

«Start with the end in mind»

En gjennomgang av potensialet i grensesnittet mellom VDC i prosjektering og LPS i produksjon.



Ingrid Abrahamsen Bø



Kristina Eiken Fosse

VEILEDER

John Skaar, Thomas Fluør og Yngve Sletten

Universitetet i Agder, 2022

Fakultet for teknologi og realfag

Institutt for Ingeniørvitenskap



Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none"> - ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands. - ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt. - ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt. - har alle referansene oppgitt i litteraturlisten. - ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse. 	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å betrakte som fusk og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§ 31.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert.	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at Universitetet i Agder vil behandle alle saker hvor det foreligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider.	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven. §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage Aura og på UiA sine nettsider med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller taushetsbelagt/konfidensiell vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Universitetet i Agder en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

JA NEI

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?
(Båndleggingsavtale må fylles ut)

JA NEI

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

JA NEI

Er oppgaven unntatt offentlighet?

JA NEI

(inneholder taushetsbelagt informasjon. Jfr. Offl. §13/Fvl. §13)

Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet ved Institutt for Ingeniørvitenskap som en del av masterprogrammet for Bygg ved Universitetet i Agder. Masteroppgaven er den avsluttende oppgaven i emnet BYG508 og ble utviklet i det fjerde og siste semesteret. Oppgaven er utarbeidet i samarbeid med Skanska region Agder med hensikt og mål om å identifisere forbedringspotensialet i grensesnittet mellom VDC i prosjektering og LPS i produksjon. Det er videre ønskelig å skape bedre flyt i produksjonen ved å gjøre prosjekteringen mer bevist på prinsippet «start with the end in mind».

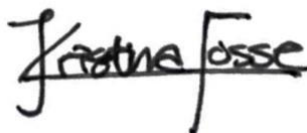
Under vårsemesteret 2021 ble vi introdusert til faget IND419 Prosjektering- og engineeringsledelse, undervist av Bo Terje Kalsaas og John Skaar. Dette skulle vise seg å være begynnelsen for et emne som vakte stor interesse og engasjement hos oss. Videre hadde vi lyst til å skrive oppgave om prosjektledelse, da vi tror bedre ledelse kan være både ny- og verdiskapende for næringen. Prosessen med utarbeidelsen av oppgaven har vært veldig lærerik og vi føler oss bedre rustet og motivert til å gå inn i arbeidslivet og bli en del av den norske bygg- og anleggsbransjen.

Vi ønsker å rette en stor takk til Skanska region Agder for et godt samarbeid, spesielt til Thomas Fluør og Yngve Sletten. Uten deres store bidrag i form av inkludering i bedrift, tilrettelegging av møter og intervjuer, og ikke minst tilgjengeliggjøring av informasjon hadde ikke denne oppgaven vært realiserbar. Vi ønsker også å takke alle de hyggelige representantene som vi har fått møte i Skanska, og for deres vilje til å dele kunnskap og erfaring med oss. Til slutt ønsker vi å benytte anledningen til å takke vår veileder John Skaar ved Universitetet i Agder for stort engasjement, ukentlige veiledningsmøter, god faglig oppfølging og innspill, inspirasjon og ikke minst konstruktive tilbakemeldinger som har hjulpet oss gjennom masteroppgaven.

Grimstad, 27.05.2022

Ingrid Abrahamsen Bøe

Kristina Eiken Fosse



Summary

Since the emergence of Lean and later Lean Construction, several new tools and methodologies have been introduced to operationalize mindsets and adapt it to project-based production. Despite a desire to increase project-based management in several stages, the construction industry is still embossed in terms of productivity, lack of resources and profitability. Therefore, a qualitative literature search and qualitative interviews have been carried out in this master's thesis. The thesis investigates how a better process within project management, based on Lean Construction, can contribute to a greater understanding of tools and techniques. It is even more important how this way of thinking is communicated further and used in the interdisciplinary interaction to have a more fluid collaboration between design and production to disseminate knowledge and experiences further. Based on this, an attempt has been made to answer the research question: How is the potential for improvement for Skanska in the interface between VDC in design and LPS in production. Further, a qualitative analysis of both the literature search and the interviews has been performed. The thesis concludes that some of the understanding of why Lean Construction initially was explicitly developed for project-based production, which the VDC and LPS mindsets are based on, can be seen from the thesis findings not be adequately incorporated into the entire project group. As a result of a lack of interoperability, factors such as distrust of the methodology can lead to a lack of cooperation and a crack in communication. Therefore, the potential for improvement can be seen as a complete implementation of VDC and LPS throughout the organization. There must also be a strong will for improvement and change to realize goals such as increased productivity and reduction of waste in both design and production. It can also be seen as a potential to use greater resources earlier in the design phase to improve the entire process from input to output to achieve consistent value creation.

Innholdsfortegnelse

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring	i
Publiseringsavtale	ii
Forord	iii
Summary	iv
Figurliste	viii
Tabelliste	ix
Terminologi	x
1. Innledning	1
1.1 Oppgavens strukturering og oppbygging	2
2. Samfunnsperspektiv	3
3. Kunnskapsbakgrunn	7
3.1 Lean	7
3.1.1 Lean Construction	7
3.2 Last Planner System	9
3.2.1 Prinsipper	10
3.2.2 Hovedelementer	12
3.3 Virtual Design and Construction	13
3.3.1 Bygningsinformasjonsmodellering (BIM)	16
3.3.2 Prosess- og produksjonsledelse (Project Production Management)	17
3.3.3 Samtidig prosjektering (ICE)	18
3.3.4 Målstyring (Metrics)	20
3.3.5 Måloppnåelse	20
3.4 Generell bakgrunnsinformasjon	21
3.4.1 Byggeprosessen	21
3.4.2 Modell Modenhets Indeks (MMI)	22
3.4.3 Totalentreprise	24
3.4.4 Involvering og kommunikasjon	24
3.4.5 BREEAM-NOR	25
3.4.6 “Begin with the end in mind”	25
4. Forskerspørsmål	26
4.1 Avgrensninger	26
5. Case	27
5.1 Bydel Bjørndalen	27

5.2	Bjørndalen Øverlia	28
5.2.1	Prosjektets visjon og kjerneidé	29
5.2.2	Miljøfokus	30
5.2.3	Leilighetstyper	30
5.3	Trimmet bygging	32
6.	Metode.....	37
6.1	Fremdriftsplan	37
6.2	Case.....	37
6.2.1	Kvantitative karttjenester	37
6.3	Befaring.....	38
6.4	Kvalitativt litteratursøk	38
6.4.1	Litteraturstudie.....	38
6.4.2	Søketjeneste	38
6.4.3	Søkeord.....	38
6.4.4	Kilder.....	39
6.5	Kvalitative intervjuer.....	39
6.5.1	Intervjuutvalg	39
6.5.2	Intervjuguide	40
6.5.3	Gruppeintervju	40
6.5.4	Individuelt intervju	41
6.5.5	Transkribering av intervju	41
6.6	Kvalitativ dokumentanalyse.....	41
6.6.1	Strukturering og kategorisering	41
6.6.2	Analyse	42
6.6.3	Intern og ekstern gyldighet	42
6.6.4	Pålitelighet og troverdighet.....	43
7.	Resultat	44
7.1	VDC i prosjektering	44
7.2	LPS i produksjon.....	48
7.3	Samspill mellom prosjektering og produksjon	50
7.3.1	Hindringer i produksjon.....	54
7.3.2	Erfaringsoverføring og tilbakemelding	55
8.	Diskusjon	59
8.1	VDC i prosjektering	59

8.2	LPS i produksjon.....	64
8.3	Samspill mellom prosjektering og produksjon	66
8.3.1	Hindringer i produksjon.....	68
8.3.2	Erfaringsoverføring og tilbakemelding	69
8.4	Svakheter og begrensinger	71
9.	Konklusjon.....	73
9.1	Hvordan brukes Virtual Design and Construction?	73
9.2	Hvordan brukes Last Planner System?	73
9.3	Hvilke utfordringer i produksjonen kan spores tilbake til prosjekteringen?.....	73
9.4	Hvordan er overgangen fra prosjektering til produksjon?	73
9.5	Hvordan er forbedringspotensialet for Skanska i grensesnittet mellom VDC i prosjektering og LPS i produksjon?	74
10.	Anbefalinger	75
11.	Referanser	76
12.	Vedlegg.....	82

Figurliste

Fig. 1.1 Oppgavens oppbygging [13].	2
Fig. 2.1 Produktivitetstall i bygg og anlegg [15].	4
Fig. 2.2 Illustrasjon av bærekraftsmål 11 og 13 [27].	5
Fig. 3.1 Et forhold mellom input og output [38, p. 42].	9
Fig. 3.2 Flyt av materiale mot produksjon [38, p. 56].	9
Fig. 3.3 Prosessen med å oppfylle kravet til kunden [38, p. 75].	9
Fig. 3.4 Sammenhengen mellom plannivåene i Last Planner System [2, p. 40].	10
Fig. 3.5 De syv strømmene – hindringsanalyse [2, p. 42].	11
Fig. 3.6 Oversikt over planprosesser [2, p. 45].	12
Fig. 3.7 Oversiktmodell av VDC [50, p. 247].	14
Fig. 3.8 Illustrasjon av POP-modellen [55, p. 357].	14
Fig. 3.9 Illustrasjon av hva som kan inngå i BIM [61, p. 3], [62, p. 5].	16
Fig. 3.10 Illustrasjon av tidslinjen til PPM og Lean [50, p. 244].	17
Fig. 3.11 Illustrasjon av tradisjonell (venstre) og samtidig (høyre) prosjektering [58, pp. 4-5].	18
Fig. 3.12 Integrated Concurrent Engineering [58, p. 9].	19
Fig. 3.13 Illustrasjon av kontinuerlig forbedring [2, p. 129].	20
Fig. 3.14 Illustrasjon av prosjekt-og klientmål som en del av VDC [53, p. 236].	21
Fig. 3.15 Illustrasjon av seks hovedfaser i byggeprosessen [69].	21
Fig. 3.16 Byggeprosessen fra idéfase til utrangering [68, p. 10].	22
Fig. 3.17 Prosess for MMI [71, p. 4].	22
Fig. 3.18 Forslag til hierarki i en totalentreprise [75, p. 354].	24
Fig. 3.19 Illustrasjon av elementene for involvering og kommunikasjon [76].	24
Fig. 5.1 Illustrasjon av Bydel Bjørndalen [85].	27
Fig. 5.2 Reguleringsplan for hele Bjørndalen [82].	28
Fig. 5.3 Reguleringsplan for B11a og B11b til venstre [82] og illustrasjon av Bjørndalen B11 til høyre [83, p. 9].	29
Fig. 5.4 Skanskas verdier [12].	29
Fig. 5.5 Plantegning leilighetstype 1 [83, p. 16].	30
Fig. 5.6 Plantegning leilighetstype 2 [83, p. 16].	31
Fig. 5.7 Plantegning leilighetstype 3 [83, p. 17].	31
Fig. 5.8 Plantegning leilighetstype 4 [83, p. 17].	31
Fig. 5.9 Oversiktsmodell av VDC i Skanska Norge [63, p. 501].	32
Fig. 5.10 Syv forutsetninger for sunn aktivitet [89, p. 16].	32
Fig. 5.11 Planhierarki i Skanska [88, p. 13].	33
Fig. 5.12 ICE i Skanska [88, p. 5].	34
Fig. 5.13 Eksempel på gjennomføring av ICE [88, p. 6].	34
Fig. 5.14 MMI i Skanska [90].	34
Fig. 6.1 Grad av strukturering av intervjuene [92, p. 150].	40
Fig. 6.2 Validering av intern gyldighet [92, p. 228].	42

Tabelliste

Tabell 0.1 Forklaringer av forkortelser	x
Tabell 0.2 Ordforklaring	x
Tabell 2.1 Satsningsområder – Bygg [28, p. 4].....	6
Tabell 3.1 Kategorier for sløsing i produksjon og prosjektering [39, p. 16].....	8
Tabell 3.2 Oversikt over VDC komponenter i denne oppgaven.....	15
Tabell 3.3 MMI tabell [72, p. 4].....	23
Tabell 5.1 Referanseprosjekter for prosjekt Bjørndalen Øverlia [83, p. 26].....	29
Tabell 5.2 Leilighetstyper/sammensettinger [83, pp. 16-17].	30
Tabell 5.3 Tradisjonell planlegging vs. LPS i Skanska [88, p. 12].....	32
Tabell 5.4 LPS i Skanska [88, pp. 16-19].	33
Tabell 5.5 ICE i Skanska [88, pp. 2-9].....	33
Tabell 5.6 VDC i Skanska [88, pp. 20-29].....	35
Tabell 5.7 VDC ambisjoner i Skanska [91, pp. 3-20], [1, p. 5].	35
Tabell 6.1 Mest brukte søkeord.	39
Tabell 6.2 Intervjuutvalg.	39

Terminologi

I dette kapitlet presenteres det forklaringer på forkortelser og ord som brukes i oppgaven.

Forkortelser

Tabell 0.1 Forklaringer av forkortelser

Forkortelse	Forklaring
BA	Bygg og anlegg
BAE	Bygg, anlegg og eiendom
BIM	Bygningsinformasjonsmodellering
FoU	Forskning og utvikling
ICE	Integrated Concurrent Engineering
LPS	Last Planner System
MMI	Modell Modenhets Indeks
PPI	Project Production Institute
PPM	Project Production Management
VDC	Virtual Design and Construction

Ordforklaring

Tabell 0.2 Ordforklaring

Ord	Forklaring
Fagmodell	«En BIM-modell, som utarbeides av det enkelte fagområde» [1, p. 2].
Flyt	«Ressurseffektivitet (arbeidsflyt) og flyteffektivitet (produktflyt), der ressurseffektivitet har fokus på å utnytte ressurser som maskiner og arbeidskraft, mens flyteffektivitet har fokus på at flytsheten beveger seg raskt og med lite hindringer» [2, p. 21].
IFC	«Industry Foundation Classes, den åpne internasjonale standarden for utveksling av BIM» [1, p. 2].
Interoperabilitet	«I hvilken grad to produkter, programmer osv. kan brukes sammen, eller kvaliteten på å kunne brukes sammen» [3].
Iterasjoner	«Iterasjon betyr gjentagelse» [4].
Kausal	«Kausal er årsaksbestemt. Man sier gjerne at to fenomener har en kausal sammenheng hvis det er en årsakssammenheng mellom dem, eller med andre ord at det ene fenomenet er årsak til det andre» [5].
Pragmatisk	«Pragmatisk er å være fleksibel, praktisk eller tilpasningsdyktig. En pragmatisk løsning på et problem vil være praktisk nyttig og hensiktsmessig, men ikke nødvendigvis følge overordnede prinsipper og regler» [6].
Samlemodell	«En BIM-modell sammensatt av flere fagmodeller» [1, p. 2].
1 mål	1000 kvadratmeter [7].

1. Innledning

Bygg- og anleggsbransjen har siden tidlig 1990-tallet hatt en utvikling når det gjelder hvordan prosjekter planlegges og utføres [2], [8]. Med inspirasjon fra den japanske bilindustrien og studier som tilsynelatende viste at tradisjonell byggeplassproduksjon hadde mangel på forutsigbarhet, var dette starten på utviklingen av byggenæringens tilnærming til Lean, nemlig Lean Construction [2]. Lean så vel som Lean Construction forsøker å skape flyt ved å fjerne sløsing og inneha stort kundefokus. Tilnærmingen måtte tilpasses prosjektbasert produksjon, hvor det i bygg- og anleggsbransjen betyr at det er arbeidet som flyter gjennom produktet, og ikke produktet som flyter gjennom produksjonen [2]. Fremveksten av Lean Construction har bidratt til utvikling av flere teknikker og verktøy som kan fremme implementering av Lean i bransjen, for å videre håndtere den iboende usikkerheten i bygg- og anleggsprosjekter [2]. Samtidig har byggeprosessen blitt mer kompleks som følger av blant annet bærekraftsmål og stadig nye tekniske krav [9]. For å håndtere dette og kunne dra nytte av metodikker og verktøy, krever det riktig kompetanse og erfaring i alle ledd og ikke minst en bransje som satser på FoU og innovasjon til tross for skiftende samarbeid med forskjellige aktører [10].

Som nevnt har det kommet flere nye verktøy og metodikker som har hatt som mål å operasjonalisere tankesettet Lean for å videre implementere Lean Construction i dagens bygg- og anleggsbransje [2]. Til tross for et ønske om å øke prosjektbasert ledelse i flere ledd er byggenæringen fremdeles preget i forhold til produktivitet, ressursmangel og lønnsomhet [11]. Det vises til en stadig økende trend av høyt konfliktnivå på grunn av uoverensstemmelser som for eksempel høy konkurranse, kompetanse og tverrfaglig samspill mellom de forskjellige aktørene som deltar på prosjektet [11]. Videre har dette ført til et stigende antall rettsaker ved prosjektslutt, som kan resultere i en prosjektgjennomføring som eksempelvis påvirkes i forhold til kvalitet, lønnsomhet og ikke minst effektivitet [11]. Byggenæringen utfordres med andre ord fra mange sider, men overordnet er bransjen og samfunnet generelt gagnet ved å jobbe, samt oppfordre til bedre samhandling og samspill for å få en gjennomgående verdiskapning i alle ledd for hele næringen- for til slutt er det næringen selv som bestemmer egen utvikling [10].

På bakgrunn av problemområdet, samt tidligere utførte studier er det undersøkt hvordan en bedre prosess innen prosjektledelse, med bakgrunn i Lean Construction kan bidra til å gi økt forståelse for verktøy og metodikker. Desto viktigere er det hvordan dette tankesettet formidles videre, samt brukes i det tverrfaglige samspillet for å få et mer flytende samarbeid mellom prosjektering og produksjon, for å kunne formidle kunnskap og erfaringer.

Entreprenørkonsernet Skanska region Agder er oppdragsgiver for denne oppgaven. Det er ønskelig å sammenføre teori og praksis, og det skal videre ses på hvordan produksjonen kan kommunisere sine ønsker opp til en pågående prosjekteringsprosess, slik at de i fellesskap skal kunne sørge for mer forutsigbar flyt mellom prosjektering og produksjon, med Bjørndalen Øverlia B11 som case. På generell basis er Skanska et av verdens ledende prosjektutvikler- og entreprenørkonsern. I Norge er de også et av de største og fremste selskapene innen bygg, anlegg, eiendomsutvikling og spesialiserte selskaper. De har verdier som vis ansvarlighet, vær åpen og ærlig, bli bedre sammen og skap kunde verdi, som sammenlagt skal støtte arbeidet mot å bygge for et bedre samfunn [12].

1.1 Oppgavens strukturering og oppbygging

På bakgrunn av mal [13] utsendt fra studiet Master Bygg ved Universitetet i Agder, campus Grimstad er oppgaven strukturert etter følgende forutbestemte oppsett vist i Fig. 1.1. Kapittel 1. setter oppgavens tema i kontekst, forklarer relevans og ender opp i oppgavens problemområde. Kapittel 2. setter oppgaven i et større perspektiv med hensyn til det sosiale, sikkerhet og til slutt knytte temaet opp mot FNs bærekraftsmål og miljø. Kapittel 3. presenterer kunnskapsbakgrunnen til oppgaven, for å videre kunne belyse problemområdet. Kapittel 4. presenterer forskerspørsmålet, med operasjonelle underspørsmål og et delkapittel som forklarer avgrensingene for oppgaven [13]. Kapittel 5. gir en utdypning av det konkrete prosjektet som er utgangspunktet for oppgaven. Kapittel 6. gir en forklaring av oppgavens metode. Kapittel 7. presenterer resultater som er relevante for å besvare forskerspørsmålet. Kapittel 8. gir en diskusjon av de presenterte funnene gjort i hele oppgaven. Kapittel 9. gir en konklusjon av forskerspørsmålet. Kap. 10. presenterer anbefalinger i forhold til videre arbeid og råd til oppdragsgiver. Kap. 11. oppgir oppgavens referanser og kap. 12. viser oversikten over oppgavens vedlegg [13].

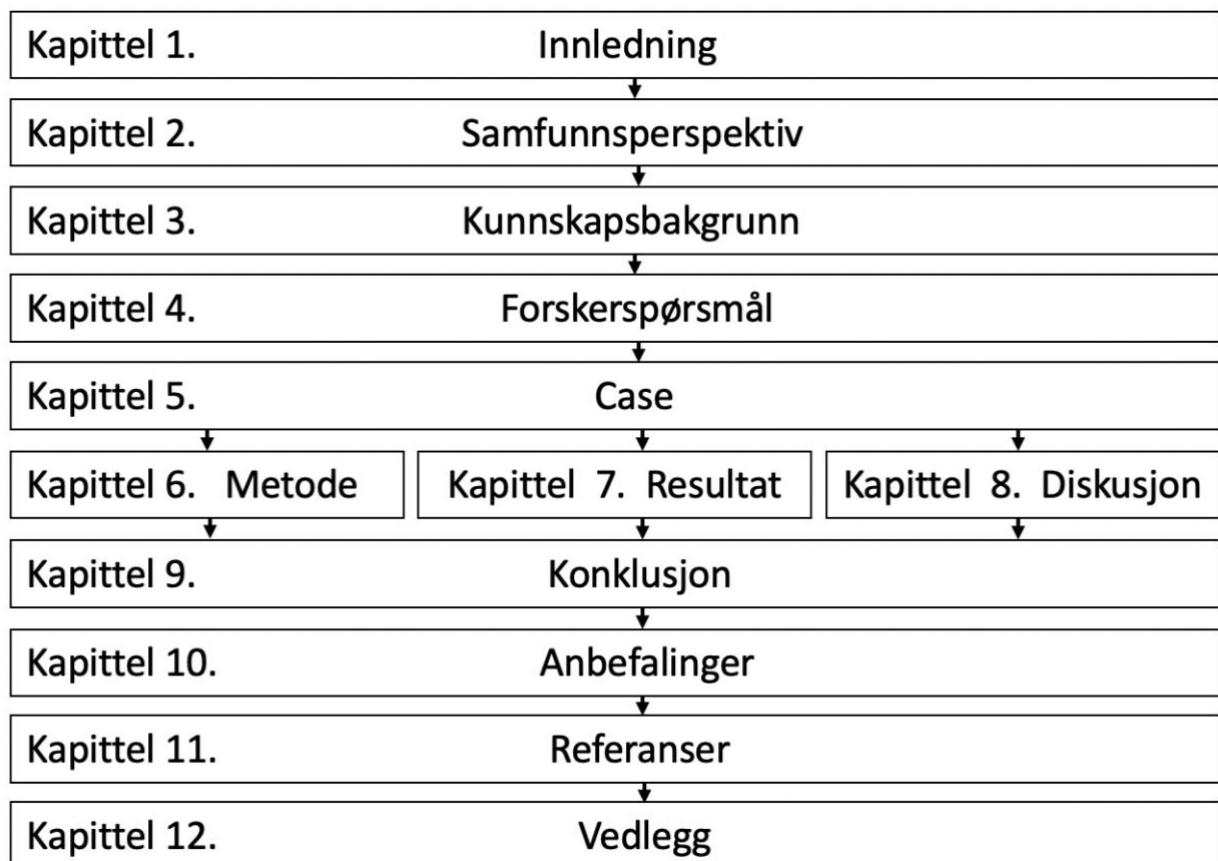


Fig. 1.1 Oppgavens oppbygging [13].

2. Samfunnsperspektiv

Bygg- og anleggsbransjen betegnes gjerne som en konservativ bransje som kan inneha et uutnyttet potensial når det kommer til innovasjon [10]. Årsaken til dette trekkes gjerne mot en segmentert bransje og manglende erfaringsoverføring mellom bedrifter fra prosjekt til prosjekt [10]. Som nevnt tidligere kan dette ha sammenheng med høy konkurranse, timesbaserte aktører og nesten alltid ulike samarbeid både utenfor og innenfor egen bedrift [10]. Dette kan være en av forklaringsfaktorene til hvorfor næringen ikke prioriterer innovasjon og erfaringsoverføring, som da senere kan få en ringvirkning i forhold til byggefeil og koordineringsforsinkelser [10]. Som rapporten *Sammen bygger vi framtiden* [10] presiserer, kan en delløsning være å satse på en konkurransefremmende innovasjonspolitik for hele næringen [10]. Rapporten *Effektive prosjekter med lavere konfliktnivå* [11] viser til geografiske forskjeller i forhold til konfliktnivå, som kan ha sammenheng med høyere konkurranse i storbyregioner uavhengig av entreprisreform, og begrunnes med at samarbeid i distriktene ofte er basert på tidligere bekjentskap [11].

I forhold til sikkerhet har Arbeidstilsynet utarbeidet en rapport [14] i 2020 som påpeker at bygg- og anleggsbransjen i Norge er en næring som er preget av arbeidsskadedødsfall og ikke-dødelige skader [14]. Det kommer videre frem i rapporten [14] at ni arbeidstakere i BA-virksomhet omkom i 2019, samt to arbeidstakere fra andre næringer, i forbindelse med BA-arbeid. Arbeidstilsynet har fulgt opp og gjennomført en analyse for å kartlegge kjennetegn og årsaker til 146 ulykker i 2019. Funnene av analysen viste tre faktorer som stakk seg ut – handlinger og atferd, operativ ledelse og risikostyring [14]. Det blir konkludert med at god ledelse, risikostyring og ikke minst kvalifiserte arbeidstakere er viktig i forhold til forebyggende tiltak for å hindre ulykker i bygg- og anleggsproduksjon og fremme god HMS [14].

Som nevnt i innledningen tidligere ble Lean Construction utviklet for bygg- og anleggsnæringen for å skape bedre flyt og forutsigbarhet i produksjon [2]. I hvor stor grad dette har økt produktiviteten i bransjen er vanskelig å si. Tall fra SSB [15] viser at arbeidsproduktiviteten i bygg- og anleggsbransjen har fra 2000 til 2016 falt med 10% [15], som vist i Fig. 2.1. Årsaken til dette er ukjent, men SSB trekker frem at det kan ha noe med økende arbeidsinnvandring, grunnet utfordringer knyttet til språk og kjennskap til norske byggemetoder. Bruken av prefabrikkerte elementer tas heller ikke med i produktivitetsutviklingen til byggenæringen, men til byggevarerindustrien. Det påpekes også at noe kan skyldes måleproblemer [15]. SSB [15] har også utført en produktivitetsberegning hvor større deler av verdikjeden til bygg- og anleggsrelatert virksomhet er inkludert. Det omfatter også byggevarerindustrien, arkitekter, konsulenter, og utleie av maskiner og arbeidskraft. Resultatet her viser derimot at verdikjeden til bygg og anlegg har hatt en bedre utvikling i arbeidsproduktivitet fra år 2000 og frem til 2016 [15]. Utenlandsk arbeidskraft kan ha sammenheng manglende rekruttering av fagarbeidere i Norge, og det kan virke som om færre og færre vil jobbe ute i produksjon. En medlemsundersøkelse utført av BNL [16] viser at rett over 40% av bedrifter sliter med å få tak i fagarbeidere. I rapporten *Sammen bygger vi framtiden* [10] påpekes det også et behov for å øke andelen ansatte med fagutdanning.

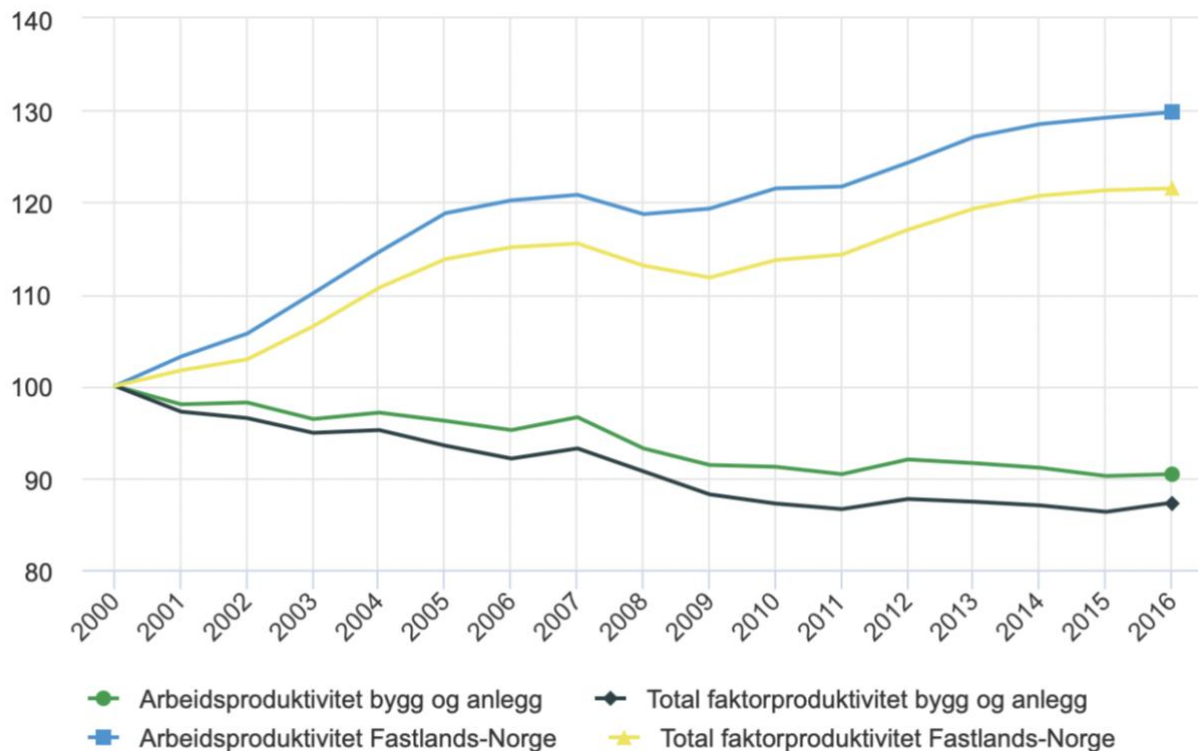


Fig. 2.1 Produktivitetstall i bygg og anlegg [15].

Definisjonen på bærekraft er ifølge Brundtland kommisjonen en «utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov» [17, p. 42]. Videre omfatter en bærekraftig utvikling de tre kategoriene klima og miljø, sosiale forhold og økonomi [18]. Norge har som et av mange land forpliktet seg til Parisavtalen, og har som mål å redusere klimagassutslippene med minst 50% innen 2030, sammenlignet med nivået i 1990 [19]. Dette har sin bakgrunn i FNs bærekraftsmål, som er definert som «verdens felles arbeidsplan for å utrydde fattigdom, bekjempe ulikhet og stoppe klimaendringene innen 2030» [20, p. 1]. De 17 bærekraftsmålene gjelder for alle verdens land, og har i Norge fått stor innvirkning i politikken [20]. Parisavtalen kan knyttes direkte til bærekraftsmål 13, som omhandler å stoppe klimaendringene [21]. Sentralt i Norges klimapolitikk er prinsippet om at det skal koste å slippe ut klimagasser. Dette innebærer at det er avgifter på klimagassutslippene, eller at de er en del av det felles europeiske systemet for klimakvoter, som setter grenser på utslippene til de ulike næringene [22]. Fig. 2.2 illustrer de to mest sentrale bærekraftsmålene for denne oppgaven.

BAE-sektorens klimagassutslipp er blant annet knyttet til bygningers energibruk, materialbruk, og på byggeplassen [23]. Rapporten *Bygg- og anleggssektorens klimagassutslipp* [23] utarbeidet på vegne av BNL, viser at byggevareindustrien, både import og byggevareindustri i Norge, gir et betydelig klimabidrag og at det derfor bør stilles miljøkrav til byggevarer. I tillegg kommer det frem at det er betydelige utslipp også fra selve bygg- og anleggssektoren, og det bør derfor jobbes videre mot utslippsfri byggeplass, samt nullutslippskjøretøy. En positiv side er at klimabidrag knyttet til energibruken av bygninger stadig går ned, og dette må videre jobbes med gjennom utfasing av fossil energibruk, redusere forbruket og øke egenproduksjon i bygninger [23]. Forarbeidet til et prosjekt kan også ha innvirkning på utslipp på byggeplassen, sløsing av materialer og avfallshåndtering [24]. Eksempelvis kan feil i produksjonsunderlaget føre til ekstra svinn av materialer, og arbeid må gjøres

om. Dette kan naturligvis påvirke arbeiderne i form av ekstra arbeid, som videre kan forsterke at god planlegging kan bidra til god flyt og HMS i produksjon [24]. Som nevnt er det i planleggingen det legges føringer for hvor vellykket et prosjekt blir, og grunnlaget for et bærekraftig bygg [25]. I en rapport [25] av Norsk institutt for bioøkonomi fra 2020, kommer det frem at det er allerede tatt i bruk ulike verktøy og beregningsmetodikker for klimaberegning i bransjen, blant annet EPD, LCA og BREEAM [25]. Dette er verktøy som kan bidra til å navigere prosjektet i en mer bærekraftig retning gjennom valg av konsept og materialer, som igjen vil ha utslag på byggets energibruk [25]. Slike valg bør hensyntas i planleggingen for å nå bærekraftsmål 11, bærekraftige byer og lokalsamfunn [26].



Fig. 2.2 Illustrasjon av bærekraftsmål 11 og 13 [27].

Gjennom blant annet prosjektet *BAE-næringen SAMMEN 2030* [28] ønsker næringen å samle ledere fra bedrifter rundt om i landet for å videreutvikle næringen. Et av målene for prosjektet er å vise at BAE-næringen er sentral for å nå FNs bærekraftsmål, og har bærekraft som viktigste fokusområde. Hittil er 86 bedrifter med på prosjektet, deriblant Skanska [28]. En annen pådriver for bærekraft er Grønn Byggallianse, som er en interesseorganisasjon med over 300 medlemmer fra hele verdikjeden i bygg- og eiendomssektoren. Sammen jobber de for at hensyn til miljø og bærekraft skal stå sentralt i bransjen [29]. Organisasjonen har formulert strakstiltak for mer klima- og miljøvennlig bygging og drift, for både byggeiere og utbyggere, med tips om hvordan disse kan gjennomføres i bedrifter [24]. I tillegg er det utarbeidet en veileder [30] for vellykket gjennomføring av BREEAM-prosjekter. Denne beskrives som en støtte til prosjektstyring. Veilederen [30] påpeker at «for å få et godt BREEAM-prosjekt er det viktig med riktig bestilling, prosjektstyring og ikke minst at miljøkvaliteter er integrert i planlegging og bygging av bygget» [30, p. 5].

Forskningsrapporten *En verdiskapende bygg-, anlegg- og eiendomsnæring (BAE)* [31] viser at BAE-næringen er etter oljen, Norges største næring målt i verdiskapning. Næringen er spesielt viktig i storbyregionene, men er også landets største distriktsnæring. Som en av Norges viktigste næringer er bygg-, anlegg og eiendomsnæringen naturligvis en viktig bidragsyter i samfunnsutviklingen. Det gjelder både for utvikling, bygging og drift av de eksisterende omgivelsene, men også i forhold til fremtidens utfordringer – spesielt når det kommer til demografisk utvikling og klimaendringer [31]. Som nevnt tidligere opplever byggenæringen til tider høyt konfliktnivå, som ikke bare påvirker næringen, men også samfunnet i form av store ekstra omkostninger [11]. Tre strategier formidlet i rapporten *Sammen bygger vi fremtiden* [10] tar sikte på å endre denne utviklingen i næringen, ved å samarbeide med myndighetene for å nå syv felles mål. Den første strategien, FoU og innovasjon, utdyper byggenæringens behov for å arbeide tettere med næringsrettet forskning. Den andre strategien tar for seg utdanning og kompetanseutvikling, og påpeker at næringen må bli flinkere til å dele kunnskap og

kompetanse på tvers av bedrifter og jobbe mer målrettet med rekruttering ved å tilby gode arbeidsplasser. Den tredje og siste strategien er formidling av kunnskap og erfaringer, som påpeker behovet for et verdiskapende samspill bedrifter mellom ved å formidle prosjektets påvirkning på samfunnet og ikke minst sluttbruker [10]. Hvis disse strategiene satses på i enighet av en hel næring, kan de være nøkkelen mot et løft i effektiviseringspotensialet [10]. Satsingsområder er vist i Tabell 2.1 under.

Tabell 2.1 Satsningsområder – Bygg [28, p. 4].

FoU og innovasjon	Utdanning og kompetanseutvikling	Formidling av kunnskap og erfaringer
Eiendomsøkonomi, byggekostnader og marked.	Styrke forretningsmessig prosjektforståelse og samhandling i verdikjeden.	Økt anvendelse av ny teknologi og beste praksis.
Framtidens bo- og bymiljø.	Mer systematisk etter- og videreutdanning.	Kommersialisering av innovasjon.
Bærekraftige bygg.	Øke andelen medarbeidere med fagutdanning.	Standardisering av teknologi og løsninger.
Funksjonelle og tilpasningsdyktige bygg.	Øke tilgangen på relevante spesialister.	Pilotprosjekter og demonstrasjonsarenaer.

3. Kunnskapsbakgrunn

For å kunne belyse problemområdet presenteres det et teoretisk grunnlag. Første del av kunnskapsbakgrunnen belyser den underliggende teorien som er relevant for både Last Planner System og Virtual Design and Construction for prosjektbasert ledelse. Andre del av kunnskapsbakgrunnen forklarer utarbeidelsen av Last Planner System gjort ved University of California, Berkley. Videre vil kunnskapsbakgrunnen ta for seg Stanford University sitt motsvar, rammeverket Virtual Design and Construction. Den fjerde og siste delen tar for seg generell bakgrunnsinformasjon som er relevant for problemområdet og case i oppgaven.

3.1 Lean

Lean har sin bakgrunn i den japanske bilindustrien, nærmere bestemt Toyota Production System [2]. Begrepet Lean ble først introdusert av Krafcik [32] i 1988 da han beskrev det japanske produksjonssystemet – et system med fokus på minimalt lagerhold for å redusere kostnader og for å kunne avdekke og løse kvalitetsproblemer hurtig [2]. Womack og Jones [33] definerte senere Lean i 1996, og presentere de fem nøkkelpinsipper «spesifiser nøyaktig verdi etter spesifikt produkt, identifiser verdistrømmen for hvert produkt, få verdien til å flyte uten avbrudd, la kunden trekke verdi fra produsenten og strebe etter perfektjon» [33, p. 10] i 2003.

Alarcón [34] definerte i 1995 sløsing som «noe annet enn den absolutte minimumsmengden ressurser av materialer, utstyr og arbeidskraft som er nødvendig for å tilføre verdi til produktet» [34, p. 391]. Studien [34] lyder mer generelt at alle aktiviteter som produserer kostnader, direkte eller indirekte, men som ikke tilfører verdi eller framskritt for produktet, er sløsing. Det kan måles i direkte kostnad, men også alternative kostnader, for eksempel effektivitetstap [34].

3.1.1 Lean Construction

Termen Lean Construction ble først tatt i bruk tidlig på 1990-tallet [2]. Bygg- og anleggsnæringen lot seg inspirere av den japanske suksessen, og ønsket å skape bedre flyt i prosjekter [2], [35]. Finske Lauri Koskela introduserte det først gjennom sin rapport *Application of the New Production Philosophy to Construction* [36] i 1992 som ph.d.-student ved Stanford University i USA [35]. I rapporten kom det frem at implementering av Lean-tankegang i bygg- og anleggsbransjen kunne gi mulighet for store forbedringer og løsninger på det han beskriver som kroniske problemer i bransjen: lav produktivitet, dårlig sikkerhet og arbeidsforhold, utilstrekkelig kvalitet [36]. Dette var begynnelsen på hans utvikling av TFV-teori. To andre sentrale navn i denne sammenheng er professorene og utviklerne av Last Planner System, Glenn Ballard og Gregory Howell. Undersøkelser utført av Ballard og Howell viste at bare rundt halvparten av planlagte aktiviteter ble fullført i henhold til fremdriftsplanen [35]. Dette skulle være utgangspunktet for utviklingen av systemet Last Planner som har pågått parallelt med etableringen av Lean Construction tankesettet [2].

