

Virtual Design and Construction

Fører dette til bedre produksjonsunderlag?

Andreas Dreyer Flatås

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2013

Hovedveileder: Frode Olav Drevland, BAT

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



Oppgavens tittel:	Dato: 10.06.2013
Virtual Design and Construction - Fører dette til bedre produksjonsunderlag?	Antall sider (inkl. bilag): 104
	Masteroppgave <input checked="" type="checkbox"/> Prosjektoppgave <input type="checkbox"/>
Navn: Stud.techn. Andreas Dreyer Flatås	
Faglærer/veileder: Frode Drevland	
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Fredrik Svalestuen	

Ekstrakt:

Utilstrekkelige produksjonsunderlag er et problem som medvirker til lav produksjonseffektivitet i byggenæringen. I takt med en negativ produktivitetsutvikling har kompleksiteten i forhold til gruppesammensetning, prosesser og teknologi i byggeprosjekter stadig økt. Virtual Design and Construction (VDC) er et rammeverk for å optimalisere prosjektarbeid. Rammeverket kombinerer og integrerer teknologiske verktøy og arbeidsprosesser for å knytte sammen mennesker og prosesser på en bedre måte. Rapportens formål er å redegjøre for om VDC fører til bedre produksjonsunderlag. Optimale produksjonsunderlag har fastsatte kvalitetskategorier med tilhørende målbare dimensjoner. Prosjekterende har videre bestemte utfordringer i forhold til å fremstille optimale produksjonsunderlag. Kvaliteten på produksjonsunderlaget er i teorien forventet å øke i takt med hvor effektivt disse utfordringene blir håndtert, og spesielt grensesnitt utfordringene.

Hovedtrekkene innenfor VDC fagfeltet inkluderer Integrated Concurrent Engineering (ICE), Bygningsinformasjonsmodellering (BIM), Produkt, Organisasjon og Prosess (POP)-modeller samt måling. Effektiv bruk av alle hovedelementene er avgjørende for å få suksess med VDC. VDC er i tillegg et dynamisk rammeverk. Suksess med konseptet krever at man tar hensyn til prosjektspesifikke forhold. For å kunne forvente bedre produksjonsunderlag må konseptet først bli vellykket implementert. Dette krever at aktører i tillegg til teoretisk kunnskap har nødvendig kompetanse og erfaring med å bruke rammeverket i praksis.

ICE understøttet av BIM fører ideelt sett til en integrert og tverrfaglig prosjektering. I praksis krever effektiv prosjektering med ICE at både modelleringseksperise og beslutningsmyndighet er tilstede i ICE-samlingene. Optimale produksjonsunderlag kan videre bare bli fremstilt hvis produserende er involvert, og aktivt deltar i prosjekteringen. Samlokalisering med ICE koster, men er nødvendig for å kunne forvente å fremstille bedre produksjonsunderlag. Produserende må fremme sine ønsker, krav og forventninger til produksjonsunderlaget til prosjekterende. For å øke produserende sin forståelse av produksjonsunderlaget er det videre avgjørende at BIM-modeller er tilgjengelige og aktivt tatt i bruk på byggeplasser. BIM-modeller er ideelt sett være vitale som samhandlingsplattformer i forbindelse med VDC.

VDC er ideelt sett en integrert prosjekteringsprosess som har mange fordeler. Hvis gjort riktig optimaliserer VDC i teorien prosjektering. Dette legger videre til rette for å effektivt håndtere utfordringene med tanke på å fremstille bedre produksjonsunderlag. Undersøkelser viser at VDC også i praksis bør føre til bedre produksjonsunderlag. Samtidig viser rapporten at VDC med bestemte forutsetninger har potensial til å fremstille optimale produksjonsunderlag. Leveranser av optimale produksjonsunderlag kan ses på som en "stafettpinneveksling" i grensesnittet mellom prosjektering og produksjon. VDC gir ideelt sett større verdiskapning i prosjektering, som i forlengelse gir større verdiskapning i produksjon gjennom fremstilling av optimaliserte produksjonsunderlag.

Stikkord:

1. VDC- Virtual Design and Construction
2. Produksjonsunderlag
3. Grensesnitt
4. Prosjektering

(sign.)

Forord

Denne rapporten er skrevet av Andreas Dreyer Flatås gjennom 10. semester ved Norges Tekniske og Naturvitenskapelige Universitet (NTNU). Den markerer avslutningen på min grad som sivilingeniør fra Institutt for Bygg, Anlegg og Transport (BAT). Rapporten er et selvstendig arbeid over 20 uker våren 2013 for TBA4910 Prosjektledelse, masteroppgave, som tilsvarer 30 studiepoeng.

Jeg ønsker at masteroppgaven skal bidra til å utvikle min egen kompetanse, og i tillegg gi verdifull læring i forhold til å utarbeide en forskningsrapport. Samtidig ønsker jeg at rapporten skal være et nyttig bidrag til å videreutvikle konseptet Virtual Design and Construction (VDC).

VDC søker å optimalisere prosjektarbeid. Dette er et tema jeg synes er interessant. Målet mitt er å bidra med økt forståelse for VDC i tilknytning til produksjonsunderlag. Utvikling av informasjonsteknologiske verktøy som bygningsinformasjonsmodeller er i ferd med å utgjøre et paradigmeskifte i byggenæringen. Spesielt i forhold til hvordan produkter blir prosjektert. Likevel er utilstrekkelige produksjonsunderlag et vedvarende problem. Ved å sette VDC i sammenheng med produksjonsunderlaget er min motivasjon at produksjonen i større grad også blir en del av det teknologiske paradigmeskifte i byggenæringen.

Jeg ønsker først og fremst å takke Frode Drevland fra NTNU for god veiledning med nyttige innspill og tilbakemeldinger. Våre samtaler har bidratt til økt forståelse for problemstillingen og gitt verdifulle tips til arbeidet med rapporten. En stor takk rettes til Veidekke for tilgang til informanter som har vært svært imøtekomende. Informantene sine innspill har vært betydelige. Fra Veidekke ønsker jeg spesielt å takke Fredrik Svalestuen som er min kontakt ved NTNU. Jeg ønsker også å takke Helge Blindheim, Vegard Knotten, Bjørnar Gullbrekken, Morten Barreth, Ine Maribu og Sigbjørn Faanes. Alle mine tidligere forelesere fra BAT fortjener anerkjennelse for sine bidrag til byggstudiet. Elin Dreyer og Rune Flatås takkes for hjelp til korrekturlesing.

(Andreas Dreyer Flatås)

Trondheim 10.06.2013

Sammendrag

Utilstrekkelige produksjonsunderlag er et problem som medvirker til lav produktivitet i byggenæringen. I takt med en negativ produktivitetsutvikling har kompleksiteten i forhold til gruppesammensetning, prosesser og teknologi i prosjekter samtidig stadig økt. Virtual Design and Construction (VDC) er et rammeverk for å optimalisere prosjektarbeid. Rammeverket kombinerer og integrerer teknologiske verktøy og arbeidsprosesser for å knytte sammen mennesker og prosesser på en bedre måte. Rapportens formål er å redegjøre for om VDC fører til bedre produksjonsunderlag. Forskningsspørsmålene kobler VDC teoretisk til fremstilling av bedre produksjonsunderlag. Erfaring med implementering av VDC er videre kartlagt for å vurdere om det teoretiske konseptet også i praksis fører til bedre produksjonsunderlag.

Rapporten er en kvalitativ dybdestudie som fokuserer på prosjektering og grensesnitt mellom prosjektering og produksjon. Hensikten med undersøkelsene er å formidle forståelse, og må sees på som et bidrag til den pågående utviklingen av VDC konseptet. I Norge har man ikke dokumenterte erfaringer med VDC i forhold til kvaliteten på produksjonsunderlaget. Derfor er en deduktiv tilnærming til forskningen benyttet. Datagrunnlaget utgjør casestudier av tre prosjekter og intervju av tre VDC sertifiserte nøkkelpersoner. I den forbindelse er informantene sin egnethet, og kvaliteten på undersøkelsene bestemmende for rapportens validitet. Ved å benytte flere informanter og casestudier er validiteten styrket fordi ulike påstander er begrunnet med ulike erfaringer, synspunkter og perspektiv.

Produksjonsunderlag har fastsatte kvalitetskategorier med tilhørende målbare dimensjoner. Kategorier for kvaliteten på selve produksjonsunderlaget inkluderer *byggbarhet, forståelse og produksjonsspesifikke forhold*. Prosessen med å overføre produksjonsunderlaget omfatter kvalitetskategoriene *leveranse tidspunkt og kvalitet samt oppfølging og tilrettelegging for produksjon*. Prosjekterende har videre bestemte utfordringer i forhold til å fremstille optimale produksjonsunderlag. *Grensesnitt i prosjektering og mellom prosjektering og produksjon* er de mest omfattende utfordringene. *Tids- og arbeidspres for prosjekterende samt overlappende og fragmentert prosjektering og produksjon* er utfordringer som påvirker hvordan man effektivt håndterer grensesnitt. Å forstå *oppfatninger mellom prosjekterende og produserende* er relevant med tanke på å mer effektivt integrere prosjektering og produksjon. Kvaliteten på produksjonsunderlaget er i teorien forventet å øke i takt med hvor effektivt disse utfordringene blir håndtert, og spesielt grensesnitt utfordringene.

