, J. (2009). *Kurs i planlegging og bygging av passivhus*. Universitetet i Agder, Fakultet for teknologi og realfag.
- Wikberg, F., Ekholm, A. & Jensen, P. (2010). Configuration with architectural objects in industrialised house-building. *CIB W078 Proceedings*: 341-350.
- Winter, S. (1998). Knowledge and competence as strategic assets. *The strategic management of intellectual capital*: 165-187.

Womack, J. P., Jones, D. T. & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Rawson Associates. VIII, 323 s. : ill. s.

Worren, N., Moore, K. & Cardona, P. (2002). Modularity, strategic flexibility, and firm performance: a study of the home appliance industry. *Strategic Management Journal*, 23 (12): 1123-1140.