Ettersom Lean produksjon er utarbeidet for serieproduksjon var det behov for en annen tilnærming som var tilpasset byggenæringen [2]. I motsetning til serieproduksjon hvor produktet flyter gjennom produksjonen, vil det i et byggeprosjekt være omvendt [2]. Koskela [37] forteller at byggenæringens produksjon skiller seg fra masseproduksjon ved at det typisk kan ha kjennetegn som: hvert enkelt produkt (prosjekt) er unikt, produksjon skjer ute på byggeplassen (on-site) og det opprettes en

midlertidig organisasjon for prosjektet [37]. I hans doktoravhandling [38] trekkes det frem fire prinsipper for Lean Construction [35]:

- 1) Fjerne sløsing: Aktiviteter kan deles inn i to kategorier, verdiskapende og ikke-verdiskapende [35]. Prinsippet handler om å effektivisere begge disse prosessene, og samtidig redusere aktiviteter som ikke tilfører direkte verdi til sluttproduktet [35]. Eksempler på ikke-verdiskapende aktiviteter er flytting/frakt, venting og inspeksjoner. Fig. 3.2 illustrere en produksjonsprosess hvor de lyse boksene presenterer ikke-verdiskapende aktiviteter og de mørkere boksene presentere verdiskapende aktiviteter. Flytting og inspeksjoner er noe som ofte må gjennomføres, mens venting er noe som er ønskelig å unngå. Rolfsen [35] påpeker at hovedproblemet er venting. Forskjellige kategorier for sløsing i produksjon og prosjektering er presentert i Tabell 3.1. I forhold til sløsing er begrepet «making do» sentralt i Lean Construction [2]. Kalsaas [2] definerer begrepet til å være «en situasjon der en arbeidsoppgave startes opp uten at alle de nødvendige innsatsfaktorene for gjennomføring av oppgaven er på plass» [2, p. 243].
- 2) Redusere variasjon: Variasjon øker syklustiden, og er derfor ønskelig å redusere [38]. Dette kan oppnås ved å sette faste tidsfrister og gjennomføre kvalitetskontroll i løpet av prosjektet [35].
- 3) Komprimere syklustidene: Syklustiden omfatter den totale tiden for prosessering, inspeksjon, venting og flytting [38]. Det er ønskelig å redusere denne tiden ved å eliminere ikke-verdiskapende tidsbruk [38]. For å kunne oppnå dette er det behov for standardisering, gjennom for eksempel større bruk av pre-planlegging og prefabrikering [35].
- 4) Forenkling: «Kan forstås som reduksjon av antall komponenter i et produkt eller reduksjon av antall trinn og koblinger i en material- eller informasjonsflyt» [38, p. 62]. Prosjekter kan være store og komplekse med mange avhengigheter, og det er derfor ønskelig å utarbeide veldefinerte arbeidspakker og gjøre oppgaver uavhengige [35].

Tabell 3.1 Kategorier for sløsing i produksjon og prosjektering [39, p. 16].

Produksjon	Prosjektering
«Making do» - Støpesjuka	«Making do» - Støpesjuka
Feil	Dårlig ledelse
Overproduksjon	Omarbeide
Lager	Teknologiske løsninger
Unødvendig arbeid	Informasjonslogistikk
Transport av varer	Unødvendig arbeid
Unødvendig flytting av mennesker	Venting
Venting	

Koskela [38] har utarbeidet en teori om produksjonsstyring basert på konseptene transformasjon, flyt og verdi. Koskela [38] forklarer disse tre som en konseptualisering av produksjonen, hvor målet med transformasjon er å utnytte produksjonen (inputs til outputs) på en effektiv måte [38, p. 89]. Flyt av materialer, som igjen er sammensatt av transformasjon, inspeksjon, flytting og venting, hvor ikke-verdiskapende aktiviteter skal elimineres [38, p. 89]. Koskela [38] avslutter med å forklare verdi som prosessen med å oppfylle kravene til kunden, samtidig som det skal unngås verditap i produksjon [38, p. 89]. Fig. 3.1 illustrerer forholdet mellom input og output, mens Fig. 3.2 viser flyten av materialene gjennom produksjonen og Fig. 3.3 viser prosessen med å oppfylle kravet til kunden.

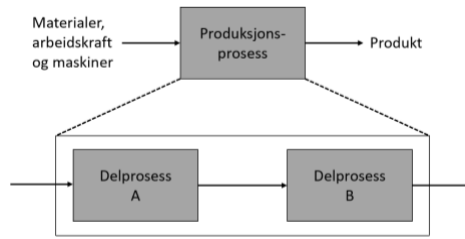


Fig. 3.1 Et forhold mellom input og output [38, p. 42].

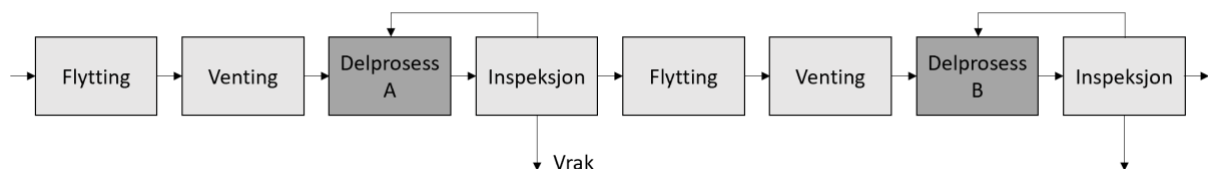


Fig. 3.2 Flyt av materiale mot produksjon [38, p. 56].

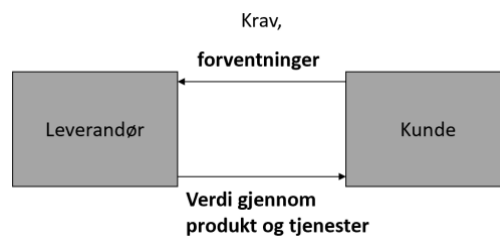


Fig. 3.3 Prosessen med å oppfylle kravet til kunden [38, p. 75].

3.2 Last Planner System

Følgende delkapittel belyser bakgrunnen for utviklingen av systemet Last Planner, samt dets prinsipper og fem hovedelementer.

Utviklingen av Last Planner System startet tidlig på 90-tallet av Glenn Ballard og Gregory Howell [2]. Gjennom undersøkelser av byggeprosjekter hadde de funnet ut at bare omtrent halvparten av planlagte arbeidsoppgaver ble gjennomført i henhold til planene [2]. Med dette som utgangspunkt skulle det være bakgrunnen for utviklingen av systemet [2], [40] – «et system for å planlegge og styre flyten i prosjektbasert produksjon» [2, p. 35]. Videre i 2000 avla Ballard sin doktoravhandling *The Last Planner System of Production Control* [41]. Ifølge Kalsaas [2] finnes det «ingen offisiell versjon av Last Planner System, og heller ingen sertifisering» [2, p. 3]. Grunnen til dette er at nøkkelpersoner i det internasjonale fagmiljøet anser LPS som et tankesett og prinsipper som er i stadig utvikling [2]. Dette synspunktet kommer også frem av Ballard og Tommelein [40] i artikkelen *Current Process Benchmark for the Last Planner System*: «vi ønsker ikke å være altfor foreskrivende i vår beskrivelse av enhver ledelsesprosess, inkludert LPS, både fordi vi ikke ønsker å fraråde eksperimentering og fordi det er umulig å spesifisere nøyaktig hva som må gjøres i enhver mulig sammenheng» [40, p. 3].

Videre blir det skrevet at målet er å formidle budskapet slik at brukere kan få en forståelse for grunnpilarene i LPS, og deretter implementere det i den aktuelle kontekst [40]. Således er det viktig å skille mellom Last Planner og bedrifters egne oversettelser og tolkninger [2]. Kalsaas [2] trekker frem at det i Norge vanligvis er den enkelte håndverker som er «the last planner», mens det i Ballards doktoravhandling er basene for hvert fag [2].

I Ballards doktoravhandling [41, pp. 3-2] beskrives Last Planner System som en filosofi, med et sett av regler, fremgangsmåter og verktøy som skal bidra til å skifte fokus fra kontroll over arbeiderne, over til kontroll over arbeidsflyt. Videre legger Ballard [41] til at systemet er bestående av to komponenter: kontroll over produksjonsenheter og kontroll over arbeidsflyt [41, pp. 3-2, 3-3]. Førstnevnte handler om å gjøre arbeidsoppgaver bedre slik at arbeiderne navigeres gjennom kontinuerlig forbedring og korrigerende handlinger. Ballard [41] avslutter med at kontroll over arbeidsflyt går ut på å proaktivt jobbe med å skape flyt på tvers av produksjonsenheter, med optimal rekkefølge og hastighet [41, pp. 3-3]. Ifølge Fiallo og Revelo [8] presenterer LPS fundamentære endringer i hvordan et prosjekt både planlegges og utføres. Systemet tilrettelegger for snar tverrfaglige problemløsning, slik at nødvendige beslutninger blir tatt i riktig tid i forhold til trinnene i prosessene [8].

3.2.1 Prinsipper

Ballard et al. [42] trekker frem fem sentrale prinsipper i Last Planner [2]:

- 1) «Planlegg mer detaljert jo nærmere du kommer den konkrete utførelsen» [2, p. 39]. Det er ofte mange variasjoner og uventende hendelser som kan oppstå, det er derfor ikke gunstig å lage fullstendig detaljerte planer tidlig [2]. Det betyr at det i starten utarbeides en grov plan som videre detaljeres utover i prosjektet. Først en hovedplan med prosjektets viktigste milepæler og videre en faseplan, som gir en oversikt over hva som BØR gjøres. Etersom prosjektet skrider frem og mer informasjon blir tilgjengelig, kan det utarbeides en utkikkplan [2]. Denne kan ha en tidshorisont på 3-9 uker, avhengig av tiden som er nødvendig for å håndtere begrensninger som kan forekomme. Utkikkplanen gir en oversikt over godt definerte aktiviteter, i en hensiktsmessig rekkefølge, som er tilpasset kompetansen og kapasiteten til de utførende – planen sier altså hva som KAN utføres [2]. Før produksjonen settes i gang lages det arbeidsplaner som definerer hva som SKAL utføres. Fig. 3.4 viser sammenhengen mellom plannivåene [2].

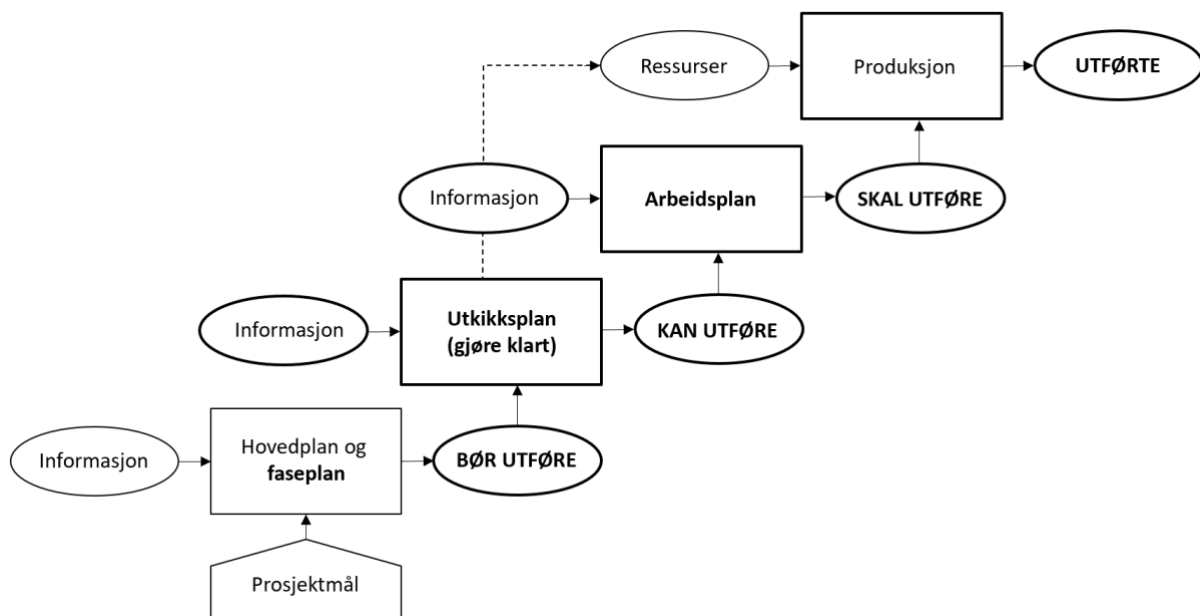


Fig. 3.4 Sammenhengen mellom plannivåene i Last Planner System [2, p. 40].

- 2) «Planlegg sammen med dem som skal utføre arbeidet» [2, p. 39]. Involvering av de som skal utføre arbeidet gjøres typisk ved bruk av lappeteknikk og bakoverplanlegging [2]. De som utfører arbeidet innehar kompetanse og erfaringer som kan være nyttig når arbeidet skal planlegges, slik at det

tilrettelegges for god flyt i produksjon. Denne involveringen kan også bidra til økt eierskap til planene, og støtter opp om prinsipp 4) [2].

- 3) «Identifiser og fjern hindringer for planlagte oppgaver i team/grupper» [2, p. 39]. Dette prinsippet handler om å systematisk fjerne hindringer og dermed redusere usikkerheten i forkant av utførelse [2]. Ballard og Tommelein [40] påpeker at for å sikre mest mulig effektiv bruk av kapasitet, må arbeidet som BØR utføres innen en gitt dato være mulig (KAN) å utføre uten noen form for hindringer. Fig. 3.5 viser de syv strømmene eller syv forutsetningene – dersom en eller flere av disse syv ikke er til stede kan det føre til hindringer i arbeidet.

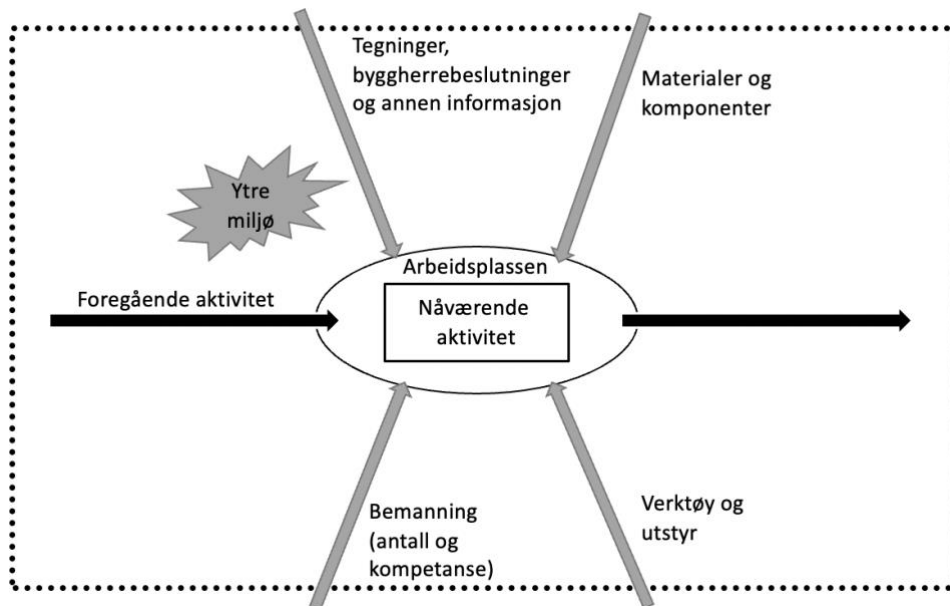


Fig. 3.5 De syv strømmene – hindringsanalyse [2, p. 42].

- 4) «Utarbeid pålitelige forpliktelser for at arbeid utføres som avtalt, og vedlikehold forpliktelsene» [2, p. 39]. Det fjerde prinsippet omhandler det å skape pålitelige forpliktelser mellom de ulike partene, slik at alle utfører arbeidet sitt til riktig tid, og dermed flyter arbeidet i en gunstig rekkefølge [2]. Dette krever en god kommunikasjon mellom alle parter [2]. Ettersom fremtiden ikke kan fastsettes, kan ikke lovnader alltid holdes. Det er dermed viktig at lovnader blir gjentatt underveis [43]. Dette kan gjøres gjennom daglige møter, slik at arbeidet gjennomføres i henhold til planen. Macomber et al. [43] påpeker at ettersom omstendighetene endres må også handlinger endres deretter. I rapporten fra pilotprosjektet Havlimyra [44] oppvekstsenter påpekes det at LPS fungerer best når aktørene er åpne i forhold til deling av informasjon og videre knytter seg til forpliktelser [44].

- 5) «Ta lærdom av tilfeller hvor problemer med gjennomføringen oppstår» [2, p. 39]. Prinsippet om kontinuerlig forbedring og læring er en viktig del av Lean [2]. I prosjektbasert produksjon er ukentlige PPU-målinger og analyser av årsak til avvik sentralt i denne sammenheng. PUKK-hjulet vist i Fig. 3.13 er mye brukt innen læring i forbedringsarbeid [2]. Ballard og Tommelein [40] presentere flere innsikter i bruken av LPS, deriblant:

Fra perspektivet til kontinuerlig forbedring, er det LPS sin jobb å stabilisere arbeidsoperasjonene slik at de kan forbedres ytterligere, både individuelt og i prosessene de kompromitterer, men det forbedrer også produktiviteten. Mange, kanskje de fleste, er

fornøyde med det og utnytter ikke muligheten for mer grunnleggende forbedring av ytelsen. [40, p. 6]

3.2.2 Hovedelementer

Koskela et al. [45] presenterer følgende fem hovedelementer i Last Planner System:

- 1) Hovedplanen er en overordnet plan for hele prosjektet, som tar utgangspunkt i kontrakten og hva som skal bygges og omfatter de viktigste milepælene i prosjektet [2], [46]. Sammenlignet med tradisjonell prosjektledelse, hvor det tidlig blir laget en nøye detaljert plan, vil en hovedplan i LPS være vesentlig mindre detaljert [2]. Ballard et al. [42] påpeker likevel at prinsippene i Last Planner ikke forbyr en detaljert masterplan, men dette er senere innført som et av prinsippene av Ballard og Tommelein [40]. Kalsaas [2] trekker frem viktigheten av milepæler ved at de skaper stabilitet og forutsigbarhet i byggeprosjekt, og at det derfor bør legges stor vekt på å holde dem.
- 2) Prosjektet deles inn i faser med milepæler mellom hver av fasene – altså skjer det en leveranse i slutten av en fase [2]. Gjennom bakoverplanlegging i felleskap, utarbeides det mer detaljerte planer for hver av fasene [46]. Eksempelvis grunnarbeid, råbygg og innredningsarbeider. «Faseplanleggingen går ut på å finne en god produksjonsmessig rekkefølge på arbeidspakker innen hver av fasene» [2, p. 47], og avdekke avhengigheter mellom de ulike fagene [46]. Lappeteknikk er en mye brukt i faseplanlegging. Teknikken går ut på at hver av representantene for de ulike fagene noterer aktivitet og en estimert varighet på post-it-lapper. Aktiviteten skal være sammenhengende og uavhengig av andre fag. Lappene henges opp på en tavle/vegg og det diskuteres og justeres i felleskap, slik at planen imøtekommer tidsfristen for leveransen i slutten av fasen [47]. Slike enkle teknikker legger til rette for involverende planlegging [2]. Kalsaas [2] mener at det kan diskuteres om det burde vært et av prinsippene i LPS – å bruke enkle verktøy for å fremme involverende planlegging. Fig. 3.6 viser sammenhengen mellom planene og hvordan prosessen skrider frem.

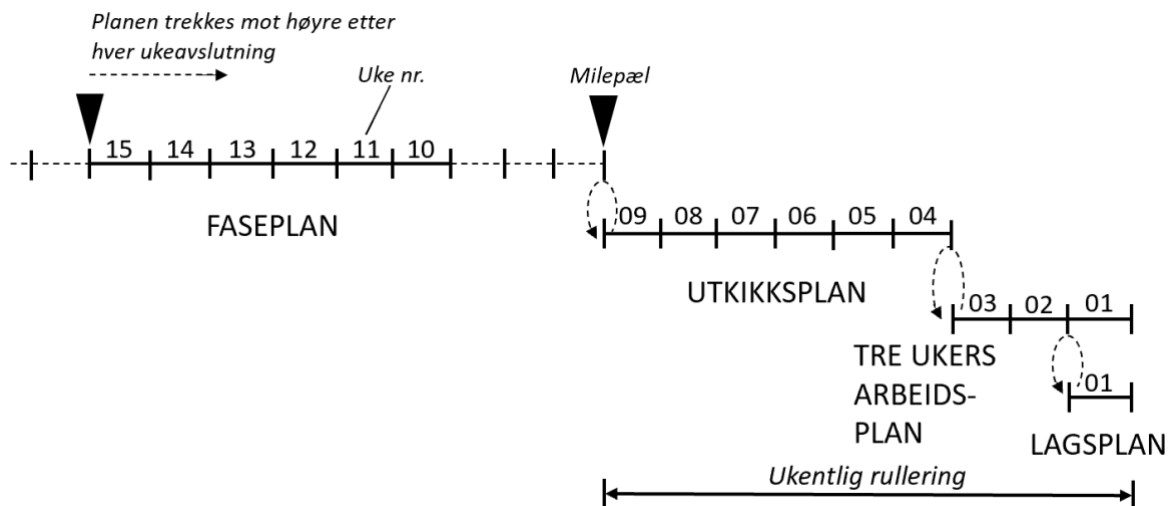


Fig. 3.6 Oversikt over planprosesser [2, p. 45].

- 3) Utkikksplanleggingen er bindeleddet mellom langsiktig planlegging (hoved- og faseplan) og de kortsiktige (operative) planene [46]. Utkikksplanleggingen handler om å systematisk fjerne hindringer og gjøre klart for at planlagte aktiviteter skal kunne utføres i en hensiktsmessig rekkefølge, og har typisk en tidshorisont på 4-6 uker [2]. Foregående aktivitet må være ferdig, arbeidsplassen skal være ryddet klar til kommende aktivitet, alt av tegninger, materialer, utstyr,

mannskap og annen nødvendig informasjon og verktøy må være på plass for at en aktivitet skal være sunn. Forhold knyttet til det ytre miljøet må også tas til vurdering, for eksempel værforhold. Fig. 3.5 viser de syv forholdene som må tas hensyn til i en hindringsanalyse. Fosse og Ballard [48] legger frem at en fordel med utkikkplanleggingen er at det fokuseres på å klargjøre for de kommende ukene og sørger for å kontinuerlig løse problemer proaktivt, istedenfor å løse dem etter de har oppstått.

- 4) Arbeidsplanen er en detaljert tverrfaglig plan som synligjør de resiproke avhengighetene mellom de ulike fagene [46]. I følge Kalsaas [2] har arbeidsplanen en tidshorison på 2-4 uker. I ukentlige arbeidsplaner deles arbeidet opp slik at det kan utføres innen en uke, og slik at det kan foretas målinger for å følge med fremgangen og planpåliteligheten [2].
- 5) Prosent planlagt utført (PPU) er et måleverktøy som viser forholdet mellom hva som er lovet at skal bli utført og hva som faktisk er utført [45]. I slutten av en planperiode, ofte på ukentlig basis, måles PPU for å følge med på pålitelighet i arbeidsflyten [45]. Påfølgende utføres det rotårsaksanalyser for å kartlegge årsaken til at løfter ikke ble holdt, og er viktig i arbeidet med kontinuerlig forbedring [2].

3.3 Virtual Design and Construction

Dette delkapitlet tar for seg fremveksten av rammeverket Virtual Design and Construction (VDC) og bruken av komponentene som rammeverket består av i prosjektering og til en viss grad produksjon.

John Kunz og Martin Fischer utviklet begrepet Virtual Design and Construction (VDC) i 2001 ved Stanford University, som en del av forskningen ved Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) [49]. VDC er et integrert rammeverk bestående av produkt, organisasjon og prosess, og defineres som: "The use of multi-disciplinary performance models of design-construction projects, including the Product (i.e., facilities), Work Processes and Organization of the design – construction – operation team in order to support business objectives" [50, p. 242]. Sacks et al. [51] understreker at begrepet VDC brukes for å markere forskjellen mellom prosjektering og produksjon, ved bruk av BIM, og prosjektering og produksjon ved bruk av tradisjonelle metoder, og at ordet «virtual» brukes for å påpeke at VDC er en virtuell virkelighet [51].

Ifølge Kunz og Fischer [49] er målet å lage en modell som viser prosjekteringen av produktet som skal bygges, utformingen av organisasjonen som utfører/bygger produktet, samt byggeprosessen organisasjonen følger. Det brukes tverrfaglige virtuelle modeller, hvor informasjonen er tilgjengelig for alle prosjektdeltakere til enhver tid [49]. Følgende komponenter inngår i VDC sitt rammeverk og vil bli brukt som definisjon av VDC i denne oppgaven: Bygningsinformasjonsmodellering (BIM), prosess- og produksjonsledelse (PPM), samtidig prosjektering (Integrated Concurrent Engineering – ICE), målstyring (Metrics) og måloppnåelse (Prosjekt mål + Kunde-/forretningsmål + Samfunns mål) [52].

Fischer et al. [53] spesifiserer at et høytytelsesbygg kan bare oppnås når det bygges ved hjelp av integrerte prosesser, som er avhengig av et integrert team, som trenger riktig integrert informasjon for å kunne være effektiv. Fisher et al. [53] beskriver videre at simulering og visualisering er den primære måten å informere det integrerte teamet på, som gjøres ved bruk av BIM. Videre er samarbeid

og samlokalisering den primære måten det integrerte teamet, integrerer de forskjellige prosessene på. Fischer et al. [53] argumenterer videre at produksjonsstyringsmetoder muliggjør et produktivt design, fabrikasjon og produksjon av det integrerte byggesystemet, som gjør at utfallet til målstyringen definerer bygningens ytelse, samt validerer det integrerte bygningssystemet. Fig. 3.7 viser en oversiktsmodell av VDC fremstilt av Fischer et al. [53], som senere er brukt i rapporten til Rischmoller et al. [50, p. 247]. Et annet viktig aspekt i forhold til bruk og implementering av VDC, kan være faktorer som forankring, kommunikasjon og opplæring- noe Breistein [54] ser på i sin studie.

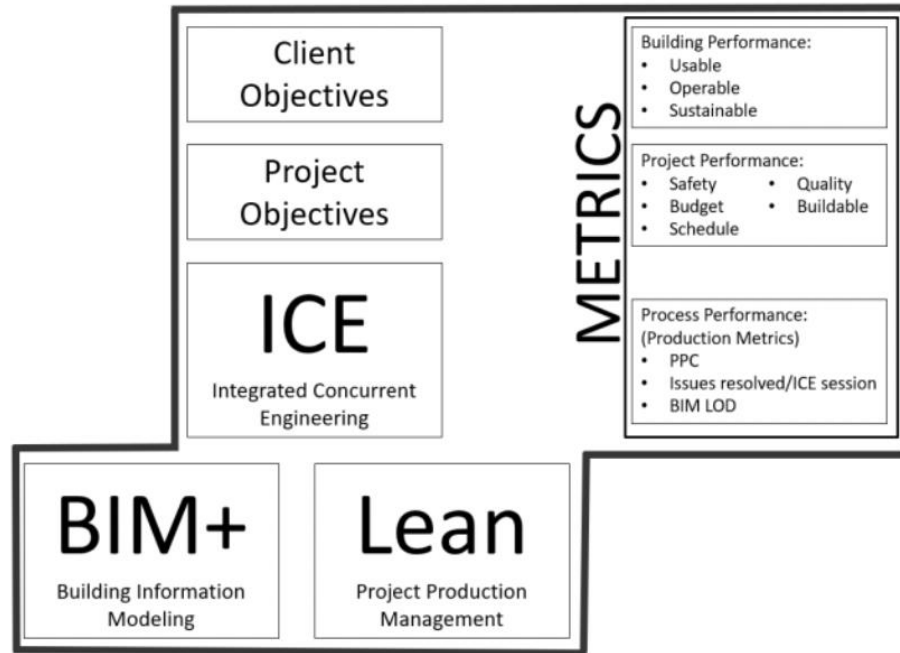


Fig. 3.7 Oversiktsmodell av VDC [50, p. 247].

En annen måte å beskrive VDC-rammeverket gjennom, er POP-modellen [55]. Den består hovedsakelig av modeller for produkt, organisasjon og prosess i samhandling med klient/forretningsmål, samt prosjektets daglige, ukentlige og milepølssmål, hvor ytelsen kontinuerlig måles [55]. Fig. 3.8 viser flyt over tid mellom de forskjellige elementene i VDC-rammeverket.

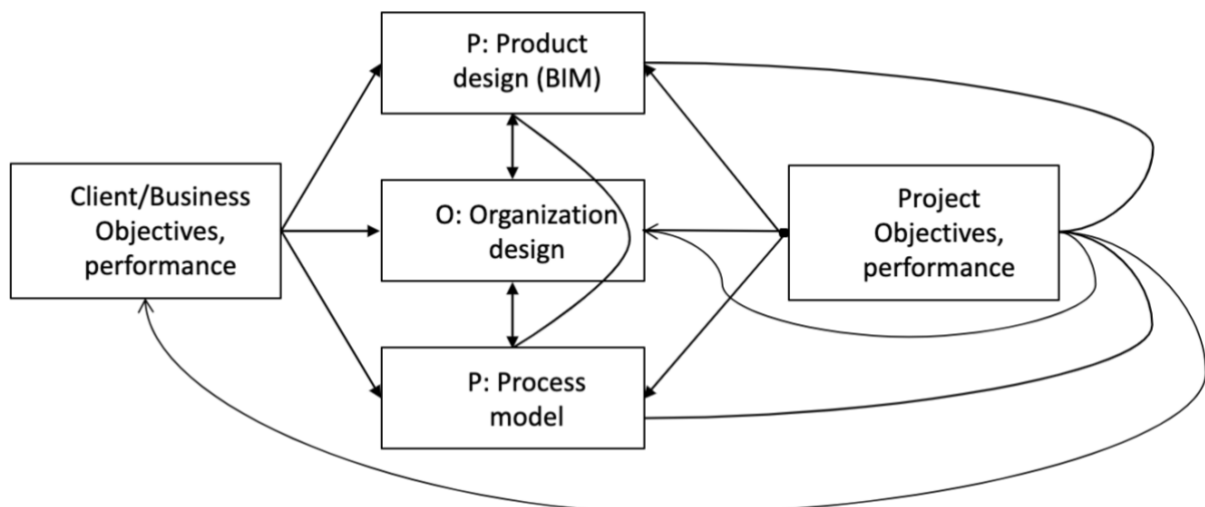


Fig. 3.8 Illustrasjon av POP-modellen [55, p. 357].

P: Produkt modell, definerer bygningselementer som f.eks. gulv, vegger og bjelker.

O: Organisasjonsmodell, definerer organisasjonsgruppene.

P: Prosessmodell, definerer aktiviteter og milepæler. [49, p. 9]

Kunz og Fischer [55] forteller at de ulike elementene i rammeverket avgir data som har som hensikt å informere om design, evaluering og arbeid [55]. Disse kan videre legge til rette for en dataflyt som skrider frem i takt med prosjektet, og som muliggjør en kontinuerlig «oppdatering av produkt-, organisasjons- og prosessdesign ettersom produkt-, organisasjons- og prosessmodellene iterativt endres over tid etter hvert som arbeidet blir gjort og det integrerte teamet oppdaterer P, O og P-modeller basert på vurdering av justeringen av spesifiserte ytelsesmålinger» [55, p. 357]. Kunz og Fischer [55] utdyper videre at ICE er den prosessen hvor interessenter fra det tverrfaglige prosjekteringsteamet samarbeider over tid for å spesifisere, opprette, sjekke og anvende POP-modellene, samt justere dem i løpet av prosjektets levetid, basert på justeringer og målinger av prosjektmål, kunde/forretningsmål og samfunns mål [55]. Khanzode et al. [56] forteller at generelt betyr det at gjennom virtuelle POP-modeller kan det lages beskrivelser, evalueringer, prediksjoner, og forklaringer. Det kan videre gjøres forhandlinger og beslutninger om prosjektets omfang, samt organisering og tidsplan allerede før det er lagt mye tid og penger i et prosjekt for å vurdere om det er lønnsomt [56]. Hvis det da velges å gå videre med prosjektet kan POP-modellen videre brukes til å simulere kompleksiteten i byggeprosjektleveransen, for å prøve og finne, samt forstå fallgruvene før prosjektet går i produksjon [56]. Tabell 3.2 viser hvilke komponenter som inngår i VDC i denne oppgaven.

Tabell 3.2 Oversikt over VDC komponenter i denne oppgaven.

VDC komponenter	POP	Beskrivelse
Bygningsinformasjonsmodellering (BIM)	Integrert informasjon	Digitalt verktøy som muliggjør bygging og simulering av digitale modeller [57]. Det viser den helhetlige prosessen ved å lage en virtuell modell, som kan være tverrfaglig, samtidig som det muliggjør simulering av hele livsløpet til konstruksjonen- herunder planlegging, prosjektering, produksjon og drift [57].
Prosess- og produksjonsledelse (Project Production Management)	Integrerte prosesser	Prosess- og produksjonsledelse, ofte kalt PPM, er en prosess som organiserer og kontrollerer arbeidsaktiviteter i et prosjekt [50]. PPM kan bruke verktøy som Last Planner System eller andre visuelle planleggingsmetodikker for å administrere prosessene som i all hovedsak er basert på Lean Construction [51].
Samtidig prosjektering (Integrated Concurrent Engineering – ICE)	Integrert team	En tilnærming på en metodikk som bryter med den tradisjonelle sekvensielle prosjekteringen i byggeprosjekter [58]. I parallell og samtidig prosjektering vil de ulike fagene samarbeide jevnlig gjennom hele prosjektet angående de multidisiplinære problemstillingene som fremkommer [58].
Målstyring (Metrics)	Integrerte prosesser	Målstyring i VDC er forslått å være en metodikk, som har fokus på gjennomføring av hele prosjektet og kontinuerlig forbedring [59]. Det finnes hovedsakelig tre typer målinger, kontrollerbare faktorer, resultatmål og prosessmål [49].
Måloppnåelse (Prosjektmål + Kunde-/forretningsmål + Samfunns mål)	Integrerte prosesser	Måloppnåelse kan ta for seg prosjektmål, kunde/forretningsmål og samfunns mål [52].

3.3.1 Bygningsinformasjonsmodellering (BIM)

Bygningsinformasjonsmodellering er et digitalt verktøy som muliggjør bygging og simulering av digitale modeller [57]. Det viser den helhetlige prosessen ved å lage en virtuell modell, som kan være tverrfaglig, samtidig som det muliggjør simulering av hele livsløpet til konstruksjonen- herunder planlegging, prosjektering, produksjon og drift [57]. Eastman et al. [60] har definert BIM til å være:

Som et verb eller en adjektivfrase for å beskrive verktøy, prosesser og teknologier som tilrettelegges av digital, maskinlesbar dokumentasjon om en bygning, dens ytelse, planlegging, konstruksjon og senere drift. Derfor beskriver BIM en aktivitet, ikke et objekt. For å beskrive resultatet av modelleringsaktiviteten bruker vi begrepet «bygninginformasjonsmodell», eller mer enkelt «byggemodell» i sin helhet. [60, p. 467]

Som vist i Fig. 3.9 kan BIM brukes i alle fasene av en byggeprosess, hvor de fysiske og funksjonelle egenskapene til modellen er tilgjengeliggjort for alle aktører som deltar i prosjektet [61]. Sacks et al. [51] påpeker at «grunnprinsippet er at vi bygger modellen før vi bygger bygget» [51, p. 130].

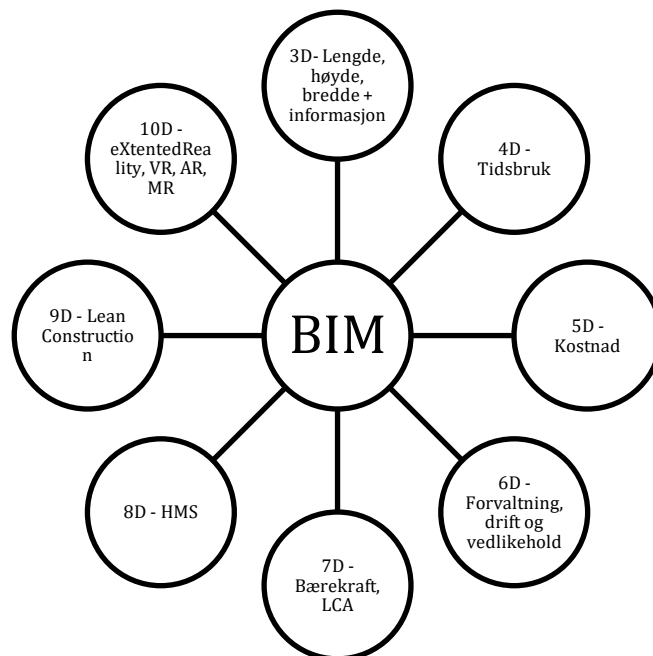


Fig. 3.9 Illustrasjon av hva som kan inngå i BIM [61, p. 3], [62, p. 5].

BIM brukes noe forskjellig i byggebransjen i dag, da noen ser på det som kun en programvare, mens andre ser på det som en prosess [63]. BIM som en del av VDC handler om å bygge videre på en eksisterende etablert praksis, hvor det ses på hvordan simuleringen av modellen kan brukes av prosjektteamet til å løse et problem, og ikke hvordan simuleringen av modellen løser problemet [50]. En voksende tilnærming mot Lean Construction sine prinsipper [63], kombinert med BIM, kan redusere koordinasjonsventetiden mellom de forskjellige fagene, samtidig som kvaliteten på designet, samt kostnaden ivaretas eller blir redusert [64].

Aslam et al. [65] påpeker at en manglende forståelse, samt visualisering av sluttproduktet har resultert i mange iboende problemer i byggefasen. Det er da snakk om plutselige endringer i ordren, problemer med byggbarhet, produktivitetstap, ressurser som ikke er tilgjengelig og omarbeidelse. For å gjøre denne visualiseringsprosessen bedre, har fremveksten av BIM vist seg å være svært nyttig i forhold til tolkning av kundemålet og hvordan sluttproduktet skal bli, allerede i begynnelsen av prosjektet [65].

Det betyr å fysisk kunne vise byggherren den virtuelle modellen, og kunne gjøre endringer før prosjektet går i produksjon. Aslam et al. [65] hevder videre i sin studie at BIM fokuserer mest på å utvikle et produkt, men når det ble et høyner fokus på å kunne illustrere designet og planene virtuelt, var det et behov for å utvikle et system som også var integrert med byggeprosessen og strukturen i organisasjonen- som resultat ble VDC utviklet [65].

3.3.2 Prosess- og produksjonsledelse (Project Production Management)

Prosess- og produksjonsledelse, ofte kalt PPM, er en metode som organiserer og kontrollerer arbeidsaktiviteter i et prosjekt [50]. PPM kan bruke verktøy som Last Planner System eller andre visuelle planleggingsmetodikker for å administrere prosessene som i all hovedsak er basert på Lean Construction [51]. Lean Project Delivery System er en filosofi utviklet av Lean Construction Institute, sammen med Glenn Ballard [66]. Den tar for seg en rekke forskjellige emner innen prosjektstyring, deriblant å minimere sløsing, øke kunde verdi og kontinuerlig forbedring [65]. I motsetning til LPDS, som ofte fokuserer på menneskelige faktorer, hevder Rischmoller et al. [50] at PPM forsøker å se mer på organiseringen av de fysiske oppgavene som skal utføres i prosjektet [50]. Rischmoller et al. [50] påpeker videre at PPM forsøker å etterstrebe en prediktiv teori om oppnåelige grenser i forhold til f.eks. utforming av arbeidsaktiviteter, som gjerne skal være utprøvd i praksis tidligere. Dette slik at arbeidsaktivitetene videre kan brukes til å utlede prosjekteringskriterier som direkte kan knyttes til å gjøre en forbedring i kostnad, tidsplan og omfang ytelse på prosjekter [50].

PPM som en del av VDC, forsøker derimot å kombinere fokuset på de fysiske arbeidsaktivitetene og det menneskelige fokuset fra Lean Construction, som kommer mer frem i samtidig prosjektering (ICE) [50]. Sacks et al. [51] trekker frem at i teorien, i forhold til tradisjonell planlegging, kan forsinkelser og overskridelser korrigeres ved å sette inn tiltak, som har sammenheng med PUKK-hjulet. I praksis kan metoden være noe mangelfull, i den forstand at mange prosjekt blir kontrollert en gang i måneden, og tiltak fokuseres ofte på den konkrete målstyringen, og ikke på å finne rotårsakene til problemene [51]. Dette kan bremse den langsiktige forbedringen, i den forstand at årsaken bak problemet ikke er forstått eller fullt ut adressert. Sacks et al. [51] spesifiserer at i stedet for å tenke på et prosjekt som en engangshendelse, hvor det er mye «brannslukking» og improvisasjon i produksjonen underveis, bør det som produseres settes i system for å kunne gjøre forbedringer [51]. PPM er ikke en del av Lean Construction, men ifølge Project Production Institute [50] har de en del likhetstrekk. Fremveksten og tidslinjen kan ses på Fig. 3.10.