Hovedtrekkene innenfor VDC fagfeltet inkluderer Integrated Concurrent Engineering (ICE), Bygningsinformasjonsmodellering (BIM), Produkt, Organisasjon og Prosess (POP)-modeller samt måling. Effektiv bruk av alle hovedelementene er avgjørende for å lykkes med VDC. VDC er i tillegg et dynamisk rammeverk. Suksess med konseptet krever at man tar hensyn til projektspesifikke forhold. For å kunne forvente bedre produksjonsunderlag må konseptet derfor først i praksis bli vellykket implementert. Aktører må i den forbindelse i tillegg til teoretisk kunnskap ha nødvendig kompetanse og erfaring med å bruke rammeverket hensiktsmessig. VDC sertifiserte nøkkelpersoner bidrar til å utvikle slik erfaring og kompetanse.

ICE understøttet av BIM fører ideelt sett til integrert og tverrfaglig prosjektering. I praksis krever effektiv prosjektering med ICE at både modelleringsekspertise og beslutningsmyndighet er tilstede i ICE-samlingene. Optimale produksjonsunderlag kan videre bare bli fremstilt hvis produserende er involvert, og aktivt deltar i prosjekteringen. Produserende må fremme sine ønsker, krav og forventninger til produksjonsunderlaget. Effektiv samlokalisering av prosjekterende og involvering av produserende i prosjekteringen i forbindelse med VDC koster. Dette er derimot erfart som avgjørende for at ICE skal være effektivt og i praksis føre til bedre produksjonsunderlag. Samlokalisering og integrering i forbindelse med VDC bør derfor være berettiget. For å øke produserende sin forståelse av produksjonsunderlaget er det videre avgjørende at BIM-modeller er tilgjengelige og aktivt tatt i bruk på byggeplasser. BIM-modeller er ideelt sett vitale som samhandlingsplattformer i forbindelse med VDC, både i prosjektering og produksjon.

VDC er optimalt sett en integrert prosjekteringsprosess som har mange fordeler. Hvis gjort riktig optimaliserer VDC i teorien prosjektering. Dette legger videre til rette for å effektivt håndtere utfordringer med tanke på å fremstille bedre produksjonsunderlag. Undersøkelser viser at VDC også i praksis bør føre til bedre produksjonsunderlag. Samtidig viser rapporten at VDC med bestemte forutsetninger har potensial til å fremstille optimale produksjonsunderlag. Leveranser av optimale produksjonsunderlag kan ses på som en ”stafettpinneveksling” i grensesnittet mellom prosjektering og produksjon. VDC gir ideelt sett større verdiskapning i prosjektering, som i forlengelse gir større verdiskapning i produksjon gjennom fremstilling av optimaliserte produksjonsunderlag. Konseptet må sees på som en læringsprosess, men med en helhetlig tilnærming oppleves læringskurven som bratt.

Abstract

Insufficient construction documents is an issue that contributes to lower the productivity in the architect, engineering and construction (AEC) industry. Complexity in regard to group composition, processes and technology in AEC projects has also steadily increased in line with a negative productivity development. Virtual Design and Construction (VDC) is a framework for optimizing projects performance. The framework combines and integrates technology and work processes to tie people and processes together in a better way. This report seeks to account for VDC in association with developing better construction documents. The research questions links VDC theoretically to the production of improved construction documents. Experience with the implementation of VDC is furthermore collected to assess whether the theoretical concept also in practice leads to better construction documents.

The report is a qualitative depth study that focuses on engineering design and interfaces between engineering design and construction. The purpose of the investigation is to convey understanding, and must be seen as a contribution to the ongoing development of the VDC concept. There is limited documented experience in the Norwegian AEC industry with respect to VDC's impact on the quality of the construction documents. A deductive approach to the research is therefore used. Case studies of three projects and interviews of three VDC certified key personnel make up the reports database. The validity of the data is constrained by the informants' suitability as well as the quality of the surveys. By using multiple informants and cases studies the validity of the data is strengthened because various experiences, views and perspectives substantiate the different statements.

Construction documents has quality categories with measurable dimensions. The quality categories for the construction documents include *constructability*, *understanding* and *specific construction conditions*. The process of transferring construction documents includes the quality categories *delivery time and quality* and *supervising and facilitating of the construction* for constructors. Engineering designers also has certain challenges in relation to preparing construction documents. *Interfaces in engineering design and between engineering design and construction* are the most comprehensive challenges. *Available time and workload for engineering designers* as well as *overlapping and fragmented design and construction* are challenges that affect how efficient projects handle interfaces. Understanding different *perceptions between engineering designers and constructors* is relevant to more effectively integrate engineering design and construction. In theory the quality of the construction documents is expected to increase in line with how efficiently these challenges are handled, and especially the interface challenges.

VDC is comprised of the main elements Integrated Concurrent Engineering (ICE), Building information modeling (BIM), Product, Organization and Process (POP)-models and metrics. Effective use of all of the main elements is essential to have success with VDC. Furthermore VDC is a dynamic framework. Success with using the concept in addition to a solid theoretical foundation requires expertise and experience. This will enable projects to better adjust the framework to the specific project environments. VDC certified key people are in that regard crucial to successfully implement the concept in the future.

ICE supported by BIM ideally leads to an integrated and interdisciplinary engineering design process. However efficient engineering design with ICE in practice requires that both modeling expertise and decision-makers are present. Optimal construction documents can only be prepared if constructors actively participate in the engineering design process. Constructors must share their wishes, demands and expectations for the construction documents with the engineering designers. Effective co-location with ICE and the involvement of constructors in engineering design in conjunction with VDC is costly. However, this is experienced as essential for ICE to be effective, but this is nevertheless in practice required in order to expect to produce better construction documents. Co-location and integration in connection with the VDC should therefore be justified. With VDC it is also crucial that contractors actively use BIM models on construction sites. This will increase their understanding of the construction documents and streamline work on construction sites. BIM models are ideally vital as a platform for interaction in conjunction with ICE, both in engineering design and construction.

VDC is an integrated engineering design process with several advantages. If done correct VDC enables engineering designers to manage challenges in engineering design, and furthermore produce better construction documents. This study confirms that VDC also in practice lead to better construction documents. Moreover VDC projects have with certain prerequisites the potential to prepare optimal construction documents. Deliveries of optimal construction documents can be regarded as a “baton exchange” in the interface between engineering design and construction. VDC ideally add greater value in the engineering design phase. This will in extension add greater value in construction through the production of optimized construction documents. Furthermore VDC is a learning process, but with a holistic approach the learning curve is perceived as steep.

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	1
1.1	BAKGRUNN	1
1.2	FORMÅL	3
1.2.1	<i>Forskningsspørsmål</i>	3
1.3	OMFANG OG BEGRENSINGER	3
1.4	RAPPORTENS OPPBYGNING	4
2	METODE	5
2.1	GENERELT OM VITENSKAPELIG METODE	5
2.1.1	<i>Vitenskapelig tilnærming</i>	5
2.1.2	<i>Reliabilitet og validitet</i>	5
2.2	BEGRUNNELSE FOR METODEVALG	6
2.2.1	<i>Begrunnelse for metode valg</i>	6
2.2.2	<i>Alternative metoder</i>	7
2.3	SPESIELT OM METODE	7
2.3.1	<i>Litteraturstudie</i>	7
2.3.2	<i>Kvalitative intervju</i>	8
2.3.3	<i>Casestudie av Ørnen Hotell</i>	8
2.3.4	<i>Intervju kvalitet i casestudie av Kunnskapscenteret</i>	10
2.3.5	<i>Intervju kvalitet i casestudie av City Lade</i>	10
2.3.6	<i>Intervju kvalitet for telefonintervju av VDC nøkkelinformanter</i>	10
2.4	RESULTATENES TROVERDIGHET	11
2.4.1	<i>Mulige feilkilder ved innhenting av data</i>	12
2.4.2	<i>Reliabilitet og validitet</i>	13
2.5	OPPSUMMERING	15
3	TEORI	16
3.1	BYGGEPROSESSEN	16
3.1.1	<i>Byggeprosessen sine faser og prosesser</i>	16
3.1.2	<i>Prosjektering og produksjon</i>	17
3.1.3	<i>Måloppnåelse og målstyring</i>	17
3.1.4	<i>Prosjekteringsomfanget</i>	18
3.2	VDC	19
3.2.1	<i>Hovedelementer</i>	21
3.2.2	<i>Andre elementer</i>	25
3.3	OPTIMALE PRODUKSJONSUNDERLAG	26
3.3.1	<i>Kategorier og dimensjoner ved optimale produksjonsunderlag</i>	26
3.3.2	<i>Målinger av kvaliteten på produksjonsunderlaget</i>	28
3.3.3	<i>Utfordringer i forhold til å fremstille produksjonsunderlag</i>	29
3.4	VDC FØRER TEORETISK TIL BEDRE PRODUKSJONSUNDERLAG	32
3.4.1	<i>VDC reduserer tids- og arbeidspress for prosjekterende</i>	32
3.4.2	<i>VDC håndterer fragmentering og overlappende og fragmentert prosjektering og produksjon</i>	33
3.4.3	<i>VDC omforener prosjekterende og produserende sine oppfatninger</i>	34
3.4.4	<i>VDC håndterer grensesnitt i prosjektering</i>	34
3.4.5	<i>VDC håndtere grensesnitt mellom prosjektering og produksjon</i>	34
3.5	OPPSUMMERING	35
4	RESULTATER	36
4.1	CASESTUDIE AV ØRNEN HOTELL	36
4.1.1	<i>Byggeprosessen i prosjektet med VDC</i>	36
4.1.2	<i>VDC knyttet opp mot teoretiske utfordringer i forhold til å fremstille produksjonsunderlag</i>	40