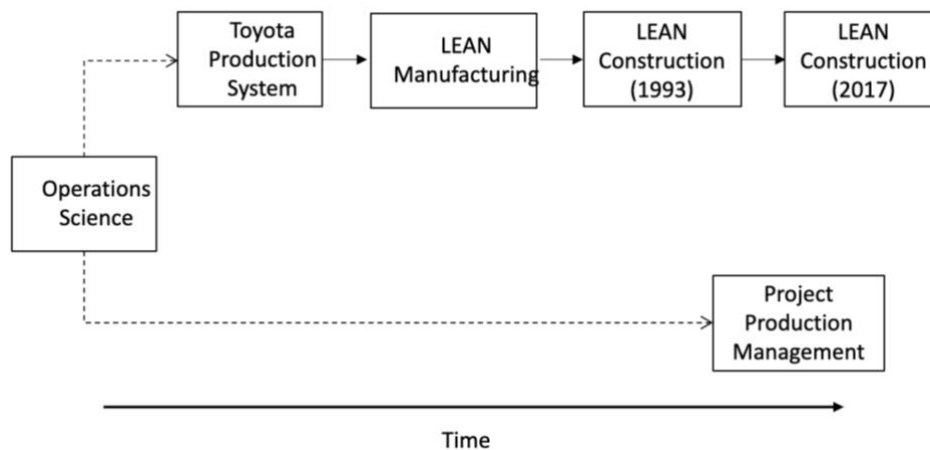


Fig. 3.10 Illustrasjon av tidslinjen til PPM og Lean [50, p. 244].

3.3.3 Samtidig prosjektering (ICE)

Integrated Concurrent Engineering, på norsk samtidig prosjektering, er en tilnærming på en metodikk som bryter med den tradisjonelle sekvensielle prosjekteringen i byggeprosjekter [58]. Concurrent Engineering ble for første gang brukt i Norge i 2005 av Statoil, som en del av et samarbeid med JET ProPulsion Laboratory/NASA [49] for å forbedre det tverrfaglige samarbeidet mellom ulike disipliner på prosjekter. Noen år senere formaliserte og implementerte også CIFE ved Stanford University metodikken som en del av rammeverket til VDC [50], [49].

Kunz og Fischer [49] trekker frem at bruken av VDC ofte samler mange ulike interessenter i form av kunder, oppdragsgivere og ulike disipliner. Ulike erfaringer, perspektiver, kundemål og standarder innenfor ulike fagfelt og mangelen på erfaring med å kommunisere sammen, kan gjøre et prosjekt komplekst. Videre legger Kunz og Fischer [49] til at selv om de tekniske detaljene i byggeprosjekter er forskjellig fra JET ProPulsion Laboratory/NASA bruk i romfart, bruker begge nye prosjekter til å utvide kapasiteten, hvor prosjektene innehar involvering av tverrfaglige disipliner og flere interessenter med en blanding av delte, men også konkurrerende mål og metoder [49].

Det kommer frem i rapporten til Kunz og Fischer [49] at ICE anses for å være en metodikk som effektiviserer anvendelsen av VDC. I et forsøk gjort på Stanford ble det etablert et rom som hadde fokus på metodikk og teknologi. Det ble montert flere visningsskjermer med berøringsteknologi. Formålet var at de ulike deltakerne på likt skulle kunne vise og beskrive sine modeller. Datamaskinene som ble brukt hadde samme database og var tidssynkronisert for å kunne fremstille modeller som var tverrfaglige [49], med en betydelig redusert koordineringsforsinkelse [50]. ICE-sesjoner bruker altså teknologien til BIM for å simulere og analysere tverrfaglige modeller, slik at deltakerne skal kunne lære av samtalene som foregår i grensesnittet mellom ulike fag. Det begrunnes videre at dette er fordi organisasjoner er et fellesskap av mennesker og ikke kun aggregering av data, og utnyttelsen av BIM er høyest når visualisering og simulering bidrar til å engasjere til samhandling blant deltakerne [50]. Fig. 3.11 viser forskjellen mellom tradisjonell praksis og samtidig prosjektering.

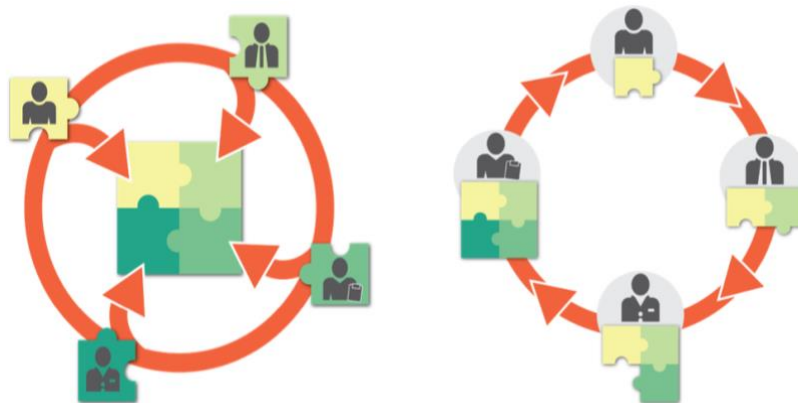


Fig. 3.11 Illustrasjon av tradisjonell (venstre) og samtidig (høyre) prosjektering [58, pp. 4-5].

I tradisjonell sekvensiell prosjektering sitter ofte de respektive disiplinene hver for seg, hvor de utfører sine oppgaver og sender dem videre til neste fase [58]. Det er ofte begrenset utveksling av informasjon/diskusjon [58], og heller ingen klar møteagenda på grunn av uklare krav på forberedelser og uklar loggføring av beslutninger som tas og videre arbeid [63]. I parallell og samtidig prosjektering vil derimot de ulike fagene samarbeide jevnlig gjennom hele prosjektet angående de multidisiplinære

problemstillingene som fremkommer [58]. Incitamentet for tverrfaglig samtidig prosjektering er bedre belyste problemer, i form av for eksempel forberedte møter, samt beslutninger tatt på stedet av prosjektteamet [58]. Prosjektteamet er derfor sentral i denne overgangen, samtidig som det ikke er gitt at tverrfaglige problemstillinger blir belyst tidlig nok. For å imøtekomme ønsket effekt i det tverrfaglige teamet er det viktig med opplæring i forhold til kommunikasjon og samhandling [58].

For å gjennomføre en ICE-sesjon må rommene som skal brukes til samhandling tilrettelegges [58]. De må først og fremst være store nok, samtidig som det er mulighet for visualisering på visningsskjermer, som igjen skal være synlig for alle [58]. Det burde være mulig med enkel deling av informasjon fra egne PC-er, både for deltakere til stede og via videokommunikasjon [58]. Ifølge Hermundsgård [58] skal det være en sesjonsleder, loggfører, teammedlem og oppdragsgiver eller andre interessenter i en ICE-arbeidssesjon. Sesjonsleder har ansvar for å planlegge og lede sesjonene for å sikre den totale kvaliteten i fremdriften i gjennomføringen. Loggfører dokumenterer utfallet av diskusjonene. Teammedlemmer i form av representanter fra de ulike disiplinene, samt representanter for oppdragsgiver for å avdekke usikkerheter og ta beslutninger på et tidlig stadium [58]. For å kunne utnytte potensialet som ligger i metodikken til ICE er det viktig med forståelse, som ofte kommer gjennom opplæring for hver enkelt deltaker, gode forberedelser og gjennomføring av ICE-sesjonene, samt evaluering av sesjonene for kontinuerlig forbedring [58]. Fig. 3.12 viser en illustrasjon av de tre fasene som gjerne inngår i ICE.

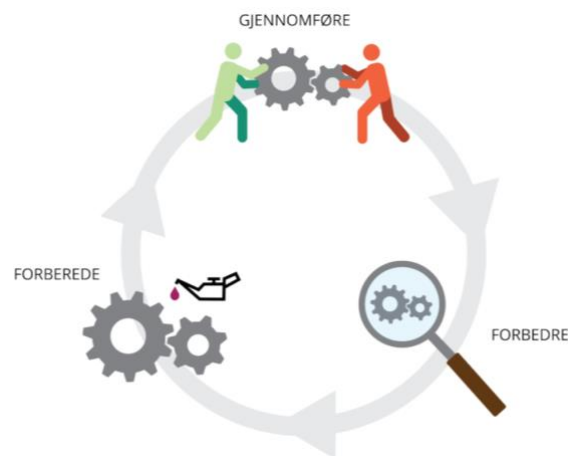


Fig. 3.12 Integrated Concurrent Engineering [58, p. 9].

Det kommer videre frem i veilederen til Hermundsgård [58] at ICE-sesjoner gjerne deles i tre faser, hvorav første fase er forberedelse. Bakoverplanlegging er det sesjonsleder som har ansvar for å gi beskjed på forhånd til alle deltakere om hva som forventes av forberedelser, samt målet og agendaen for sesjonen. Målet med å involvere tidlig er å effektivisere, men samtidig kvalitetssikre sesjonen, for å unngå å måtte stoppe produksjon på grunn av at avhengigheter ikke er identifisert, som kan resulterer i at arbeidet må gjøres på nytt [58]. Selve gjennomføringen av hver enkelt ICE-sesjon faller gjerne under tre punkter. Det skal være et mål, resultat og leveranse for sesjonen. Som nevnt tidligere skal det være et underlag som er forberedt på forhånd, samt gjort en vurdering av hvilke deltakere som behøver å være til stede [58]. Det utarbeides gjerne maler på forhånd som er unike etter hvilken fase prosjektet er i. En ICE-sesjon bør ha en tidsramme på minimum to timer, og bør ikke overstige fire timer [58].

3.3.4 Målstyring (Metrics)

Målstyring i VDC er forslått å være en metodikk, som har fokus på gjennomføring av hele prosjektet og kontinuerlig forbedring [59], hvor mye kan ses å ligge i å «bli enige om hvordan du skal måle verdien som skapes for eieren; juster hvordan verdien skal produseres; og måle produksjon og fremgang underveis» [53, p. 236]. Fig. 3.13 viser en illustrasjon av hva kontinuerlig forbedring kan omhandle i målstyring. Flere rapporter nevner at den norske bygg- og anleggsvirksomheten ligger bak andre industrier når det gjelder produktivitet, til tross for tilnærmingen til VDC [59], [67]. Noe som kan samhandle med at det har vært størst fokus på evaluering av implementeringen av VDC og lite om selve målstyringen som direkte går på effektivitet i prosjekter, samt kontinuerlig forbedring [59]. Ifølge Knotten og Svalestuen [67] er målstyring søken etter å øke effektivitet i prosjekteringsfasen, samtidig som den kontinuerlig kontrolleres for å forbedre de prosessene som ikke fungerer optimalt [67].

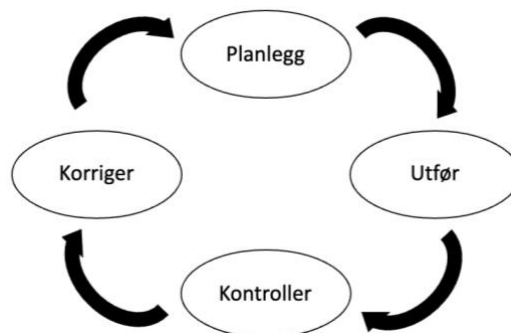


Fig. 3.13 Illustrasjon av kontinuerlig forbedring [2, p. 129].

Det finnes hovedsakelig tre typer målinger, kontrollerbare faktorer, resultatmål og prosessmål [49]. Kontrollerbare faktorer er beslutninger som tas daglig. Resultatmål tar for seg sluttresultatet til prosjektet innenfor en rekke spesifikke kategorier, mens prosessmål er kontinuerlig måling i prosesser som går fra uke til uke [49]. Det er gjennom disse målingene prosjektteamet beholder oversikten over hvordan målene til prosjektet skal nås [50]. I VDC er det prosessmål som er mest sentralt. Knotten og Svalestuen [67] spesifiserer at målstyring ikke trenger å være vanskelig og tidkonerende for å gi god informasjon om prosessene, men kun enkle målinger for å styre og kontrollere kvalitet på prosjektering og utveksling av informasjon. Det vises videre til eksempler på målinger hvor det gjøres Prosent Planlagt Utført (PPU) av planlagte oppgaver i ICE-sesjoner og enkel telling for hvor mange ganger BIM kan brukes til å vurdere alternative løsninger [67].

3.3.5 Måloppnåelse

Måloppnåelse kan ta for seg prosjektmål, kunde/forretningsmål og samfunns mål [52]. Disse tre henger ikke alltid sammen. Formålet med VDC er at prosjektmålet skal støtte opp kunde/forretningsmålet, hvorav praksisen er samarbeid med alle interessenter for å fjerne kompleksiteter og usikkerheter for å nå de satte målene [50]. Klientmål kan for eksempel omhandle livssyklus kostnader i tillegg til prosjektpris og tidsplan, sammenlignet med tradisjonell praksis [55]. Fischer [53] utarbeidet i 2017 en figur som viser relasjonen mellom prosjekt- og klientmål som en del av VDC, dette kan ses på Fig. 3.14. «Kundemålene vil generelt resultere i forretnings-, bruks- og driftsmålinger som er relatert til prosjektet slik det skal brukes av kunden» [53, p. 236]. Videre forklarer Fischer [53] at laglederne bruker tid og ressurser på å etterkomme de avtalte målene, samt bruke tid på målstyring for å evaluere effektiviteten.

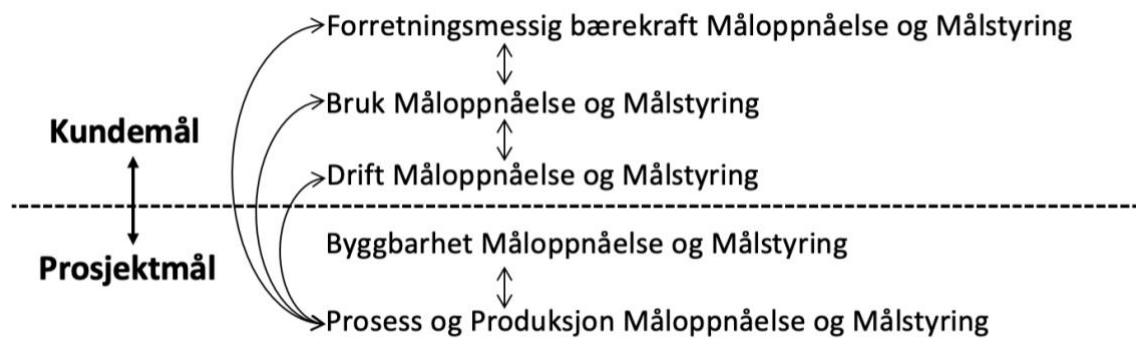


Fig. 3.14 Illustrasjon av prosjekt-og klientmål som en del av VDC [53, p. 236].

3.4 Generell bakgrunnsinformasjon

I dette delkapitlet blir det presentert bakgrunnskunnskap generelt om byggeprosessen, for å vise fasene mellom prosjektering og produksjon. Det blir videre presentert MMI som metodikk, som kan utnyttes både i prosjektering og i produksjonen for å visualisere modningsgraden til prosjektet etter hvert som det skrider frem. Teori om totalentrepriser blir også presentert, da entrepriseformen har betydning i forhold til byggherres mulighet til å gjøre endringer langs med prosjektet og ikke kun i forprosjektet. Involvering og kommunikasjon er inkludert for å fremme noen av aspektene i et tverrfaglig samspill mellom prosjektering og produksjon. Videre blir det presentert teori om BREAA-NOR, da bedriften oppgaven tar utgangspunkt i bruker verktøyet og dets tekniske krav i prosjekteringen for å sikre at forhold gjeldende bærekraft er ivaretatt. Til slutt blir prinsippet “begin with the end in mind” introdusert og relevans forklart i forhold til grensesnittet mellom prosjektering og produksjon.

3.4.1 Byggeprosessen

Meland [68] legger frem i sin doktorgradsavhandling at byggeprosessen til et byggeprosjekt består av en rekke gitte faser eller delaktiviteter, ofte fremstilt som en lineær prosess med sekvensielle faser, som en slags livssyklus byggeprosjektet gjennomgår [68]. Disse er illustrert i Fig. 3.16. Videre beskrives delfasene A-H:

Mer som et kretsløp med koblinger mellom de tidligste fasene og de etterfølgende. For eksempel vil det i utviklingen av prosjektet være nødvendig eller ønskelig å veksle mellom programarbeid og skisseprosjekt. Dette skjer også mellom skisseprosjekt og detaljprosjekt. Det er heller ikke slik at forvaltning, drift og vedlikehold stopper opp når bygningen har hatt sin første ombygging. I praksis vil det derfor kunne foregå arbeider i flere delfaser parallelt. [68, p. 9]

Fasene representerer altså modning mellom forskjellige aktiviteter, fremgangsmåter, prioriteringer og beslutninger i byggeprosessen, hvorav byggeprosessen i praksis er mer dynamisk, enn statisk og faser overlappes ettersom behov endres underveis [68]. Byggeprosessen er derimot mer sekvensielt beskrevet gjennom fem hovedfaser av anskaffelser.no, disse vises i Fig. 3.15 [69].



Fig. 3.15 Illustrasjon av seks hovedfaser i byggeprosessen [69].

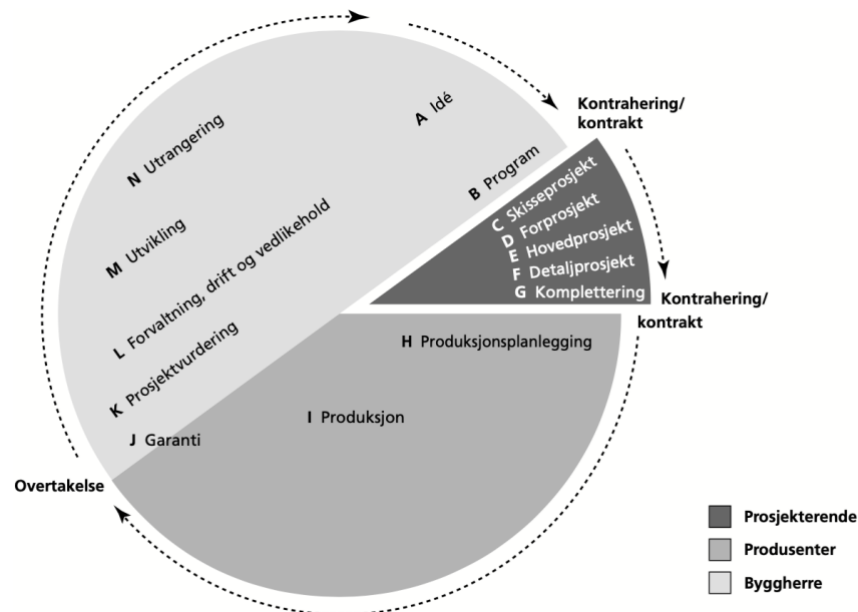


Fig. 3.16 Byggeprosessen fra idéfase til utrangering [68, p. 10].

Sintef [70] definerer at «byggeprosessen omfatter alle prosessene gjennom hele livsløpet til et byggverk» [70, p. 1]. Det trekkes også frem at en godt definert og gjennomført byggeprosess er et suksesskriterium, når det er ønskelig å sitte igjen med et sluttresultat av høy kvalitet, i tillegg til fornøyde brukere [70].

3.4.2 Modell Modenhets Indeks (MMI)

Modell Modenhets Indeks er en metodikk for kommunikasjon som beskriver modningsgraden av objektene i BIM-modeller i gjennomføringen av prosjekteringen [71]. MMI bruker tallkoder til å beskrive geometrien i de virtuelle modellene, samt informasjonsinnholdet. Fig. 3.17 viser prosessen til prosjekteringsaktivitetene som skrider frem via MMI-verdiene. Fløisbonn et al. [71] hevder at BIM stiller nye krav til både samhandling og prosjektering i dagens bygg- og anleggsbransje, som enda er preget av tradisjonell prosjektering uten bruk av BIM. Videre spesifiseres det at dette er på grunn av mangelen på et standardisert språk, som også er grunnen til utarbeidelsen av rapporten *MMI – Modell Modenhets Indeks* [71], som ved hjelp av tabeller og figurer viser hvordan prosjekteringsforløpet kan planlegges etter en gitt verdi av MMI, gjennom bruk av BIM [71]. Tabell 3.3 viser beskrivelse, geometri og informasjon for de forskjellige MMI nivåene, men hvert enkelt prosjekt må tilpasses, for å tilstrebe en verdiskapende bruk av metodikken [72]. Formålet ved bruk av MMI i BIM er:

- Omforent forståelse på hva en modell leveranse inneholder på et gitt MMI nivå.
- Omforent forståelse av hva modellen kan benyttes til i produksjon.
- Redusere risiko for misforståelser og feil forventninger til leveranser.
- Oppfølging av kvalitet.
- Oppfølging av fremdrift. [72, p. 3]



Fig. 3.17 Prosess for MMI [71, p. 4].

Tabell 3.3 MMI tabell [72, p. 4].

		MMI – Model Modenhets indeks	
MMI	Navn		Beskrivelse
100	Skisse	Beskrivelse	Proessen frem mot MMI 100 innebærer å etablere ett eller flere forslag til løsning i henhold til prosjektets mulighetsrom. Dette innebærer at det kan være modellert flere alternative forslag til løsninger og at det kan skje større endringer i design på kort tid. I prosessen frem mot MMI 200 velges løsninger og konsepter.
		Geometri	Objektene er modellert for å fremstille forslag til konsept i form av volumobjekter for å grafisk fremstille plassbehov for løsningen. Objektene er å betrakte som en skisse selv om det er modellert med tilsynelatende nøyaktig og detaljert geometri
		Informasjon	Utover merking med MMI, stilles ingen krav til informasjon på objektene utover prosjektspesifikk informasjon.
200	Konsept	Beskrivelse	Objektene er å anse som gjennomarbeidet med tanke på valg av konseptuell løsning. Det forutsettes at det ikke forekommer større endringer i konseptene som påvirker andre fag etter MMI 200.
		Geometri	Alle objektene nødvendig for å definere konseptene er plassert, modellert og grafisk fremstilt med omtrent like mengder, form og størrelse.
		Informasjon	Modell informasjon om prosjekt og geografisk plassering iht. prosjektets krav. Objektene er klassifisert etter objekttype iht. prosjektets krav er modellinformasjon gitt, inkludert klassifisert objekttype og geografisk plassering. De nødvendige objekttegenskaper for prisforespørsel/kostnadsanalyse kan være angitt, for eksempel iht. objektkode, prosess-/NS-beskrivelse.
300	Alle tverrfaglige volum modellert	Beskrivelse	Ved MMI 300 skal objektene være koordinerte innen enkeltdisipliners modeller. Objekter relevant for tverrfaglig koordinering skal være modellert og ikke være i konflikt med andre objekter i samme disiplin. Objektene skal ha riktig størrelse og plassering.
		Geometri	Alle objektene relevant for tverrfaglig kontroll er modellert, dvs. volum med grensesnitt mot andre disipliner. Objektene er fremstilt, med riktig mengde, størrelse, form og plassering.
		Informasjon	Alle nødvendige objekttegenskaper for produksjon/leveranse er beskrevet, for eksempel iht. objektkode, prosess-/NS-beskrivelse.
350	Tverrfaglig koordinert	Beskrivelse	Ved oppnådd MMI 350 skal objektene være tverrfaglig koordinert med hensyn til alle objekter i tilgrensende disipliner. Tverrfaglig koordinering vil ofte være en iterativ prosess, først ved slutført koordinering mellom alle tilgrensende disipliner oppnår objektene denne statusen.
		Geometri	Alle relevante objekter er tverrfaglig kontrollert, dvs. at alle grensesnitt mot andre disipliner er avklart. Objektene er fremstilt, med riktig mengde, størrelse, form og plassering.
		Informasjon	Alle nødvendige objekttegenskaper er rettet etter tverrfaglig koordinering.
400	Produksjons underlag/ Godkjent leveranse	Beskrivelse	Status som produksjonsunderlag forutsetter at objektene er kontrollert og godkjent for bygging. Eventuelle konflikter eller innspill til endring av design sendes til prosjekterende disipliner for gjennomgang. Ved utsjekk av alle tilbakemeldinger, er objektet klar for produksjon/godkjent leveranse, MMI 400.
		Geometri	Alle objektene er modellert og detaljert med tanke på utførelse. Objektene er fremstilt, med riktig mengde, størrelse, form og plassering.
		Informasjon	Angitt av foregående nivåer. Suppleres eventuelt med produktspesifikk informasjon.
500	Som bygget	Beskrivelse	Avhengig av krav til «som bygget»-dokumentasjon oppdateres modellene i henhold til denne statusen av de prosjekterende.
		Geometri	Alle objektene er modellert og detaljert i forhold til utførelse og krav for som bygget informasjon i prosjektet. Objektene er fremstilt, med riktig mengde, størrelse, form og plassering.
		Informasjon	Suppleres med informasjon iht. krav fra byggherre. (f.eks. NVDB, FKB, BaneData, osv.)

3.4.3 Totalentreprise

En totalentreprise er ifølge *NS 8407:2011 Alminnelige kontraktsbestemmelser for totalentrepriser* [73] et kontraktsforhold hvor en part, påtar seg hele eller deler av prosjekteringen og utførelsen for en annen. Det kan være snakk om bygg- eller anleggsarbeid, hvor nybygg, reparasjon, samt ombygging inngår [73]. Når det gjelder kontraktsparter, er det ofte en totalentreprenør «som har påtatt seg prosjektering og utførelse av kontraktsgjenstanden» [73, p. 8] og byggherren som «skal ha prosjektert og utført det bygg- eller anleggsarbeid som kontrakten omfatter» [73, p. 8]. Byggherren definerer en funksjonsbeskrivelse for prosjektet [74], men ofte har ikke byggherre definert og bestemt alle detaljer om hvordan resultatet skal oppnås, noe som kan gjøre det vanskelig i forhold til kostnad på potensielle endringer underveis i prosjektet. Som vist i Fig. 3.18 er det totalentreprenøren som har kontroll over alle underentreprenørene, arkitekter og rådgivende ingeniører.

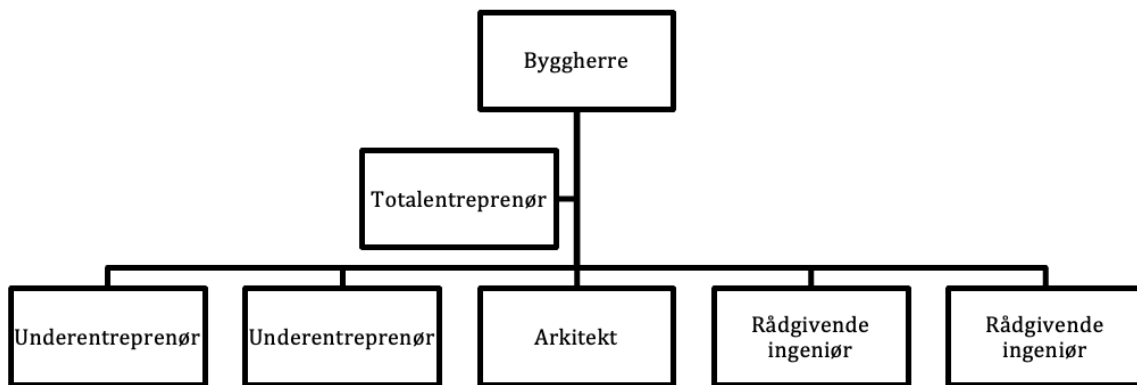


Fig. 3.18 Forslag til hierarki i en totalentreprise [75, p. 354].

3.4.4 Involvering og kommunikasjon

Skinnarland [76] hevder i sin doktorgradsavhandling at involvering og kommunikasjon gjennom hele byggeprosjektet, kan være et avgjørende aspekt i forhold til å oppnå en prosjektkultur som er basert på tillit og åpenhet. I følge Skinnarland [76] kan dette oppnås ved å se på det kommunikative atferdsmønsteret, interaktiv adferd, ledelsesstyrt kommunikasjon og målrettet fokusert kommunikasjon. Dette er illustrert i Fig. 3.19.

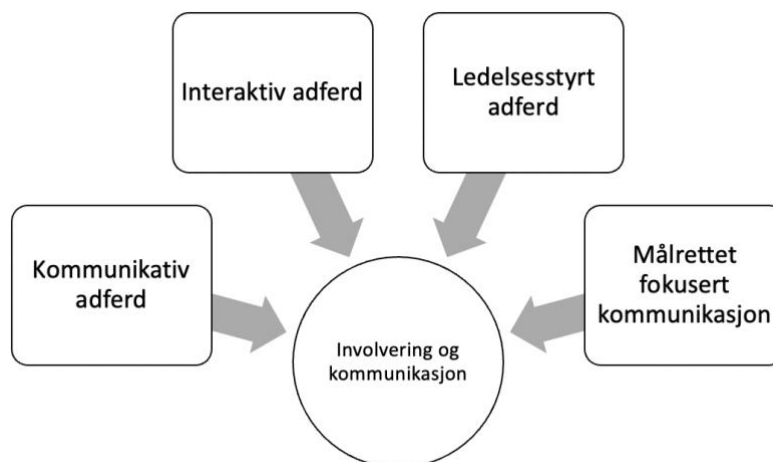


Fig. 3.19 Illustrasjon av elementene for involvering og kommunikasjon [76].

Kommunikativ adferd handler om viljen til å forplikte seg og holde avtaler, på tvers av disipliner, samt initiere, stimulere og motivere til informasjonsdeling og engasjement i diskusjoner [76, p. 187]. Den interaktive adferden beskriver hvordan respektfull oppførsel og interesse blant prosjektdeltakerne kan påvirke informasjonsflyten [76, p. 187]. Ledelsesstyrt kommunikasjon handler om at ledelsen på et prosjekt, har ansvar for å initiere og oppmuntre til kommunikasjon blant prosjektdeltakerne, når det f.eks. avholdes fremdriftsmøter hvor det skal prøves å avdekke produksjonsavhengigheter, som også handler om målrettet fokusert kommunikasjon, altså hva prosjektdeltakerne skal samarbeide om og diskutere for å kunne fjerne hindringer i produksjonen [76, p. 187]. Det handler altså oppsummert om hvem som skal involveres og kommuniseres med, hva man involverer dem i og hva man skal kommunisere om, og hvordan og når involveringen skjer [76], [2]. Kalsaas [2] hevder at «gjennom involvering og kommunikasjon kan deltakernes engasjement og eierskap til byggeprosessen stimuleres, slik at alle forplikter seg og tar økt ansvar for fremdriften» [2, p. 261].

3.4.5 BREEAM-NOR

BREEAM er et verktøy fremstilt for å vurdere bygningers miljømessige-, sosiale- og økonomiske bærekraftsytelse, ved å bruke standarder fremstilt av Building Research Establishment (BRE) [77]. BREEAM-NOR er en tilpassing gjort av Grønn Byggallianse for å tilpasse byggeprosjekter som blir gjort i Norge [78]. Grønn Byggallianse består av over 350 medlemmer, hvor alle jobber for en mer bærekraftig bygg- og eiendomssektor [79]. BREEAM-NOR er i dag Norges mest brukte verktøy til å miljøsertifisere nybygg, men også rehabiliteringsprosjekter. For å sikre at de viktigste faktorene i forhold til bærekraft er ivarettatt, er det opprettet ni kategorier hvor det kan hentes poeng [78]: Ledelse, helse- og innemiljø, energi, transport, vann, materialer, arealbruk og økologi, avfall og forurensing [78, p. 9].

Kriterier for de ulike kategoriene må være dokumentert for at BREEAM-poeng skal kunne tildeles [78]. Det finnes fem ulike nivåer som et bygg kan sertifiseres til: Pass, Good, Very Good, Excellent og Outstanding. Det betyr at BREEAM-NOR vurderte bygninger viser «at prosjektet har kvaliteter ut over byggeforskriftenes minstekrav og har tatt hensyn til verdier som samfunnet er opptatt av» [78, p. 4].

3.4.6 “Begin with the end in mind”

Covey [80] spesifiserer at prinsippet “begin with the end in mind” kan gjelde for mange ulike situasjoner, med at det i all hovedsak går ut på å se for seg sluttproduktet og la det sette kriteriene, samt referanserammen «som alt annet skal vurderes opp mot» [80, p. 102]. Med andre ord kan det bety «å vite hvor du skal, slik at du bedre kan forstå hvor du er nå – og slik at de skrittene du tar alltid fører i riktig retning» [80, p. 102]. For bygg- og anleggsbransjen vil dette således være aktuelt i grensesnittet mellom prosjektering og produksjon, i tillegg til forståelsen for prinsippet at *alt blir skapt i to omganger*, som “begin with the end in mind” bygger på [80]. Videre betyr det at alt skapes i tankene, før det potensielt blir virkeliggjort. Prosjekteringen kan derfor ses å være det første mentale trinnet, mens produksjonen det andre, men også fysiske trinnet i prosessen mot et sluttprodukt [80]. Ved at prosjekteringen da kontinuerlig undersøker helheten av hva som er viktig for produksjonen, kan prosjekteringen forsikre seg om at de bidrar i alle steg på en meningsfull måte mot den visjonen av hva sluttproduktet skal bli [80]. Tidligere og videre i oppgaven blir prinsippet omtalt som «start with the end in mind».

4. Forskerspørsmål

Det finnes lite dokumentert forskning om hvordan VDC og LPS brukes i overgangen mellom prosjektering og produksjon. Det er derfor ønskelig å undersøke hvordan Skanska benytter VDC i prosjektering og LPS i produksjon, og hvordan overgangen fra prosjektering til produksjon fungerer i dag. Det skal også ses på hvordan og når produksjonen kan kommunisere sine ønsker om blant annet arbeidstegninger og byggbarhet opp til en pågående prosjekteringsprosess. Potensialet med å gi konsulenter forståelse for produksjonen, slik at de i fellesskap skal kunne sørge for bedre samspill mellom prosjektering og produksjon. Formålet med oppgaven er å svare på følgende forskningsspørsmål:

Hvordan er forbedringspotensialet for Skanska i grensesnittet mellom VDC i prosjektering og LPS i produksjon?

- Hvordan brukes Virtual Design and Construction?
- Hvordan brukes Last Planner System?
- Hvilke utfordringer i produksjonen kan spores tilbake til prosjekteringen?
- Hvordan er overgangen fra prosjektering til produksjon?

4.1 Avgrensninger

For å begrense arbeidsomfanget, samt oppgaven er det gjort følgende avgrensninger: Forskerspørsmålet er begrenset til norsk bransje, men relevante utenlandske studier er brukt i litteraturstudiet utført i kunnskapsbakgrunnen og til en viss grad i resultat og diskusjon. Oppgaven tar utgangspunkt i at VDC og LPS allerede er implementert i Skanska Agder, men ikke i hvilken grad. Det vil derimot ses på hvordan disse to metodikkene påvirker overgangen fra prosjektering til produksjon. Oppgaven følger forprosjektet til prosjekt Bjørndalen Øverlia B11 våren 2022, men pågående og tidligere prosjekt utført av Skanska i Bjørndalen brukes som referanse der det ses som nødvendig. Etersom Bjørndalen Øverlia skal gjennomføres som en totalentreprise vil dette bli tatt stilling til i oppgaven, men ikke detaljerte kontraktsbestemmelser, da prosjektet er i en forprosjektfase. Det økonomiske perspektivet er ikke i hovedfokus, men blir tatt i betraktning der det faller seg naturlig.

I forhold til metode er sekundærdata begrenset til det kvalitative litteratursøket, mens primærdata er begrenset til de kvalitative intervjuene. Intervjuutvalget består i all hovedsak av representanter fra entreprenør konsernet Skanska region Agder, som deltar eller har deltatt på tidligere prosjekt i Bjørndalen. Et byggeprosjekt av størrelse som det i Bjørndalen består av flere faser og involvering av mange aktører. På grunn av dette er det gjort en avgrensning i å kun intervju fagarbeidere innenfor betong og tømmer. Det er heller ikke utført intervju av alle konsulentene som deltar på prosjekt Bjørndalen Øverlia B11, da fokuset er valgt å legges på fagarbeiderperspektivet.

Når det gjelder involvering og kommunikasjon er oppgaven avgrenset til å kun se på overflaten av kommunikativ-, interaktiv-, ledelsesstyrtadferd og målrettet fokusert kommunikasjon. Inkludering av dette emnet er gjort for å kunne diskutere, samt forstå hvilken rolle kommunikasjon kan ha i et prosjekt.

5. Case

I første del av dette kapitlet blir det presentert generell bakgrunnsinformasjon fra området som casen til denne oppgaven er en del av, samt allerede eksisterende bygge- og salgstrinn. I den andre delen blir den konkrete eiendommen for casen beskrevet, prosjektets visjon og kjerneidé presentert, miljøfokus som prosjektet skal ta stilling til gjennom hele prosjekteringen, og leilighetstypene som prosjektgruppen jobber med i forprosjektet. Til slutt blir Skanskas Trimmet bygging presentert, hovedsakelig gjennom tabeller og figurer.

5.1 Bydel Bjørndalen

Bydel Bjørndalen ligger omentrent 2,5 kilometer [81] i luftlinje fra midten av Kvadraturen, i Kristiansand sentrum. Det er et større utbyggerprosjekt, utviklet og bygd av Skanska, med en tidshorison på 10-12 år. Området utgjør ca. 100 mål, og er regulert for blant annet bolig, forretning, kontor, blokkbebyggelse og tjenesteyting [82]. Bjørndalen grenser mot Gimlekollen/Bjørnebakken i nord, Bjørndalsheia i sør og Vollevannet i øst [83]. Som nevnt har Bjørndalen en funksjonell og tilgjengelig beliggenhet, i forhold til Kristiansand sentrum. Både når det gjelder gå- og sykkelavstand, men også med bussforbindelse i nærhet for videre transport ut av området [83]. Det er fokus på rekreasjon og grønt miljø i området, med allerede etablerte turstier, fotballbane, akebakke og badevannet Vollevannet i nærheten [83]. Senere skal det også tilrettelegges for et stort felles parkanlegg, som vil være tilgjengelig for alle Bjørndalen [84], illustrasjon kan ses i Fig. 5.1. Det er til nå etablert en REMA 1000 butikk, som åpnet i 2020, men det er planlagt for flere bolig/forretning/kontorbygg som vil åpne for nye næringer i Bjørndalen, i løpet av de neste årene [83].



Fig. 5.1 Illustrasjon av Bydel Bjørndalen [85].

I forhold til oppvekst i Bjørndalen, har bydelen allerede lagt til rette for en barnehage som har fått konsesjon for å åpne i august 2022 [83]. Videre ligger Prestheia barneskole, Oddermarka ungdomsskole, Kristiansand katedralskole Gimle og Universitetet i Agder, campus Kristiansand i kjørelengde fra 1,4-2,1 kilometer fra Bjørndalen [81]. Når det gjelder de forskjellige bygge- og

salgstrinnene er Parken Syd og trinn 1 Bjørndalen Allé bygg A, B og C ferdigstilt. Trinn 2 av Bjørndalen Allé bygg D, E og F forventes ferdigstilt i oktober 2022. Bjørndalen Hage er under bygging, mens Bjørndalen Amfi er i planleggingsfasen [86]. Bjørndalen Øverlia B11 som er casen og det konkrete prosjektet for denne oppgaven, er i en forprosjektfase under utarbeidelse av denne oppgaven [83]. Fig. 5.2 illustrerer reguleringsplanen for Bjørndalen, hentet fra Kristiansand kommune sine karttjenester [82]. Her vises det blant annet at KF4 og KF5 er regulert for bolig/forretning/kontor, KF6 for bolig/tjenesteyting, B6, B7 og B8 for boligbebyggelse og B11a og B11b, som er Bjørndalen Øverlia, for blokkbebyggelse [82].

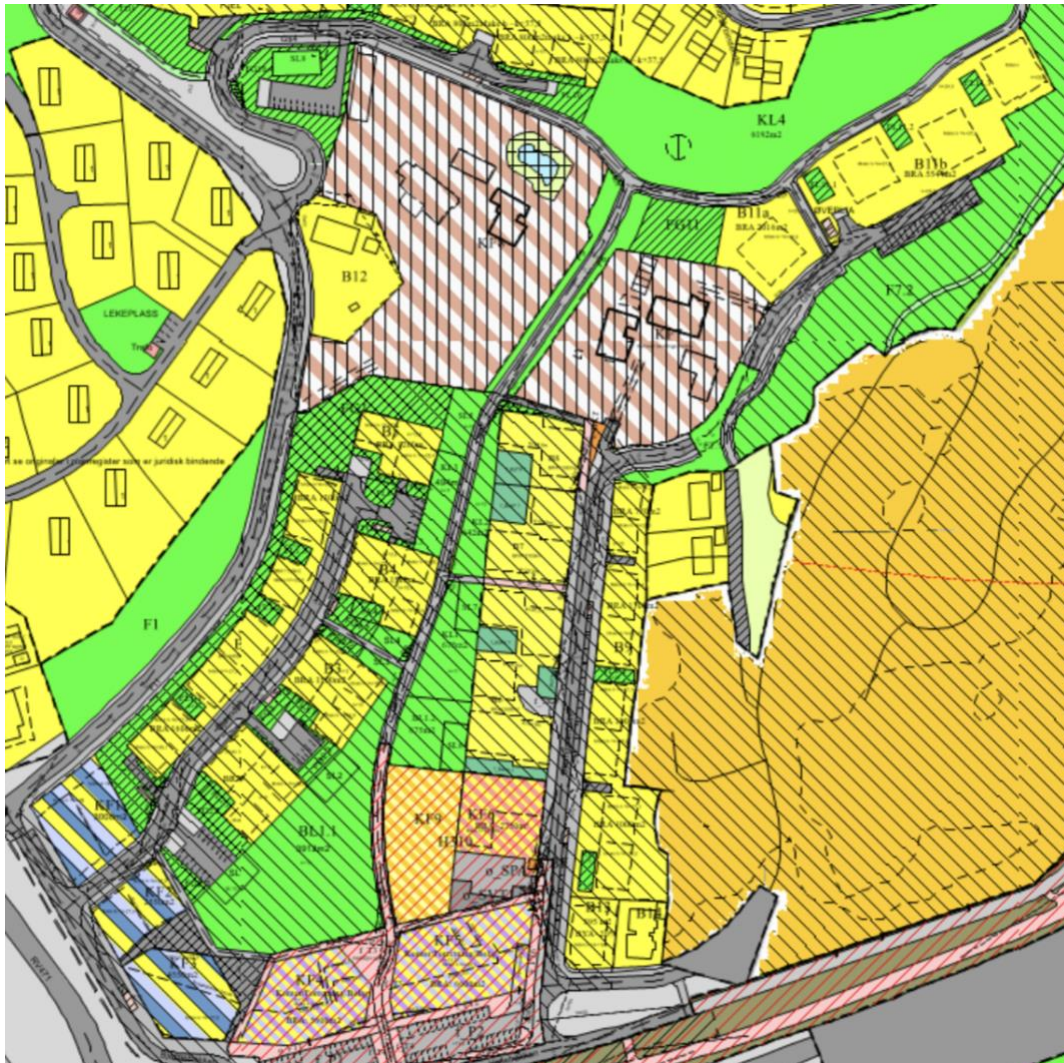


Fig. 5.2 Reguleringsplan for hele Bjørndalen [82].

5.2 Bjørndalen Øverlia

Eiendommen B11a og B11b Øverlia, i Bjørndalen, ligger nordøst for Kristiansand sentrum på gnr. 45, bnr.1 i Kristiansand kommune [83]. Forprosjektet hadde oppstart i februar 2022 og består av to byggetrinn som forventes ferdigstilt i tredje kvartal 2024 og tredje kvartal 2025. Som vist i Fig. 5.3 utgjør B11a og B11b til sammen 7560 m² BRA og er regulert for fire leilighetsbygg (blokkbebyggelse), med inntil fire etasjer og en parkeringskjeller. Ut fra reguleringsplan nr. 1150 kan det i tillegg kun etableres 75 boligenheter [83]. Fig. 5.3 illustrer også den visuelle plasseringen til de fire leilighetsbyggene i forlengelsen til Bjørndalen, mellom Bjørndalen Gård og Vollevannet.



Fig. 5.3 Reguleringsplan for B11a og B11b til venstre [82] og illustrasjon av Bjørndalen B11 til høyre [83, p. 9].

5.2.1 Prosjektets visjon og kjerneidé

Prosjektet har som mål å utvikle og tilby et bomiljø som byr på god rekreasjon for beboerne, samt gode arkitektoniske kvaliteter. Overordnet har det som mål at området skal det være «en bydel som gror» [83, p. 11]. Effektive og moderne planløsninger med gode sol/utsiktsforhold skal vektlegges, som igjen skal reflekteres i funksjonelle og fremtidsrettede materialvalg. Bærekraftige løsninger skal prioriteres der det er kommersiell mulighet [83]. I forhold til fasader skal det samsvare med resten av Bjørndalen. For inspirasjon er det lagt ved følgende referanseprosjekter [83] presentert i Tabell 5.1 under.

Tabell 5.1 Referanseprosjekter for prosjekt Bjørndalen Øverlia [83, p. 26].

Egne prosjekter	Eksterne prosjekter
Dvergsnes (Kristiansand) – Enhetlig og overordnet tankegang på det arkitektoniske. Etablering av Bydel (på «landet»).	Kanalbyen (Arkitektur, farger og materialitet).
Bjørndalen Allé, flere trinn.	Amalienborg Aveny – Etablering av ny bydel med lignende blokkbebyggelse og kvaliteter.
Gartnersletta, Lade (Trondheim).	Randesund hageby (Tydelig konsept).
Nedre Bleiker gård (Bærum).	Marvika (Planløsninger).

Prosjektet skal gjenspeile Skanskas fire grunnleggende verdier i alt arbeid som utføres av og for Skanska, som er presentert i Fig. 5.4 under [83].

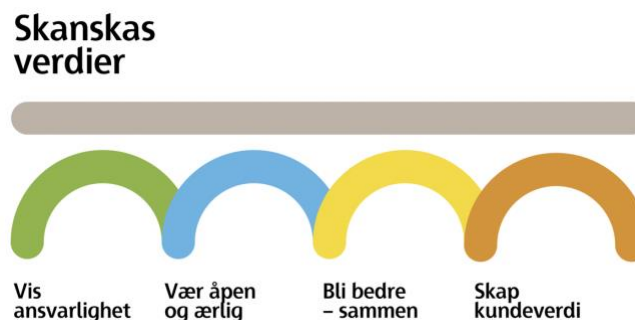


Fig. 5.4 Skanskas verdier [12].


5.2.2 Miljøfokus




I forhold til miljøfokus har prosjektet lagt vekt på klima og natur, og det er fokus på grønne løsninger som ivaretar helse, miljø og livskvalitet i området. Prosjektet har noen direkte miljøambisjoner, samt forpliktelser. Skanska Norge AS og Skanska Eiendomsutvikling er medlem av Grønn Byggallianse, som betyr at de må følge strakstiltakene i *Eiendomssektorens veikart mot 2050* [87], som er knyttet opp mot bærekraftsmålene [24], [83]. Skanska har også bestemt at alle boligprosjekt fra 2020 skal BREEAM sertifiseres. Det betyr at prosjektet skal vurdere grønne, men også fremtidsrettede løsninger i alle fasene til byggets livssyklus for å sikre bedre kvalitet, men også høyere ytelse [86], [83]. Det kan for eksempel innebære utforming, nybygging, gjennomføring, valg av materialer, bruk og oppussing. Dette prosjektet har som mål å BREEAM sertifisere alle nye leiligheter til karakter «Very Good» [83]. Prosjektet er også en del av det statlige/kommunale prosjektet *Fremtidens Bydel* [83] og skal deretter bygge boliger med passivhusnivå, grønne tak for å håndtere overvann og ett Plusshus [83]. Det skal også gjøres tiltak utenomhus, som skal fremme en grønn fremtid, samt føre «klimagassregnskap som skal dokumentere 25% mindre CO₂ utslipp enn gitte referanser» [83, p. 5].

5.2.3 Leilighetstyper

Det skal satses på fire forskjellige leilighetstyper med ulike sammensettinger på B11 Øverlia [83]. Tabell 5.2 under presenterer de fire leilighetstypene merket fra 1-4. Det er angitt størrelse i m² for hver enkelt leilighet, illustrasjon av mulige plantegninger for de forskjellige leilighetstypene, samt kvaliteter og målgruppe. Blokkene skal bestå av 40% store leiligheter for målgruppen senior (55+ år) og 60% små/medium leiligheter til målgruppen som omfatter unge voksne, delte familier, førstegangsetablerere, studenter, pendlere og investorer [83].

Tabell 5.2 Leilighetstyper/sammensettinger [83, pp. 16-17].

Leilighets- type	Størrelse	Illustrasjon av plantegning	Kvaliteter
1	35 m ² – 55 m ²	 <p>Fig. 5.5 Plantegning leilighetstype 1 [83, p. 16]</p>	<p>Fig. 5.5 viser en to-roms leilighet med adkomst fra felles oppgang. Leiligheten har en privat uteplass med balkong eller markterasse. Stue/kjøkken i ett som samme rom med spisebord gruppe og sofagruppe for avslapping og sosiale lag. Soverommet har garderobeløsninger og mulighet for skrivebordpult. Det mangler bod i denne leiligheten og behovet for bod må utredes nærmere. Fleksible løsninger for å bygge om leiligheten om til en 3-roms må vurderes.</p> <p>Målgruppe: 01 Unge voksne/DINK 02 Førstegangskjøpere, investorer, studenter og pendlere.</p>

2	55 m ² – 85 m ²	 <p>Fig. 5.6 Plantegning leilighetstype 2 [83, p. 16].</p>	<p>Fig. 5.6 viser en tre-roms leilighet med adkomst fra felles oppgang. Leiligheten har en privat uteplass med balkong eller markterrasse. Stue/kjøkken i ett som samme rom med spisebord gruppe og sofagruppe for avslapping og sosiale lag. Soverommet har garderobeløsninger og mulighet for skrivebordpult. Eget bodrom i leiligheten. Fleksible løsninger for å bygge om leiligheten til en 4-roms må vurderes.</p> <p>Målgruppe: 01 Unge voksne/DINK 02 Delte familier med barn/familier under etablering 03 Førstegangskjøpere, investorer, studenter og pendlere.</p>
3	90 m ² – 115 m ²	 <p>Fig. 5.7 Plantegning leilighetstype 3 [83, p. 17].</p>	<p>Leiligheten vist i Fig. 5.7 har adkomst fra felles oppgang. Leiligheten har en privat uteplass med balkong. Kjøkken og spisebord gruppe henger naturlig sammen og er et naturlig midtpunkt for sosiale lag i leiligheten. Adskilt fra kjøkken, spisegruppe kommer en sofagruppe med TV underholdning og enkelt adkomst til balkong/takterrasse. Soverommene har garderobeløsninger. Eget bod-rom i leiligheten. Fleksible løsninger for å tilrettelegge med 2 eller 3 soverom. Ved etablering av 3 soverom kommer også krav til 2 komplett badrom.</p> <p>Målgruppe: 01 Par eller enslige senior 55+ med ulike behov, fleksible løsninger må tilstrebes.</p>
4	105 m ² – 115 m ²	 <p>Fig. 5.8 Plantegning leilighetstype 4 [83, p. 17].</p>	<p>Det som er unikt for leilighetstype 4, vist i Fig. 5.8 er krav til minimum 3 soverom. Dette blir de største leilighetene i prosjektet og disse plasseres naturlig i toppetasjer. Størrelsen på leiligheten er fra 105 - 115 m². Det er krav til 2 komplett badrom. Det må tilbys stor solrik uteplass balkong eller terrasse. Det kan også være aktuelt å tilby 4 soverom i et par toppleiligheter. Alternativt kan det 4 rommet benyttes som tilleggs rom til for eksempel en «tv-stue»/gjesterom, slik nede i venstre hjørnet.</p> <p>Målgruppe: 01 Par eller enslige senior 55+ med ulike behov, fleksible løsninger må tilstrebes.</p>

5.3 Trimmet bygging

Trimmet bygging er en egen oversettelse av Lean Construction utarbeidet av Skanska [2, p. 35]. Virtual Design and Construction (VDC) brukes i Skanska som et «rammeverk for utforming, planlegging og gjennomføring av byggeprosjekter gjennom bruk av moderne samhandlingsprinsipper, metodikker og verktøy» [88, p. 1]. Fig. 5.9 viser Skanska Norge sin oversiktsmodell av VDC, hvor blant annet Last Planner System brukes om en del av VDC til å styre, planlegge og kontrollere i samspill med ICE og BIM, mot prosjekt- og kundemål [63, p. 501].

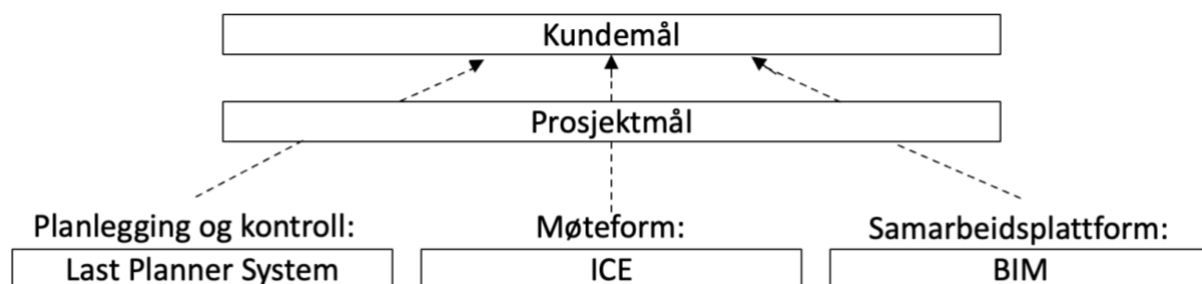


Fig. 5.9 Oversiktsmodell av VDC i Skanska Norge [63, p. 501].

Tabell 5.3, Tabell 5.4, Tabell 5.5, Tabell 5.6, Fig. 5.11, Fig. 5.12 og Fig. 5.13 er direkte hentet ut fra en tilsendt presentasjon om Virtual Design and Construction av Skanska [88]. Fig. 5.10 presenterer de syv forutsetninger for sunn aktivitet, og er en figur hentet ut av et tilsendt dokument om involverende planlegging i Skanska Anlegg [89]. Fig. 5.14 er en tilsendt figur som presenterer MMI i Skanska [90]. Tabell 5.7 er fremstilt fra en tilsendt presentasjon om VDC ambisjoner i Skanska [91], samt en BIM-manual for Skanska [1]. Relevante figurer og tabeller er presentert under.

Tabell 5.3 Tradisjonell planlegging vs. LPS i Skanska [88, p. 12].

Tradisjonell Planlegging	Last Planner System
Ledelse dytter oppgaver ned systemet, «vil» vs. «kan»	Produksjonen trekker arbeid til seg, «kan» vs. «vil»
Først A, så B, så C	For å gjøre C, når må vi gjøre B og da gjøre A?
Ikke veldig kommuniserte planer	Svært visuelle planer, alle ser og lette å forstå
Manglende flyt på byggeplass	God flyt og sunne aktiviteter i utkviksplanlegging
Lav planpålitelighet (35-65%) og ukjente årsaker	Høy pålitelighet (>70%) og kontroll på årsaker
Lite læring over tid	Læring og kontinuerlig forbedring



Fig. 5.10 Syv forutsetninger for sunn aktivitet [89, p. 16].

Tabell 5.4 LPS i Skanska [88, pp. 16-19].

	Beskrivelse
Faseplanlegging og plansjekk	Faseplanlegging (bakoverplanlegging) gjøres med en horisont på ca 3-6 mnd: Fokus på milepæler og å avdekke avhengigheter for å nå disse. Forankrer milepælsplan i PG. Plansjekk består av 3 elementer: Sjekk, korreksjon, utvikk. Måling og kontinuerlig forbedring.
Regler for IP: Leveranser	Tegninger, beslutninger, møter og modellfiler etc.
Regler for IP: Fire kriterier for gode lapper	Beskrivelse, sunnhet, rekkefølge og sunnhet.
Regler for IP:	Alle lapper må være 100% utført for å få godkjent lapp. Output, ikke input (lappene dine er DINE leveranser). Del opp lapper i så små som mulige oppgaver for å bryte opp store prosesser i konkrete leveranser. Måling av PPU, rotårsaker og leveransekurve.
Hva er involverende planlegging	Plan som lages i fellesskap. Alle planlegger sine egne leveranser. Plan på leveransenivå, ikke aktivitetsnivå. Alle er hverandres kunde og leverandør. Kontinuerlig forbedring av plan: Plansjekk med korrigerende plan og rotårsaksanalyse. Klare og enhetlige kjøreregler for økten. Fasilitator styrer prosess.

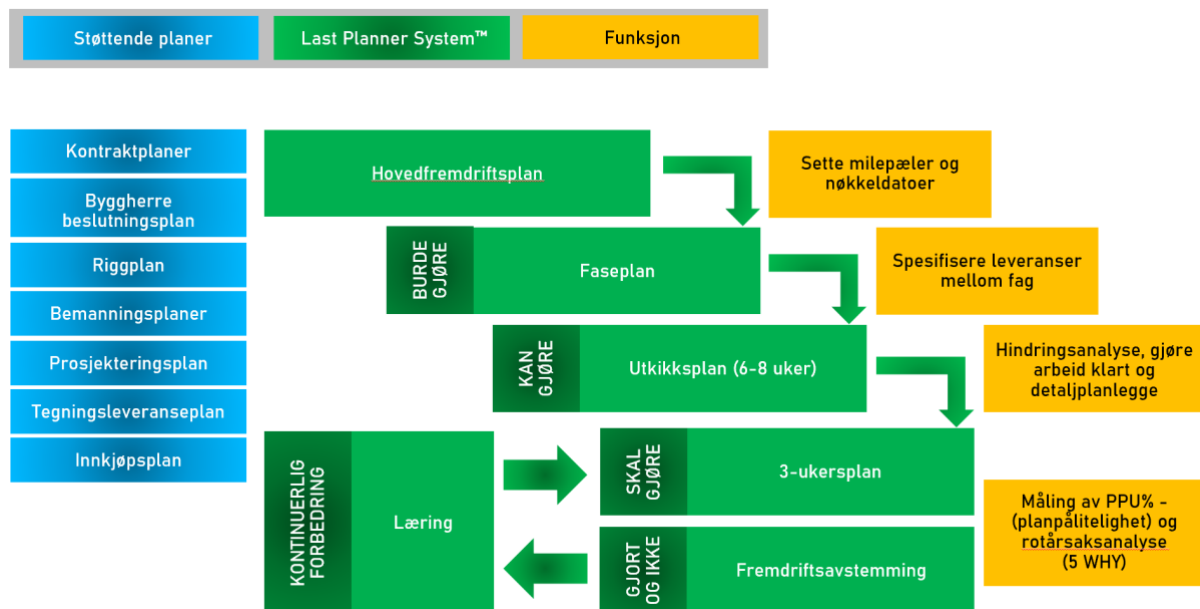


Fig. 5.11 Planhierarki i Skanska [88, p. 13].

Tabell 5.5 ICE i Skanska [88, pp. 2-9].

Aktivitet	Beskrivelse
Hva er ICE?	Møte med godt definert hensikt og mål. Nøye planlagt agenda og gode forberedelser. Problemløsning med moderne verktøy. Proaktive tema. Roller som definerer ansvarsoppgaver i møtet. Avsjekk av løste oppgaver og generering av nye aksjonspunkter. Avstemme oppnåelse av mål og hensikt for møtet. Måling av møte kvalitet for kontinuerlig forbedring. Fig. 5.12 viser kontinuerlig forbedring som en del av ICE.
Hva ønsker vi å oppnå med ICE?	Redusert latens (ventetid).
Eksempel på gjennomføring av ICE	Tema: Hva er målene for møtet? Deltakere: Hvilke personer trenger å være til stede og hvilke forberedelser er nødvendig? Intro og plansjekk: Etablere det store bildet før man dykker ned i detalj. Arbeidssesjoner: Oppgave, person og tid. Evaluering og forbedring: Deltakerne evaluerer møtet og diskuterer pluss og delta for å forbedre fremtidige møter. Fig. 5.13 viser gjennomføringen av ICE.

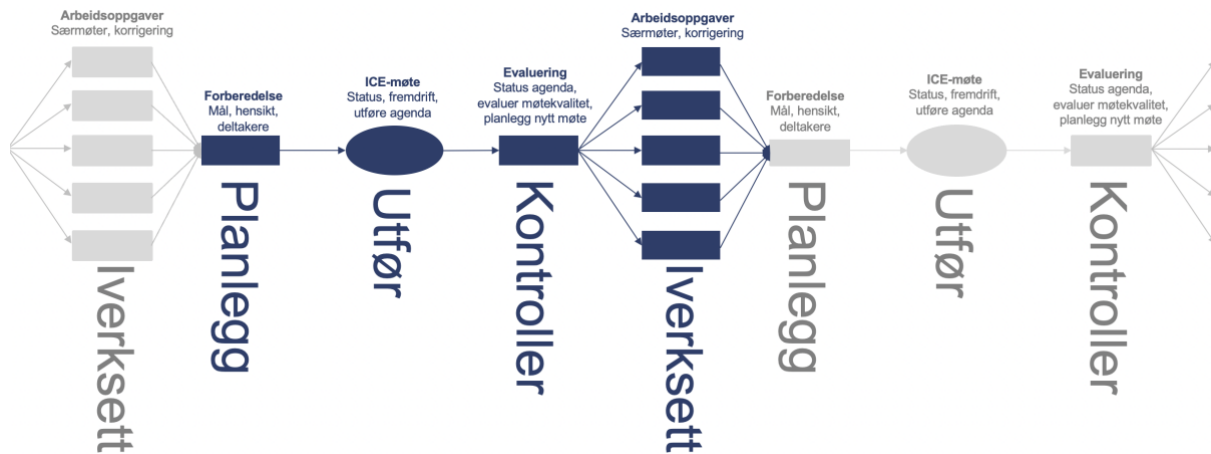


Fig. 5.12 ICE i Skanska [88, p. 5].

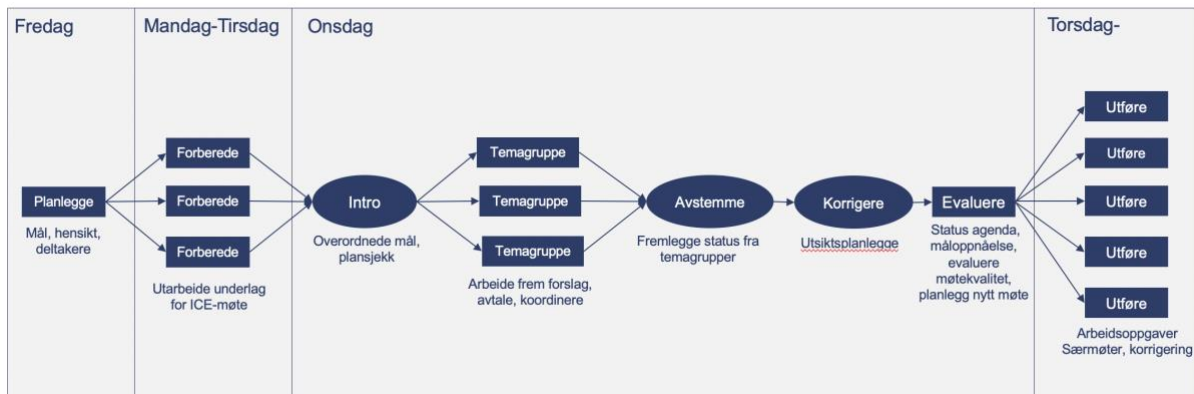


Fig. 5.13 Eksempel på gjennomføring av ICE [88, p. 6].

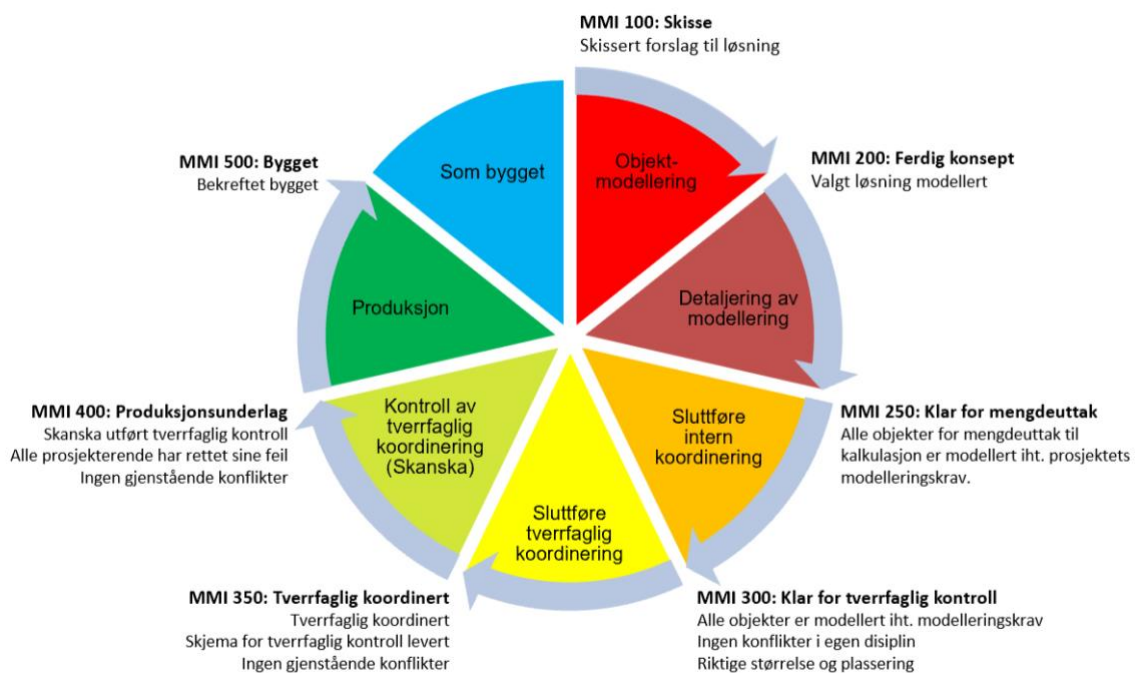


Fig. 5.14 MMI i Skanska [90].

Tabell 5.6 VDC i Skanska [88, pp. 20-29].

Aktivitet	Beskrivelse
Samarbeidsplattform: BIM	I ICE-møter skal BIM være en naturlig del av møteformen og samhandlingen. Dette i form av bruk av Solibri på touch-skjermer i møtet. Avklaringer og beslutninger i møtene blir logget i form av skjermbilder fra modell med notater. Det er derfor viktig at fagmodeller og samlemodeller blir oppdatert og forberedt til alle sesjoner slik at en alltid jobber med oppdatert grunnlag i møtene. Det vil bli tilbudt opplæring i Solibri og bruk av touch-skjerm for alle deltakere i prosjektet som ønsker det. Dette gjøres ofte som en del av et ICE-møte og introduksjon til arbeidsformen.
Kravstilling og planlegging av MMI	Man deler ofte prosjektet opp i forskjellige soner eller pakker og lager en overordnet plan. MMI verdier brukes også ofte som milepæler i involverende planlegging. Skanska Norge ønsker å benytte MMI som verktøy for å planlegge modenhet av prosjektering i BIM. MMI kan og bør benyttes av alle typer prosjekter uavhengig av BIM-ambisjon og størrelse. Hensikten med verktøyet og tilhørende prosess er at det skal skape en god arbeidsflyt for prosjektering og riktige arbeidstegninger for produksjon.
BIM-leveranser	En forutsetning for en god prosess, er at det skapes en god leveranseplan og at alle BIM-leveranser innehar riktig kvalitet iht. plan. BIM-leveranser bør planlegges ut fra prosjekterings naturlige progresjon og produksjon og avgrenses inn i geometriske områder (MMI-soner). Hvert område planlegges med separat progresjon i MMI. En MMI-sone kan f.eks. være et bygg, en etasje eller en del av en etasje. Inndelingen avhenger av prosjektets utforming, avhengigheter og produksjonsplan.
Modellkontroll	Ønsker prosjektet å følge opp punkter fra kollisjonskontroll så må prosjektet benytte BIMTrack eller tilsvarende løsning. Kan kjøre kollisjonskontroll fra MMI 200 til MMI 400.
Automatisering	Solibri har funksjonalitet som gjør at man automatisk kan oppdatere IFC-filer i samlemodell.
Planlegging	Fremdriftsplanlegging i BIM med avsjekk i produksjonen.
Hva er BIM i Skanska?	Prosjektering med leveranser i åpne standarder (IFC, XML, BCGetc.). Høy grad av digitalisert arbeidsflyt. Tegninger generert fra fagmodeller. Fagmodeller beriket med informasjon, kan brukes til f.eks. mengdeuttak. Fagmodeller samlet i en tverrfaglig modell (samlemodell). Tverrfaglig kontroll utført ved kontroll av fagmodeller. Fagmodeller benyttes som arbeidsgrunnlag.

Tabell 5.7 VDC ambisjoner i Skanska [91, pp. 3-20], [1, p. 5].

Aktivitet	Beskrivelse	Anbefaling
ICE: Gjennomføring	Skal gjennomføringen av ICE basere seg på stedlig oppmøte, deltakelse på Teams eller en blanding (hybrid)? Hvor ofte ICE? Hvor mange møter skal BIM og VDC fasilitere?	Hybrid (dersom smittevern tillater stedlig oppmøte). BIM og VDC fasilitere de første ICE-møtene, prosjektet tar over roller etter hvert dersom det er ønskelig.
LPS i prosjektering	Tradisjonell eller digital involverende planlegging? Hvor mange planøkter skal BIM og VDC fasilitere?	BIM- og VDC avdelingen fasilitere de første planleggingsøktene samt alle faseplanlegginger. Digital gjennomføring med Mural.
LPS i produksjon	Tradisjonell eller digital involverende planlegging? Hvor mange planøkter skal BIM og VDC fasilitere? Produksjonsoppfølging av plan?	BIM- og VDC avdelingen fasilitere de første planleggingsøktene samt alle faseplanlegginger. Mural for involverende planlegging. Visilean for produksjonsoppfølging. Produksjonsoppfølging av plan? De som skal gjøre jobben, planlegger den.
ICE: BIG-room	Skal man benytte seg av FutureLab eller Eureka på Sundtkvartalet? Skal en rigge opp Big-room på brakke? Hva	Minimum to skjermer med touch. Minimum ett breakout-room. Godt videoutstyr for lyd og bilde som dekker hele møterommet.

	trenger en av utstyr? Touch-skjermer? Videoutstyr? Break-out rooms.	
Involverende planlegging	Hva ønsker vi å måle? Hvorfor?	Minimum måle PPU og rotårsaker.
BIM: Koordinering, oppstartsmøte, rådgivning	BIM og VDC holder oppstartsmøte BIM, setter opp rutiner og sørger for koordinerte modeller. Bistår også med støtte til prosjekterende og prosjektet. Ønsker prosjektet å utføre noen oppgaver selv? Hvilke krav til BIM finnes i prosjektet fra byggherrens side? Hva skal modellen brukes til i denne fasen? Hvilke prosjekterende fag er kontrahert? Hvor mye erfaring har de med BIM?	
BIM: Kravstilling og planlegging av MMI	BIM og VDC bistår prosjekter med å stille riktig krav til modellen til riktig tid og i riktig område. Man deler ofte prosjektet opp i forskjellige soner eller pakker og lager en overordnet plan. MMI verdier brukes også ofte som milepæler i involverende planlegging.	Tenk så tidlig som mulig på hvordan en skal bryte ned prosjektet i soner og arbeidspakker og få en rød tråd mellom utvikling av modenhet i BIM og fremdriftsplanen for produksjon. Hvor mange soner eller pakker skal man dele kontrollene i? Har en gjort seg noen tanker om prosessen for tverrfaglig kontroll av tegninger? Hvordan skal den henge sammen med modellkontrollen? Ønsker man å lage egen plan for MMI? MMI-milepæler i lappeplan?
BIM: Modellkontroll	Hvor mange soner og hvor mange pakker ønsker man å dele opp kollisjonskontrollen i? Ønsker prosjektet å følge opp punkter fra kollisjonskontroll så må prosjektet benytte BIMTrack eller tilsvarende løsning.	Del opp kontroll i minimum: Grunnarbeid, råbygg, prefab, plasstøpt, innvendig arb. og utv. Arb. Innvendig arbeid deles vanligvis opp i flere soner. Bruk av BIMTrack for oppfølging av kollisjoner. Hvordan ønsker man å følge opp kollisjonskontroller? Skal man benytte StreamBIM i prosjektet? I så fall anbefaler vi å bruke f.eks. BIMTrack. Alternativet er at vi ikke får fulgt opp punktene etter kollisjonskontrollene.
BIM: Automatisering	Ønsker man å automatisere noen manuelle operasjoner? Solibri har funksjonalitet som gjør at man automatisk kan oppdatere IFC-filer i samlemodell.	Autorun-skript som oppdaterer samlemodell en gang om dagen. Noe manuelt arbeid må påregnes for å vedlikeholde skript og legge til nye modeller. Ønsker man å automatisere noen manuelle operasjoner? Vi kan lage skript for å automatisk oppdatere Solibri hver dag. BIM og VDC kan også lage andre skript dersom det er andre kopieringsrutiner som kreves.
BIM: 4D-planlegging	Ønsker prosjektet å koble fremdriftsplan med BIM-modell for å visualisere samtidighet og fremdrift? Skanska har 5 lisenser på Synchro som til enhver tid på fordeles etter behov.	
BIM generell del:	BIM handler om samhandling, tverrfaglighet, koordinering, åpenhet og trimmet byggeprosess. Skanska oppfordrer alle til å gå inn i et BIM-prosjekt med fremoverlent tankegang, og et åpent sinn om hvordan vi sammen kan skape et godt miljø for samhandling. I et BIM-prosjekt skal det alltid være samsvar mellom modell og tegninger da alle tegninger er generert fra modellen. Tegninger, mengdelister og andre rapporter blir produsert fra modellen, og samstemmer derfor alltid med BIM-modellen. Modellen skal til enhver tid være av nødvendig kvalitet og inneholde nødvendig informasjon for prosjektet. Et BIM-prosjekt i Skanska defineres som et prosjekt der modellen er den sentrale informasjonsbasen i prosjektet og at all prosjektering gjøres i modellen. Prosjekteringsprosessen skal være godt beskrevet og planlagt og det er fokus på god samhandling mellom de prosjekterende.	
Generelle forutsetninger for BIM	De prosjekterende skal fortløpende laste inn hverandres modeller som referanse i sitt eget prosjekteringsverktøy. Det er viktig at referansefilene som blir benyttet blir oppdatert jevnlig slik at alle har full innsikt i de endringer som forekommer i prosjekteringen. Hver prosjekterende har ansvar for å gjøre sin modell håndterbar for å kunne refereres inn i andres programvare. Dette kan innebære å justere innstillinger slik at geometri blir forenklet eller utelukket fra IFC-eksporten.	

6. Metode

For å kunne framstille data om virkeligheten som skal være både gyldig, men også troverdig må forskeren ha en strategi, denne strategien er oppgavens metode [92, p. 15]. Dette kapitlet forklarer metodene som er brukt til innsamling, kategorisering og analyse av data for å besvare forskerspørsmålet [92, p. 16]. Første, andre og tredje delkapittel forklarer generelt om fremdriftsplan, befarings- og case for oppgaven, mens de tre neste delkapitlene mer aktivt beskriver forskningen og besvarelsen av forskerspørsmålet. Det er lagt ved antatte hovedfeilkilder ved hver metode, hvor de viktigste videre forklares og diskuteres i diskusjonen.

6.1 Fremdriftsplan

Det er utarbeidet en overordnet fremdriftsplan for oppgaven, som viser fordelingen av arbeidet, satt i et tidsperspektiv, for å følge progresjonen frem til prosjektmål- denne kan ses i vedlegg A. Planleggingen på detaljnivå har blitt gjort fra uke til uke, gjennom funksjonen «oppgaver» under faner i Microsoft Teams. Der har det blitt lagt inn detaljerte oppgaver med forfall, ut fra den overordnede fremdriftsplanen, som følges opp gjennom uken for å sikre fremdriften. **Antatte hovedfeilkilder:** Det er ikke alltid det settes realistiske mål, i forhold til tidsperspektiv og uventede hindringer som kan dukke opp.

6.2 Case

En studie av en case, er en undersøkelse av en eller flere enheter [92]. I dette tilfellet er det konkrete prosjektet, eiendommen B11 Øverlia, som er en del av forlengelsen til bydel Bjørndalen. Prosjektet består av mange enheter, men er avgrenset i forhold til tid, og som nevnt sted. Tidsaspektet er satt til samme tidsramme som oppgaven. Det gis en beskrivelse av bydel Bjørndalen i forhold til lokasjon og fasiliteter, hvor blant annet Norgeskart [81] blir brukt til å måle avstander. Det er også gjort en mer konkret beskrivelse av eiendommen B11, og dets regulering i forhold til plankart levert av Kristiansand kommune [82] og et prosjektprogram [83] laget av Skanska Eiendomsutvikling region MVS. I tillegg blir Trimmet Bygging presentert, hovedsakelig gjennom figurer og tabeller tilsendt direkte fra Skanska. **Antatte hovedfeilkilder:** For å kunne teoretisk generalisere data fra case og bekrefte at det finnes kausale sammenhenger, må det ses på flere caser i andre uavhengige situasjoner- på grunn av tidsrammen til oppgaven er ikke dette gjort. På grunn av sistnevnte er det heller ikke mulig å følge case fra start til slutt, som legger en naturlig begrensning på oppgaven.

6.2.1 Kvantitative karttjenester

Det er brukt to forskjellige karttjenester i denne oppgaven, som er kvantitativ, da de består av store mengder topografiske og tekniske data [93].

- Norgeskart [81] fremstilt av Kartverket, er i denne oppgaven brukt som et topografisk kart [93] for å innhente lengder i luftlinje, til det konkrete prosjektet.
- Kommunekart [82] fremstilt av Norkart er brukt i denne oppgaven for å hente ut et teknisk detaljert kart [93], samt reguleringsbestemmelser [94] for bydel Bjørndalen.

Antatte hovedfeilkilder: For å øke gyldigheten kunne det med fordel vært brukt flere karttjenester for å sikre at informasjonen som hentes ut er korrekt.

6.3 Befaring

Det ble utført en befaring på Bjørndalen, på det nåværende prosjektet som deltakerne fra intervju jobber på. Grunnen for befaringen var et ønske om å få se prosjektet for å bedre forstå forutsetninger og sammenhenger i det tverrfaglige samarbeidet som utspiller seg [95]. For å forstå kompleksiteten i det arbeidet som pågår ble det gått rundt på de ulike konstruksjonene som er under bygging. Dette var ikke en befaring for å merke avvik eller mangler, kun observasjonen i forhold til oppgaven. **Antatte hovedfeilkilder:** Det ble tatt bilder før retur til brakkeriggen, men det ble ikke utarbeidet en befaringsrapport.

6.4 Kvalitativt litteratursøk

6.4.1 Litteraturstudie

Det er utført en kvalitativ litteraturstudie i kunnskapsbakgrunnen i denne oppgaven, for å måle forhold indirekte, der primærdata ikke har vært mulig å få tak i [92]. Litteraturstudiet har altså vært konsentrert om sekundærkilder, som er samlet inn i form av ord og setninger [92]. Det har vært størst fokus på å innhente og benytte artikler basert på tidligere forskning om problemområdet. Hensikten er å oppsummere allerede eksisterende data om problemområdet, samt gjøre dette på en systematisk måte for å bevare gyldighet og relevans [92]. Det har også vært fokus på å skape en helhet, ved å kombinere forskjellig forskning for å prøve å finne nye sammenhenger eller perspektiver ved tidligere forskning. Innhenting av litteratur til kunnskapsbakgrunnen har vært en kontinuerlig prosess gjennom hele tidsrammen til oppgaven. Det er forsøkt å beholde dokumentgrunlaget fra starten av litteratursøket, da disse ikke er tilfeldig valgt ut for å fremme et spesifikt aspekt av problemområdet og anses som mer objektiv [92]. **Antatte hovedfeilkilder:** Litteratur innhentet i en sen fase av oppgaven kan bære preg av subjektivitet, men samtidig kan litteratur innhentet etter oppnådd metning være høyst relevant for oppgaven [92].