4.1.3	Refleksjoner rundt VDC.....	41
4.1.4	Kvaliteten på produksjonsunderlaget.....	41
4.2	CASESTUDIE AV ST. OLAVS HOSPITAL- KUNNSKAPSENTRET.....	45
4.2.1	Byggeprosessen i prosjektet med VDC.....	45
4.2.2	VDC knyttet opp mot teoretiske utfordringer i forhold til å fremstille produksjonsunderlaget.....	47
4.2.3	Refleksjoner rundt VDC.....	49
4.3	CASESTUDIE AV CITY LADE.....	50
4.3.1	Byggeprosessen i prosjektet med VDC.....	50
4.3.2	VDC knyttet opp mot teoretiske utfordringer i forhold til å fremstille produksjonsunderlag.....	52
4.3.3	Refleksjoner rundt VDC.....	54
4.4	INTERVJU AV VDC SERTIFISERTE SIGBJØRN FAANES.....	55
4.4.1	VDC knyttet opp mot teoretiske utfordringer i forhold til å fremstille produksjonsunderlag.....	56
4.4.2	Refleksjoner rundt VDC.....	58
4.5	INTERVJU AV VDC SERTIFISERTE MORTEN BARRETH.....	59
4.5.1	VDC knyttet opp mot teoretiske utfordringer i forhold til å fremstille produksjonsunderlag.....	60
4.5.2	Refleksjoner rundt VDC.....	61
4.6	INTERVJU AV VDC SERTIFISERTE INE MARIBU.....	62
4.6.1	VDC knyttet opp mot teoretiske utfordringer i forhold til å fremstille produksjonsunderlag.....	63
4.6.2	Refleksjoner rundt VDC.....	64
5	DISKUSJON.....	65
5.1	TEORETISK USIKKERHET.....	65
5.2	VDC SINE HOVEDELEMENTER.....	65
5.2.1	ICE.....	66
5.2.2	BIM.....	66
5.2.3	Målinger.....	67
5.2.4	POP-modeller for kontroll og oppfølging av prosjektarbeidet.....	68
5.2.5	Målsettinger med og ambisjonsnivå for VDC.....	68
5.3	VDC KNYTTET OPP MOT TEORETISKE UTFORDRINGER I FORHOLD TIL Å FREMSTILLE PRODUKSJONSUNDERLAG.....	69
5.3.1	Tids- og arbeidspress for prosjekterende.....	69
5.3.2	Fragmentering og overlapping av prosjektering og produksjon.....	70
5.3.3	Oppfatninger mellom prosjekterende og produserende.....	70
5.3.4	Grensesnitt i prosjektering.....	70
5.3.5	Grensesnitt mellom prosjektering og produksjon.....	71
5.4	OPPSUMMERING.....	72
6	KONKLUSJON.....	73
7	VIDERE ARBEID.....	74
8	REFERANSER.....	75
9	VEDLEGG.....	78

Figurliste

Figur 1 Produktivitetsutvikling i Norge fra 2000-2011 (Kommunal- og regionaldepartementet, 2012)..	1
Figur 2 Utvikling av IT-verktøy i byggenæringen. Fritt etter (Venås, 2011)	2
Figur 3 Byggeprosessens faser og prosesser (Meland, 2000)	16
Figur 4 Usikkert og endringsmulighet kontra informasjon og kostnad ved vesentlig endring. Fritt etter (Samset, 2008)	18
Figur 5 Nytte av informasjon kontra kostnad ved å innhente informasjon. Fritt etter (Samset, 2008) ...	18
Figur 6 MacLeamy-kurven. Fritt etter (Tjell, 2010)	18
Figur 7 Optimalt prosjekteringsomfang. Fritt etter (Meland, 2000)	19
Figur 8 Tverrfaglig ICE-samling i iRoom på Kunnskapssenteret (Knotten, 2011)	21
Figur 9 BIM som kommunikasjons- og visualiseringsverktøy. Fritt etter (Veidekke, 2011)	22
Figur 10 IP med lappeteknikk på City Lade (Gullbrekken, 2013).....	23
Figur 11 PPU for tegningsleveranser for City Lade (Gullbrekken, 2013)	23
Figur 12 Tverrfaglig ICE-samling i iRoom på City Lade (Gullbrekken, 2013)	25
Figur 13 Tverrfaglig ICE-samling i iRoom på City Lade (Gullbrekken, 2013)	31
Figur 14 Tidsbruk i prosjektering. Fritt etter (Flager og Haymaker, 2007)	32
Figur 15 Prosjektering og produksjon med BIM . Fritt etter (Jongeling, 2008)	33
Figur 16 Arkitekttegning Ørnen Hotell (Blindheim, 2012)	36
Figur 17 Detaljert BIM-modell av Kunnskapssenteret (Knotten, 2011).....	45
Figur 18 Arkitekttegning av City Lade (Gullbrekken, 2013)	50

Tabelliste

Tabell 1 Dimensjoner for prosjekteringseffektivitet. Fritt etter (Andi og Minato, 2002)	24
Tabell 2 Dimensjoner ved optimale produksjonsunderlag. Fritt etter (Andi og Minato, 2002).....	26
Tabell 3 Respondentenes svar på spørreundersøkelsen for Ørnen Hotell.....	41
Tabell 4 Spredning i respondentenes svar på spørreundersøkelsen for Ørnen Hotell.....	42

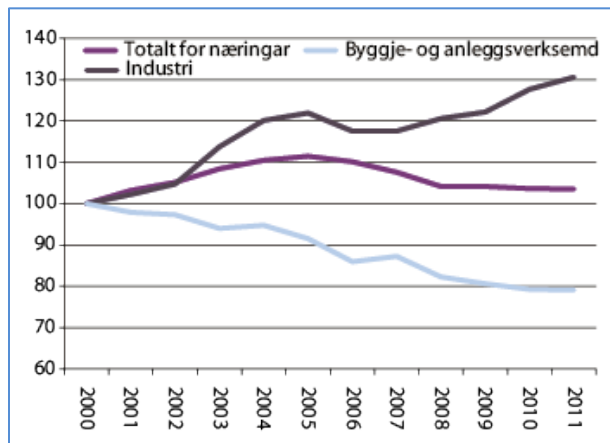
Begrepsavklaringer

Aktør	<i>En aktør kan være en person, en gruppe eller en organisasjon. Aktører kjennetegnes ved egne interesser, verdier, kompetanse og ressurser.</i>
BIM	<i>Bygningsinformasjonsmodellering (3D, 4D eller 5D)</i>
Buffer	<i>Overflod av tid, kapasitet eller materiell for å håndtere prosess- og systemvariasjon</i>
ICE	<i>Integrated Concurrent Engineering (samtidig og samordnet prosjektering)</i>
IP	<i>Involverende Planlegging</i>
MNOK	<i>Millioner Norske Kroner</i>
Optimalisere	<i>Tilpasse en prosess eller et system slik at ønsket måloppnåelse blir maksimert under bestemte betingelser</i>
POP	<i>Produkt-Organisasjon-Prosess</i>
PPU	<i>Prosent Planlagt Utført</i>
Produserende	<i>Samlebetegnelse på alle som er involvert i den fysiske produksjonen av et produkt. Omfatter både fagarbeidere, baser, formenn og funksjonærer.</i>
Prosjekterende	<i>Samlebetegnelse på alle som er involvert i prosjektering av et produkt.</i>
Prosjekteringsleder	<i>Henviser til Veidekke sin prosjekteringsleder</i>
RIB	<i>Rådgivende Ingeniør Bygg</i>
TVD	<i>Target Value Design (kostnadsstyring mot et spesifikt estimat)</i>
Utbedringsarbeid	<i>Unødig innsats som følge av at en prosess eller aktivitet må gjøres om igjen. Utbedringsarbeid er et resultat av at en aktivitet først ble implementert feil.</i>
VDC	<i>Virtual Design and Construction (virtuell prosjektering og produksjon)</i>
Veidekke	<i>Veidekke Entreprenør AS</i>
VVS	<i>Vann, Ventilasjon og Sanitær</i>

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Byggenæringen har i løpet av de siste årene hatt en negativ produktivitetsutvikling. Siden midten av 1990-tallet har faktisk produktiviteten avtatt. Dette er bekymringsfullt fordi andre næringer, og særlig industrien samtidig har hatt en produktivitetsvekst. Produktivitetsutviklingen i Norge totalt sett, for byggenæringen og for industri fra 2000 til 2011 er illustrert i figur 1.