6.4.2 Søkjetjeneste

En «søkjetjeneste er en digital tjeneste som tilbyr søk etter dokumenter, websider, video, lyd og andre digitale medier ved at man oppgir et søkeord» [96, p. 1]. I denne oppgaven er det primært brukt søkjetjenester som Google Scholar, Oria og IGLC.net til å innhente spesifikke forskningsartikler rettet mot problemområdet, til kunnskapsbakgrunnen. De nevnte søkjetjenestene har altså en søkemotor som filtrerer etter relevans og viktighet [97, p. 2], og majoriteten er artikler basert på forskning. Google, AURA, ScienceDirect og NTNUOpen har blitt brukt til å foreta søk når idemyldring har vært nødvendig, gjennom hele tidsrammen til oppgaven. **Antatte hovedfeilkilder:** Det kunne med fordel vært brukt flere søkjetjenester for å finne flere artikler rettet mot problemområdet.

6.4.3 Søkeord

I starten ble det ført en loggbok kun for akademiske kilder, for å prøve og effektivisere valget av kilder til litteraturstudiet i kunnskapsbakgrunnen, denne kan ses i vedlegg B. Det ble satt kriterier for både valg og avvisning av kilder, samt ført opp dato, database, antall treff og til slutt valg av kilde for hvert eneste søkeord. Kriterier for valg av kilder handlet om troverdigheten, som gjorde det naturlig å lete etter artikler, helst akademiske. Det ble søkt etter litteratur på både norsk og på engelsk, hvorav de første og mest gjengående søkeordene er fremstilt i Tabell 6.1. Videre ble søkeord brukt i kombinasjon med hverandre for å finne relevante artikler. **Antatte hovedfeilkilder:** Ved å bruke flere søkeord, kan

det oppnås flere relevant treff, men dette krever mer arbeid i form av valg og avvisning. Ved å bruke flere søkeord i sammensetning med hverandre, kan treffene inneha større relevans, men samtidig begrense søket for mye.

Tabell 6.1 Mest brukte søkeord.

Norsk	Engelsk
Last Planner produksjon	Last Planner System
Virtual Design and Construction prosjektering	Virtual Design and Construction
Samspill byggebransje	Lookahead planning

6.4.4 Kilder

Kildene er valgt med bakgrunn i søkeordene som er blitt brukt i loggboken som ligger som vedlegg B, men også bakgrunnskunnskap fra tidligere fag under studiet, om forfattere fra Lean Construction miljøet. Litteraturstudiet til oppgaven er primært basert på sekundærkilder. Det vil si, kilder fra data som andre har samlet inn [92]. Det er foretatt intervju med transkribering, hvorav denne primærdataen er brukt fra resultater og videre i oppgaven. Ved innsamling av sekundærdata mangles kontrollen til å kontrollere forhold, som kan påvirke pålitelighet [92]. Hver eneste kilde i litteraturstudiet er derfor vurdert etter generell kvalitet, og det er forsøkt å bruke førstehåndskilder, så langt som det lar seg gjøre [92]. Kildene som er hentet fra internett er forsøkt vurdert etter hvilket opphav de har i forhold til om avsenderen er privat eller offentlig institusjonell [92]. **Antatte hovedfeilkilder:** En fare med sekundærdata er at informasjonen kan være prosessert, og det kan være vanskelig å finne tilbake til rådata for å sjekke om konklusjonene som er tatt er i samsvar med den opprinnelige dataen [92]. Når det gjelder opphav til kilder er det lettere å se synspunkter når det er private kilder, mot for eksempel en offentlig institusjon [92].

6.5 Kvalitative intervjuer

6.5.1 Intervjuutvalg

Det første som ble gjort ved oppstart av oppgaven, var å søke til Norsk senter for forskningsdata, NSD, for å kunne få utføre intervjuene, dette kan ses i vedlegg C. Utvalgskriteriene til det personlige individuelle intervjuet og gruppeintervjuene i denne oppgaven var basert på bredde og variasjon, samt mengden informasjon intervjuutvalget innehar [92]. Det var ønskelig med et intervjuutvalg som reflekterte de som jobber med prosjektering, men også de som jobber i produksjonen. Dette for å gi et tverrfaglig bilde på problemstillingen i oppgaven, samtidig som utvalget var formålsrettet [92]. Intervjuutvalget er presentert i Tabell 6.2. **Antatte hovedfeilkilder:** Det tiende intervjuet var med prosjekterende som ikke har deltatt eller tilknytning til case for denne oppgaven.

Tabell 6.2 Intervjuutvalg.

Intervju	Rolle	Antall personer
1	Arkitekt	1
2	Betongarbeidere	3
3	Tømmer gruppe 1	4
4	Tømmer gruppe 2	3
5	Tømmer bas 1	1
6	Tømmer bas 2	1

7	Prosjektleder og prosjekteringsleder	2
8	Kalkulasjon tidligfase	1
9	Produksjonsledere og anleggsleder	4
10	Prosjekterende, RIB	2

6.5.2 Intervjuguide

Intervjuene ble på forhånd strukturert for å begrense mengden rådata som skulle struktureres, kategoriseres og analyseres etter intervjuene [92]. Det ble utarbeidet en intervjuguide, med tema og spørsmål for deltakere som jobber i produksjon, og for deltakerne som jobber med prosjektering. Denne ligger som vedlegg D. Videre ble det satt opp faste tema, med en rekke hjelpespørsmål, som illustrert i Fig. 6.1. Dette for å sikre at alle aktuelle temaer skulle bli belyst i løpet av samtalen [92]. Det var ønskelig at intervjuene skulle utarte seg som en åpen samtale, men med noen begrensninger, slik at det ikke ble for store avvik fra problemområdet [92]. **Antatte hovedfeilkilder:** utfordringer med å legge til rette for en åpen samtale er at emner som ikke er direkte relevant for oppgaven kan forekomme, som kan gjøre jobben med kategorisering større i resultater [92]. Dette kan også føre til at noe av dybden forsvinner, hvis tid i intervjuene går bort til irrelevante emner.

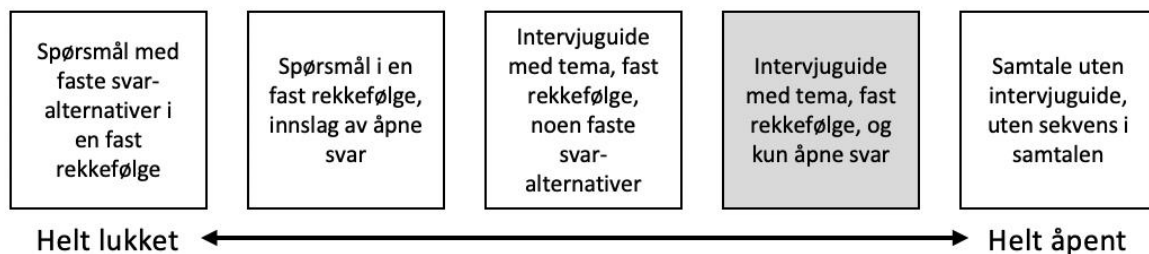


Fig. 6.1 Grad av strukturering av intervjuene [92, p. 150].

6.5.3 Gruppeintervju

Det ble avholdt flere runder med gruppeintervju, fordi det var ønskelig med erfaringer som spesifikt gikk på problemstillingen i oppgaven, samt finne ut om det var enstemmig gruppeenighet på synspunktene, som igjen var basert på erfaring [92]. Størrelsen på gruppene ble satt til 2-4 deltakere, på grunnlag av lang erfaring hos deltakerne. Selv om problemstillingen innehar høy kompleksitet, var det en samlet forståelse for problemområdet. For at resultatet skulle bli minst mulig påvirket av makt/dominans-forhold, ble gruppen sammensatt av deltakere med omentrent like roller i forhold til ansvar [92]. Innledningsvis ble bakgrunnen for intervjuet forklart. Videre ble problemområdet og forskerspørsmålet presentert og en gjennomgang av praktisk informasjon, dette er presentert i intervjuguiden, som ligger som vedlegg D. Intervjuene ble gjennomført ansikt-til-ansikt, på deltakernes arbeidsplass, noe som åpnet opp for en synkron og dynamisk samtale, hvor intervjukonteksten var forsøkt ivaretatt [92]. Hensikten med intervjuet var som nevnt åpen, og samtalerne ble tatt opp med lydopptaker. Intervjuers rolle var en blanding av aktiv og passiv. Det ble stilt spørsmål om teamet, som ble diskutert blant deltakerne, hvorav intervjuer inntok en lyttende posisjon, samtidig som det ble stilt oppfølgingsspørsmål [92]. Lengden på intervjuene oversteg ikke 1,5 time, og det ble alltid avsluttet med å høre om det var noen spørsmål om oppgaven og det utførte intervjuet som ikke var besvart. **Antatte hovedfeilkilder:** Når det utføres gruppeintervju, kan det for noen oppleves et kollektivt press til å mene det samme som gruppen [92].

6.5.4 Individuelt intervju

For å supplere gruppeintervjuene, samt prøve å avdekke og avklare holdninger og oppfatninger, ble det utført fire individuelle intervju [92] ansikt-til-ansikt. Disse intervjuene var med deltakere som hadde sentrale stillinger innenfor problemområdet. Intervjuene ble gjennomført på samme måte som gruppeintervjuene, med samme fremgangsmåte og den samme intervjuguiden. Dag Ingvar Jacobsen [92] hevder i boken *Hvordan gjennomføre undersøkelser?* «hvis det som blir sagt i de to gruppene, er forholdvis likt, kan dette være et tegn på at vi har fått fram ganske generelle data, og at disse dataene er reelle og ikke et resultat av selve gruppeprosessen» [92, p. 162]. Disse intervjuene skulle altså fungere som en kontroll på hverandre, samt underbygge at resultat fra alle intervjuene har sammenfallende prosesser [92]. **Antatte hovedfeilkilder:** Under individuelle intervju kan det være vanskeligere for respondenten som blir intervjuet å åpne seg opp med tanke på makt/dominansforhold, spesielt når respondenten er i mindretall [92].

6.5.5 Transkribering av intervju

I følge Store norske leksikon [98] er transkripsjon en «overføring av tale til lydskrift» [98, p. 1]. For å kvalitetssikre oppgaven er det foretatt transkripsjon av alle intervjuene, som videre har blitt strukturert, kategorisert og analysert i oppgaven. Det ble brukt lydopptaker under intervjuene, og transkriberingen ble foretatt fortløpende etter intervjuene var avholdt. Dette for at alle som hadde blitt intervjuet skulle ha muligheten til å gå gjennom, samt godkjenne transkriberingen, før innholdet potensielt ble lagt til i oppgaven. Intervjuene som er utført i oppgaven har en samlet lengde på 451 minutter. I transkribert form er det om lag 58000 ord, noe som utgjør omtrent 104 A4-sider. Graden transkribering som er gjort er høy, for å beholde så mye som mulig av rådataen. Dette for å muliggjøre sjekking av konklusjoner som er tatt, men fyllord slik som «eeh» og «ehm», som ikke påvirker konteksten, er til en viss grad fjernet [92]. **Antatte hovedfeilkilder:** Målformen til deltakerne er ikke ivaretatt. Det er brukt bokmål i transkriberingen, noe som ikke gjenspeiler dialektene til deltakerne. Det kan være mulighet for at ord ikke høres som videre gir feil i transkriberingen, hvis for eksempel deltakerne snakker samtidig.

6.6 Kvalitativ dokumentanalyse

6.6.1 Strukturering og kategorisering

Den største struktureringen og kategoriseringen i denne oppgaven er gjort i de kvalitative intervjuene. Intervjuene ble til en viss grad strukturert på forhånd, ved at det ble laget tema med hjelpespørsmål [92]. Når det gjelder kategorisering er det som nevnt gjort via intervjuguiden, hvor det ble laget tre tema og spørsmål ut fra kunnskapsbakgrunnen i oppgaven. Når alle intervjuene var utført og transkribering var oversendt til intervjuobjektene begynte den første runden med kategorisering av informasjonen som var samlet inn [92]. Denne konkretiseringen ble utført etter generelle brede kategorier, som VDC, LPS, kommunikasjon og erfaring. Videre ble informasjonen mer spisset mot forskerspørsmålet i oppgaven, ved å bruke en såkalt definisjonsmodell [92]. Det ble forsøkt med flere underkategorier, men på grunn av intervjuenes grad av åpenhet i spørsmål og tema var det mer naturlig å bruke bredere kategorier i resultat og diskusjon, slik at det kunne brukes informasjon som omhandlet det samme fra alle de utførte intervjuene [92]. Dette skapte rom for blant annet sammenligning og analyse av hvert enkelt intervjuobjekt på tvers av de andre intervjuobjektene [92]. For å kunne finne sammenhenger i dataen som er blitt samlet inn er det som nevnt blitt snakket om de samme teamene, med intervjuobjekter som har jobbet eller skal jobbe på case for denne oppgaven,

samt ivaretatt samme kontekst for hvor dataen ble samlet inn for alle intervjuobjektene [92]. For å vise til kausale sammenhenger og forhold som skiller dataene er funnene blitt dokumentert i direkte sitater gjennom analysen i resultatkapitlet i denne oppgaven [92]. **Antatte hovedfeilkilder:** Brede kategorier kan gjøre at oppgaven mister dybde, men samtidig kan for mange kategorier med underkategorier gjøre at den opprinnelige informasjonen som ble innsamlet mistes [92].

6.6.2 Analyse

Før det ble utført intervjuer hadde denne oppgaven mest fokus på å gjøre en prosessanalyse, da det kun skulle ses på en casestudie, som igjen ville gjøre det vanskelig å generalisere [92]. Forskerspørsmålet var også produsert på forhånd, som gjorde at oppgaven allerede fra start hadde en testende tilnærming i forhold til hva utfallet kom til å bli [92]. Under utførelsen av intervjuene viste det seg at mange av prosessene var sammenfallende, og oppgaven videre kunne argumentere for kausale generelle sammenhenger ved å blant annet gjøre en innholdsanalyse av dataene fra intervjuene [92]. Struktureringen og kategoriseringen bekreftet at dataene som var blitt beskrevet i intervjuene gjentok seg og produserte omtrent det samme utfallet som gjorde det mulig å kunne etablere og forklare sammenhenger mellom intervjuene, selv om de var utført med intervjuobjekter med forskjellig roller [92]. **Antatte hovedfeilkilder:** I en prosessanalyse er tidselementet essensielt, som betyr at det samme utfallet ikke kan garanteres i andre sammenhenger, da det er størst fokus på å finne årsaksmekanismer [92].

6.6.3 Intern og ekstern gyldighet

Når det gjelder intern gyldighet har oppgaven tatt en pragmatisk tilnærming på hvorvidt resultatene er i samsvar med beskrivelsen utført i oppgaven [92]. Den interne gyldigheten testes gjennom tre trinn, illustrert i Fig. 6.2. Dette gjøres for å validere om intervjuobjektene har gitt en virkelighetsbasert beskrivelse, for så å se på om oppgaven gjengir og tolker dataene riktig og til slutt hvor gode konklusjonene i oppgaven er i forhold til virkeligheten [92].



Fig. 6.2 Validering av intern gyldighet [92, p. 228].

I denne oppgaven er intervjuobjektene utvalgt på bakgrunn av at de har jobbet, eller skal jobbe på det som er case for oppgaven, som videre gjør dem til representanter av problemstillingens virkelighet i entreprenørbransjen [92]. Om de faktisk fremstiller et korrekt bilde vil alltid være noe usikkert, men på bakgrunn av et bredt intervjuutvalg som blir en del av oppgavens kilder for resultat, og en klar sammenheng i besvarelsene anses det at det har blitt gitt en virkelighetsbasert beskrivelse, på tvers av disiplinene [92]. Det kan også trekkes tydelige paralleller opp mot resultat fra tidligere forskning, som forsterker gyldigheten i forhold til validering av kausale sammenhenger [92]. Avvik i sammenfallende prosesser skyldes som regel mangel på involvering og kommunikasjon [92]. Det er som nevnt bare blitt brukt primærkilder i intervjuutvalget for å styrke troverdigheten for oppgaven [92]. Når det gjelder hvilken kunnskap intervjuutvalget sitter på, er inntrykket at stort sett alle har jobbet i entreprenørbransjen en stund og kunne vise til at avgitt informasjon ikke bare var engangstiltfeller. Dataene fra intervjuobjektene har kontinuerlig blitt samlet inn i løpet av en periode på 1,5 måned,

samtidig som teori i kunnskapsbakgrunnen har blitt produsert. Det har etter hvert eneste intervju blitt en klarere forståelse av hvilke data som mangler. Som nevnt tidligere er alle intervjuene utført med hensikt om å holde samtalen åpen, da informasjon fra intervjuobjekter som avdekkes uoppfordret styrker den interne gyldigheten for oppgaven [92]. For å sikre at oppgaven gjengir en sann representasjon av de data som er hentet ut, er resultatene sendt til gjennomgang hos bedrift [92].

Over på den eksterne gyldigheten er det vanskelig å teoretisk generalisere oppgaven med tanke på å etablere kausale forhold, til tross for at det er oppnådd metning av informasjon i intervjuutvalget [92]. Det gir en indikasjon på at det er oppnådd data som kan ha ekstern gyldighet ved andre sammenhenger, men dette kan ikke garanteres og legger derfor en direkte begrensning på oppgaven [92]. Til tross for at det er spredning i respondentene som det har blitt utført intervju av, er flesteparten av disse kun knyttet til det som er oppgavens case [92].

Antatte hovedfeilkilder: Når det gjelder intern gyldighet og virkelighetsbeskrivelse jobber nesten alle intervjuobjektene på entreprenørsiden i denne oppgaven, og det kan ikke påvises at deres virkelighet gjelder for alle [92]. For å gjøre oppgaven sterkere i forhold til bruk av riktige kilder, kunne det med fordel blitt utført samme typen intervju for alle aktørene som deltar i case, men på grunn av tidsperspektivet for oppgaven var ikke dette mulig [92]. Det vil alltid også være en fare for at den avgitte informasjonen ikke stemmer, i sammenheng med intervjuobjektene vilje til å avgi sannheten. Data som er samlet inn på et senere tidspunkt, kan være subjektiv i forhold til at det letes etter informasjon som støtter forutinntatte antakelser [92]. Videre kan det være en svakhet at de prosesserte resultatene i oppgaven ikke er sendt til alle intervjuobjektene for gjennomgang, bare transkriberingen [92]. I forhold til ekstern gyldighet kunne intervjuer med flere utenforstående bedrifter i bygg- og anleggsnæringen, som ikke har noen tilknytning til oppgavens case, mulig forsterket den eksterne gyldigheten [92].

6.6.4 Pålitelighet og troverdighet

Når det gjelder pålitelighet er det undersøkelsesopplegget, undersøkereffekten og konteksteffekten som burde vurderes [92]. Det gjelder for både litteraturstudiet, men også for de utførte kvalitative intervjuene. I denne oppgaven holdes ikke undersøkelsesopplegget skjult for de som skal undersøkes, og det vil derfor være naturlig å tenke at intervjuobjektene kan la seg påvirke av nettopp dette når det gjelder pålitelighet i hva de svarer og at situasjoner kan blir beskrevet uriktig [92]. Over på undersøkereffekt må det tas i betraktning at resultater fra intervju kan reflektere mer hvordan intervjuobjektet opptrådte, enn selve problemstillingen som undersøkes i intervjuet [92]. Så langt som det har latt seg gjøre er alle intervjuobjektene utsatt for samme undersøkereffekt, i form av at alle er blitt intervjuet av de to samme personene og blitt spurt åpne spørsmål ut fra samme intervjuguide. I forhold til konteksteffekt er intervjuene avholdt etter intervjuobjektene ønsker, i naturlige situasjoner på møterom fri for forstyrrelser [92]. Alle intervjuene foruten om et intervju var planlagt på forhånd med info om forskerspørsmål, men temaene og spørsmålene i intervjuguidene var skjult frem til intervjuet. Videre ble som nevnt alle intervjuene tatt opp med lydopptaker og transkribert for å kvalitetssikre i forhold til slurv i registrering av data som skulle analyseres [92]. **Antatte hovedfeilkilder:** Når det gjelder unøyaktig analyse av data, brukes det direkte sitater fra de kvalitative intervjuer i resultater i denne oppgaven, men på grunn av anonymisering kan det ikke sjekkes at disse sitatene ikke er tatt ut av sammenheng [92].

7. Resultat

I følgende kapittel blir det lagt frem resultater fra det utførte litteraturstudiet, sammen med resultater fra de kvalitative intervjuer, for å kunne besvare oppgavens forskerspørsmål. Delkapitlene er først og fremst inndelt etter kategoriseringen fra de utførte intervjuene, VDC i prosjektering, LPS i produksjon og samspill mellom prosjektering og produksjon. Disse kan direkte knyttes til oppgavens case, men for å supplere besvarelsen av forskerspørsmålet er relevante resultater fra litteraturstudiet presentert under de samme kategoriene.

7.1 VDC i prosjektering

Skanska Norge har en fast mal for hvordan VDC helst skal brukes på byggeprosjektene som utføres. Prosjekteringsleder forteller at Oslo bruker VDC i henhold til malen, men at det har vært utfordrende å følge denne malen til punkt og prikke i Kristiansand på grunn av mindre ressurser. Til tross for dette brukes VDC på prosjektet i Kristiansand, men prosjekteringsleder gjør mye alene.

«Vi har en egen BIM avdeling som bidrar på prosjektene, og for å spare litt penger og litt diverse så gjør jeg også den rollen, så jeg er både prosjekteringsleder og har ansvar for BREEAM i prosjektet, for vi har ikke så store prosjekt her, som vi har i Oslo, og de er ikke så komplekse, så det går veldig greit» [Intervju 7].

Når det gjelder utfordringer i forhold til mindre ressurser gir prosjekteringsleder et eksempel på dette i forhold til et ICE-møte. Hvis malen hadde blitt fulgt, skulle det egentlig vært en fasilitator til stede, som skulle styrt møtet, mens prosjekteringsleder kun skulle konsentrert seg om prosjekteringsbiten.

«Men det jeg tenker er viktig er det med forberedelser, at det har en tydelig agenda og at vi vet hva vi skal gjøre i det møtet, at alle vet hva de skal gjøre og at de kommer forberedt og gjør det de skal gjøre i forkant, slik at vi kan ta beslutninger i møtet, det er det som er viktig» [Intervju 7].

I forhold til kontrakten er det oppgitt at det skal brukes VDC på Bjørndalen Øverlia [Intervju 7]. Etter spørsmål på hvordan føringen legges i forhold til planleggingen svarte respondenten:

«Ja eller de skal legge de selv da egentlig, de skal delta i planleggingen, men det står i kontrakten at vi skal bruke VDC» [Intervju 7].

Aslam et al. [65] argumenterer at mangelfull bruk av VDC, har sammenheng med dårlig implementering, på grunn av faktorer som mistillit, manglende samarbeid og kommunikasjonsspråk mellom ulike interessenter og manglende forpliktelse, samt interoperabilitet. Aslam et al. [65] henviser til Kunz og Fischer [49] og hvordan de har påpekt at mange entreprenørselskaper kun bruker produktmodelleringsfunksjonen til VDC, og ikke prosess- og organisasjonsmodellene på grunn av mangel på implementering i hele organisasjonen som igjen henger sammen med interoperabilitet [65]. Aslam et al. [65] beskriver videre at dette går imot selve hovedmålet til VDC, som er å fjerne usikkerheter og kompleksiteter i prosjekteringen, ved at det utvikles modeller som kan relateres til prosessene, produktet og organisasjonen. Samtidig skal hvert aspekt av disse kunne visualiseres i begynnelsen av prosjektet før det er gjort noen forpliktelser, for å spare tid og penger. Aslam et al. [65] avslutter med å påpeke at suksessen til VDC er avhengig av samarbeid, men også engasjement fra alle interessenter for å kunne identifisere fallgruver i en komplett virtuell plattform, før de oppstår i produksjonen [65].

Breistein [54] finner i sin studie at effekten av verktøyene og teknikkene er lav, hvis de ikke implementeres sammen. Som en følge av at arbeidet med VDC ikke er godt nok implementert, består

det enda av mye manuelt arbeid, noe som gjør at mye av effekten kan forsvinne i for eksempel spart tid. Det vises videre til et prosjekt hvor de prosjekterende ikke fikk bruke tradisjonelle arbeidsmetoder, noe som ga en positiv effekt på implementeringen av VDC. Det anbefales også at organisasjonene etablerer funksjoner på alle nivåer, som skal virke støttende. Til slutt vises det til et prosjekt som prøvde å bruke Last Planner, fra midten av prosjekteringen. Dette gav ingen god effekt, og det anbefales i likhet med bruken av VDC-verktøy, at Last Planner og dets programvarer, 3D-modeller og MMI implementeres tidlig i prosjekteringsfasen [54].

BIM blir brukt som en del av VDC på prosjektet i Kristiansand. I stedet for at alle fag jobber i samme modell, jobber hvert enkelt fag i hver sin modell, hvor det til slutt lages en samlemodell av alle IFC-filene til de forskjellige fagene. Det er bestemt gjort på denne måten på grunn av lisens til programvare, da det ikke er gitt at alle har tilgang til samme programvare.

«I Skanska bruker vi kun IFC for å utveksle filer, så folk kan jobbe med sin programvare, den de ønsker. Så eksporterer de på en måte modellen sin til en IFC-modell, så tar vi den inn i en samlemodell, hvor vi setter alt i sammen, og den er tilgjengelig for de som er på byggeplassen og for alle som er i prosjektet, og der kan man se alle fagene sammen og da kan vi gjøre sjekk mellom de forskjellige fagene» [Intervju 7].

Fra intervju forteller arkitekt at BIM brukes noe forskjellig fra bedrift til bedrift i forhold til modellering og informasjonsdeling. Det legges vekt på at det må være enighet om hvordan BIM skal brukes, i forhold til koding av bygningsdeler (MMI) [Intervju 1]. Det blir presisert av RIB at BIM krever en del kompetanse, og feil bruk kan føre til at informasjon ikke kommer tydelig frem. Videre legges det vekt på at visualiseringen kan gi verdi, i form av koordinert geometri for de i produksjonen med mindre erfaring [Intervju 10].

«Hvis det f.eks. legges opp til et tegningsløst prosjekt, er det veldig viktig at alle parter klarer å håndtere informasjonen på en god måte. Det skal ikke mer enn en aktør til før det kan bli problemer» [Intervju 10].

Rischmoller et al. [50] mener at verdien til BIM ligger mer i interaksjonene som modellen legger til rette for, enn selve modellen. BIM avdekker ofte valg som må tas, og som krever avveininger som ikke nødvendigvis er åpenbare på det aktuelle tidspunktet. Avanserte modeller som kun kan tydes av BIM-spesialister blir ofte ikke fullt utnyttet, og anses som investeringer som ikke skaper verdi for bedriften. Hvis disse modellene forenkles, uten å ugyliggjøre dem, kan bruksområdet økes, som igjen kan bidra til å gi økt verdiskaping. Formålet til VDC er altså å bruke BIM-verktøyene på en måte som genererer kunde verdi [50].

Sacks et al. [51] finner i sin studie at en av de største utfordringene med å implementere BIM i Skanska Finland var tilleggs kostnader. Dette var mye på grunn av valget av bedriftene som utførte designet. De hadde det høyeste kompetansenivået innen deres felt. På grunn av dette var oppfatningen innad i selskapet at BIM ville koste mer enn hva CAD gjorde, som da var den tradisjonelle designmetoden. Det påpekes i studien at hvis det ikke hadde vært for full støtte fra administrerende direktør og ledelse, er det mulig BIM aldri hadde fått rotfeste i bedriften [51].

I forhold til prosess- og produksjonsledelse blir prosjekteringen beskrevet i hovedfremdriftsplanen som skal leveres sammen med riggplan og tilbud til byggherre. Prosjekteringsfasen i hovedfremdriftsplanen er overordnet og blir på en måte bare definert, mens prosjekteringen selv har en egen plan med milepæler. Prosjekteringsleder påpeker at til tross for dette, skal disse to planene snakke sammen.

«Jeg vet de har jobbet litt på det sykehus-prosjektet vårt, der har de parallelt med det her, altså at milepælene for prosjekteringen er synlig i fellesplanen, slik at alle har den samme informasjonen hele tiden. Så når den revideres, så må den revideres i hovedfremdriftsplanen, når du kommer til detaljprosjekteringen» [Intervju 7].

Det er også gjort et internt tiltak i forhold til målsetting. Det er utarbeidet en referansetegning som skal være levert til arkitekt innen detaljprosjekteringen starter opp, og ikke i forprosjektfasen.

«Da kommer det gjerne en tegningsleveranseplan, som er viktig for de ute. Så er det ofte sånn at hvis ikke arkitektene da har fått denne referansetegningen, hvordan en tegning skal se ut, så slenger arkitekten ut en kjellertegning også sier han, at nå har jeg levert kjellertegning i henhold til den planen. Men den tegningen kan ikke brukes til noen ting, så derfor kommer en referansetegning inn når arkitekten skal komme med den kjellertegningen- da skal den se sånn og sånn ut» [Intervju 7].

I forhold til overholdelse av tidsfrister og kvalitetssikring av tegninger påpekes det av prosjekteringsleder at dette må fastsettes tydelig, spesielt i forhold til kvalitetssikring av hva en arbeidstegning skal inneholde.

«Og levere tidnok, det klarer de som regel, men kvaliteten er litt sånn, det er vanskelig, for hvordan måler man kvaliteten på en tegning?» [Intervju 7].

«Ja, også driver vi med KS i prosjekteringen, men der er det sånn tverrfaglig at RIBen sjekker at det stemmer med det, men det er ikke sikkert, at de fremdeles ikke har det de trenger for å produsere den, hvis målsettingen mangler for eksempel» [Intervju 7].

I forhold til utførelse av ukentlige ICE-møter forteller prosjekteringsleder at de utføres både fysisk og digitalt på grunn av overgangen angående covid-19. Effektivitet anses å være høyere ved fysisk oppmøte, men ved god tilpassing og konsekvent gjennomføring fungerer en hybrid versjon av samtidig prosjektering også.

«Man har mer igjen for det hvis man er fysisk til stede. Det som er tenkt her er at, nå er det litt sånn overgang i corona også, men jeg tenker at arkitekt og RIB er de viktigste fagene som vi har mest å gjøre med. Så jeg tenker at det er viktigst at de er her fysisk, så kan de spesielle rådgiverne være med i Teams og de blir ikke med hver gang heller. I starten er det mest bare arkitekt og RIB, så tar vi særmøte med dem når de trenger det da. Brannrådgiver og landskapsarkitekt sitter i Stavanger, så det er praktisk at de er med på Teams» [Intervju 7].

Det påpekes at det kan være utfordrende når noen deltakere er med fysisk og noen er med digitalt i møtet, på grunn av f.eks. intern prat og at de digitale deltakerne ikke fanger opp alt som blir nevnt. Prosjekteringsleder forteller at god håndtering av skjermer, datamaskin, samt kommunikasjon på tegning er viktig.

«Ja hybrid, når det sitter mange her også sitter det en på Teams, da må man bare passe på at den, ja jeg tror det går greit, for jeg pleier å være ganske konsekvent på det, at alt som jeg viser på skjermen vises også til den som er på Teams. Det er viktig at de får med seg all informasjonen og at vi noterer ting og gjør ting på skjermen og ikke på papir» [Intervju 7].

Videre påpekes viktigheten med en klar agenda i gjennomføringen av ICE-møter og viktigheten med å tydelig gi beskjed på forhånd hva som skal være forberedt til møtet.

«Derfor er det viktig å ha en tydelig agenda og en tydelig plan for hva man skal gå gjennom. For man må ha de filene og de tegningene som man skal bruke liggende klare, slik at det bare er å trykke på dem, så kommer de opp, slik at du unngår at man ikke finner de, også har noen utskrift» [Intervju 7].

Arkitekt bekrefter at ICE i form av arbeid med tiltakslistene, og oppgaver som skal være klar til møter fungerer bra, fordi de konkrete oppgavene til de ulike rollene på prosjektet kommer tydelig frem- i stedet for at de kun er oppgitt i et referat blant mange andre avgjørelser [Intervju 1].

Prosessmål i målstyringen i prosjekteringen er i all hovedsak Prosent Planlagt Utført (PPU), som skal brukes ukentlig på prosjektet. Da Bjørndalen Øverlia er i tidlig forprosjektfase var det kun utført én PPU måling før intervjuet ble avholdt.

«Ja, vi lå vel på 66 %. Vi har bare foreløpig hatt en avstemning da. Vi fant ut vi var litt for ambisiøse i planleggingen vår, men også var det to ting som var styrt av offentlige myndigheter, som vi ikke har noe kontroll over. Må få til et møte med kommunen» [Intervju 7].

Prosjekteringsleder utfører årsaks-analysen og kategoriserer oppgavene som ikke er gjort ut fra noen forutbestemte kategorier oppgitt i planen. Det er en del av kontinuerlig forbedring, og det påpekes videre:

«Også er det viktig i forhold til den, den bør vel ligge på rundt 80-90 %, men du bør ikke være på 100 %, da har du ikke vært ambisiøs i planleggingen din. Så, lett å lage en enkel plan som du får en høy score på, men du må være litt ambisiøs og» [Intervju 7].

Belsvik et al. [59] finner i sin studie at det er vanskelig å definere målinger som skal relateres til prosjektets mål. Det er da snakk om VDC-prosjekter hvor det er gjort beregninger på møtetilfredshet, PPU, beslutningsforsinkelse som har resultert i endringer og prosjektresultater gjeldende kostnad og varighet [59].

Måloppnåelse dreier seg i all hovedsak om prosjektprogrammet som byggherre har utarbeidet på forhånd. Det forteller hva som er ønskelig i forhold til hva prosjektet skal inneholde og målet er å innfri alt som er oppgitt der, ved å styre etter disse kravene gjennom hele forprosjektet. Det kan være hvordan leilighetene skal være, kvalitet, bærekraft og BREEAM-nivå.

«Når vi er ferdig med forprosjekt så skal vi ha et komplett sett med tegninger som skal innfri de målene, eller det prosjektprogrammet, men det vil helt sikkert være endringer underveis og det er det vi ser i forhold til. Arkitekten skal på en måte finne den beste løsningen på plasseringen av byggene, men du klarer ikke å tilfredsstille alt på en gang, for du skal liksom ha den beste plasseringen for å nå byggene med brannbil, så skal du ha den beste for sol og den beste for parkeringen under, for hvordan bæresystemet passer. De kravene samsvarer ikke, så noen blir på kompromiss ikke sant, og noen steder, vi vil jo at produksjonen skal gå først, at vi skal ha det beste bæresystemet egentlig, det er det vi har jobbet mye for, men om vi får en eller annen bjelke en eller annen vei som er litt ugunstig, tungvint å bygge, så er det gjerne en grunn for det» [Intervju 7].

Prosjektleder forteller at byggherre vil ha best mulig leilighet i forhold til salg og inntekt og noen ganger kan det forekomme endringer underveis. På grunn av dette skal det forsøkes å utarbeide en kalkyle som skal foreligge underveis i prosjektutviklingen, som viser hva endringen potensielt koster. Meningen med dette er å være mer forutsigbar i forhold til pris, hvis byggherre ønsker å gjøre endringer som kompliserer byggingen betraktelig.

«Kalkulasjon tidligfase sitter og jobber parallelt med utviklingen, også prøver vi å kalkulere det vi skal bygge da, sånn at vi, at målet er når vi kommer til uke 12 så skal vi ha et grovt estimat for hvor vi er i forhold til hvor prosjekteringsleder tegner. Så skal det treffe bedre og bedre, så når vi kommer i uke 17, så håper vi at vi har, når forprosjektet blir levert, så blir det også levert med et tallestimat som vi mener vi bør klare å bygge det her for, så går vi inn i

kalkulasjonsprosessen og får fram det eksakte tallet. Vi skal forhåpentligvis ikke bomme så veldig mye da» [Intervju 7].

Når det gjelder å konkret nå prosjektmålet, forteller prosjekteringsleder at det kan være vanskelig å vite på forhånd og før prosjektet er helt ferdig. Dette fordi prosjektmålet ofte er et økonomisk tall for hva det skal koste pr. kvm. av det salgbare arealet.

«For det er gjerne det vi har gjort, vi har styrt litt i blinde, men nå håper vi at vi får litt bedre å styre etter, for det økonomiske målet er egentlig det viktigste i prosjektet for byggherren. For hvis det ikke går, så får de ikke til å realisere prosjektet. Investeringen vår må gi nok penger i kassen for at vi skal få lov til å fortsette» [Intervju 7].

Kalkulasjon tidligfase bekrefter at entreprenør styrer mot pris, som har sammenheng med at det er vanskelig å realisere prosjektet hvis fokuset ikke ligger på pris i design- og utviklingsfasen. Salgbarhet blir også prioritert, men det er ofte de tiltakene som gjør prosjektet mer salgbart, men som ikke går på bekostning av å realisere prosjektet som blir utført [Intervju 8].

MMI blir brukt i fremdriftsplanen i prosjekteringen for å synliggjøre frister, og hvor langt prosjektet er kommet. I forhold til å kode bygningsdeler med informasjon er dette forsøkt prøvd, men viste seg å være for kostbart i forhold til kompleksiteten som prosjektene innehar. Det påpekes at det kan være aktuelt på prosjekt for mer kompliserte bygg, som f.eks. sykehus.

«Ja vi har ikke pleid å gjøre det, at man koder det inn, det har vi ikke gjort. Vi har bare sagt at på det tidspunktet så skal det være MMI 300, men i forhold fremdriften, bare sånn at folk er klare over hvor langt vi er kommet, men vi har gjort noen forsøk, hvor de har gjort det på bygningsdeler. Det koster vanvittig mye penger for oss, for de bruker mange timer på å kode» [Intervju 7].

7.2 LPS i produksjon

Studien til Fiallo og Revelo [8] bekrefter at LPS er en effektiv metode for planlegging og kontroll av arbeidsflyt, og for hver gang den ble benyttet økte målingene for PPU. Denne studien er blant flere som har hatt en positiv effekt av Last Planner [8].

I pilotprosjektet Havlimyra oppvekstsenter ble LPS innført med mål om «å redusere sløsing og øke verdiskapning gjennom planlegging og relasjonsbygging i forsyningskjeder i byggenæringen» [44, p. iii]. Erfaringen tilsier at metoden gir større kontroll og forutsigbarhet over produksjonsprosessene og redusere mengden «brannslukninger», men implementeringen har vist seg å være ressurskrevende. Det påpekes videre at det må være et sterkt incitament til forbedring og endring for å sette metodikken i system for å kunne redusere sløsing, samt øke produktiviteten [44]. Det anses som viktig å implementere systemet helt for å få full virkning. Det fremkommer i sluttrapporten at det var utkvikksplanleggingen som var mest utfordrende å innføre. Når det kommer til faseplanleggingen, ga den positiv effekt for teambygging [44].

I forhold til Last Planner System kommer det frem at flere av respondentene ikke kjenner til prinsippene som ligger bak systemet, men kan trekke paralleller når disse blir presentert. Det kan ses å være stor variasjon for respondentene, uavhengig av roller, når det gjelder kjennskap og engasjement rundt Trimmet bygging fra case, både for LPS og VDC. Videre ble produksjonslederne

spurt om det konsekvent jobbes med bakoverplanlegging. Det vises til noe avvik fra dette, og at det også avhenger av tidshorizonten på planen som skal legges.

«Det kommer an på hvor stort aspekt det er. Hvis det er en toårs sak, da er det jo vanskelig å begynne der, men er det 4-ukers plan så er det mye lettere. Der skal vi vaske ned før vi skal levere, og så ser du hva du har igjen, egentlig jo større, jo lengre planen er jo vanskeligere er det å detaljere» [Intervju 9].

Anleggsleder forteller videre om erfaringer med at planene er for ambisiøse og detaljerte i starten, slik at det blir vanskelig å følge opp, samt lite rom for justeringer. I prosjektet som nå pågår har det blitt løst på en god måte, med en grovere langsiktig plan som er delt inn i faser som videre er brutt ned til 4-ukersplaner. Det har også vært god involvering av de fleste fagene, men det påpekes at ikke alle underentreprenører er vant til slike store planer, og derfor er det erfart at 4-ukersplanene er viktigst.

«Så det vi har funnet ut her er at, de viktigste er jo de 4-ukers planene. Det er lang nok horisont, men samtidig ganske nært forestående da, for hva som skal skje» [Intervju 9].

Tegningsgrunnlag og planer ligger tilgjengelig for alle prosjektdeltakere i et webhotell, i tillegg til planer sendt ut på mail til alle entreprenører. Til tross for dette påpekes det at ikke alle holder seg oppdatert og følger med på planene som blir publisert og sendt ut.

Knapp et al. [47] presenterer flere erfaringer etter bruk av faseplanlegging i studien, deriblant at bakoverplanlegging var den største utfordringen for deltakerne å forstå og rette seg etter. Deltakerne ville helst planlegge som de var vant til. Bakoverplanlegging er lettere når det er lagt en klar strategi for arbeidet i fasen. En fordel med faseplanleggingen er at prosjektgruppen kan få en bedre forståelse for måloppnåelsen i prosjektet [47].

Et forskningsarbeid [2] angående «making do» på byggeplass bestående av to casestudier ved to forskjellige hovedentreprenører, viser at årsaken til flere making do-hendelser var tydelig grunnet manglende byggbarhet i det prosjekterte grunnlaget [2]. Til tross for at begge entreprenørene hadde flere års erfaring med bruken av Last Planner System, kommer virkningen av dette frem som begrenset når det gjelder eliminering av «making do». I denne sammenhengen blir svakheter i utkvikksplanleggingen poengtert, i den forstand at systematisk identifisering og fjerning av hindringer lyktes delvis i begge casene [2].

Betongarbeiderne forteller at de har vært inne tidlig i prosjekter og formidlet ønsker i forhold til tegninger, men at det ikke alltid gjøres endringer som følge av dette. Økonomi trekkes inn her som årsak.

«Ja, vi har jo vært tidlig inne og sagt ifra om det, men det er de ikke villig til å betale for, det og endre til en tegning slik som vi vil ha de. Det koster jo mer å ha flere mål på tegningene, og det er de ikke alltid villig til å betale for» [Intervju 2].

Tømmer gruppe 1 forteller at det er hovedsakelig bas som er med på 3-ukers planleggingen. En av respondentene er nestkommanderende (NK) og har deltatt i noe planlegging, men poengterer at lappeleggingen i stor grad blir gjort før de blir trukket inn i prosjektet [Intervju 3].

Tømmer gruppe 1 viser til en positiv opplevelse av at bas fra tømmer hadde blitt tidlig involvert på en av blokkene i Bjørndalen. Basen hadde vært med allerede i jernriggen, som ifølge respondentene hadde positiv effekt. Videre fortelles det om noe feil på den første boligblokken (blokk A), men produksjonen hadde gått opp 20% fra blokk A til blokk B [Intervju 3]. Tømmer bas 1 og 2 har også gode

opplevelser med tidlig involvering [Intervju 6]. Til tross for å ha en positiv erfaring med tidlig involvering, blir det også poengtert at det er lett å se seg blind på tegninger, og at ikke alle feil kan bli oppdaget på forhånd. Tømmer bas 1 ble involvert 3-4 måneder før produksjon på første bygg i Bjørndalen, KF5, og poengterer at dette ga en god planleggingsprosess [Intervju 5].

Når det kommer til hvor tidlig håndverkerne blir involvert varierer det fra prosjekt til prosjekt. Basene kommer inn tidligere og er med på lappelegging i 3-ukersplanene og noen ganger før, mens de andre fagarbeiderne er med på ukentlige og daglige møter underveis i produksjonen. Havlimyra var det første prosjektet hvor metoden ble benyttet, og har siden vært benyttet [44], [Intervju 5]. Lappelegging synes å være en god metode for fagarbeiderne [Intervju 2], [Intervju 6]. Til tross for at hver enkelt håndverker ikke er med i planleggingen av 3-ukersplaner, gir planen forutsigbarhet for håndverkerne. Feil i bestillinger eller lignende blir ifølge respondentene stort sett oppdaget i 3-ukersplanen. Avhengig av hvor de er i arbeidet blir det avholdt morgenmøter for videre arbeid.

«Vi har gjerne oppstartsmøte når det er noe nytt. Hvis du skal inn på et nytt tog for eksempel, så blir det en liten stopp, og vi går gjennom alt som skal gjøres først. Daglig så gjør vi mye av det samme» [Intervju 3].

Tømmer bas 2 viser til et eksempel hvor bruken av god planlegging og lappeteknikk medførte at et prosjekt som lå bakpå klarte å holde fristen likevel. Rundt juletider ble det oppdaget at det var knapt med tid, da prosjektet skulle overleveres til sommeren. Da ble det satt i gang replanlegging med lappelegging, som resulterte i at det ble hentet inn nok tid til å komme i mål, samt overholde leveringsdato [Intervju 5]. Videre trekkes det frem en gjentakende svakhet i forhold til at det tas utgangspunkt i en perfekt verden når det planlegges. Det er videre forklart at uforutsette hendelser kan oppstå på en byggeplass og at dette bør tas høyde for i planleggingen, ved å for eksempel legge inn flere buffere. Arbeidstakere kan bli syke eller det kan for eksempel oppstå lekkasjer på byggeplass. Det blir påpekt at sykefravær er spesielt utbredt i vinterstider, og mye under pandemien. Dersom slike hendelser ikke fanges opp, kan det medføre svakheter i planene [Intervju 5].

7.3 Samspill mellom prosjektering og produksjon

Flere av intervjuobjektene er enige i at informasjonsflyten mellom produksjonen og prosjekteringen kunne vært bedre. Det blir meddelt et eksempel hvor det var mangelfull kommunikasjon innad i prosjekteringsgruppen.

«På de tre første byggene så bestilte de en type heis og så i de neste tre bestilte de en annen heis, men det er samme tegningen på alle byggene, men heisåpningen blir feil i tre av byggene, fordi de har bestilt en annen heis, men det vet jo ikke vi noe om. Vi følger jo bare tegningen» [Intervju 2].

Bas 2 på tømmer opplever at RIB og arkitekt ikke snakker godt nok sammen, og gir et eksempel fra tidligere prosjekt i Bjørndalen:

«Vi bygger etter kotehøyder, og hvis de da går med forskjellige utgangspunkt, når de legger på grunnlagene sine, så får du fort feil. Det hadde vi på KF5, der hadde vi store feil, som kostet mange tusener, på grunn av at det» [Intervju 5].

Til tross for mangelfull kommunikasjon mellom produksjon og prosjektering forteller tømmer gruppe 1 at kommunikasjonen mellom bas, underentreprenører og fagarbeiderne er god. Det vises til et

eksempel hvor fagarbeiderne er ferdig med en aktivitet og har tid til rådighet til å starte på noe annet, men at det ikke er i henhold til fremdriftsplanen.

«Ja, du har en fremdriftsplan, som de følger og går gjennom og ser hva som skal gjøres denne uken, også er det sånn, ja, da skal du begynne med det, da er det liksom sånn, ja vi kan egentlig begynne på det i dag vi, nei nei, du får ikke lov til det» [Intervju 3].

«Vi gjør det for å ha en buffer på noe annet, som kanskje kan gå galt, om vi må vente på materiale, eller noe som vi må ta senere, så da kan vi gjøre en annen ting ferdig først» [Intervju 3].

Produksjonsleder poengterer at forståelse og formidling for overlappende aktiviteter og fag er viktig for at de prosjekterende skal forstå produksjonen og omvendt, særlig i forhold til fremdriftsplanen. Det gis eksempel på at dette kan ha sammenheng med avklaringer, hvor produksjonen rett og slett ikke er klar over denne informasjonen.

«Eller at du kommer for tidlig, du glemmer den som skal inn imellom, fordi du kanskje ikke vet, et eller annet som skal inn som de ikke vet om, eller at de gjør det kronglete. Hvis du er ferdig med stålet, så tenker du at nå hadde det vært greit å sette i gang med å lukke her, men da kan det blir kronglete for elektro eller rør eller hvem det måtte være. Så det er kanskje en grunn for at de har blitt bedt om å vente» [Intervju 9].

De tre blokkene som er under oppføring, er tilsvarende de tre forrige som allerede er bygd, og prosjektgruppen har dermed tatt med seg erfaringer og gjort justeringer for å bedre prosessen. Produksjonsleder for tømmer forteller at på de første blokkene kom tømmer for tett på betongen slik at arbeidene måtte vente på hverandre. På de neste blokkene har tiden blitt strukket ut, slik at fagene har fått gjort seg helt ferdig, og ryddet klart til neste fag, som videre har resultert i høyere produksjonstall. Det påpekes at dette kan også være aktuelt for overgangen fra prosjektering til produksjon, altså at produksjonen ikke må starte for tidlig.

«Vi vil så gjerne i gang ikke sant. Egentlig så burde en kanskje ventet 14 dager eller, 3-4 uker med å starte, og tenke at det her tar vi igjen hvis vi har gode tegninger og godt underlag. Så slipper man å løpe fram og tilbake. Folk løper inn og ut hele tiden for de vet ikke hva de skal gjøre. Hvor er den, hva skal vi gjøre her, hvor er stikkerne. Ja, jeg tenker at hvis man bare får lov til å prosjektere ferdig og ha litt is i magen» [Intervju 9].

I denne sammenheng uttrykker anleggsleder at dette kan være utfordrende å få til.

«Men hvis en prosjekteier ser det at det er lagt inn 3 måneder i planverket hvor det ikke foregår produksjon, så reagerer de ikke sant. For da tenker de, å ja, men da kan vi komprimere byggetiden med to måneder, men vi skulle hatt de to månedene til å prosjektere ferdig før vi begynner, så det er jo også en feil som skjer. Man blir så presset på byggetid uansett» [Intervju 9].

Prosjektleder trekker frem utfordringen med at prosjekteringen ikke er ferdig før produksjonen setter i gang, og påpeker at de ønsker å bli bedre. Videre forklares det at dette handler om oppfølging og krav om hvor mye av tegningsgrunnlaget som skal være ferdigstilt før produksjonen starter, for å unngå situasjonen med prosjektering parallelt med produksjon. Både prosjektleder og prosjekteringsleder er enige i at prosjektet Bjørndalen byr på gode muligheter til å forbedre prosesser i forhold til repetisjonseffekt. For hver bygning som føres opp kan Skanska ta med seg erfaringer videre til neste, ettersom det er Skanska Bygg som bygger for Skanska Eiendomsutvikling. De har også større innvirkning på valg av arkitekt, som gjør at gode samarbeid kan velges, enn de for eksempel har når de

regner på prosjekt for andre. Da er det ofte byggherre som velger arkitekt, samtidig som det kan være dårlig tid fra et anbud vinnes til produksjonen skal starte å bygge, som videre kan definere hvor mye tid som går til prosjekteringen. Prosjekteringsleder påpeker at dårlig tid til prosjektering kan være grunnen til at mange opplever at kvaliteten er dårligere i starten, mens den etter hvert blir bedre.

«Men der må vi kanskje være flinkere på å sette, litt mer foten i bakken å si at vi trenger mer tid før vi setter spaden i jorda, uten at det får konsekvenser i andre enden, men det er en vanskelig sak, og det er det vi opplever også at, byggetiden er kort» [Intervju 7].

Det er en felles forståelse for at prosjekteringen har blitt mer og mer kompleks med årene. Anleggsleder påpeker at prosjekteringen gjerne foregår gjennom hele prosjektet, helt til ferdigtesten foreligger [Intervju 9]. Prosjekteringsleder betegner prosjekteringsfasen som hektisk og at det som er viktig for produksjonen, kan bli glemt i forprosjektet. I tillegg er det ikke alltid de prosjekterende vet akkurat hvilke detaljer de utførende har behov for. Derav er prosedyren på fremdrift at produksjonen skal sjekke tre uker før at de har det underlaget de trenger for å kunne bygge helt riktig og sikre effektivitet. Prosjekteringsleder påpeker at det kan være vanskelig for en teoretikere å vite hvilke praktiske mål produksjonen trenger, som for eksempel hvilke akser, og at rollen som prosjekteringsleder er å være det kommunikasjonsleddet mellom de som produserer og de som tegner.

«Det er også en ting som går litt andre veien, det er ikke alltid vi får de innspillene på hvilke detaljer og hvilke ting som er de viktigste. Nå er vi veldig tett med produksjonen her, så det er veldig lett, men hvis man ikke hadde vært det, så er det vanskelig for mange» [Intervju 7].

I forhold til når prosjekteringen trekker inn produksjonen i planleggingen forklares det at det avhenger av prosjekt og hvilke ressurser Skanska har tilgjengelig. Det blir spesifisert at produksjonsleder har et ansvar for å viderefremme produksjonens ønsker og behov i tidligere faser i prosjektet, og at dette har blitt utprøvd i Bjørndalen.

«Produksjonsleder på tømmer, ble med veldig tidlig i dette prosjektet, også har vi da en forventning at produksjonsleder sitter på litt mer kompetanse enn det bas påpeker, hva trenger håndverkene ute av snitt, altså hvilke type snitt og litt sånn. Målet er at produksjonsleder skal være så gode på det, at de kan bistå prosjekteringsleder i en tidlig fase, også når vi kommer i det som vi kaller for mobiliseringsfasen, det har blitt et prosjekt og vi skal begynne å rigge oss opp for bygging, så må vi trekke inn basene, slik at de får litt tid til å se gjennom tegninger, men vi undervurderer nok den tiden litt. Det er en balansegang, i og med at vi har en produksjonsleder så tenker vi at det kanskje ikke er behov for at en bas sitter inne i tre uker, så det er en kostnysse vurdering. Kanskje vi er litt for strenge, ikke tørr å se altså, å ta den kostnaden med å ha de inne og etterpå så viser det seg at produksjonen går veldig mye bedre, altså hvis vi hadde turt å bruke litt mer penger tidlig, for det er egentlig det vi sier at vi må tørre, å bruke litt penger tidlig, for da får vi gevinsten i andre enden» [Intervju 7].

Prosjekteringsleder forteller at prosjekter som er i tidlig fase, ikke har arbeidstegningene i fokus. Først må de store rammene i prosjektet fastsettes. Det gis eksempel på at arkitekt arbeider i et forprosjekt på løsninger rundt bæresystem, sol og hvordan bygget skal være plassert i forhold til brannbil. Videre spesifiserer prosjekteringsleder at selv om produksjonen ikke kommer i første rekke i en forprosjektfase, så kommer det punktet på et tidspunkt, og da handler det om å få det skjæringspunktet med produksjonen så tidlig som mulig [Intervju 7]. Arkitekt bekrefter at avklaringer

rundt hvilket bæresystem og prefabrikkerte elementer som f.eks. badrom er viktig å ta tidlig for å spare tid når arkitekten tegner. Arkitekt forteller om gode erfaringer med å dra inn produksjonen i detaljprosjektfasen når produksjonsunderlaget utarbeides [Intervju 1].

«Når det gjelder for oss arkitekter, når vi lager detaljtegninger for bygget så har jeg veldig gode erfaringer med å lage et forslag med detaljer hvordan jeg tenker de skal løses også dra inn entreprenøren for å sjekke byggbarhet, og så dra inn bygningsfysiker for å kvalitetssikre alt av det bygningstekniske, i forhold til kuldebro og fukt og så har vi en runde veldig tidlig, og så tegner jeg de om, etter innspill. Så tar vi en runde til før vi går til byggeplass, og det har ført til veldig lite feil eller avvik for å si det sånn» [Intervju 1].

Prosjekteringsleder trekker frem gjennomgangen av arbeidstegningene før produksjon, og hvor viktig det er at tilbakemeldinger kommer slik at tegninger kan revideres ved eventuelle feil.

«Ja, det er derfor jeg tenker at den tre uker før er veldig viktig, at de gransker den tegningen, for da skal arbeidstegningene foreligge og være ferdig. Da har de muligheten til å gå dypt inn i det å se at, altså ja, har vi det vi trenger her, og eventuelt hva, også må de kontakte meg, slik at vi har nok tid til å revidere tegningen før de begynner å bygge» [Intervju 7].

Fra intervju med fagarbeiderne kommer det frem at det ikke alltid er lett å oppdage feil i arbeidstegninger, og prosjekteringsleder bekrefter at dette også er en utfordring for de prosjekterende.

De ulike rollene har ulike behov og forståelse av prosjektet, og i denne sammenhengen formidler prosjektleder at produksjonsleder skal se et større bilde og ha en større forståelse for kompleksiteten i prosjekteringen enn f.eks. en bas.

«Det tenker jeg at produksjonsleder, han ser nok et større bilde, så hvis han fanger opp målsetting og det de trenger, så har han en større forutsetning å se kompleksiteten i det, for jeg tror kanskje ikke, ikke for å si noe galt, men jeg tror kanskje en bas ser arbeidstegningen og mål, de der tingene som er veldig sånn, det trenger vi for å lage den veggen, men om den veggen skal ha et brannkrav eller et lydkrav eller u-verdi, alle disse tingene, det er jeg litt usikker på» [Intervju 7].

Videre blir det formidlet et eksempel med dørterskler, for å forklare det med forståelsen for andre sitt arbeid og det å kunne se prosjektet i et større bilde.

«Og det er også litt sånn som med terskel, om vi jobber mye med universell utforming eller tilgjengelige boenheter på en bolig, men du har jo, en terskel kan være 25 mm høy, med 45 graders avfasing, hvis det er mer enn det, så kan du risikere å få avvik fra kommunen og da må du rette det, men når de støper betong for eksempel, hvis de har et betongdekke som skal støpes eller som kommer som prefab og skal monteres, så er jo da de 25 mm veldig viktig, men det er ikke sikkert de som er baser eller de som produserer er helt klar over det. Det er produksjonslederen som må, se litt det større bildet og som må vite at okei, når vi støper betongen her så er det faktisk veldig viktig at det er 100% rett og jevnt, for det som kommer over har en annen toleranse, og det kan vi ikke forvente at alle fagarbeiderne og basene kan like mye om» [Intervju 7].

Ettersom prosjektet Øverlia enda er i en forprosjektfase er det ikke utarbeidet en hovedfremdriftsplan. Prosjektleder forteller at når prosjekteringen når uke 18 er målet at forprosjektet er ferdig utviklet, og de videre kan starte med kalkulasjon. Kalkulasjonen skal foregå frem til midten av juni, mens i starten

av august skal de forhåpentligvis levere et tilbud til byggherren SEU med pris, riggplan og hovedfremdriftsplan. Prosjektleder forteller at denne planen er overordnet og brutt opp, men den er nok detaljert i forhold til betongfasen, p-kjeller og fordelingen av varigheten på ressurser. Når de får signatur fra byggherre, lages det en mer detaljert fremdriftsplan [Intervju 7]. Etter endt forprosjekt, kalkulasjon og signert kontrakt vil detaljprosjekteringen starte, og det er her informasjonen om hvordan produksjon ønsker å ha målsatt arbeidstegningene må komme frem. I denne fasen leveres det gjerne en tegningsleveranseplan, og det er her arkitekten trenger referansetegningen som nevnt tidligere. Dersom ønsker ikke blir formidlet blir tegninger målsatt etter arkitektens premisser.

I møtet med RIB blir digitalisering presentert som en utfordring. Rådgiverne forteller at det gjerne ikke leveres tegninger, men bare modeller og at entreprenør selv må hente ut mål. Dette blir definert som kjernen av problemet. I forhold til kommunikasjon poengteres det at informasjon må komme tidlig nok, slik at fullt utbytte kan oppnås når det gjelder byggbarhet og anleggsgjennomføring. Det kommer frem at entreprenørenes innspill ofte kommer for sent, i den forstand at mange valg allerede er gjort, men det blir poengtert at dette avhenger av prismodell og om det er et offentlig eller privat prosjekt. I forhold til forståelse blir det poengtert at det er viktig at rådgiverne og arkitekt forstår entreprenørenes ønske om å legge til rette for produksjonen, og at det kan være nyttig å sette rammebetingelser for arkitekten [Intervju 10].

Arkitekt forteller at dersom entreprenør setter premisser for arbeidet kan det gi begrensninger i forhold til det kreative, men påpeker at god kommunikasjon der problemstillinger blir belyst vil være positivt. Videre blir det formidlet at involvering av entreprenør tidlig i prosjekt kan gi en god sikkerhet i forhold til byggbarhet. Mye handler om kostnad, og det er viktig å finne en balanse gjeldende kostnad, tekniske løsninger og det kreative aspektet [Intervju 1].

«Det er jo egentlig det dreier seg om, kostnadsbildet, men det er jo viktig at det er ikke står i veien for gode løsninger som vi skal utarbeide i vår kreative fase. Det er litt sånn, den balansen, hvis du har for mange begrensninger, så løser du kanskje det tekniske, men leiligheten er kanskje ikke så bra som den kunne ha vært, så det det er alltid den balansen vi prøver å finne» [Intervju 1].

7.3.1 Hindringer i produksjon

I spørsmålet om hvilke av de syv forutsetningene som oftest skaper utfordringer i produksjon, er det kategorien informasjon som peker seg ut [89, p. 16]. Mangelfulle tegninger er en gjenganger for både betongarbeiderne og tømmerne. Samtlige av intervjuobjektene uttrykker at det er en stor utfordring at prosjekteringen ikke er ferdig før de skal sette i gang med arbeidet. Noen ganger har de prosjekterende ikke klart å tegne det som skal bygges, og håndverkerne må bygge før det tegnes. Betongarbeiderne legger frem at dette har skjedd i Bjørndalen [Intervju 2]. Tømmer gruppe 2 påpeker at dette er en særlig utfordring når det kommer til rehabilitering, og i denne sammenheng trekkes tidspresset inn [Intervju 4]. Dersom tegninger er forsinket eller feil må produksjonen vente, mens tidsfrister i produksjonen skal likevel stå. Fagarbeiderne tenker at kommunikasjon mellom de ulike partene er en viktig del av løsningen [Intervju 4].

I intervjuet med tømmer gruppe 1 blir det også belyst utfordringer knyttet til at foregående aktivitet ikke er fullført. For eksempel at betongarbeidet ikke er ferdig før tømmerne kommer inn.

«Så er det det at vi må ikke inn for tidlig heller. Det så vi veldig forskjell på her når vi kom inn i begynnelsen så kom vi for tett på betongen. De var ikke ferdig-ferdig, så vi ble gående litt oppå hverandre. Stillaset var ikke ferdig, det har egentlig vært et problem med stillaset, det har egentlig aldri vært klart når vi skal begynne. Det er jo en ulempe, for da må vi gå i sele, og det tar enda lengre tid» [Intervju 3].

Fagarbeiderne legger likevel frem at dette har blitt bedre, og at det har vært fokus på at betongen skal ha en overlevering til tømmerne. Ettersom tømmerne bygger videre på betongen og arbeidet deres har ulik feilmargin, kan dette også skape utfordringer.

«Nei altså, en annen ting er jo også at betongen har jo andre krav på sine arbeid, enn det vi har. Så betongen kan si at de kan ha 3 cm ute av lodd, altså at veggen tilter, mens vi har bare 7 mm, sant så det er jo og en liten case mange ganger» [Intervju 3].

Det er ulike behov for målsetting av arbeidstegninger for betong og tømmer, noe som ikke alltid tas hensyn til. Det blir forklart at innvendig tømmer vil ha tegninger som ikke er basert på aksemål, mens utvendig tømmer kanskje er avhengig av disse aksemålene, og betong er avhengig av noe annet igjen. Det er altså vesentlige forskjeller, som er avhengig av tidsløpet til produksjonen.

«De er veldig inkonsekvente på hva de måler fra. Sånn som for vår del, akser er ikke noe vi har tilgang på. For det første er bygget ferdig reist, og gulvene er støpt når vi kommer inn, så aksepunktene er borte. Men arkitekten måler fortsatt fra aksene, så det er ikke alltid like lett for oss å finne målene. Vi skal alltid ha målene fra reisverk til reisverk, men det klarer de ikke alltid. Noen ganger er det plutselig fra gips, og det er jo helt umulig for oss å se at, plutselig er det 12 mm forskjell» [Intervju 3].

7.3.2 Erfaringsoverføring og tilbakemelding

Flere av fagarbeiderne forteller at de får gjennomgå tegninger og gi tilbakemeldinger før produksjonsstart. I intervjuene kommer det likevel frem at målsettingen av tegningene kan forbedres. Betongarbeiderne forteller at det noen ganger fungerer å gi tilbakemeldinger på tegninger på eventuelle feil eller endringer som behøves. Under arbeidet i Bjørndalen opplevde de at tegningene ikke ble bedre, til tross for at det var prøvd å gjøre noe med det, ifølge ledelsen [Intervju 2]. Tømmer gruppe 1 gir også tilbakemeldinger videre til bas og produksjonsleder. I app på telefon hvor arbeiderne skriver akkord, kan de også gi tilbakemeldinger. Dersom tegningsfeil medfører tapt tid, blir dette registrert i appen og tatt bort slik at det ikke går utover akkorden.

«For min del, så er jeg i direkte kontakt med produksjonsleder, eller bas, så jeg gir tilbakemeldinger, og han tar det videre, ellers så, for vår egen del så er det akkord, ja der vi skriver, på appen, vi skriver kommentarer på alt. Vi skriver akkord, og da skriver vi timene hver dag, der kan vi føre inn akkurat hva vi vil, sånn sett, der skriver jeg jo vekk tid utover vår akkord på tegningsfeil da» [Intervju 3].

Det ble også spurt om det blir gjennomført en form for tilbakemelding og sluttevaluering av prosjekter eller om det var rett over på neste prosjekt. Betongarbeiderne uttrykker at fra deres side er det helst sistnevnte. Det kommer frem i flere av intervjuene at det var bedre for 10-15 år siden. Bas 2 trekker frem digitalisering som en mulig årsak til dette. De prosjekterende har gode programvarer og de utførende har tilgang til modeller, men er fortsatt avhengig av fysiske tegninger som er riktig målsatt. Dette blir kanskje glemt i en modell [Intervju 2], [Intervju 4], [Intervju 5].

«Ja, tegningene var jo mye bedre for 15 år siden» [Intervju 2].

«Det står mange mål som du ikke har bruk for, og de målene det er bruk for de er ikke der. Det er nesten sånn at for 10 år tilbake siden var det mye bedre» [Intervju 4].

Tømmer bas 2 påpeker at det tar mye tid å finne frem til riktige mål dersom tegningene ikke er målsatt på ønskelig måte. Barnehagen i Bjørndalen trekkes frem som et eksempel. Den er rundt 47 meter bred og i underkant av 50 meter lang, hvor flere vegger settes av langs disse lengdene. Det krever mye regning for å komme frem til hvor veggene skal settes dersom dette ikke er angitt på tegningen. Det påpekes at mangelfull tegnsetting kan medføre ekstra tid, og betegner tegninger som den største tidstyven. Ved barnehagen skal de ha brukt flere titalls timer på dette. Videre fortelles det at det er ønskelig å ha oppstartsmøte med arkitekt i forkant av produksjon, noe som har blitt gjennomført ved noen tidligere prosjekt. I denne sammenheng blir det også nevnt at produksjonen ofte har gode tall i effektivitetsmålinger, over 100% i forhold til kalkyle. Men dersom dette skal gjøres bedre, må produksjonsunderlaget forbedres [Intervju 5].

«Jeg savner litt det oppstartsmøte med arkitekt. Det har vi hatt noen plasser, før tegningene går i trykk. De målsetter for eksempel plantegningene ut etter sine perspektiv, men de er ofte utrolig tungvinte. Jeg måtte bruke en time på å finne en vegg, fordi man må slå sammen 100 forskjellige mål. Ikke sant, hvis man skal snakke om tapt tid i produksjonen, så er tegningsgrunnlaget kanskje den største tidstyven, hvis det er dårlig» [Intervju 5].

Når det gjelder erfaringsoverføring kommer det frem at det skjer det lite loggføring, men prosjektgruppens medlemmer tar med seg det de har erfart videre [Intervju 10]. Produksjonslederne trekker frem at det ikke er lett å huske detaljer fra foregående prosjekt, men hendelser som har ført til store konsekvenser er slikt som setter seg i minnet og unngås senere. Det blir også formidlet at ved eventuelle feil må det vurderes hvor mye ressurser som skal brukes på å finne en ansvarlig.

«Når vi har sånne distriktsmøter så hender det at han som overtar prosjektene da har en sånn peptalk til alle, der gjorde de det, det var veldig dumt, ikke gjør det, eller de gjorde det, det var veldig lurt, burde gjøre det fremover, men vi har nok ikke nok av det, for det blir ofte, det følger personene som kan det» [Intervju 9].

Respondenten legger også til at Skanska formelt sett har overlevering til ettermarkedet, som først skjer etter at etterbefaringen er avviklet. Det poengteres at det er fordelaktig å dokumentere avvik/uønskede hendelser slik at det er lett å finne tilbake til, for å huske tilbake på alt som har oppstått er vanskelig [Intervju 9].

Mens fagarbeiderne trekker frem at tegningene var bedre for 10-15 år siden, forteller prosjektleder at prosjekteringen har blitt mer krevende og komplisert de siste årene på grunn av en rask utvikling, og stadig endrede og nye tekniske krav. Det blir fortalt om forutsigbare yttervegger, vinduer og areal og universell utforming som gjerne ikke endret seg på 10 år. Dette skapte rom for brede baserte løsninger, som f.eks. innsetting av vinduer var 10% av gulvareal, mens nå skal det ikke bygges slik lengre. Alt skal stemme med tegninger, og prosjektleder påpeker at når prosjekteringsleder har vært gjennom bygget en runde, kan det slå inn nye tekniske krav som må ivaretas.

«Det tror jeg egentlig vi har undervurdert, hvor komplisert prosjekteringsprosessen har blitt i det siste. På relativt kort tid så har det skjedd utrolig mye, universell utforming, alle de her tingene som må stemme 100% før vi kan begynne å bygge, som før var mye, det var litt sånn brede baserte løsninger» [Intervju 7].

Kalkulatør formidler også utfordringer knyttet til kompleksitet og stadig nye krav. Deriblant tekniske krav, husbankkrav og miljøkrav. Som også prosjektleder nevner har Skanska hatt egne byggesystemer med ønske om å standardisere og skape forutsigbarhet, men ettersom det stadig skjer endringer i krav krever det mye ressurser, og det er utfordrende å opprettholde en oppdatert mal. Videre forteller kalkulatør at det generelt sett har vært utfordrende å tjene penger på tømmer i prosjekt, men i prosjektet som pågår nå har de klart å snu dette. Årsaken til det er noe usikkert, men en bedre kalkyle, erfaringsoverføring og likheter trekkes frem. Ved prosjektet som pågår nå var effektivitetstallet i de tre første blokkene på under 100%, mens det på de tre neste har vært godt over 100% [Intervju 8]. Produksjonslederne poengterer også fordelene med erfaringsoverføring fra de tre første blokkene til de tre neste. Dette begrunnes med at det er tilsvarende løsninger på blokkene, tegningene har blitt bedre, god dialog med arkitekt, og det er samme mannskapet som utfører [Intervju 9].

I forhold til kontinuerlig forbedring av tegninger sier tømmer gruppe 1 at arbeidstegningene er dårligst i starten så blir de bedre og bedre utover i prosjektet, men at dette er en gjentakende prosess ved neste kommende prosjekt.

«Da er det jo det bindeleddet tilbake til den arkitekten som ikke funker da. For det er kanskje en annen arkitekt da. For jeg vil jo tro at den arkitekten er interessert i å gjøre det greit for oss. Men om de ikke får beskjed, er jo det som er» [Intervju 4].

Fagarbeiderne blir også spurt om hva de tenker om å utarbeide en form for mal/standard for målsettingen eller referansetegning for hvordan håndverkerne ønsker det. Samtlige er positive til dette.

«Veldig fornuftig. Jeg tror vi har forsøkt det, men de bytter jo de arkitektene, så det blir bare problemer» [Intervju 4].

Prosjektleder sier at det er gjort et internt tiltak i Skanska Agder, hvor det er startet opp et produksjonslederforum. De ønsker blant annet å utarbeide referansetegninger i forhold til hvordan arbeidstegningen skal se ut for både betong, jern og tømmer etter prosjekteringsleder har kontrahert med arkitekt. I tillegg skal det lages en liste over standarddetaljer som er ønskelig. Dette er under utarbeidelse, og prosjektleder forteller at det ble utarbeidet en slik referansetegning med mållinjer etter produksjonens ønske i 2012, men ettersom det har skjedd en stor utvikling i forhold til prosjekteringen og tekniske krav er denne nå utdatert.

«Også er det alltid noe sånn prosjektilpasset ting som kommer i tillegg, men da har i hvert fall prosjekteringsleder ca. 70 % oversikt over hva som skal leveres til byggeplassen, og har på en måte en tegning som viser hvordan vi ønsker å ha det målsatt» [Intervju 7].

Ansvarlig for kalkulasjon i tidligfase bekrefter at det arbeides med å etablere en referansetegning som skal gi arkitekt en oversikt over hvordan de skal tegne og målsette. Dette oppleves som utfordrende, ettersom at den skal kunne gjelde for alt, og det kan være mange forskjellige løsninger og detaljer for ulike prosjekter. I tillegg er det forskjellige aktører på de ulike prosjektene, som kan ha forskjellige vaner i forhold til hvordan de arbeider og utformer tegninger. Dette blir også trukket frem som en utfordring av produksjonslederne.

«Ja, det tror jeg nok man kan, men det er jo forskjellige arkitekter som tegner. Det er det som er utfordringen, hadde det vært den samme arkitekten så hadde det vært greit. Kommer du på et nytt prosjekt så er det en annen arkitekt som du kanskje ikke kjenner fra før, så må du igjen begynne på nytt, for arkitekten har sin måte å gjøre det på» [Intervju 9].

Basene på betong forteller at ønsker om hvordan en arbeidstegning målsettes blir formidlet videre, men blir ikke alltid gjort noe med. Prosjektleder påpeker at kommunikasjonen mellom bas og produksjonsleder må være bedre for å håndtere dette problemet. Skanska har en prosjektmodell med evaluering og hensikt med evaluering for egen produksjon, for hva som skal gjøres bedre neste gang.

«Vi har en prosjektmodell som sier at når vi er ferdig med et prosjekt, så skal vi gjøre en ordentlig evaluering av dette prosjektet for eksempel, fordi at produksjonsleder skal ta med seg de her kriteriene inn i neste fase da, så det er utrolig viktig at det, at produksjonsleder og bas har snakket godt sammen og produksjonsleder vet hvilke detaljer som de trenger» [Intervju 7].

Når det da kjøres forprosjekt og produksjonsleder er med i planleggingen og løsninger diskuteres, forventes det at produksjonsleder har kunnskap om basenes behov i produksjonen. Produksjonslederne trekker frem at det er ønskelig å komme tidlig inn i på prosjekt, men når de kommer inn varierer etter ressurser. Foregående prosjekt må være ferdig før de kan trekkes inn i neste, og det blir poengtert at dersom prosjekteringen har pågått flere måneder før de blir trukket inn, blir det knapt med tid til å sette seg dypt inn i detaljer før produksjonen skal starte, slik at mangler ikke blir oppdaget før man står i det.

Det er enighet i at kommunikasjon er helt sentralt, og dersom noe informasjon skal formidles videre gjennom flere ledd, kan noe bli borte på veien.

«Ja, og det er det som er litt vanskelig. Det handler veldig mye om kommunikasjon, hvis basen har en utfordring også sier han det til produksjonsleder også sier produksjonslederen det til meg også forklarer jeg det videre til RIB eller arkitekt, så er det klart, det kan fort forsvinne litt informasjon på den veien» [Intervju 7].

I denne sammenheng fremhever prosjektleder rollen til produksjonsleder.

«Men samtidig, produksjonslederen er gjerne med å kalkulere kanskje, en ting er å tegne opp løsninger, men vi skal kalkulere løsningen og sette noen tall på det, og da er vi avhengig av å ha erfaringstall rundt alle de tingene» [Intervju 7].

Prosjektleder forteller videre at informasjonsflyten mellom bas og produksjonsleder, og videre til prosjekteringen, er noe de ønsker å satse mer på. Det er utarbeidet et system for hvordan det skal håndteres, slik at det skjer en erfaringsoverføring fra produksjonen til prosjektutvikling og kalkulasjon. Gjennom denne prosessen spiller produksjonsleder en viktig rolle, da basene må kommunisere via produksjonsleder. Viktigheten ved at kommunikasjonen går gjennom produksjonsleder poengteres ved at det er vanskelig å håndtere informasjon som kommer fra mange retninger. Dette bekrefter også produksjonslederne. Eksempelvis ved feil på tegninger, tar bas kontakt med produksjonsleder for at problemet blir løst på stedet, eller at produksjonsleder kontakter arkitekt eller rådgivere. Anleggsleder forklarer at mye ofte løses på stedet da det kan ta lang tid dersom produksjonen venter på nye revisjoner fra arkitekt eller RIB.

«Ja, for grunnen til at vi måler selv eller at vi løser ting på stedet er jo hovedsakelig fordi at hvis ikke så stopper produksjonen, og hvis det skal via prosjekteringsleder, så skal det via rådgiver, så skal det behandles, så tilbake på KS og så må vi godkjenne» [Intervju 9].

Produksjonsleder forteller at de ser forbedringer i forhold til etterarbeid, når produksjonen og prosjekteringen snakker bedre sammen [Intervju 9].

8. Diskusjon

Dette kapitlet presenterer en diskusjon av resultater fra litteraturstudiet utført i kunnskapsbakgrunnen og de kvalitative intervjuene opp mot tidligere funn i oppgaven. Første delkapittel presenterer VDC i prosjektering, mens andre delkapittel tar for seg LPS i produksjon. Videre tar det tredje delkapitlet for seg samspillet mellom prosjektering og produksjon, mens det til slutt skal diskuteres svakheter og begrensinger ved oppgaven.

8.1 VDC i prosjektering

Kunz og Fischer utviklet begrepet VDC og senere rammeverket som er bestående av produkt, organisasjon og prosess [49]. Originalt ble rammeverket beskrevet gjennom POP-modeller for produkt organisasjon og prosess, i samhandling med klient- og prosjektmål [55]. Ytelsen kan måles daglig, ukentlig, og ved milepæler og nødvendig informasjon kan hentes ut fra hvert av disse elementene for å f.eks. gjøre best mulig designvalg eller identifisere og fjerne hindringer [55]. På et overordnet nivå er POP-modeller et verktøy fremstilt for å styre, planlegge og kontrollere fremdriften i prosjekteringsprosessen, altså styre VDC-rammeverket [56]. Skanska Norge har utarbeidet sin egen oversettelse av Lean Construction, Trimmet bygging fra case, hvor blant annet VDC inngår [2, p. 35]. Malen viser til at VDC kan brukes gjennom hele byggeprosjektet, men teori og praksis samsvarer ikke alltid [63, p. 501]. En utfordring med VDC er at det kan være omfattende å implementere i bedrift [54], da det ikke er et system med klar struktur, som f.eks. Last Planner System. Det er mer en samling av metoder, verktøy og metodikker, hvor det ikke nødvendigvis er noen klar sammenheng mellom interaksjonene til de ulike elementene.

Prosjekteringsleder har vært på VDC-kurs og er godt kjent med de ulike elementene som Skanska har definert som sin versjon av VDC, mens fra intervju med fagarbeiderne ble det kjent at svært få hadde hørt om VDC, men gjerne noen av komponentene som inngår i rammeverket, blant annet BIM, ICE og til en viss grad Last Planner System. Som nevnt tidligere, kan dette ha sammenheng med interoperabilitet og at det ikke har blitt satset på en full implementering av VDC i hele organisasjonen, men kun integrert BIM som produktmodelleringsfunksjon [65]. I Skanska og generelt norsk bransje er ikke bruken av POP-modeller utbredt, og VDC er mer et rammeverk som tilpasses den enkelte bedrift. Elementer som f.eks. ICE er basert på Lean og TFV-teori, som omhandler å maksimere verdiskapning og minimere sløsing [34], [38]. I en prosjekteringsprosess deltar det som oftest mange ulike aktører, hvis det da ikke er noen klar felles forståelse for hva VDC brukes til, hva som inngår, hva som kreves av hver enkelt deltaker og hvordan alt dette skal settes i system og brukes, kan hensikten forsvinne i det som var et ønske om å forbedre.

Bygningsinformasjonsmodellering som en del av VDC er en aktivitet eller en prosess som beskriver verktøy, prosesser og teknologier som tilrettelegges digitalt [57], [60]. BIM skal brukes på prosjektet Bjørndalen Øverlia, men på grunn av lisens i forhold til programvare skal hvert enkelt fag jobbe i hver sin modell, hvor IFC-filene til slutt samles opp i en samlemodell for å kjøre kollisjonskontroll. Dette gjør at verdien i de kontinuerlige interaksjonene som en BIM-modell egentlig kan legge til rette for kan mistes [50]. Når BIM er fullt implementert i VDC vil det innebære at prosjektteamet produserer en digital samlemodell, hvor ytelsen til denne samlemodellen simuleres og analyseres [51]. Videre planlegges byggeprosessen ved å simulere og analysere byggeplanene [51]. Konstruksjonen i prosjektet produseres i henhold til den digitale samlemodellen hvor digital overvåking og registrering

av byggeprosessen er inkludert, og til slutt registreres konstruksjonen «som bygget» i den digitale designmodellen [51]. Det handler altså mye om grunnprinsippet om å bygge modellen, før konstruksjonen bygges for å avdekke valg og avveininger som ikke alltid er åpenbar på det aktuelle tidspunktet [51], som i beste fall kan resultere i redusert koordinasjonsventetid [64]. Dette kan være en av de største forskjellene i forhold til tradisjonelle metoder, hvor BIM muligens ses på som en programvare i stedet for en prosess [63].