Figur 1 Produktivitetsutvikling i Norge fra 2000 til 2011 (Kommunal- og regionaldepartementet, 2012)

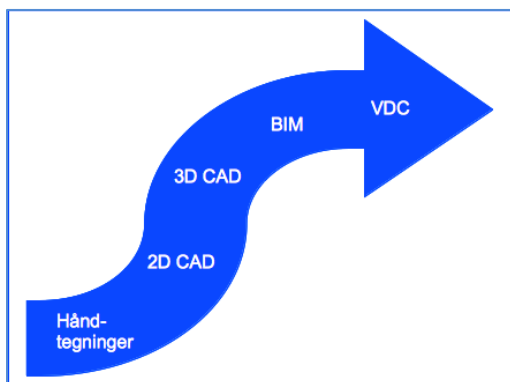
Den norske byggenæringen omsatte i 2009 for ca. 600 milliarder kroner, og er med det Norges nest største næring målt i både verdiskapning og antall sysselsatte. (Kommunal- og regionaldepartementet, 2012). Utbedringsarbeid er kostnadsdrivende, og utgjør som regel 5-10 % av byggekostnadene. (Love et.al, 2011). Samtidig kan opptil 40 % av produksjonsfeil og mangler tilskrives utilstrekkelig prosjektering. (Byggforsk, 1994). Et forenklet tankeeksperiment viser at utilstrekkelig prosjektering i 2009 kostet den norske byggenæringen 12 milliarder. Vi antar da at 5 % av omsetningen i byggenæringen er utbedringsarbeid, og videre at 40 % av utbedringsarbeidet skyldes utilstrekkelig prosjektering.

Byggenæringen er opptatt av å snu den negative produktivitetsutviklingen og å redusere sløsing. Næringen står for ca. 13 % av den totale omsetningen i norsk næringsliv, og er viktig for den norske økonomien. Kompleksiteten i forhold til gruppesammensetning, prosesser og teknologi for byggeprosjekter har i takt med en negativ produktivitetsutvikling stadig økt. (Dutsch, 2011). Bransjen har et stort potensial for større verdiskapning. Forbedringsprosesser er generelt et viktig fokusområde for byggenæringen som helhet, men også for hver enkelt aktør.

Leveranse av produksjonsunderlag er en ”stafettpinneveksling” mellom prosjekterende og produserende. Utilstrekkelige produksjonsunderlag er i stor grad et resultat av ineffektive prosjekteringsprosesser. Dette er en betydelig utfordring for produserende. Feil og mangler i produksjonsunderlag medfører store kostnader knyttet til utbedringsarbeid, og medvirker til lavere produksjonseffektivitet på byggeplasser. (Grimsmo, 2008).

Involverende planlegging (IP) er en metodikk for å drive framdriftsplanlegging i prosjektarbeid. Hovedmålsettingen med IP er å redusere tapt tid og skape flyt i arbeidsprosesser gjennom at alle aktivt deltar i planleggingen av sin egen hverdag. Produserende fokuserer på å effektivisere produksjonsprosessen. IP i produksjon er et eksempel på en forbedringsprosess som forsøker å optimalisere produksjonen. Likevel oppstår problemer i produksjonen som slike forbedringsprosesser ikke direkte motvirker og forbedrer. Optimalisering av produksjonsprosessen er avhengig av at byggeprosessen ”oppstrøms” produksjon også er effektivisert. Prosjektering utgjør en beskjeden del av et prosjekts livsløpskostnader. Likevel kan effektiv prosjektering ha en stor og disproporsjonal påvirkning på et prosjekts verdiskapning. (Lipton, 2001). Prosjekteringsprosessen er i stadig større grad anerkjent for sin påvirkning på byggeprosessen. Vellykkete prosjekt er først og fremst kjennetegnet av effektiv prosjektering.

Forbedringsprosesser må ha en helhetlig tilnærming til byggeprosessen. Effektivisering av prosjekteringsprosessen med tanke å fremstille bedre produksjonsunderlag er viktig for produserende. Byggenæringen har i de senere årene gjennomgått et paradigmeskifte med fokus på utvikling av informasjonsteknologiske (IT) verktøy. Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) har fått et spesielt stort fokus, og mange mente BIM ville revolusjonere bransjen. Bransjen har likevel erfart at BIM ikke erstatter utmerket prosjektledelse, et godt prosjekteringsteam eller en god arbeidskultur. (Eastman et.al, 2008). Forbedringsprosesser i byggenæringen må kombinere og integrere teknologiske verktøy med arbeidsprosesser. Figur 2 illustrerer Virtual Design and Construction (VDC) som et eksempel på en slik forbedringsprosess. BIM er med VDC et verktøy fremfor en egen prosjekterings- eller prosjektform. VDC er et rammeverk og et arbeidsverktøy som samler mange prinsipper i et konsept.



Figur 2 Utvikling av IT-verktøy i byggenæringen. Fritt etter (Venås, 2011)

Martin Fisher er en foregangsperson for VDC. Han har fulgt tjue prosjekter tett både i USA og Asia. Prosjektene ble kategorisert i tre kategorier: etter tradisjonell bygging, litt bruk av BIM og full bruk av BIM med tilhørende VDC. Byggekostnadene for prosjektene i de ulike kategoriene var 329 millioner, 211 millioner og 146 millioner amerikanske dollar. (Fisher, 2013). Fisher tror derfor at VDC kan halvere byggekostnadene. En halvering av byggekostnadene betyr at potensialet for større verdiskapning i byggenæringen er stort. VDC konseptet blir gradvis tilpasset og innlemmet i den norske byggenæringen. Gjennom en helhetlig tilnærming til byggeprosessen skal VDC optimalisere prosjektarbeidet. Derfor er det interessant å undersøke om VDC teoretisk og i praksis fører til bedre produksjonsunderlag.

1.2 Formål

Rapporten sin problemstilling er uttrykt gjennom en hypotese om at VDC fører til fremstilling av bedre produksjonsunderlag. Formålet er derfor å redegjøre for om VDC fører til bedre produksjonsunderlag. Begrunnelsen for hypotesen er forankret teoretisk gjennom beskrivelse av VDC og optimale produksjonsunderlag. En teoretisk forankring gir grunnlag for å gjøre egne undersøkelser. Kvaliteten på produksjonsunderlaget er fastsatt fra et produksjonsperspektiv, men produksjonsunderlaget er fremstilt i prosjektering med et prosjekteringsperspektiv. Undersøkelsene tar derfor for seg prosjektering og grensesnitt mellom prosjektering og produksjon. Spesielt utfordringer i prosjektering med tanke på å fremstille optimale produksjonsunderlag er interessant. Følgende forskningsspørsmål skal lede fram til å belyse rapporten sitt formål.

1.2.1 Forskningsspørsmål

1. Hvordan relaterer VDC seg teoretisk til byggeprosessen?
2. Hva kjennetegner optimale produksjonsunderlag?
3. Hvilke utfordringer eksisterer med tanke på å fremstille optimale produksjonsunderlag?
4. Hvordan vil VDC teoretisk føre til bedre produksjonsunderlag?
5. Hvordan blir VDC implementert i praksis?
6. Hvordan fører VDC i praksis til fremstilling av bedre produksjonsunderlag?

Forskingsspørsmålene er interessante fordi det ikke er gjort konkrete undersøkelser for å bekrefte eller avkrefte om VDC fører til bedre produksjonsunderlag. Samtidig har forskningsspørsmålene en teoretisk tilnærming, og undersøkelsene vil derfor gi grunnlag for å utvikle VDC konseptet videre.

1.3 Omfang og begrensinger

Masteroppgaven for sivilingeniør utdanningen ved NTNU løper over 22 uker med selvstendig arbeid, og utgjør 30 studiepoeng. Rapporten er en studentoppgave som er avgrenset i både tid og omfang, og har derfor flere begrensinger. VDC er i denne rapporten introdusert som et teoretisk konsept som omfatter både prosjektering og produksjon. Helheten er interessant, men undersøkelsene tar likevel hovedsakelig for seg VDC i forhold til prosjekteringsprosessen. En deduktiv tilnærming til temaet og hypotesen er valgt fordi formålet med rapporten hovedsakelig er å sette teori opp mot praksis.