Fra resultat av intervju kommer det frem at det bør være enighet om hvordan BIM skal brukes på prosjekt for at investeringen skal skape verdi for bedriften. Selvselve bruken krever kompetanse og ved manglende forståelse er det ikke sikkert at prosjektteamet klarer å identifisere avhengigheter i grensesnittarbeidet, som produksjonen er avhengig av for å unngå produksjonsstopp og omarbeid [50]. Iterasjoner på grunn av f.eks. designfeil eller dårlig sekvensering av beslutninger gjort i det tverrfaglige teamet anses som å være sløsing, sett fra et Lean-perspektiv [34]. Et alternativ kan være å gi god opplæring i form av informasjon og krav til hva som kreves av prosjektteamet, allerede fra oppstart i prosjekteringen for å sikre implementering i hele prosjektgruppen, samtidig som øverste ledelse bidrar ved å støtte og følge opp implementeringen [51]. Det blir også forklart i intervju at f.eks. koding av bygningsdeler er tidkrevende, så vel som kostbart. Det virker til å være en slags tankegang om enten alt eller ingenting, men BIM sett i et Lean-perspektiv er iterasjonsarbeid som kan øke verdien i prosjekteringen, samt læring og forståelse, selv om modellene forenkles [50]. I motsetning til i produksjonen som er lineær, og iterasjoner som regel er forårsaket av feil eller mangel fra prosjekteringen, som igjen er sløsing i prosjektet.

Last Planner System brukes som verktøy i metoden prosess- og produksjonsledelse på Bjørndalen Øverlia for å organisere og kontrollere arbeidsaktivitetene i prosjektet [50]. Som nevnt i resultat blir hovedfremdriftsplanen overordnet beskrevet i forprosjektet på Bjørndalen Øverlia, men mer detaljert beskrevet når detaljprosjekteringen starter opp. Dette er også i henhold til malen for Skanska, Trimmet bygging fra case, hvor prosjekt deles opp i forskjellige pakker med overordnede planer [88, pp. 20-29], hvor fremdriftsplanen for eksempel kan kobles sammen med BIM-modellen for å visualisere samtidighet og fremdrift i prosjektet [91, pp. 3-20]. Malen gir også anbefalinger i forhold til organisering og utforming av arbeidsaktiviteter [91, pp. 3-20]. Dette kan ha sammenheng med stadig nye tekniske krav, samt ønsker om originale konstruksjoner fra byggherres side, som har resultert i at prosjekteringen og produksjonen har blitt mer innviklet, da samme konstruksjon sjeldent blir bygd to ganger. Det kan derfor være vanskelig å optimalisere etter den tradisjonelle planleggingsmetodikken, samt gjøre en standardisering i forhold til kostnad, ytelse og prosjektmål hvis planer for eksempel ikke blir godt nok kommunisert [50], det er manglende flyt på byggeplass, samt lav grad av læring og planpålitelighet.

PPM som en del av VDC i Skanska forsøker å fokusere prosess- og produksjonsledelsen mot Last Planner System og dets visuelle planleggingsmetodikken. Mye av grunnen kan handle om kontinuerlig forbedring og ønsket om å standardisere underveis, slik at kontinuerlig forbedring har et eksakt rotfeste som er mulig å måle i bedriften [51]. Et eksempel fra resultat er utarbeidelsen av en referansetegning, som skal gi en indikasjon på hva fagarbeidene ønsker av mål på en arbeidstegning, samt standarddetaljer når et nytt prosjekt starter opp. Det påpekes at det alltid vil være detaljer og mål som er prosjektspesifikke, men en referansetegning kan gi et godt utgangspunkt for

kvalitetssikring av arbeidstegninger, i form av om underlaget som f.eks. RIB overleverer er mulig å produsere.

I forhold til involverende planlegging anbefales det i malen til Skanska fra case å minimum måle PPU og rotårsaker [88, pp. 16-19], men fra kunnskapsbakgrunnen blir det forklart at metoden kan være mangelfull hvis det kun utføres en måling i måneden, og det for eksempel ikke blir satt inn noen tiltak for at det ikke skal skje igjen [51]. Det samme vil for øvrig gjelde ved involverende planlegging hvis sonene til arbeidspakkene blir for store og kollisjonskontroll kjøres for sjeldent [88, pp. 20-29]. Det kan videre ha sammenheng med å minimere sløsing fra Lean Construction [38], ved å unngå f.eks. omarbeid i både prosjekteringen og i produksjonen. Malen til Skanska anbefaler at det opprettes et Autorun-skript som oppdaterer samlemodellen med alle fagmodellene en gang om dagen [91, pp. 3-20]. Dette kan være tidkrevende, i tillegg til at manuelt arbeid påberegnes ved å vedlikeholde slike skript. Til tross for dette er det viktig at IFC-filene oppdateres jevnlig, slik at tverrfaglige problemstillinger belyses og oppdages i prosjekteringen [88, pp. 20-29]. Det påpekes i malen at en forutsetning for å skape en god prosess er at det utarbeides en god leveranseplan (BIM) og at disse leveransene innehar riktig kvalitet i henhold til planen [88, pp. 20-29].

ICE er en metodikk som utfordrer den tradisjonelle sekvensielle metoden i forhold til hvordan prosjekteringsmøter utføres [58], og er derav noe som enda kan bli sett på som «nytt» i norsk bygg- og anleggsbransje. Det vil derfor ikke være uvanlig i oppstart av nye prosjekt at prosjekteringsteamet ikke har hørt om metodikken. Ut fra dette er det desto viktigere å være tydelig og klar i hva som inngår i metoden og hva som kreves av prosjekteringsteamet, allerede fra oppstart av forprosjekt. Det har også sammenheng med at ICE som en del av VDC samler mange interessenter [49], som alle har forskjellig arbeidsbakgrunn og erfaring i forhold til samhandling rundt prosjektmål. Sammenlignet med tradisjonell sekvensiell prosjektering, hvor de ulike disiplinene ofte sitter hver for seg kan denne overgangen oppleves som utfordrende [58]. På den andre siden prøver ICE-metodikken å løse mye av det som kan ses å være problematisk i tradisjonell sekvensiell prosjektering, ved å stille krav om ukentlig samarbeid, og klare forberedelser til møtene for at de tverrfaglige problemstillingene skal belyses og løses i den grad dette er mulig før produksjonsstart [58]. Det vil alltid være utfordringer som ikke er mulig å avdekke på forhånd, men samtidig prosjektering har fokus på å bedre graden av utfordringer som ligger i tverrsnittet mellom de ulike disiplinene, som tidligere kanskje ikke har blitt belyst fordi prosjekteringsteamet ikke har snakket godt nok sammen. Prosjekteringsteamet er derfor sentral i en slik overgang, samtidig som det er viktig med god opplæring i forhold til kommunikasjon rundt samhandling [58]. Som nevnt tidligere kan det ikke forventes at alle prosjektdeltakere er kjent med metoden, ei heller at de er flinke til å kommunisere. Det er her rollen og ansvarsområdet til sesjonsleder/fasilitator viser seg å være viktig for å oppnå samhandling rundt erfaringer.

Samtidig prosjektering er formalisert som en del av rammeverket VDC, og er en del av Trimmet bygging til Skanska [63, p. 501]. Prosjekteringsleder på prosjekt Øverlia i Bjørndalen er godt kjent med metoden, som brukes ukentlig i de tverrfaglige prosjekteringsmøtene som blir arrangert, til å blant annet avdekke multidisiplin problemstillinger samt ta beslutninger for disse i hvert møte for å sikre fremgang i prosjektet. Det er ingen fasit for hvordan en ICE-sesjon skal gjennomføres, men for å oppnå ønsket effekt i forhold til for eksempel koordineringsforsinkelse er det viktig at samarbeidet mellom de ulike disiplinene er fullstendig transparent slik at erfaringer, perspektiver, kundemål og tekniske krav blir kommunisert [63]. ICE-møter skal helst utføres ved fysisk tilstedeværelse [58], men på grunn

av covid-19 har ikke dette alltid vært mulig. Til tross for dette forteller prosjekteringsleder at effektiviteten har vært god i gjennomførelsen av hybride versjoner av samtidig prosjektering, som igjen kan ha sammenheng med en konsekvent gjennomførelse av ICE-sesjonen. For mye kan ses å ligge i planleggingen før møtet, med en planlagt agenda, hensikt og definerte mål før prosjekteringsmøtet, for hver enkelt deltaker som skal delta [58]. En del av planleggingen på forhånd som gjøres av sesjonsleder/fasilitator er å finne ut hvilke prosjektdeltakere som trenger å være til stede og hva de skal forberede til møtet [88, pp. 2-9], [88, p. 5]. På prosjekt Bjørndalen Øverlia, er dette prosjekteringsleders ansvar, og som rollen tilsier, er ansvarsområdet bredt og fasilitator må ha oversikt over store deler av prosjekteringen.

I forhold til fysisk og digital tilrettelegging av ICE-møter er det satt av et stort rom med flere visningsskjermer, med mulighet for tilkobling fra egen PC på prosjekt Bjørndalen Øverlia, samt et breakout-rom, som videre er i samsvar med anbefalingene i malen til Skanska [91, pp. 3-20]. Dette kan være en av de viktigste delene av utførelsen i et ICE-møte, fordi det krever at de tegningene og modellene som visuelt fremstilles under møtet er oppdatert og klar for agendaen til det aktuelle møtet. Det igjen kan bidra til å engasjere prosjekteringsgruppen til å samhandle og avdekke utfordringer, fordi det er enighet om at beslutninger skal tas i møtet, som kan gjøre at iterasjoner i høyere grad er positive. Redusert koordineringsforsinkelse ved god samhandling kan også ses på som motivasjon for å ønske og lære metodikken for prosjekteringsgruppen [50]. Det ble også nevnt i resultat at når det utføres hybride møter, er det viktig at all informasjon som diskuteres og skal deles i et prosjekteringsmøte, gjøres på PC når ikke alle deltakere er til stede. Dette har fungert godt når deltakerne er forberedt på forhånd og har dokumenter liggende klar. I en ideell situasjon bør det være en sesjonsleder/fasilitator, samt loggfører i gjennomføringen av et ICE-møte [58], men det kan fungere uten også, som utført på prosjekt Bjørndalen Øverlia, så lenge rolleinnehaver er konsekvent.

Fra intervju i resultat bekrefter arkitekt at ICE er en metodikk som fungerer godt, da det oftest er avsjekk i forhold til løste oppgaver og en klar møteagenda for hvert eneste prosjekteringsmøte, som for eksempel kan henge sammen med PUKK-hjulet og malen til Skanska [88, pp. 2-9]. Skanska har sitt eget oppsett for ICE, og som nevnt tidligere planlegges møtene i forhold til mål, hensikt og hvilke deltakere som skal delta [88, p. 5]. Målet med en slik forberedelse kan være at utførelsen til prosjekteringsmøte skal være effektivt og kvalitetssikkert i den forstand at utfordringer blir løst og beslutninger blir tatt for å sikre en kontinuerlig fremdrift i prosjektet [88, pp. 2-9]. Det kan også være fordelaktig å utnytte bakoverplanlegging fra Last Planner System i en slik forberedelse. Under utførelsen skal agendaen presenteres før deltakerne går mer i detalj på den enkelte problemstilling som har behov for drøfting for å kunne levere på det satte målet, resultatet og leveransen til prosjekteringsmøtet [88, p. 6]. Involvering og kommunikasjon kan her være viktig, spesielt ledelsesstyrt kommunikasjon som initierer og oppmuntrer prosjektgruppen til å samarbeide og ikke minst engasjere dem til informasjonsdeling [76]. I et ICE-møte kan det også legges vekt på status og fremdrift, samt evaluering av møte kvalitet ved endt møte, for å kunne iverksette en korrigerende ved fremtidige møter og hvis det er behov for f.eks. sær møter [88, p. 5]. På prosjekt Bjørndalen Øverlia har hele prosjekteringssteamet tilgang til et prosjekthotell, hvor ICE-møtene dokumenteres og evalueres underveis, og det er i tillegg alltid er klart hvilken agenda det ukentlige satte møtet på to timer skal gjennom. Dette kan henge sammen med målrettet informasjon [76], som kan resultere i at prosjektgruppen forplikter seg mer, og tar ansvar for å levere i forhold til egen fremdrift i prosjekter [2].

Målstyring har et kontinuerlig søkelys mot forbedringspotensialet i gjennomføring av prosjekt [59]. Fra resultat ble det oppgitt at prosjekteringsgruppen på prosjekt Bjørndalen Øverlia utfører ukentlige PPU målinger, som da er det samme som prosessmål fra kunnskapsbakgrunnen [49]. Prosessmål er som nevnt i kunnskapsbakgrunnen den type måling som det ofte er mest fokus på når VDC blir brukt på prosjekt [49], som igjen kan ha sammenheng med at ICE-møter hvor hele eller deler av prosjekteringsgruppen er med, som regel utføres ukentlig. Målene som prosjektgruppen direkte er en del av, settes av prosjekteringsleder i denne casen fra uke til uke, i form av agenda og mål for prosjekteringsmøtene. Det kan ses å være viktig å finne en slags middelvei i hvor høy grad detalj planleggingen legges, i forhold til hva som faktisk er mulig å gjennomføre [67]. Målene kan bidra til å skape oversikt for hele prosjekteringsgruppen, men på den andre siden kan det være vanskelig å definere prosessmål og mål ut fra kontrollerbare faktorer, som direkte skal gjenspeiles i prosjektmål eller resultatmål [59]. Til tross for dette er det høyt fokus på mål som årsaksanalyse for ikke utførte oppgaver og PPU i en ICE-sesjon, som på en måte kan gjenspeiles i sluttresultatet i forhold til prosjektmål.

I kunnskapsbakgrunnen blir det oppgitt at måloppnåelse handler om prosjektmål, kunde/forretningsmål og samfunns mål [52], men fra resultat blir det presentert at måloppnåelse på prosjekt Bjørndalen Øverlia i all hovedsak handler om et konkret prosjektmål for hva prosjektet vil koste pr. kvm. av det salgbare arealet. Til tross for dette har byggherre utarbeidet et prosjektprogram som på mange måter tar for seg kunde/forretningsmål i form av for eksempel ønskede fasader på leilighetsbygningene, kvalitet og bærekraft- som er i samsvar med kontraktsforhold gjeldende totalentrepriser [74]. Dette prosjektprogrammet må prosjekteringsgruppen styre mye etter i en forprosjektfase [53], da programmet på en måte er kravene som skal innfris for at byggherre skal ville realisere forprosjektet. Kunde/forretningsmål og samfunns mål kan prioriteres hvis rammene til prosjektmålet tillater det, i den grad at prosjektet fremdeles er realiserbart. På den andre siden, hvis kunde/forretningsmål blir satt for mye til siden, så er det ikke sikkert at byggherre selv ønsker å realisere prosjektet. Det kan derfor ses å være en balanse gjeldende prosjektmål, kunde/forretningsmål og samfunns mål, i form av gode samarbeid på tvers av interessenter for fjerne kompleksiteter som står i veien for å nå de tre nevnte målformene [50]. Det blir for eksempel presentert i resultat at prosjektgruppen skal utarbeide en kalkyle i forhold til pris på sluttprodukt, som skal foreligge underveis i prosjektet, hvis byggherre ønsker å foreta endringer for å øke salgbarhet [74]. Dette er et konkret eksempel på kontinuerlig forbedring av målstyring for å evaluere effekt, men også for at de avtalte målene skal innfris for alle parter.

Modell modenhets indeks er en metodikk for kommunikasjon av modningsgrad, som kan ta for seg beskrivelse, geometri og informasjon for gitte objekter ved forskjellige verdier [71]. MMI kan brukes i prosjekteringen, så vel som i produksjonen. Informasjon for de gitte objektene er ofte knyttet sammen til koding av bygningsdeler ved å bruke BIM. Det kan være krevende for prosjektgruppen i forhold til kompetanse, men også tid. Så er spørsmålet om verdien av MMI ligger i koding av objekter for å kunne hente ut informasjon, eller om det er mer det å kunne synliggjøre prosjekteringsløpet for hele prosjektteamet i et felles prosjekthotell. På prosjekt Bjørndalen Øverlia er MMI mest brukt i prosjekteringsgruppen for å synliggjøre frister for gitte MMI verdier i forhold til geometri og fremdrift. I en tidlig fase er det gjerne kun modenhetsverdiene MMI 100: Skisse, MMI 200: Ferdig konsept og MMI 250: Klar for mengdeuttak som er mest aktuell [90]. Hensikten med verktøyet og prosessen er å skape god flyt for prosjekteringen og ikke minst riktige tegninger til riktig tid for produksjonen. Videre

påpekes det at koding kan være aktuelt på mer kompliserte prosjekter, enn det er for prosjektering og produksjon av boligbebyggelse. MMI er på en måte nytt i bygg- og anleggsbransjen, og det kan være en fordel å utnytte en mal for å standardisere, samt implementere bruken [71].

8.2 LPS i produksjon

Last Planner System har som mål å skape pålitelig produksjonsflyt i prosjekt [2]. Dette med et sett av prinsipper som ligger til grunn for et plansystem bestående av hovedplan, faseplan, utviklingsplan og arbeidsplan. Ettersom systemet ikke har en offisiell versjon er det opp til hver enkelt bedrift å tolke og tilpasse systemet den aktuelle konteksten, men sentralt er det prinsippene som danner hovedessensen i LPS [2], [40]. Skanskas tolkning av Last Planner System inngår i Trimmet bygging, som vist i case [63, p. 501]. I Skanska Agder ble systemet for første gang benyttet ved prosjektet Havlimyra oppvekstsenter [44], og har etter dette vært benyttet. Fra resultat kommer det frem at respondentene ikke kjenner igjen betegnelsen Last Planner System, men heller som lappelegging og bakoverplanlegging. Flere respondenter hadde ikke kjennskap til prinsippene som ligger bak LPS, men kunne trekke paralleller til praksisen når disse ble presentert. Gjennom kunnskapsbakgrunnen påpeker utviklerne og nøkkelpersoner innenfor Lean Construction at det er tankesettet og prinsippene som er viktig for å danne en forståelse av LPS [2], [40]. Til tross for at Skanska region Agder har benyttet systemet over flere år, kan det å gå tilbake for å friske opp tankegangen og årsaken til at LPS benyttes i Skanska bidra til å utnytte systemets fulle potensiale.

Første prinsipp presentert i kunnskapsbakgrunnen handler om å øke detaljeringsnivå ettersom den konkrete utførelsen nærmer seg [2]. Derav en hovedplan på et overordnet nivå med milepæler, faseplan som synliggjør avhengigheter mellom fag, utviklingsplan som skal gjøre klart for at arbeid kan utføres og en detaljert arbeidsplan hvor arbeidsoppgaver er tilstrekkelig brutt ned og definert slik at det som kan utføres skal utføres- som er en motsetning til tradisjonell planlegging [2]. Ut fra resultatene kan dette vike noe fra det prinsippet ved at det lages for detaljerte planer tidlig. Prinsipper presentert i kunnskapsbakgrunnen forhindrer ikke en detaljert hovedplan [42], men som nevnt i kunnskapsbakgrunnen er dette et prinsipp som er senere innført [40], og kan ha innvirkning på bruken av LPS. I prosjektet som nå pågår i Bjørndalen ser det ut til at planleggingen i større grad har fulgt prinsippet, og det blir uttrykt at dette har vært en god løsning- noe som kan vitne om at prinsippet gir en positiv effekt. En utfordring i planprosessen er derimot at det ikke alltid tas høyde for uforutsette hendelser i planleggingen. Ved å planlegge i en «perfekt verden» kan usikkerheter bli neglisjert, og det blir da ikke opparbeidet buffere for å håndtere dette.

Fra resultatet blir 4-ukers planer omtalt som de viktigste planene, og fra kunnskapsbakgrunnen kan dette ses som en del av utviklingsplanleggingen som kan ha en tidshorisont på 3-9 uker, og typisk 4-6 uker [2]. I Skanskas planhierarki har derimot utviklingsplanen en tidshorisont på 6-8 uker [89]. Det betyr at i disse 6-8 ukene og helt frem mot produksjon, skal det hele tiden arbeides mot å klargjøre for produksjon. Ettersom fremtiden ikke kan fastsette kan en aktivitet som på et tidspunkt er sunn gå over til å være usunn [2], eksempelvis kan det være usikkerheter som ligger utenfor menneskers styring. Flere hindringer kan gjerne ikke meldes friske tidlig i utviklingsplanleggingen og derfor må arbeidet med å fjerne hindringer tas med videre i arbeidsplanen/3-ukersplanen [2]. I kunnskapsbakgrunnen er det presentert at fordelene med utviklingsplanleggingen er at det legges fokus på å gjøre klart for kommende uker og sørge for å proaktivt kontinuerlig løse problemer før de oppstår, og ikke etter det har oppstått

[48]. I resultatene kommer det derimot frem at mye løses på byggeplassen, noe som i utgangspunktet er ønskelig å unngå [48]. Gjennom utprøving av LPS på Havlimyra hadde utkviksplanleggingen rom for forbedring [44], noe som kan synes å fortsatt ha et forbedringspotensial på prosjekt Bjørndalen. Dersom alt blir klargjort frem mot produksjonen og disse planene støtter opp om de større målene i fase- og hovedplanen kan det i teorien skape sunne aktiviteter og god flyt i produksjonen [2].

I Tabell 5.3 sammenligner og presenterer Skanska hvorfor LPS er en del av Trimmet bygging, og en forbedring i forhold til tradisjonell planlegging. Gjennom faseplanleggingen forsøkes det å skape en sug-effekt ved å bakoverplanlegge [2]. Det betyr at det skal planlegges fra en milepæl og bakover for å finne ut hva som må gjøres og når, for å komme i mål med leveransen, og med det synliggjøre avhengigheter mellom fagene [2], [88, p. 13], [88, pp. 16-19]. Bakoverplanlegging skal i utgangspunktet gjøres i fellesskap med de aktuelle fagene, og med lappelegging for å skape en visuell plan [88, pp. 16-19]. Hver deltaker avgir sin lapp som kan bidra til å gi økt tilhørighet til planen, men også at det utarbeides pålitelige forpliktelser [2], [88, pp. 16-19] - som kan ses å henge sammen med kommunikativ adferd fra kunnskapsbakgrunnen [76]. Resultatene viser at det tidvis er avvik fra bakoverplanleggingen, ved at det heller startes i andre enden, som er en mer tradisjonell form for planlegging. Innføring av bakoverplanlegging viser seg også å være en utfordring i en annen studie, der deltakerne helst falt tilbake på vanlig fremoverplanlegging [47]. Til tross for dette viser faseplanlegging seg å være positivt når det gjelder å gi oversikt og skape tilhørighet i prosjektgruppen. Case viser til at BIM og VDC-avdelingen kan være med å fasilitere de første planleggingsøktene, som igjen kan bidra til økt forståelse blant deltakerne, og konsekvent utførelse av bakoverplanlegging [91, pp. 3-20]. Planlegging med lapper og visuelle planer er også benyttet i 3-ukersplaner som utarbeides med baser for de gjeldende fagene og synes i resultatet å være positivt.

I denne sammenheng trekkes prinsippet om at det skal planlegges sammen med de som skal utføre arbeidet inn, derav omtalt som involverende planlegging [2]. Fra resultatene kan det antas at den enkelte håndverker i liten grad er med på å legge lappeplaner, men er med på møter ved oppstart av nye «tog» og oppfølgingsmøter underveis i prosjektet. Når det gjelder hvor tidlig de aktuelle fagene blir involvert viser resultat at dette varierer utfra bedriftens ressurser. Dersom den gode erfaringen de enkelte fagene sitter på skal komme til nytte kan det være viktig at det blir belyst i riktig tid. Påvirkningsgraden kan være begrenset utover i prosjektet ettersom valg må fastsettes underveis for å ha noen holdepunkter i prosjektet. Likevel kan det være utfordrende at mye informasjon kommer tidlig i prosjektet, når det er mye som skal tas stilling til, og kundemål/prosjekt mål gjerne er hovedfokuset. Det å la «start with the end in mind»-prinsippet [80] få rotfeste seg i prosjektgruppen kan bidra til å bevisstgjøre gruppen på produksjonens ønsker, og ikke minst styrke prinsippet om involvering [2]. Fra resultatene kan det antas at tidligere involvering av bas har vært positivt for produksjonen, men at det ikke nødvendigvis utelukker tegningsfeil. Prinsippet om involvering kan ha stort potensiale, men på grunn av høy kompleksitet og tidvis utilstrekkelig kommunikasjon på riktig tid i de forskjellige fasene flyter produksjonen ikke alltid optimalt.

Når det kommer til kontinuerlig forbedring og læring er måling av planpålitelighet (PPU) og påfølgende rotårsaksanalyse sentralt i Last Planner [2] og Trimmet bygging [88]. Kontinuerlig forbedring kan handle om å rette opp i feil og systematisk arbeide med å optimalisere en prosess. I kunnskapsbakgrunnen blir det belyst at LPS kan gi økt forutsigbarhet i produksjon, samt bedret produktivitet, og at dette er tilfredsstillende nok for mange [40]. Det kan videre medføre at potensialet

som ligger i mer grunnleggende forbedringer av ytelsen ikke utnyttes. Fra resultat kan dette også synes å komme frem i intervjuene, ved at det i prosjekter hvor det er færre uønskede hendelser ikke arbeides ytterligere for å få til større forbedring videre. I motsetning til tradisjonell planlegging har LPS som formål å bidra til kontinuerlig forbedring og læring. Ut fra resultatene ser det ut til at denne læringen skjer mye hos enkeltindivider, og at den erfaringen som tilegnes gjennom et prosjekt sitter hos de ulike prosjektdeltakere. Det har også kommet frem at det i skjer lite loggføring av utfordringer eller hindringer underveis i prosjekt. For at det skal skje en forbedring ved neste tilfelle eller prosjekt, er prosjektgruppen avhengig av at kunnskap og erfaring som enkeltindivider sitter på videreformidles til riktig mottaker. Her kommer også viktigheten av godt definerte ansvarsområder frem, slik at riktig personell får riktig informasjon til riktig tid.

8.3 Samspill mellom prosjektering og produksjon

Samspillet mellom de ulike aktørene som inngår i en byggeprosess, samt en veldefinert og godt gjennomført byggeprosess kan ses å være et suksesskriterium for et vellykket prosjekt [70]. Byggeprosessen er bestående av flere faser som flyter over i hverandre alt etter hvordan prosjektet modnes [68], og prosjektering kan dermed foregå parallelt med produksjon. I prosjekteringen jobber flere eksperter sammen for å danne et produkt som er input til produksjonen, slik at modell og arbeidstegninger kan transformeres til et fysisk bygg. Grensesnittet mellom prosjektering og produksjon kan synes å være viktig i overgangen på et prosjekt, ikke bare for samspillet innad i prosjekteringen og produksjonen hver for seg, men også samspillet i grensesnittet dem imellom.

Fra case vil det i utgangspunktet innad i prosjekteringen kjøres kollisjonskontroller fra MMI 200 til MMI 400, slik at modeller fra de ulike fagene stemmer overens med hverandre [88]. For prosjekteringen kan mye av overgangen handle om å oppnå MMI 400 som videre er produksjonsunderlaget. Fra resultat blir det presentert avvik fra denne prosessen hvor RIB og ARK hadde laget modeller med ulike grunnlag som ga økonomiske belastninger i prosjektet, som kan vitne om et manglende samspill i prosjekteringsfasen, som følgelig kan få konsekvenser i produksjon. Dette er en enkelthendelse som kan ha skjedd ved flere tilfeller, men som også kan elimineres med gode rutiner og prosesser. Det å være konsekvent på rutiner, i forhold til kontroller og loggføring kan ses å være positivt for læring. Funn i oppgaven viser til at konsekvente rutiner har gitt positiv effekt når det gjelder gjennomføring av ICE-møter i prosjekteringen. Til tross for dette vil det alltid være en mulighet for at den menneskelige faktoren spiller inn og feil kan oppstå.

Et annet avvik som fremkommer i resultatene, er et tilfelle hvor entreprenøren har bestilt en annen type heis enn hva arbeidstegningene var produsert for. Håndverkerne var ikke blitt informert om dette og tegningene var ikke oppdatert, slik at heisåpningen som allerede var støpt ikke passet. Tegningene blir ifølge håndverkerne bedre og bedre utover i prosjekter, noe som er positivt, men dette er tilsynelatende en hindring som kan oppstå ved neste prosjekt. Dette kan videre handle om at prosjektgruppen ofte endres for hvert prosjekt, med nye arkitekter, rådgivere og underentreprenører. Fra et Lean-perspektiv er det ønskelig å redusere variasjon [35], og for prosjektbasert produksjon kan en slik variasjon være vanskelig å redusere. I forhold til standardisering kan en positiv effekt ses i Bjørndalen gjennom prosjektene som har pågått og nå pågår. Årsaken til dette kan være at det er valgt tilnærmet like bygninger med likt bæresystem, like leilighetstyper som vist i case [83], og flere av de

samme håndverkere, som har gitt en repetisjonseffekt med positivt utslag for effektivitetsmålingene som er gjennomført.

Hvorfor tegningene ofte er mangelfulle eller feil, kan det være flere årsaker til. Angående at prosjektering pågår parallelt med produksjon er fra resultatene en gjentakende utfordring. Prosjekteringen eller designfasen betegnes som en iterativ og tidkrevende prosess hvor modellen bearbeides slik at produktet forbedres for hver iterasjon [2], derfor kan det å ikke starte produksjonen for tidlig være en fordel i det å få et tilstrekkelig arbeidsunderlag. En utfordring i denne sammenhengen kan være at byggherre ønsker å redusere tidsrammen for byggetiden dersom det legges inn ekstra tid for prosjektering. Her kan forståelse for byggeprosessen trekkes inn, da det er i planlegging- og prosjekteringsfasen det legges føringer for et prosjekt. Det kan være ønskelig fra både byggherres side, så vel som produksjonen å sette i gang med hensikt om å bli ferdig tidligere. På en annen side kan det å sette tidsbegrensninger prosjekteringsfasen bidra til å kunne ta beslutninger for en raskere fremgang. Likevel kan det fra resultater ses å ligge et potensiale i å legge mer ressurser i denne fasen for å få et positivt utfall senere i prosessen. For alle parter er det ønskelig å ha god flyt i prosjektet og følgelig oppnå et produkt av verdi for kunden.

Når det gjelder tiltak i forhold til å utbedre tegninger har Skanska som nevnt forsøkt å utarbeide en referansetegning for tømmer og betong. Dette for å standardisere tegningene slik at håndverkerne får det de ønsker og trenger til å kunne utføre arbeidet. I denne prosessen og prosjekt generelt, er det sentralt at håndverkerne får kommunisert sine ønsker opp til de prosjekterende. Fra resultatene er det formidlet at det er produksjonslederne som er ansvarlig for å viderekommunisere produksjonens ønsker til den aktuelle mottaker, og har dermed et stort ansvar for at produksjonen får det som trengs. Årsaken til at dette påfaller produksjonsleder er at de skal klare å se prosjektet i et større perspektiv og ha en større forståelse for de forskjellige avhengighetene i prosjekter. Eksempelvis det å ha forståelse for prosjekteringsprosessen, som kan betegnes som kompleks [2], og krav til arbeidet som utføres. Det å ha forståelse for andres arbeid kan ses som et nøkkelord i en samspillsprosess. I resultatene er det presentert et eksempel hvor produksjonen ønsker å fortsette på en ny aktivitet etter endt arbeid, men får beskjed om at det ikke er i henhold til fremdriftsplanen. Uten en forklaring kan det være vanskelig å skape en større forståelse i et slikt tilfelle, og læring kan falle bort. Alle har hver sine roller og sine ansvarsområder, og kan ikke ha kunnskap om alt. Til tross for dette kan det å utvide forståelsen og kunne se sammenhenger i prosjektet og dets mål bidra til at alle prosjektdeltakere har en felles forståelse slik at alle drar i samme retning, som også henger sammen med prinsippet «start with the end in mind» [80].

Bjørndalen Øverlia er i en forprosjektfase til og med uke 18 før prosjektet går over til kalkulasjon, og produksjonens ønsker er foreløpig ikke hovedfokuset i prosessen. I en slik prosess ligger fokuset på å sette de store rammene for prosjektet, men også her kan valg av løsninger til eksempelvis bæresystem påvirke produksjonen når den tid kommer, og «start with the end in mind»-tankesettet [80] kan være en bidragsyter til redusert sløsing. I forprosjektet ble det tidlig slått fast at det var ønskelig å bruke tilsvarende bæresystem med plattendecker, da håndverkerne kjenner til og har positiv erfaring med disse fra tidligere prosjekt. I forhold til arbeidstegningene blir de produsert i detaljprosjekteringen, og her kan det være fordelaktig å involvere produksjonen, som også er kunde av prosjekteringen. Ut fra produksjonslederforumet som er etablert er det i hovedsak produksjonsleder som skal sørge for tilfredsstillende grunnlag til produksjonen, mens bas skal gjennomgå tegninger tre uker før det

produseres. Til tross for at det er produksjonsleder som er med tidlig og skal ha ansvar, viser resultatene at tidligere involvering av bas er positivt både fra arkitekt og håndverkernes perspektiv. Det antas å ligge et potensiale i å legge mer ressurser tidligere i prosjektet, som videre styrker prinsippet om involvering. Fra resultatene påpekes det at gjennomgang av arbeidstegningene i forkant av produksjon er viktig for luke ut eventuelle feil før oppstart, og produksjonen selv får et viktig ansvar for at tegninger blir tilfredsstillende. Det å ha godt definerte ansvarsområder kan ses å være sentralt uavhengig av faser i prosjektet. Fra håndverkerperspektivet kommer utsagnet «vi følger bare tegningen» flere ganger frem, som kan virke som en slags begrensning av eget ansvar ovenfor tegninger. I kunnskapsbakgrunnen fremkommer det at involvering og kommunikasjon kan stimulere deltakernes engasjement og eierskap til byggeprosessen, som kan bidra til at alle deltakere forplikter seg og tar økt ansvar for fremdriften [2]. Dette kan antas å ha positiv innvirkning også når det gjelder økt ansvar for at arbeidsunderlaget skal være tilstrekkelig.

Bærekraft har hatt og vil trolig fortsette å ha en økende innvirkning på prosjekter. Dette gjenspeiler seg på prosjektet Bjørndalen Øverlia fra case, som er bestemt at skal miljøsertifiseres til BREEAM-nivå «very good» [83]. Samspillet mellom prosjektering og produksjon kan også her ha en innvirkning for hvilke bestemmelser som blir tatt overfor miljøet. På samme måte som det er fastsatt at sluttproduktet skal være av en bestemt miljøklasse, kan det også i starten fastsettes produksjonens ønsker ved å tenke på prinsippet «start with the end in mind» [80]. Det betyr ikke nødvendigvis at BREEAM-krav og produksjonens ønsker går hånd i hånd, men at det blir premissgivende og vurdert fra start.

8.3.1 Hindringer i produksjon

De syv forutsetningene for sunn aktivitet [2, p. 42] innebærer at foregående aktivitet er ferdig, arbeidsplassen er ryddet og klar, alt av tegninger, informasjon/byggherrebeslutninger, materialer, og verktøy må foreligge, det mannskapet som trengs må være tilgjengelig og de ytre forholdene må tas stilling til [2]. Det kan ses å handle om å fjerne hindringer og gjøre klart slik at planlagt arbeid kan gjennomføres uforstyrret. Det er i utviklingsplanleggingen de syv forutsetningene vurderes og klareres gjennom hindringsanalyser, slik at det som bør utføres kan utføres [40], [2]. I Skanskas planhierarki har utviklingsplanen en tidshorison på 6-8 uker, som skal detaljplanlegges [88, p. 13]. I løpet av disse ukene frem mot produksjon skal det systematisk arbeides med å gjøre aktiviteter sunne.

Resultater fra intervju med fagarbeiderne viser tydelig at tegninger ofte er mangelfulle eller feil, i teorien vil dermed aktiviteten ikke være sunn og det kan skape hindringer for produksjonen [2]. I utgangspunktet skal arbeidsunderlaget foreligge tre uker før produksjonslinjen starter, og de utførende skal gjennomgå og kontrollere tegninger før produksjonen setter i gang. Til tross for dette er det ikke sikkert at tegningsunderlaget er tilstrekkelig. Det kan ha sammenheng med at tilbakemeldinger kommer for sent, eller entreprenørens ønsker kommer for sent til rådgiverne. Det kan og vil trolig oppstå uforutsette hendelser på en byggeplass, men ved å bruke Last Planner System forsøkes å håndtere disse gjennom å følge plansystemet og prinsipper slik at det proaktivt arbeides med å fjerne hindringer istedenfor å håndtere disse etter de har oppstått [2]. Ettersom produksjonen sitter på erfaringer, kan slike hindringer bli håndtert og løst på byggeplass. Det å være løsningsorientert ses som en positiv egenskap, men improvisasjoner og brannslukning ønskes å unngå innen Lean Construction [2]. Derfor skal det forsøkes å forhindre oppstart av «usunne» aktiviteter og som videre ikke kan slutføres [2].

Selv om bruken av LPS forsøker å skape en portefølje av sunne aktiviteter, viser funn i oppgaven til svakheter i utkikkplanleggingen [40]. Dette i form av hindringer knyttet til arbeidsunderlaget, og at prosjektering og produksjon pågår parallelt, som kan bidra til sløsing. Da sløsing i form av at nye revisjoner kommer underveis i en pågående eller fullført aktivitet, slik at utført arbeid kan være feil i forhold til prosjektert og må endres eller gjøres om. Som presentert i resultat er støpesjuka eller «making-do» typisk sløsing for både prosjektering og produksjon [39], det handler om at en oppgave blir påbegynt uten at nødvendig input foreligger. Dette kan igjen føre til sløsing i form av feil og dermed ekstra arbeid. I resultatene kom det frem et eksempel hvor tømmerarbeidet var for tett på betongarbeidet, noe som medførte at fagene måtte vente på hverandre og arbeidet tok lenger tid. Dette ble endret ved neste prosjekt, slik at betongen fikk tid til å fullføre og gjøre klart slik at tømmerne kunne sette i gang uforstyrret, noe som skapte god flyt mellom fagene. Fra resultatet kan det tolkes at making-do-fenomenet preger overgangen fra prosjektering til produksjon, nettopp ved at arbeidsunderlaget ikke er ferdig prosjektert før produksjonen setter i gang. Et spørsmål da er om det er tegningsleveransen som er for sent ute eller om det er produksjonen som setter i gang før planlagt, og ikke minst hvem har ansvaret i et slik tilfelle. LPS forsøker også å skape et godt og åpent samarbeid slik at hindringer eller forpliktelser som ikke kan holdes meddeles så fort som mulig slik at det kan replanlegges og tilpasses deretter [2], [44]. Likevel fremkommer det at usunne aktiviteter settes i gang. Det er også svært kostbart å stanse produksjonen dersom nødvendig input ikke foreligger, men oppstart uten tilstrekkelig arbeidsunderlag kan også gi økonomiske konsekvenser.

Til tross for at tegninger stikker seg særlig ut som en hindring, kan også byggherrebeslutninger påvirke både prosjektering og produksjon. Fra kunnskapsbakgrunnen påpekes det at byggherre gjerne ikke har definert og bestemt alle detaljer rundt hvordan sluttproduktet skal oppnås, noe som kan gi utslag på kostnader ved eventuelle endringer underveis [74]. Dette kan være en ulempe med totalentrepriser, og kan naturligvis påvirke byggeprosessen. Sene beslutninger eller endringer fra byggherre kan skape utfordringer, men det kan også bidra til økt samarbeid og innovasjon. Siden det er Skanska som bygger for Skanska, vil den ekstra kostnaden som påløper hvis produksjonen skulle stoppe opp, mest sannsynligvis påfalle Skanska- i hvert fall hvis det er snakk om tømmer eller betong. Med andre ord kan dette være en slags motivasjon for å bygge bedre i forhold til kvalitet, men også til en lav kostnad da det antakeligvis til slutt vil være økonomien som både styrer og driver denne innovasjonen. Økonomi er en av de tre kategoriene som en bærekraftig utvikling omfatter, og vil som nevnt mest sannsynligvis ha stor betydning når det gjelder hvilke valg i forhold til løsninger som velges [18]. På den andre siden ivaretar BREEAM-prosjekt miljøfokus ved å legge til rette for dette i både planleggingen, men også utførelsen av bygget [30]. Når det gjelder miljøaspektet kan en totalentreprise være positivt i forhold til bedre kommunikasjon og samspill mellom prosjektering og produksjon. Som nevnt tidligere kan det ikke forventes at produksjonen til enhver tid er oppdatert i forhold til for eksempel krav gjeldende bærekraft. Da kan denne entrepriseformen åpne for at prosjekteringen muligens kan gjøre produksjonen mer bevisst på at valg av løsninger som kanskje er lettere å bygge, ikke nødvendigvis er like bra sett fra et bærekraftsperspektiv. For som nevnt i samfunnsperspektivet, er det i planleggingen det legges et grunnlag for hvor bærekraftige bygget ender opp med å bli [25].

8.3.2 Erfaringsoverføring og tilbakemelding

Et aspekt som kan føre til byggefeil og forsinkelser på prosjekt er dette med erfaringsoverføring og tilbakemeldinger. Det er et kjent forbedringspotensial generelt i bygg- og anleggsbransjen at

bedriftene ikke er flinke nok til å dele kunnskap og kompetanse på tvers av samarbeid [10]. Mye av grunnen kan ses å ligge i høy konkurranse i næringen, men også timesbaserte rådgivere til tross for at et slikt samspill kunne vært ny- og verdiskapende for en hel næring [11]. Fra resultat av intervju ble det avdekket at tegninger, og spesielt målsetting er et gjentakende problem fra prosjekt til prosjekt. Til tross for dette viste flertallet av fagarbeiderne vilje for å kontinuerlig gi tilbakemelding, enten i form av å følge den så kalte tjenesteveien gjennom bas til produksjonsleder som formidler videre til prosjekteringsleder, eller ved å legge notater på tegningsfeil der akkord blir registrert. Da kan spørsmålet ses å være hvor mye av informasjonen i tilbakemeldingen faller bort ved å følge en slik rangstige, eller om det muliggjør en erfaringsoverføring, ved at informasjonen arkiveres hos de rette menneskene, slik at det kan utnyttes ved senere prosjekt. Hvis ikke informasjonen kommer frem påpeker prosjektlederen at kommunikasjonen mellom bas og produksjonsleder må bedres, og at Skanska formelt sett har en prosjektmodell som har som hensikt å håndtere problemer av dette aspektet for å sikre erfaringsoverføring. På den andre siden kan dette problemet oppstå på grunn av ressurser. Som nevnt er det produksjonsleder som skal ha kunnskap om produksjonens behov, men hvis produksjonsleder trekkes sent inn på prosjekt, kan det være krevende å oppdage feil og mangler ved kort tid.

Fra fagarbeidernes perspektiv, samt arkitekt er erfaringen fra tidligere prosjekt at det ikke har blitt utført sluttevaluering, men fra intervju med prosjektleder, samt produksjonsledere nevnes det at det er opprettet et produksjonslederforum som skal bidra til å ta med gitte tilbakemeldinger på neste prosjekt. Videre forteller produksjonslederne om et potensiale om å bedre loggføringen i forhold til erfaringsoverføring, for å lettere kunne finne tilbake til uønskede hendelser. Dette kan også ses i sammenheng med at fagarbeidere gjerne synes tegningene blir bedre og bedre etter hvert som prosjektet skrider frem, men at det ofte er samme problem ved nytt prosjekt. Som oftest vil en av de største utfordringene ligge i at det er forskjellige aktører for de ulike prosjektene, som gjerne har ulike vaner i forhold til arbeidsmetoder ved for eksempel utarbeidelse av tegningsunderlag. Da kan det være fordelaktig å informere ved første prosjekteringsmøte i forprosjektet, som gjort i denne casen, at det er ønskelig med plattendekker fordi dette er produksjonen godt kjent med, som kan muliggjøre kontinuerlig forbedring ved å legge til rette for en positiv erfaringsoverføring. Videre er det av oppfatning av at et prosjekt i sin helhet er tjent med at produksjonsunderlaget er tilstrekkelig i forhold til ekstra påførte kostnader i tapt tid, samt en unngåelse av frustrasjonen som det kan skape for fagarbeiderne som direkte jobber med utførelsen. Som nevnt er det tatt tak i, og det skal utarbeides en referansetegning, samt standard detaljer som forhåpentligvis vil bidra til å formidle fagarbeidernes ønsker til de rette rådgivende konsulentene i fremtiden.

Tilbakemeldinger i forhold til tegninger er en gjenganger, spesielt i oppstart av prosjekt. Tilbakemeldinger om at tegninger var bedre for 10-15 år siden sett fra et fagarbeider perspektiv kan ha sammenheng med at bygg gjerne var mindre komplisert, og de samme leilighetene eller husene ble bygd stort sett ganske like hver gang. At tegninger oppleves som mer vanskelig å tyde for fagarbeiderne, og det gjerne er en oppfatning at dette problemet ligger generelt i digitalisering av arbeidsprosesser, kan ses å henge sammen med at de ikke er godt nok informert eller har tilstrekkelig innsikt i hva som faktisk må foreligge av tekniske krav i en prosjekteringsprosess, som gjerne forandres fra prosjekt til prosjekt. Et eksempel på dette kan være BREEAM-NOR som våren 2022 kom med nye krav, med ulike kategorier hvor det kan skåres poeng i forhold bærekraft, men som må dokumenteres for at disse skal kunne tildeles prosjektet [78]. Videre er yttervegger gjerne ikke bare yttervegger lengre

og universell utforming endres så ofte at Skanska ikke kan ha en kontinuerlig standardisert oppdatert mal i forhold til byggesystemer, da det blir for utfordrende og krevende å vedlikeholde. Til tross for dette har det vist seg på prosjekt Bjørndalen at erfaringsoverføring kan gi belønning i form av at effektivitetstallet positivt påvirkes og forbedringer i forhold til etterarbeid, hvis produksjonen og prosjekteringen snakker aktivt rundt utfordringer som oppleves. Ledelsesstyrt kommunikasjon kan være av interesse for å initiere og oppmuntre til kommunikasjon blant prosjektets deltakere [76], da spesielt mellom funksjonærer og fagarbeidere, samtidig som det kan virke motstridende da en gjerne helst skal fokusere på målrettet kommunikasjon. Dette i sammenheng med at basene må kommunisere via produksjonsleder for å klare å håndtere informasjonen på en god måte. Forståelse og kommunikasjon blir et viktig aspekt, men med mange deltakere kan det være vanskelig, og nesten umulig å formidle alt til enhver tid, og man ender gjerne tilbake ved start i forhold til at en slik endring krever en samlet bransje, med samme mål for å lykkes [10].

8.4 Svakheter og begrensinger

Når det gjelder de kvalitative intervjuene som er utført i denne oppgaven, kan det være flere svakheter og begrensinger i forhold til metoden. For det første består ikke intervjumalen av spesifikke spørsmål som skal besvares direkte under intervjuene, men heller tre forutbestemte tema med en rekke hjelpespørsmål hvis samtalen stopper opp. Dette kan gjøre at noen av dybden forsvinner hvis ikke intervjuobjektene åpner seg opp, på samme måte som det kan gjøre dybden bedre hvis det slår motsatt vei. Når transkriberingen fra intervjuene har blitt strukturert og kategorisert er det kun de svarene som har vært mest konkret i forhold til de tre forutbestemte temaene som ble tatt med i resultatene og plassert i kategorier. Resultatene fra intervju kan derfor inneha svakhet i forhold til at svarene kan være tatt ut av sammenheng ubevist, og dette ikke blir sjekket av alle intervjuobjektene selv, da kun transkriberingen er sendt til alle for gjennomgang og ikke selve resultatkapitlet til oppgaven. Det kommer tydelig frem at det er sammenfallende prosesser i de svarene som er gitt av intervjuobjektene uavhengig av intervjuene og litteraturen fra kunnskapsbakgrunnen, noe som kan tyde på at det er kausale mekanismer i prosessene som har blitt diskutert. Til tross for dette kan ikke disse kausale mekanismene teoretisk generaliseres fordi det ikke er utført intervju med alle aktørene som skal delta på case, og heller ikke med nok andre uavhengige aktører og caser i bygg- og anleggsbransjen, som enten kunne ha forsterket eller avkastet en teoretisk generalisering, i de resultater som fremkommer i denne oppgaven.

Det ble utført et intervju med én uavhengig aktør før de resterende intervjuene ble avholdt. Temaet som ble diskutert var samhandling mellom produksjonen og prosjektgruppen, hvor det kom tydelig frem at disse prosjekterende hadde noen andre synspunkter enn hva som er avdekket i intervjuene som er avholdt i samarbeid med Skanska. Det var sammenfallende prosesser gjeldende utfordringer og problemstillinger mellom produksjon og prosjektering, mens ulikhetene handlet mer om holdninger i forhold til hvem ansvaret ligger hos. Dette kan være en svakhet for oppgaven, fordi det bekrefter at teoretisk generalisering kan bare gjøres når flere uavhengige caser er undersøkt. En annen svakhet i forhold til intervju kan ses å ligge i selve utførelsen av intervjuene. Det ble tydelig at flere av intervjuobjektene ikke var kjent med ordlyden fra kunnskapsbakgrunnen for oppgaven som intervjuguiden er basert på, noe som kan resultere i at all deres kunnskap ikke er avdekket, hvis de for eksempel ikke kjente igjen utførelsesmetoder og disse ikke ble godt nok forklart av intervjuer.

Videre i forhold til case, kan den ses å ha begrensinger i forhold til tidsrammen på oppgaven. Ut fra forskerspørsmålet er det forsøkt å se på overgangen mellom prosjektering og produksjon, men prosjektet Øverlia er ikke kommet til denne fasen enda. Dette gjør at mye av innhentet data baserer seg på tidligere erfaringer fra prosjekter i Bjørndalen, samt andre prosjekter respondentene har deltatt på. Dette kan ikke knyttes direkte til casen, men kan fortsatt være relevant ettersom casen er en forlengelse av Bydel Bjørndalen og tidligere valg og erfaringer kan ha innvirkning på prosjekt Bjørndalen Øverlia. Ved å følge prosjektet videre kan man se eventuelle forbedringer fra tidligere prosjekter i Bjørndalen, og direkte få observere denne overgangen som forskerspørsmålet er vinklet mot.

Under intervjuene ble som nevnt respondentene stilt spørsmål ut fra tre forutbestemte kategorier. I kategorien Last Planner System ble det spurt om plansystemet/planhierarkiet som benyttes i bedriften, og utfra dette fremkommer det at 4-ukers planer er viktigst. Dette kan antas å vike noe fra Skanskas mal for planhierarki, som blant annet består at utkvikksplanlegging med tidshorisont på 6-8 uker og 3-ukersplaner. Samtidig forbyr heller ikke malen en slik plan, og i tillegg er det fra kunnskapsbakgrunnen påpekt at utkvikksplanen kan typisk ha en tidshorisont 4-6 uker [2]. Det kan dermed være naturlig å anta at disse 4-ukersplanene inngår som en del av utkvikksplanleggingen. Fra kunnskapsbakgrunnen kan 3-ukersplanene i Skanskas planhierarki plasseres under plannivået arbeidsplan, og kan inneholde noe mer detaljer enn en utkvikksplan og er dermed en forlengelse av sistnevnte plan [2]. På bakgrunn av at oppgaven tar for seg overgangen fra prosjektering til produksjon, hvor det benyttes to ulike styringsmekanismer, kan noe av dybden for hver av disse mistes og dermed begrense oppgaven.

9. Konklusjon

Dette kapitlet presenterer oppgavens konklusjon av forskerspørsmålet. I de fire første delkapitlene blir underspørsmålene besvart, før det siste kapitlet tar for seg hovedspørsmålet.

9.1 Hvordan brukes Virtual Design and Construction?

VDC skal brukes av prosjektdeltakerne som deltar på prosjekteringen i Skanska region Agder, og betyr i grove trekk prosjektering med digitalisert arbeidsflyt. ICE brukes av prosjektgruppen til kontinuerlig samtidig tverrfaglig prosjektering, men det er ikke gitt ved oppstart av nye prosjekt at hele prosjekteringsteamet har kjennskap til metoden og hvordan den skal brukes i Skanska. Dette forsterker behovet og rollen til sesjonsleder/fasilitator som skal håndtere interessenter med ulike erfaringer, samt skape samhandling under ICE-møtene. Videre brukes Last Planner System til organisering og kontrollering av arbeidsaktiviteter, ved at MMI verdier legges som milepæler i forhold til når deltakerne skal levere sine BIM-leveranser, for å sikre riktig kvalitet til riktig tid i forhold til modellering og multidisiplin informasjonsdeling. PPU brukes aktivt i målstyringen i den samtidige prosjekteringen, for å blant annet måle møteeffektivitet og rotårsaker ved ikke fullførte oppgaver. Måloppnåelse sett i et VDC-perspektiv er for dette prosjektet et økonomisk tall for hva det skal koste pr. kvm. av det salgbare arealet, som blir presentert allerede ved første prosjekteringsmøte i forprosjektet.

9.2 Hvordan brukes Last Planner System?

Skanska region Agder har gjennom flere år brukt en tilnærming til Last Planner System for å øke planpålitelighet, involvering, læring, samt skape god flyt i produksjon. Plansystemet som brukes er bestående av hovedplan, faseplan, utkikkplan og 3-ukersplan. Oppgavens funn viser at det er noe variasjon når det gjelder hvordan planer detaljeres tidlig i prosjekter, og kan vike fra tanken om at det ikke bør legges for nøye detaljerte planer i en tidlig fase. Bakoverplanlegging brukes i planleggingsprosessen, men utførelsen er ikke alltid konsekvent. Når det gjelder kontinuerlig forbedring og læring måles PPU og det gjennomføres rotårsaksanalyser, men funn viser at det er mangel på loggføring av uønskede hendelser/hindringer, samt årsaker for dem. Til tross for flere års erfaring med bruken av LPS, er det varierende grad av tilhørighet til systemet og det underliggende tankesettet.

9.3 Hvilke utfordringer i produksjonen kan spores tilbake til prosjekteringen?

Oppgavens funn viser til at den største utfordringen i produksjon er mangelfullt eller feil tegningsunderlag. Det kan omfatte mangel på mål, feil mål, og for mye informasjon på arbeidstegningene. En annen utfordring kan ses å være hvis tegningene kommer for tett opp mot produksjonsstart, og produksjonsleder og bas ikke rekker å gå gjennom arbeidsunderlaget før produksjonen går i gang. Dette kan resultere i prosjektering parallelt med produksjonen, som har vist seg for å være en utfordring for både produksjonen, men også prosjekteringen. Til slutt kan det være en utfordring hvis det ikke blir gjennomført en erfaringsoverføring av de tilbakemeldingene som gis langs ved prosjektet.

9.4 Hvordan er overgangen fra prosjektering til produksjon?

Overgangen fra prosjektering til produksjon er en dynamisk overgang som kan overlappe, og prosjektering kan pågå underveis i produksjon. Mye av overgangen til produksjon kan handle om å

fjerne hindringer og gjøre klart for at arbeid kan gjennomføres med god flyt. For prosjekteringen vil det å oppnå MMI 400, som danner produksjonsunderlaget, være en viktig prosess i denne overgangen. Før en arbeidspakke starter opp må nødvendig produksjonsunderlag foreligge slik at sunne aktiviteter kan utføres, men prosjektering for arbeidspakker som skal skje ved et senere tidspunkt kan pågå samtidig. Produksjonsunderlaget skal i utgangspunktet foreligge tre uker før produksjonslinjen starter, men funn i oppgaven viser noe avvik fra dette og prosjektering kan pågå parallelt med arbeidspakken det prosjekteres for. Tegningsfeil utmerker seg som en hindring for håndverkerne og arbeidet med å identifisere og fjerne hindringer frem mot produksjon kan tilsynelatende ha mangler.

9.5 Hvordan er forbedringspotensialet for Skanska i grensesnittet mellom VDC i prosjektering og LPS i produksjon?

Noe av forståelsen for hvorfor Lean Construction i utgangspunktet ble utviklet spesifikt for prosjektbasert produksjon, som videre er tankesettet VDC og LPS er basert på, kan utfra oppgavens funn ses å ikke være tilstrekkelig innlemmet i hele prosjektgruppen. Som et resultat på manglende interoperabilitet, kan faktorer som mistillit for metodikkene føre til manglende samarbeid og ikke minst sprik i kommunikasjon. Forbedringspotensialet kan derfor ses å være en fullstendig implementering av VDC og LPS i hele organisasjonen, hvor det i tillegg må foreligge en sterk vilje til forbedring og endring for å kunne realisere mål som økt produktivitet og reduisering av sløsing i både prosjekteringen og produksjon. Det kan også ses å ligge et potensiale i å bruke større ressurser tidligere i prosjekteringsfasen for å bedre hele prosessen fra input til output, for å potensielt få en gjennomgående verdiskapning i alle ledd. Sistnevnte kan ses i sammenheng med prinsippet «start with the end in mind» ved at prosjekteringen har en klar forståelse av at det er produksjonen som er det fysiske leddet som skal realisere visjonen av det som skal bli sluttproduktet.

10. Anbefalinger

I dette kapitlet presenteres råd til oppdragsgiver fra hva oppgaven har avdekket, samt videre arbeid som kan føre oppgaven lengre i et forskningsperspektiv.

Råd til oppdragsgiver kan være å undersøke hvordan VDC kan brukes til å øke erfaringsoverføringen i prosjekter, for å unngå at kunnskap rundt erfaringer går tapt når prosjekt avsluttes og nye startes. Det kan for eksempel være aktuelt med en mer konsekvent loggføring underveis i både prosjekteringen og produksjonen, og samtidig synliggjøre denne loggføringen for hele prosjektgruppen. Slik at utfordringer som tidligere er avdekket, lettere kan unngås i fremtiden. Dette kan være særlig aktuelt ved oppstart på nye prosjekter, hvis det er store utskiftninger i teamet.

Hvis implementeringen av VDC og LPS skal satses mer på, kan det være aktuelt å prøve å rotfeste disse metodikkene i den sentrale og kontinuerlige prosjektgruppen i Skanska Agder, i tillegg til spesialister. Det betyr med andre ord å skape et større fokus på læring og kontinuerlig forbedring, ved at organisasjonen går foran med både vilje, men også motivasjon for resten av teamet. Dette kan for eksempel gjøres ved å kurse flere ledd, og samtidig utarbeide en brukervennlig mal som lett kan distribueres ut til nye aktørene ved oppstart i prosjekt. For mye kan ses å handle om å forstå tankesettet bak Lean Construction, det å skape et ønske og ikke minst vilje hos prosjektgruppen til forbedring- og utføre denne forbedringen ved å stole på at disse verktøyene og metodikkene kan brukes til å skape en bedre prosess innen prosjektledelse, hvor formidling av kunnskap og erfaringer står sentralt i segmentert og kompleks næring.

Når det gjelder videre arbeid for oppgaven, kan det for det første være aktuelt å forske mer detaljert og i dybden på hvor godt implementert Last Planner System og Virtual Design and Construction er i Skanska Agder. Det kan for eksempel gjøres ved å utarbeide en intervjuguide med spesifikke spørsmål, hvor de samme spørsmålene stilles til alle intervjuobjektene, samt være med å observere i bedriften. Oppfølgingsintervju i forhold til de avdekkede resultatene kan være aktuelt. Litteraturstudiet i kunnskapsbakgrunnen kan utføres i en bredere skala, for å avdekke flere relevante artikler og resultater.

Videre kan det være en fordel å følge prosjekt Bjørndalen Øverlia gjennom detaljprosjekteringen og overleveringen til produksjonen for å observere overgangen på dette prosjektet, som forskerspørsmålet er vinklet mot. Som nevnt tidligere er det sammenfallende prosesser i de resultater som kommer frem i oppgaven, men for å kunne teoretisk generalisere konklusjoner kan det være en fordel å utføre samme typen intervju og observasjon i andre uavhengige bedrifter i bygg- og anleggsbransjen. Det kan også være aktuelt å utføre en kvantitativ studie for å kartlegge hyppighet av ulike hindringer i produksjonen og deretter vurdere tiltak, og om VDC og LPS har metoder for å håndtere disse hindringene. Etersom tegninger fremkommer som en hyppig utfordring, kan det videre være interessant å gå mer i dybden på hvordan utkvikksplanleggingen gjennomføres.

11. Referanser

- [1] Skanska Norge, *BIM-manual 7.0 Skanska Norge sin manual for prosjektering ved bruk av bygningsinformasjonsmodeller*, upublisert, u.å.
- [2] B. T. Kalsaas, *Last Planner - et system for planlegging og styring*, Bergen: Fagbokforlaget, 2017.
- [3] Cambridge Dictionary, «Interoperability,» u.å. [Internett]. Available: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/interoperability>. [Funnet 27 04 2022].
- [4] Store norske leksikon, «Iterasjon,» 16 05 2018. [Internett]. Available: <https://snl.no/iterasjon>. [Funnet 27 04 2022].
- [5] K. E. Tranøy, «Kausal,» 09 07 2021. [Internett]. Available: <https://snl.no/kausal>. [Funnet 27 04 2022].
- [6] G. Kjøll og B. Nordbø, «Pragmatisk,» 14 06 2019. [Internett]. Available: <https://snl.no/pragmatisk>. [Funnet 27 04 2022].
- [7] T. Holtebekk, «Mål (arealenhet),» 24 06 2021. [Internett]. Available: https://snl.no/mål_-_arealenhet. [Funnet 20 05 2022].
- [8] M. Fiallo C og V. H. Revelo P, «Applying the Last Planner Control System to a Construction Project - A Case Study in Quito, Ecuador,» 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Gramado, Brazil, 2002.
- [9] S. Mjøen, «INPRO: Ny kunnskap om prosjekter,» 22 03 2018. [Internett]. Available: <https://www.prosjektnorge.no/okt-kompleksitet-nye-krav-til-energi-og-baerekraft-samt-ny-teknologi-er-en-utfordring-for-produktivitet-og-kvalitet-se-forskningsrapport/?fbclid=IwAR3OERnPjDGTd--w0VwMJl9ceYqOc3AfOib8g65YOJdwja7lDIJpYh2APNE>. [Funnet 02 05 2022].
- [10] BYGG21, «Sammen bygger vi framtiden: En strategi for en konkurransedyktig bygg- og eiendomsnæring,» u.å. [Internett]. Available: <https://bygg21.no/wp-content/uploads/2021/01/bygg21-strategien.pdf>. [Funnet 21 04 2022].
- [11] EBA, Entreprenørforeningen Bygg og Anlegg, «Effektive prosjekter med lavere konfliktnivå,» 2018. [Internett]. Available: <https://www.eba.no/siteassets/bilder/rapporter-og-publikasjoner/konflikt-i-prosjekt-29.05.19.pdf>. [Funnet 21 04 2022].
- [12] Skanska Norge, «Visjon og verdier,» u.å. [Internett]. Available: <https://www.skanska.no/hvem-vi-er/skanska-i-norge/visjon-og-verdier/>. [Funnet 04 03 2022].
- [13] A. Heimdal, *Rapportmal MSc 2022_ny*, Grimstad: upublisert, 2022.
- [14] B. A. Mostue, C. Å. Nyrønning, S. Winge og H. M. Gravseth, «Ulykker i bygg og anlegg - Rapport 2020,» Arbeidstilsynet, Trondheim, 2020.
- [15] S. Todsén, «Produktivetsfall i bygg og anlegg,» 19 01 2018. [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/produktivetsfall-i-bygg-og-anlegg>. [Funnet 01 03 2022].
- [16] Byggenæringens Landsforening (BNL), «Byggenæringen sliter med å få tak i fagarbeidere,» 05 02 2021. [Internett]. Available: https://www.bnl.no/artikler/2021/fagarbeidere-mangler/?fbclid=IwAR2iDpR7Tt5BKyX0yfFBh5wues1dVT8SGKiPfmqQZFQH7j55YFxa9Q_UKM. [Funnet 21 04 2022].

- [17] G. H. Brundtland, M. Khalid, S. Agnelli, S. A. Al-Athel, B. T. Chidzero, L. M. Fadika, V. Hauff, I. Lang, M. Shijun, M. Marino de Botero, N. Singh, P. Nogueira-Neto, S. Okita og Ramp, «Vår felles framtid,» 1987. [Internett]. Available: <https://www.nb.no/items/de713b07a1f88b51eb090b925e61e4e6?page=41&searchText=oaiid:%22oai:nb.bibsys.no:998760155934702202%22>. [Funnet 28 02 2022].
- [18] FN-sambandet, «Bærekraftig utvikling,» 28 10 2021. [Internett]. Available: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling>. [Funnet 28 02 2022].
- [19] Miljødirektoratet, «Miljøstatus,» 22 02 2022. [Internett]. Available: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/klima/miljomal-5.2/>. [Funnet 24 02 2022].
- [20] FN-sambandet, «FNs bærekraftsmål,» 23 02 2022. [Internett]. Available: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>. [Funnet 24 02 2022].
- [21] FN-sambandet, «Parisavtalen,» 22 12 2020. [Internett]. Available: <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen>. [Funnet 24 02 2022].
- [22] Klima- og miljødepartementet, «Klimaendringer og norsk klimapolitikk,» 22 10 2021. [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/>. [Funnet 24 02 2022].
- [23] Asplan Viak, «Bygg- og anleggssektorens klimagassutslipp,» 2019. [Internett]. Available: https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/klimautslipp_bae_2019.pdf. [Funnet 24 02 2022].
- [24] Norwegian Green Building Council, Grønn Byggallianse, «Strakstiltak for utbyggere og byggeiere,» u.å. [Internett]. Available: <https://byggalliansen.no/kunnskapssenter/strakstiltak-eiendomssektorens-veikart-mot-2050/>. [Funnet 25 02 2022].
- [25] E. Selvig, E. Enlid, A. Næss, G. Alfredsen, L. R. Gobakken og K. M. Sandland, «Lavutslippsmaterialer i bygg. Barrierer og muligheter,» Norsk institutt for bioøkonomi, Ås, 2020.
- [26] FN-sambandet, «Bærekraftige byer og lokalsamfunn,» 23 02 2022. [Internett]. Available: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/baerekraftige-byer-og-lokalsamfunn>. [Funnet 28 02 2022].
- [27] FN-sambandet, «Last ned grafikk,» 06 12 2021. [Internett]. Available: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/last-ned-grafikk>. [Funnet 28 02 2022].
- [28] BAE-næringen SAMMEN 2030, «Om oss,» u.å. [Internett]. Available: <https://sammen2030.no/om-oss>. [Funnet 28 02 2022].
- [29] Norwegian Green Building Council, Grønn Byggallianse, «Om oss,» u.å. [Internett]. Available: <https://byggalliansen.no/hjem/om-oss/>. [Funnet 28 02 2022].
- [30] Norwegian Green Building Council, Grønn Byggallianse, «Slik lykkes du bedre med ditt BREEAM-prosjekt,» 2020. [Internett]. Available: <https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2020/11/Slik-lykkes-du-bedre-med-ditt-BREEAM-prosjekt.pdf>. [Funnet 28 02 2022].
- [31] L. E. Bygballe, G. Grimsby, B. E. Engebretsen og T. Reve, «En verdiskapende bygg-, anlegg- og eiendomsnæring (BAE): Oppdatering 2019,» Handelshøskolen BI, Oslo, 2019.

- [32] J. F. Krafcik, «Triumph of the Lean Production System,» MIT International Motor Vehicle Program, 1988.
- [33] J. Womack og D. Jones, Lean Thinking: Banish Waste And Create Wealth in Your Corporation. Revised and Updated, New York: Simon & Schuster, 2003.
- [34] L. F. Alarcón, «Training field personnel to identify waste and improvement opportunities in construction,» 3rd. Annual Conference International Group for Lean Construction, Department of Construction Engineering and Management, Catholic University of Chile, Santiago, Chile, 1995.
- [35] M. Rolfsen og H. C. Jensen, Lean blir norsk: lean i den norske samarbeidsmodellen, Bergen: Fagbokforlaget, 2014, pp. 130-139.
- [36] L. Koskela, «Application of the New Production Philosophy to Construction,» CIFE - Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University, 1992.
- [37] P. Tzortzopoulos, M. Kagioglou og L. Koskela, Lean Construction: Core Concepts New Frontiers, London: Routledge, 2020.
- [38] L. Koskela, An exploration towards a production theory and its application to construction, Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), 2000.
- [39] K. H. Kristensen, «Veileder - Lean i Byggeprosjekter,» 26 01 2016. [Internett]. Available: <http://v1.prosjektnorge.no/files/ba2015/lean.pdf>. [Funnet 02 03 2022].
- [40] G. Ballard og I. Tommelein, «Current Process Benchmark for the Last Planner System,» University of California, Berkeley, 2016.
- [41] H. G. Ballard, «The Last Planner System of Production Control,» University of Birmingham, Birmingham, 2000.
- [42] G. Ballard, J. Hammond og R. Nickerson, «Production Control Principles,» 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Taipei, Taiwan, 2009.
- [43] H. Macomber, G. A. Howell og D. Reed, «Managing Promises With the Last Planner System: Closing in on Uninterrupted Flow,» 13th Annual Conference of the International Group for Lean Costruction, Sydney, 2005.
- [44] B. T. Kalsaas, J. Skaar og R. T. Thorstensen, «System og resultater fra utprøving av planleggingsmetoden "Last Planner" (Lean Construction) på Havlimyra oppvekstsenter i Kristiansand kommune Sluttrapport,» Universitetet i Agder i samarbeid med Skanska Region Agder, Grimstad, 2010.
- [45] L. Koskela, R. Stratton og A. Koskenvesa, «Last Planner and Critical Chain in Construction Management: Comparative Analysis,» 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Haifa, Israel, 2010.
- [46] F. R. Hamzeh, G. Ballard og I. D. Tommelein, «Improving Construction Work Flow - The Connective Role of Lookahead Planning,» 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Manchester, UK, 2008.
- [47] S. Knapp, R. Charron og G. Howell, «Phase Planning Today,» 14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Santiago, Chile, 2006.
- [48] R. Fosse og G. Ballard, «Lean Design Management in Practice with the Last Planner System,» 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Boston, USA, 2016.

- [49] J. Kunz og M. Fischer, «Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions,» Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University, 2012.
- [50] L. Rischmoller, D. Reed, A. Khanzode og M. Fischer, «Integration Enabled by Virtual Design & Construction as a Lean Implementation Strategy,» 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), Chennai, India, 2018.
- [51] R. Sacks, S. Korb og R. Barak, *Building Lean, Building BIM: Improving Construction the Tidhar Way*, London and New York: Routledge, 2018.
- [52] E. Hjelseth, «Prosjekt Norge,» u.å. [Internett]. Available: <https://www.prosjektnorge.no/hvaskjer/cophoved/ka-vdc/>. [Funnet 24 01 2022].
- [53] M. Fischer, H. W. Ashcraft, D. Reed og A. Khanzode, *Integrating Project Delivery*, Hoboken, NJ: John Wiley and Sons Ltd, 2017.
- [54] H. T. W. Breistein, «Implementering av VDC,» 06 2021. [Internett]. Available: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2835528>. [Funnet 28 02 2022].
- [55] J. Kunz og M. Fischer, «Virtual design and construction, Construction Management and Economics,» Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group, Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University, 2020.
- [56] A. Khanzode, M. Fischer, D. Reed og G. Ballard, «A Guide to Applying the Principles of Virtual Design & Construction (VDC) to the Lean Project Delivery Process,» Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University, 2006.
- [57] D. J. Gerber, B. Becerik-Gerber og A. Kunz, «Building Information Modeling and Lean Construction: Technology, Methodology and Advances From Practice,» Proceedings IGLC-18, Haifa, Israel, 2010.
- [58] M. Hermundsgård, «ProsjektNorge,» u.å. [Internett]. Available: http://v1.prosjektnorge.no/files/pages/635/artikler/veiledere/a5_veileder-ice.pdf. [Funnet 22 02 01].
- [59] M. R. Belsvik, O. Lædre og E. Hjelseth, «Metrics In VDC Projects,» Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), Dublin, Irland, 2019.
- [60] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks og K. Liston, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelin for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008.
- [61] E. Hjelseth, «BYG509 Digitalkompetanse,» 08 02 2021. [Internett]. Available: <https://uia.instructure.com/courses/8390/files?preview=1369392>. [Funnet 28 03 2022].
- [62] I. A. Bøe, K. E. Fosse, C. O. Hovda og E. A. M. Kvalvaag, *Semesteroppgave BYG509 Digital Byggeprosess II*, Grimstad: upublisert, 2021.
- [63] R. Fosse, G. Ballard og M. Fischer, «Virtual Design and Construction: Aligning BIM and Lean in Practice,» Volume II - Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), Heraklion, Greece, 2017.
- [64] L. Rischmoller, N. T. Dong, M. Fischer og A. Khanzode, «Improving On-site Meeting Efficiency by Using and Automated Model Breakdown Tool,» Volume II - Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), Heraklion, Greece, 2017.

- [65] M. Aslam, Z. Gao og G. Smith, «Integrated implementation of Virtual Design and Construction (VDC) and Lean Project Delivery System (LPDS),» *Journal of Building Engineering* 39 (9):102252, North Dakota State University, 2021.
- [66] G. Ballard, «Lean Project Delivery System,» Lean Construction Institute, 2000.
- [67] V. Knotten og F. Svalestuen, «Implementing Virtual Design and Construction (VDC) in Veidekke - Using Simple Metrics to Improve the Design Management Process,» 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Oslo, Norway, 2014.
- [68] Ø. H. Meland, *Prosjekteringsledelse i byggeprosessen: Suksesspåvirker eller andres alibi for fiasko?*, Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, 2000.
- [69] Direktoratet for forvaltning og økonomistyring, «Byggeprosessen,» u.å. [Internett]. Available: <https://anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/byggeprosessen-steg-steg>. [Funnet 09 02 2022].
- [70] C. Flyen, «Byggeprosess,» u.å. [Internett]. Available: <https://www.sintef.no/ekspertise/community/byggeprosess/>. [Funnet 09 02 2022].
- [71] H. W. Fløisbonn, G. Skeie, B. Uppstad, B. Markussen og S. Sunesen, «MMI - Modell Modenhets Indeks,» Entreprenørforeningen Bygg og Anlegg (EBA), Rådgivende Ingeniørers Forening (RIF) og Arkitektbedriftene, Oslo, 2018.
- [72] A. Norheim, A. Haugbotn, G. Dahl, H. B. Smith, J. A. Nygård, K. Johannesdottir, K. Kristoffersen, M. Norgren, S. J. Sigurdsson, S. G. Rasmussen, T. G. Hansen og Ø. Lystad, «MMI - Modell Modenhets Indeks for samferdsel,» Maskinentreprenørenes Forbund (MEF), Rådgivende Ingeniørens Forening (RIF) og Entreprenørforeningen Bygg og Anlegg (EBA), Oslo, 2020.
- [73] Standard Norge, «NS 8407: 2011 Alminnelige kontraktsbestemmelser for totalentrepriser,» Standard Norge og Standard Online AS, Lysaker, 2011.
- [74] Direktoratet for forvaltning og økonomistyring, «Byggeprosessen,» 05 11 2019. [Internett]. Available: <https://anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/byggeprosessen-steg-steg/konseptutvikling-og-bearbeiding/valg-av-gjennomforingsmodell/totalentreprise>. [Funnet 01 03 2022].
- [75] A. Rolstadås, A. Johansen, N. Olsson og J. A. Langlo, *Praktisk prosjektledelse*, Bergen: Fagbokforlaget, 2020.
- [76] S. Skinnarland, *Use of Progression Planning Tools in Developing Collaborative Main Contractor-Subcontractor Relationships in Norway*, Edinburgh Business School: Heroit-Watt University, 2013.
- [77] BREEAM, «BREEAM - Sustainability Assessment Method,» u.å. [Internett]. Available: <https://www.breeam.com/?cn-reloaded=1>. [Funnet 01 03 2022].
- [78] Norwegian Green Building Council, Grønn Byggallianse, «Nysgjerrig på BREEAM-NOR?,» u.å. [Internett]. Available: <https://byggalliansen.no/sertifisering/om-breeam/nysgjerrig-pa-breeam-nor/>. [Funnet 01 03 2022].
- [79] Norwegian Green Building Council, Grønn Byggallianse, «Bli medlem,» u.å. [Internett]. Available: <https://byggalliansen.no/hjem/bli-medlem/>. [Funnet 01 03 2022].
- [80] S. R. Covey, *7 Prinsipper for fremgang: trinn-for trinn mot personlig fornyelse*, Oslo: Cappelen, 1990.

- [81] Kartverket, «Norgeskart,» u.å. [Internett]. Available: <https://norgeskart.no/#!?project=norgeskart&layers=1002&zoom=3&lat=7197864.00&lon=396722.00>. [Funnet 24 02 2022].
- [82] Norkart, «Kommunekart,» u.å. [Internett]. Available: <https://kommunekart.com/klient/kristiansand/plankart>. [Funnet 24 02 2022].
- [83] Skanska Eiendomsutvikling, Region MVS, *Prosjektprogram, PROSJEKT, Bjørndalen B11a og B11b, Øverlia*, upublisert, 17.01.2022.
- [84] Skanska Norge, «Skanska,» u.å. [Internett]. Available: <https://www.skanska.no/hva-vi-gjor/ny-bolig/bjorndalen/>. [Funnet 24 02 2022].
- [85] Skanska, «Bydel Bjørndalen,» 20 01 2021. [Internett]. Available: <https://www.mittbjorndalen.no/artikler/bolig-og-naering-hand-i-hand>. [Funnet 26 02 2022].
- [86] Skanska, «Bydel Bjørndalen,» 2020. [Internett]. Available: <https://www.mittbjorndalen.no>. [Funnet 24 02 2022].
- [87] Norwegian Green Building Council, Grønn Byggallianse, «Eiendomssektorens veikart mot 2050,» u.å. [Internett]. Available: <https://byggalliansen.no/kunnskapssenter/publikasjoner/eiendomssektorens-veikart-mot-2050/>. [Funnet 25 02 2022].
- [88] Skanska, *Virtual Design and Construction (VDC)*, upublisert, u.å.
- [89] Skanska, *Involverende planlegging i Skanska Anlegg, forberedelse av produksjonslinjer*, upublisert, 2016.
- [90] Skanska, *MMI-figur*, upublisert, u.å.
- [91] Skanska, *Ambisjonsmøte VDC*, upublisert, u.å.
- [92] D. I. Jacobsen, *Hvordan gjennomføre undersøkelser?*, vol. 3, Oslo, Norge: Cappelen Damm Akademisk, 2018.
- [93] Kartverket, «Karttyper,» 28 08 2020. [Internett]. Available: <https://www.kartverket.no/til-lands/korleis-blir-kartet-til/karttyper>. [Funnet 28 02 2022].
- [94] Kommunekart Web, «Generelt om kommunekart,» u.å. [Internett]. Available: <https://www.kommunekart.com/Hjelp/index.html>. [Funnet 28 02 2022].
- [95] DOGA, «Befaring som medvirkningsmetode i ulike faser av planprosessen,» u.å. [Internett]. Available: https://doga.no/globalassets/programmer-og-aktiviteter/folketrakk/supplerende-tekst_befaring.pdf. [Funnet 11 03 2022].
- [96] H. Øverby, «Store norske leksikon,» 14 01 2021. [Internett]. Available: <https://snl.no/søketjeneste>. [Funnet 17 02 2022].
- [97] H. Øverby, «Store norske leksikon,» 16 01 2021. [Internett]. Available: <https://snl.no/søkemotor>. [Funnet 17 02 2022].
- [98] D. Gundersen, P. Johansen og N. E. Bjerkestrand, «Store norske leksikon,» 23 03 2021. [Internett]. Available: <https://snl.no/transkripsjon>. [Funnet 23 02 2022].

12. Vedlegg

Vedlegg A – Fremdriftsplan

Vedlegg B – Loggbok litteraturstudie

Vedlegg C – Søknad til Norsk senter for forskningsdata (NSD)

Vedlegg D – Intervjuguide

Vedlegg E – A3-poster