Veidekke er Norges største entreprenør, og en av bedriftene som har valgt å satse på VDC. For undersøkelser av VDC i Norge har jeg valgt å samarbeide med Veidekke. Fordi konseptet er relativt nytt i den norske byggenæringen er bare et begrenset utvalg prosjekter gjennomført med VDC. En dybdestudie er derfor valgt. Undersøkelsene baserer seg på casestudier av prosjekter og intervju av aktører tilknyttet Veidekke. Erfaringer og synspunkt fra casestudiene er utelukkende basert på VDC i forbindelse med totalentrepriser. Rapporten tar likevel ikke stilling til entreprisemodell i forhold til VDC.

Selv om rapporten diskuterer teori opp mot praksis er ikke resultatene allmenngyldige. Resultatene er et bidrag til den pågående utviklingen av VDC konseptet. VDC er både avhengig av og påvirker flere aktører. Rapporten fokuserer på fordeler for produserende. Flere og mer spesifikke forutsetninger for forskning i rapporten er nærmere beskrevet i metodekapittelet.

1.4 Rapportens oppbygning

Rapporten består av følgende hoveddeler.

Kapittel 1 Innledning

Her er bakgrunn og motivasjon for å fremstille rapporten presentert. Kapittelet redegjør for rapporten sitt formål og problemstilling, forskningsspørsmål samt omfang og begrensinger.

Kapittel 2 Metode

Innledningsvis gir kapittelet en kort oversikt over vitenskapelige metoder. Videre forklarer kapittelet hvordan eksisterende litteratur er identifisert og valgt ut. Valg av metode er begrunnet. Til sist diskuterer kapittelet resultatene sin troverdighet med bakgrunn i begrepene reliabilitet og validitet.

Kapittel 3 Teori

VDC, optimale produksjonsunderlag samt koblingen mellom temaene er forankret teoretisk. Teorien er aktuell som grunnlag for å gjøre undersøkelser og for å diskutere resultatene.

Kapittel 4 Resultater

Data hentet inn fra casestudier og intervju er presentert og satt i sammenheng.

Kapittel 5 Diskusjon

Teori og resultater gir utgangspunkt for diskusjon av praktiske erfaringer i forhold til VDC. Diskusjonen er formet med tanke på å belyse formålet.

Kapittel 6 Konklusjon

Rapporten sin teori og resultater gir grunnlag for konklusjon over de funnene som er gjort.

Kapittel 7 Videre arbeid

Rapporten sine resultater og konklusjon gir grunnlag for anbefalinger til videre arbeid.

Kapittel 8 Referanser

Inneholder en komplett liste over de referansene som er anvendt i rapporten.

Vedlegg

Inneholder alle vedlegg som er inkludert og referert til i rapporten.

2 Metode

Kapittelet har fire hoveddeler. Vitenskapelige metoder er kort beskrevet. Videre følger en begrunnelse for valg av metode og hvordan forskningen i praksis er gjennomført. Tilslutt er mulige feilkilder identifisert og resultatene sin troverdighet diskutert med bakgrunn i begrepene reliabilitet og validitet.

2.1 Generelt om vitenskapelig metode

En forskningsmetode er en framgangsmåte for å tilnærme seg et nytt tema. En skiller hovedsakelig mellom kvalitative og kvantitative forskningsmetoder. *Kvalitativ metode* har som formål å belyse meninger og erfaringer som ikke lar seg tallfeste eller måle. En kvalitativ tilnærming går i dybden og har til hensikt å få frem sammenheng og helhet gjennom å formidle forståelse. Når man ønsker mye informasjon om et tema fra forskjellige referanser anses det som gunstig å benytte en kvalitativ metode. *Kvantitativ metode* har som formål å omdanne mye informasjon til målbare enheter. Statistiske resultater og bredde er viktig, og ofte en del av konklusjonen. En kvantitativ metode benyttes som en strukturert tilnærming til et tema man ikke har tilstrekkelig forkunnskap om, eller vil forske videre på. Videre vil en kvantitativ metode gi mulighet for å kartlegge trender. En benytter seg som regel av dataverktøy for å trekke slutninger og føre statistikk. (Samset, 2012).

Forskjellen mellom kvalitativ og kvantitativ metode er først og fremst knyttet til måten data samles inn. Kvalitative undersøkelser har fleksibilitet og kjennetegnes av nærhet og sensitivitet ovenfor kildene, mens kvantitative har sterk struktur og større avstand mellom forsker og kilde. Dette har konsekvenser for både forskningsprosessen og hvordan resultatene tolkes og vurderes. Kvalitative vurderinger blir analysert med en rekke antagelser og reliabilitet er derfor ikke tillagt like stor vekt som for kvantitative undersøkelser. Validitet er viktigere enn reliabilitet i kvalitative undersøkelser. (Samset, 2012).

2.1.1 Vitenskapelig tilnærming

Induktiv forskning vil si at teori er utviklet fra data. En induktiv forskningsmetode baserer seg på at teoretiske perspektiver kan utvikles på bakgrunn av akkumulasjon av empiriske undersøkelser. Trender og sammenhenger kan fremheves ved å supplere eksisterende data med nye undersøkelser. *Deduktiv forskning* tester teori i forhold til data, og er det motsatte av induktiv forskning. Forskning har grunnlag i disse av tilnærmingene og skilles fra hverandre avhengig av teoretisk forankring. Induktiv forskning søker å utvikle ny teori, mens deduktiv forskning søker å videreutvikle teori. (Thagaard, 2010).

2.1.2 Reliabilitet og validitet

Reliabilitet

Reliabilitet omhandler forskningens pålitelighet. Forskningens reliabilitet er basert på antagelsen om at forskere som anvender like metoder skal komme frem til det samme resultatet. Åpenhet gjør det lettere å overbevise kritikere om forskningens reliabilitet, og dermed også kvaliteten på resultatene.

En skiller mellom ekstern og intern reliabilitet. *Ekstern reliabilitet* er knyttet til at forskning som er utført på en måte som kan gjentas av andre forskere i en annen situasjon. Vanligvis er det vanskelig å oppnå ekstern reliabilitet i kvalitative studier. *Intern reliabilitet* er knyttet til i hvor stor grad det er samsvar mellom innhenting av data for forskere som er i samme situasjon. Høy grad av intern reliabilitet oppnås ved å presentere en detaljert beskrivelse av forskningsstrategi og analysemetoder for å skape gjennomskiktighet rundt forskningsprosessen. (Thagaard, 2010).

Validitet

Validitet er knyttet til tolkning av data og handler om gyldigheten av tolkninger forskeren gjør. En tolkning er gyldig hvis riktig metode er brukt til riktig tid, i riktige omgivelser og resulterer i riktige vurderinger. Validitetsbegrepet er sammensatt av intern og ekstern validitet. *Intern validitet* er knytte til kausalitet innenfor en bestemt undersøkelse, mens ekstern validitet er knyttet til hvordan tolkinger fra en undersøkelse også er gyldig i andre sammenhenger. *Ekstern validitet* kjennetegnes ved overførbarhet. Generelt styrkes undersøkelsers validitet med gjennomskiktighet. Gjennomskiktighet innebærer at forskeren tydelig gjør rede for tolkningers grunnlag og videre hvordan en analyse gir belegg for slutningene forskeren presenterer. (Thagaard, 2010).

2.2 Begrunnelse for metodevalg

Metode er valgt med tanke på egnethet i forhold til å besvare forskningsspørsmålene. Forskningsspørsmålene søker å kartlegge hovedtrekkene innenfor det teoretiske konseptet VDC og optimale produksjonsunderlag. Rapporten knytter VDC både teoretisk og i praksis opp mot produksjonsunderlaget. For å belyse forskningsspørsmålene kartlegger rapporten erfaringer med og synspunkter om VDC fra nøkkelinformanter.

2.2.1 Begrunnelse for metode valg

Rapporten behandler et tema med lite dokumentert praktisk erfaring. VDC er et konsept som er relativt nytt i Norge og som samtidig er i stadig utvikling. Forskingen har derfor en deduktiv tilnærming. Målet med kvalitativ forskning er å belyse betydningen av folks erfaringer og synspunkter. Rapporten benytter kvalitative intervju for å anskueliggjøre praksis fra virkeligheten. Forskingen gir grunnlag for en dypere forståelse av hvordan teori avviker fra praksis.

Rapporten er en dybdestudie som inkluderer tre casestudier. Casestudie av få, men forskjellige prosjekt gjør det mulig å gå i dybden. Erfaring fra casestudiene er fulgt opp med intervju med tre uavhengige VDC nøkkelpersoner. En dybdestudie er mest hensiktsmessig med tanke på å få et helhetlig bilde innenfor de gitte rammene for forskningen. Temaet kan behandles bredere og mer utfyllende i en dybdestudie kontra kvantitative undersøkelser. Dybdestudier skal gi innsikt og forståelse. Ambisjonen er ikke at forskningen nødvendigvis skal være representativ eller generaliserbar. Rammene for forskningen er bestemt både av temaet og tids- og arbeidsomfanget for rapporten.

2.2.2 Alternative metoder

Metode for å hente inn data er avhengig av forskningens formål og tilgjengelige ressurser. Tidsbegrensning er den største begrensningen for arbeidet med denne rapporten. Forskningsspørsmålene tar i tillegg utgangspunkt i en hypotese som det finnes lite dokumentert kunnskap om. Rapporten baserer seg derfor på primærdata som forskeren selv har innhentet med bakgrunn i forskningsspørsmålene. Induktiv forskning er ikke egnet fordi VDC er et teoretisk konsept implementert i praksis. Kvantitative undersøkelser er heller ikke egnet fordi det er gjennomført for få VDC prosjekter i Norge.

VDC er nytt for de aller fleste i byggenæringen. Intervjuobjektene er av stor betydning for forståelsen forskeren oppnår. Å knytte kontakt med intervjuobjekter som er aktuelle i forhold til forskningens formål er sentralt for forskningen. Casestudiene og VDC nøkkelinformantene i denne rapporten ble valgt i samarbeid med veilederne mine ved NTNU. Rapporten er hovedsakelig basert på intervju av et utvalg av Veidekke sine prosjekteringsledere. Disse intervjuobjektene har kjennskap til både prosjektering og produksjon. Intervju av andre aktører i prosjektering ble valgt vekk som følge av rapportens begrensede tids- og arbeidsomfang.

I en av casestudiene ble en spørreundersøkelse benyttet til å gjøre en direkte vurdering av kvaliteten på produksjonsunderlaget. For de to andre casestudiene ble en slik spørreundersøkelse utelatt fordi verdien av å gjøre enkeltstående målinger ble vurdert som begrenset. Erfaring fra den ene casestudien gjorde i tillegg at intervju av driftsleder og formenn heller ikke ble gjennomført i de to andre casestudiene. Prosjekteringslederne sine erfaringer, synspunkt og egnethet ble hovedsakelig prioritert i forhold til begrensinger i tids- og arbeidsomfanget. Innhenting av data gjennom intervju av prosjekteringsledere er likevel ansett som dekkende for å belyse formålet i rapporten.

2.3 Spesielt om metode

Forskningen i denne rapporten er hypotesetestende. En hypotese er en påstand og/eller konkretisert antagelse om faktiske forhold og beskriver en forventet sammenheng. For å belyse hypotesen har jeg valgt å innhente informasjon gjennom tre casestudier, supplert med intervju av tre VDC nøkkelinformanter. Formålet med forskningen er ikke å avkrefte eller bekrefte en hypotese, men heller gi grunnlag for økt forståelse for videre undersøkelser. I forbindelse med intervjuene ble intervjukvaliteten evaluert med bakgrunn i en forhåndsforberedt mal, vedlegg I. Intervjuobjektene sin bakgrunn og erfaring kombinert med kvaliteten av intervjuene er presentert som grunnlag for å vurdere troverdigheten av, og de innhentede datas relevans.

2.3.1 Litteraturstudie

Forskning i rapporten tar utgangspunkt i et teorikapittel utarbeidet gjennom en litteraturstudie. Litteraturstudien er gjennomført for å gi en teoretisk referanse innen et avgrenset tema, som forskningen tester videre gjennom en deduktiv tilnærming. Litteratursøket som omfatter VDC er først og fremst gjort gjennom CIFE sine databaser, tilgjengelig fra (<http://cife.stanford.edu/>). Utover dette er teoridelen basert på studentens fordypningsprosjekt fra høsten 2012 som er inkludert i referanselisten.

2.3.2 Kvalitative intervju

Intervjuene i casestudiene og av nøkkelinformanter er gjennomført med åpen dialog der spørsmål ble stilt fortløpende med toveiskommunikasjon. Intervjuobjektene ble forespeilet forventet tidsbruk, informert om anonymitet, og spurt om samtykke til å gjøre notater og/eller lydopptak. Intervjuer understreket at formålet med intervjuene er å forstå, og at han ikke er ute etter å bedømme eller vurdere. Videre ble det presisert at intervjuene søker å kartlegge synspunkter og erfaringer og at det derfor ikke er riktige eller gale svar. Intervjuobjektet ble gjort oppmerksom på at forskningen er gjort i samarbeid med Veidekke og at resultatene vil inngå i en masteroppgave.

Intervjuguider ble utarbeidet i forkant og er nært knyttet opp mot forskningsspørsmålene. Formålet med intervjuguidene er å lede intervjuer gjennom intervjuet. Intervjuguidene ble strukturert slik at intervjuer hadde mulighet til å utvikle spørsmål underveis gjennom å følge opp svarene intervjuobjektet gav. Ofte er det hensiktsmessig å presenter temaet for intervjupersonen uten å formulere det som et direkte spørsmål. Intervjuspørsmålene bør oppfordre til beskrivelser for å få frem mest mulig spontane fremstillinger. Stiller en "hvorfor" spørsmål får man mindre gjennomtenkte forklaringer. Intervjuguidene for samtlige intervju i forbindelse med forskningen i denne rapporten er vedlagt som vedlegg II-V.

2.3.3 Casestudie av Ørnen Hotell

Casestudien av Ørnen Hotell er gjennomført i perioden 14.-18. februar 2013. Informasjon ble innhentet gjennom spørreundersøkelse og intervju. Spørreundersøkelsen ble besvart av formennene og driftsleder når de hadde tid, mens fagarbeidere besvarte den samlet i forbindelse med lunsjpausen sin. Intervjuene av formennene og driftsleder ble gjennomført ved passende anledninger, mens intervju av prosjekteringsleder var avklart på forhånd.

Spørreundersøkelse

For å sammenligne og vurdere kvaliteten på produksjonsunderlaget i prosjekter kan man benytte spørreundersøkelser. Slike undersøkelser kan blant annet bli brukt til å vurdere om VDC fører til bedre kvalitet på produksjonsunderlaget.

Spørreundersøkelsen finnes som vedlegg VI, og registrerings skjema for respondentenes svar som vedlegg VII. Resultatene av spørreundersøkelsen er tidsspesifikke. Undersøkelser bør derfor gjøres flere ganger i løpet av en produksjonsprosess. En svakhet ved spørreundersøkelsen på Ørnen Hotell er at den bare ble gjennomført ved en anledning. Samtidig er utvalget i spørreundersøkelsen ikke statistisk signifikant og man kan ikke utelukke at tilfeldigheter spiller inn. Formålet med spørreundersøkelsen var likevel ikke å få kvantitative resultater, men snarere å gi grunnlag for å vurdere respondentenes forskjellige perspektiver.

Flere momenter kan påvirke spørreundersøkelser og lede respondentene til å gi bestemte svar. Rekkefølge, lengden på skjema samt bruk av kontroll spørsmål i spørreundersøkelsen er nøye gjennomtenkt. Forsker har lagt vekt på å formulere entydige spørsmål som ikke kan misforstås. Lukkede, dobbeltydige og upresise spørsmål vil potensielt kunne gi stor spredning i svarene. Spørreundersøkelsen unngår derfor bevist å bruke abstrakte begreper og faguttrykk. Den spør ikke om detaljer fra lengre bak i tid og bare overordnet om respondentenes tidligere erfaring.

Spørreundersøkelsen er utarbeidet for å være rask og enkel å besvare. Samtidig er det ønsket at svarene skal være lett å sammenligne i ettertid. Lukkede spørsmål gir i motsetning til åpne spørsmål respondentene større motivasjon til å besvare den. Lukkede spørsmål gir også bedre mulighet til å sammenligne svar. Spørreundersøkelsen består av 17 lukkede spørsmål og et åpent kommentarfelt. Spørreundersøkelsen ble delt ut til 26 personer og besvart av 19 respondenter. Dette gir en svarprosent på 73 %.

Intervjukvalitet i casestudien av Ørnen Hotell

Prosjekteringsleder

Prosjekteringslederen er utdannet sivilingeniør og har lang fartstid i bransjen. Fra 1995 har han jobbet som prosjektutvikler og prosjekteringsleder for Veidekke i totalentrepriser. Før dette som prosjekteringsleder og rådgivende ingeniør i større offshore prosjekter. Til sammen har han 20 års erfaring som prosjekteringsleder. Ørnen Hotell er det første prosjektet hvor han tar i bruk VDC prinsipper. Han har fra før god kjennskap til VDC gjennom Veidekke sitt nettverk for prosjekteringsledere og en VDC samling i Sverige. Han har også besøkt og studert Kunnskapssenteret og City Lade i Trondheim. Dette er to av Veidekke sine første prosjekter hvor VDC er implementert.

Prosjekteringsleder virket noe reservert og bekymret for hvordan svarene hans ville bli tolket. Dette gjorde at han i stor grad fulgte opp spørsmålene og søkte dialog under intervjuet. Stemningen under samtalen var vennskapelig og intervjuers inntrykk er at prosjekteringsleder var opptatt av å få frem relevante svar. Forholdene rundt intervjuet var gode. Intervjuobjekt ønsket ikke at jeg gjorde lydopptak av intervjuet.

Driftsleder

Driftslederen har både fagbrev og en ingeniørgrad innen konstruksjonsteknikk. Han har 4 års erfaring som fagarbeider og 3 års erfaring som funksjonær. Til tross for sin relativt korte fartstid i bransjen har han vært involvert i ett sammenlignbart prosjekt som funksjonær og i to prosjekt som fagarbeider. Driftsleder fulgte bare delvis opp spørsmålene og søkte i liten grad dialog rundt svarene sine. Samtalen var i stor grad selvkommuniserende og stemningen under intervjuet var god. Intervjuet ble ikke avbrutt underveis, men mot slutten var intervjuobjektet noe stresset ettersom han skulle videre i et møte.

Formenn

Tre av fire formenn har over 20 års erfaring i bransjen og har vært med på over fem sammenlignbare prosjekter. En av formennene har 4 års erfaring som rådgivende ingeniør og vært med på bare ett sammenlignbart prosjekt. Bare en av formennene har tidligere erfaring som formann, mens de tre andre er formenn for første gang. Intervjuene av formennene er kjennetegnet av at deres vilje til å forstå og formidle var stor. Spørsmålene ble i stor grad fulgt opp fra både intervjuer og intervjuobjektets side. Stemningen under intervjuene var kameratslig og en god dialog ble etablert. Intervjuene var ikke preget av forstyrrende elementer eller avbrytelser.

2.3.4 Intervjukvalitet i casestudie av Kunnskapssenteret

Kunnskapssenteret ble besøkt 12. mars 2013, og informasjon ble innhentet gjennom intervju av Veidekkes prosjekteringsleder. Prosjekteringsleder Vegard Knotten på Kunnskapssenteret er utdannet VVS ingeniør og sivilingeniør innen kuldeteknikk. Han har lang fartstid i bransjen, med 8 år som rådgivende ingeniør, 8 år som byggherre og 3 år som prosjekteringsleder for Veidekke. Knotten er sertifisert innen VDC fra Stanford University i USA og har tidligere erfaring med Integrated Concurrent Engineering (ICE) og BIM fra et mindre prosjekt.

Intervjuet ble etter avtale, gjort på Veidekkes anleggskontor og gjennomført uten avbrytelser. Intervjuobjektet kom med relevante, utfyllende og dokumenterte svar. Enkelte spørsmål ble fulgt opp gjennom samtale med intervjuobjektet. Intervjuet var i stor grad selvkommunerende, stemningen god og intervjuobjektets svar i stor grad spontane og ærlige.

2.3.5 Intervjukvalitet i casestudie av City Lade

City Lade ble besøkt 7. mars 2013, og informasjon ble innhentet gjennom intervju av Veidekkes prosjekteringsleder. Prosjekteringsleder Bjørnar Gullbrekken på City Lade er utdannet ingeniør og har lang fartstid i bransjen. Fra 1991 har han jobbet som prosjektleder for konsulent i 7 år, eiendomsutvikler i 2 år og 13 år som prosjekteringsleder for Veidekke. Han er sertifisert innen VDC fra Stanford University i USA og har tidligere erfaring med VDC fra Kunnskapssenteret prosjektet i Trondheim.

Intervjuet ble etter avtale gjort på prosjekteringslederens kontor og gjennomført uten avbrytelser. Intervjuobjektet kom med relevante, utfyllende og dokumenterte svar. Enkelte spørsmål ble fulgt opp nye spørsmål, andre gjennom dialog med intervjuobjektet framkom spontane og ærlige svar. Intervjuet var i stor grad selvkommunerende og stemningen var hele tiden positiv.

2.3.6 Intervjukvalitet for telefonintervju av VDC nøkkelinformanter

Sigbjørn Faanes

Intervjuobjektet er utdannet sivilingeniør innen bygg og har lang fartstid i bransjen. Han har jobbet 13 år som prosjektutvikler og prosjekteringsleder for Veidekke og er sertifisert innen VDC fra Stanford University i USA. Faanes jobber spesielt mye med samlokalisert IP i forhold til detaljplanlegging i ICE og BIM i forbindelse med tidligfase av prosjekter.

Intervjuet ble etter avtale gjort over telefon 18. mars 2013. Intervjuobjektet var spontan, snakket mye og var svært interessert i å dele sine erfaringer og synspunkter. Faanes var kunnskapsrik, og kom med utfyllende og godt dokumenterte svar. Intervjuet hadde en god tone. Til tider var det vanskelig å få i gang en dialog fordi intervjuobjektet var veldig ivrig, men intervjuguiden ble til syvende og sist godt dekket.

Morten Barreth

Intervjuobjektet har jobbet som prosjektutvikler, prosjekteringsleder og anleggsleder for Veidekke. Han er sertifisert innen VDC fra Stanford University i USA. Barreth har praktisk erfaring med VDC blant annet fra boligprosjektet Fornebuhageby. Fra 2009 til 2011 var han VDC og BIM ansvarlig for Veidekke. Barreth har derfor kjennskap til de fleste av Veidekke sine prosjekter som i denne perioden benyttet VDC og BIM.

Intervjuet ble etter avtale gjort over telefon 19. mars 2013. Intervjuobjektet var interessert i å dele sine erfaringer og synspunkter. Barreth ble oppfattet som kunnskapsrik og kom med velbegrunnede svar. Stemningen under intervjuet var vennskapelig. Intervjuet ble i stor grad gjennomført gjennom dialog, hvor intervjuguiden ble fulgt.

Ine Maribu

Intervjuobjektet er utdannet sivilingeniør innen byggeteknikk. Tidligere har hun jobbet 1 år som brannrådgiver og 3 år som byggeteknisk rådgiver. Hun jobber nå som prosjekteringsleder hos Veidekke og har ett års erfaring med det. Maribu påbegynte VDC sertifisering fra Stanford University i USA januar 2013. Hun er i dag prosjekteringsleder for boligprosjektet Horneberg i Trondheim og har tidligere erfaring med VDC fra Kunnskapscenteret.

Intervjuet ble etter avtale gjort over telefon 20. mars 2013. Intervjuobjektet var interessert i å dele sine erfaringer og synspunkter og dokumenterte svarene sine godt. Til tider var det vanskelig å få i gang en dialog fordi intervjuobjektet ikke følte at hun hadde tilstrekkelig praktisk erfaring med VDC. Intervjuguiden ble fulgt og var sentral i intervjugjennomføringen.

2.4 Resultatenes troverdighet

Å være kritisk til innhentet data og vurdere holdbarhet og gyldighet er viktig for diskusjonen av resultatene. Resultatene sin troverdighet er belyst gjennom å presentere mulige feilkilder ved innhenting av data. Reliabilitet og validitet som er sentrale begrep for å vurdere rapporten sin troverdighet er også diskutert.

2.4.1 Mulige feilkilder ved innhenting av data

Spørsmålsformulering

Spørsmålsformuleringen må ikke øke sjansen for bestemte svar. Intervjuspørsmålene er derfor formulert slik at intervjuobjektet ble oppfordret til å komme med sine egne synspunkter. Spørsmålene var ofte åpne og generelle. Intervjuer og intervjuobjekt måtte dermed føre en dialog for å få frem relevante sider ved de forskjellige spørsmålene og svarene. Intervjuguiden ble i tillegg utarbeidet i forkant og strukturert på en logisk måte slik at rekkefølgen på spørsmålene ikke skulle påvirke intervjuobjektens svar.

Fordommer og førforståelse

Fordommer og førforståelse er meninger forskeren har på forhånd og som tas med inn i en undersøkelse. I en forskningssituasjon må forskeren være bevisst på og derfor redegjøre for førforståelsen i forkant. (Dalland, 2007). Intervjuer vil potensielt påvirke intervjuobjektene gjennom sin oppførsel og/eller ytre kjennetegn. Reaksjoner kan føre til at intervjuobjektet modererer eller forandre svarene sine. Førforståelse påvirker både spørsmålsformulering og tolkninger av teori og resultater. Åpenhet og bevissthet rundt fordommer har vært viktig for å begrunne og trekke logisk forankrete slutninger.

En annen potensiell feilkilde er at intervjuer tok notater under intervjuene. Kanskje fikk intervjuer ikke med seg alt som ble sagt, eller heller ikke oppfattet alt som ble uttrykt gjennom ikke-verbale uttrykk. Spesielt muligheten til å vurdere ikke-verbale inntrykk gjennom å lese kroppsspråket til intervjuobjektet ble redusert av å ta notater. Samtidig vil kunnskap og førforståelse påvirke det intervjuer ”ser” og tolker under intervjuene.

Dybdestudie

En kvalitativ dybdestudie er et valgt basert på rapporten sitt formål og dagens situasjon i byggenæringen. En dybdestudie med et lite utvalg av prosjekt er likevel ikke nødvendigvis representativt for situasjonen i byggenæringen eller i Veidekke som helhet. Ambisjonsnivået og evnen til å implementere VDC i prosjektet er et sentralt moment som påvirker resultatene av casestudien. Den mest åpenbare feilkilden er at forskjellige typer prosjekter stiller ulike forutsetninger for vurdering av kvaliteten på produksjonsunderlaget. Casestudiene beskriver tre forskjellige typer prosjekter med tre forskjellige prosjektspesifikke byggeprosesser. Sammenligning og generalisering av resultater er derfor utfordrende. Intervjuobjektens synspunkter og erfaringer er farget av prosjektet. Resultatene fra de forskjellige casestudiene har derfor mange spesifikke forutsetninger og avhengigheter.

Forskningseffekt

Forskningseffekten innebærer at personer som vet at de blir observert kanskje opptrer annerledes enn de ellers ville ha gjort. Dersom en har grunnlag for å tro at informanten lar seg påvirke av forskningssituasjonen vil gyldigheten påvirkes. (Dalland, 2007). I forhold til forsknings- og intervju-effekt i alle intervjuene er det en fordel at dette er en studentoppgave.

Forskningseffekten er gjeldene i den grad informantene har hatt grunnlag for å bli påvirket av forskningssituasjonen. Rapporten har hatt en utforskende tilnærming hvor informantene i stor grad har aktivt deltatt i å fremstille datagrunnlaget. Derfor er forskningseffekten ansett å ha mindre betydning enn bredden i datagrunnlaget i forhold til resultatenes relevans. Forskningseffekten er muligens redusert i casestudien av Ørnen Hotell siden intervjuer tidligere har hatt sommerjobb i prosjektet, og kjente intervjuobjektene fra før. Sjansen for at intervjuobjektene opptrådte i sine vanlige handlingsmønstre er derfor stor.

Telefonintervju kontra personlige intervju

Telefonintervju gir tilgang til flere intervjuobjekt da de kan være vanskelig å få tak i. Lengden på telefonintervju er begrenset i forhold til personlige intervju. Intervjuobjektet blir samtidig ikke i like stor grad utsatt for intervjuers førforståelse og meninger over telefon som ved personlige intervju. Bakdelen med telefonintervju er at intervjuobjektene kan gi ufullstendige svar som er vanskeligere å følge opp fra intervjuers side. Kostnader og tidsbruk assosiert med personlige intervju er større enn ved telefonintervju. Enkelte intervjuobjekt kan være mer reservert i en mer upersonlig situasjon som over telefon, og ville kanskje vært mer samarbeidsvillig under et personlige møte. Intervjuer mister muligheten til å tolke ikke-verbal kommunikasjon fra intervjuobjektet under telefonintervju. Dette er en stor svakhet fordi stemmebruk, mimikk og andre kroppslige uttrykk gir viktige inntrykk.

2.4.2 Reliabilitet og validitet

Reliabilitet

Casestudier er ikke standardiserte med tanke på innhold og måten de er gjennomført på og vil være påvirket av en forskers stadige fortolkninger. Etterprøving av forskning basert på casestudier er ofte vanskelig. I lys av at det er utfordringer med etterprøvbarehet av casestudier er det viktig å tydeliggjøre hvordan data er blitt utviklet og innhentet i løpet av forskningsprosessen. Metodekapittelet beskriver utførlig hvordan forskningen er gjennomført. En utførlig beskrivelse øker den interne reliabiliteten av rapporten og kompensere for etterprøvbarehet. Den innhentete informasjonen er dokumentert gjennom notater. Egne notater kan likevel redusere reliabiliteten noe fordi viktige momenter kan bli oversett. Notatene kan videre være preget av egne oppfatninger og holdninger. En helhetlig forståelse fremfor detaljene er viktig for rapporten. Intervjuguider er vedlagt.

Reliabiliteten er generelt styrket av at data er utviklet ut ifra en samlet oppfatning gjennom at flere deltar i utformingen av forskningsprosessen. Diskusjon med veiledere har bidratt til å styrke reliabiliteten av forskningen. Under intervjuene er det samtidig lagt vekt på dialog mellom intervjuer og intervjuobjektet. Toveiskommunikasjon har bidratt til å få frem relevante og dokumenterte data.

Validitet

VDC er et relativt nytt konsept i den norske byggenæringen. Aktører vil etterhvert bli bedre kjent med rammeverket og konseptet modner med tiden. Implementering av VDC er en prosess med kontinuerlig forbedring og bratt læringskurve. Samtidig er implementering av og fordeler med VDC prosjektspesifikt. Casestudier har generelt som målsetting å være overførbare og stiller dermed krav til ekstern validitet. Undersøkelser av VDC om bare et par år vil gi et annet datagrunnlag enn i dag. Derfor er det antatt som lite hensiktsmessig å etterprøve dataen for å vurdere den eksterne validiteten i resultatene av casestudiene og intervjuene.

Rapporten har en begrenset målsetting om overførbarhet og sammenligning mellom prosjekter. Undersøkelse av VDC som et konsept og rammeverk er i rapporten gjort med mål om å gi grunnlag for forståelse og videre arbeid. Casestudier av forskjellige typer prosjekter bidrar i denne sammenhengen til å gi bredde i resultatene og til intern validitet. Rapporten baserer seg på flere informanter. Å benytte flere informanter styrker undersøkelsene sin validitet fordi ulike påstander er vurdert fra ulike perspektiver og situasjoner. Dette er også gjeldene for spørreundersøkelsen på Ørnen Hotell som baserer seg på informasjon fra fagarbeidere, baser, formenn og driftsleder.

Rapporten er basert på casestudie av tre prosjekt og intervju av tre nøkkelinformanter. Validiteten er generelt lav fordi inkludering av andre prosjekt og nøkkelinformanter med andre erfaringer kan gi andre resultater. Ekstern validitet er spesielt lav fordi resultatene ikke er overførbare til alle prosjekter som tar i bruk VDC. Implementering av VDC er prosjektspesifikt og avhengig av blant annet ambisjonsnivå og interne forutsetninger i prosjektene. Intervjuobjektens egnethet og kvaliteten på spørsmålene skal gi grunnlag for å dekke formålet med rapporten. Slike forhold er sentrale for å vurdere validitet i rapporten. Rapporten sin validitet er lav hvis åpenbare intervjuobjekt er utelatt og oversett. Alle data er i denne rapporten hentet fra personer ansatt i Veidekke. Dette er en svakhet fordi organisasjoner med en annen kultur og mennesker med andre perspektiver kan potensielt bidra med viktig kunnskap.

Reliabilitet og validitet for intervjuene

Målet for forskningen er å oppnå mest mulig kunnskap uten å generalisere. Flere måter å velge ut personer til intervju eksisterer. Rapporten benytter en skjønnsmessig utvelgning. Dette er en form for strategisk utvelgning hvor forskeren bevisst velger hvem som skal delta i undersøkelsen. Når intervjuer møter respondenten ansikt til ansikt kan man gå mer i dybden hvis dette er nødvendig. Oppklaring av eventuelle misforståelser og uklarheter øker validiteten. Dette er en svakhet med telefonintervjuene. Manglende anonymitet kan føre til mindre ærlig informasjon fra intervjuobjektet. En fleksibel prosess hvor forskeren kan endre spørsmål underveis bidrar til mer valid informasjon. En viss grad av strukturering med intervjuguide gjør det enklere å sammenligne svar, men kan samtidig føre til at man går glipp av informasjon.

Validitet i spørreundersøkelsen

Spørreundersøkelsen var anonym og gjør det lettere å få ærlige svar fra respondentene. Å sikre god validitet er ofte vanskelig med spørreundersøkelser fordi standardisering gjør at informasjon kan bli oversett. Spørreundersøkelsen har bare lukkede spørsmål og det er fare for å trekke slutninger på et for tynt datagrunnlag. Formålet med spørreundersøkelsen var derimot først og fremst å få frem forskjellige perspektiv blant ulike aktører i produksjonshierarkiet.

2.5 Oppsummering

Forskningen benytter en kvalitativ metode med en deduktiv tilnærming. Hypotesen i rapporten er at VDC fører til fremstilling av bedre produksjonsunderlag. Data er hentet inn gjennom tre casestudier og intervju av tre VDC nøkkelinformanter. Rapporten går i dybden for å få frem sammenheng og helhet gjennom å formidle forståelse. Rapporten søker først og fremst å se teori i forhold til praksis.

3.1.2 Prosjektering og produksjon

Å forstå hva som menes med prosjektering er vesentlig fordi dette er en fundamental del av byggeprosessen. Rapporten legger følgende definisjon til grunn for hva som forstås med og inngår prosjekteringsprosessen.

Prosjektering er *utforming av et byggverk*- herunder fastleggelse av de egenskapene det fremtidige bygget skal ha, og framfor alt de egenskapene som er bundet til byggverkets form i vid forstand og dets relasjoner til omgivelsene.

Samtidig skal prosjektering *planlegge for byggverkets framstilling*, gjennom valg av metoder, aktiviteter og ressurser.

Prosjektering skal også *planlegge for bygningens bruk*- herunder både planlegging for funksjonell drift, forvaltning, teknisk drift og vedlikehold.

Til sist skal prosjektering også *planlegge for byggverkets fornyelse*- herunder tilpasningsplaner i form av innebygget generalitet, fleksibilitet, elastisitet og utrangeringsforberedelser gjennom kildereduksjon, substitusjon, ombruk, materialgjenvinnings- og rivningsplaner. (Meland, 2000).

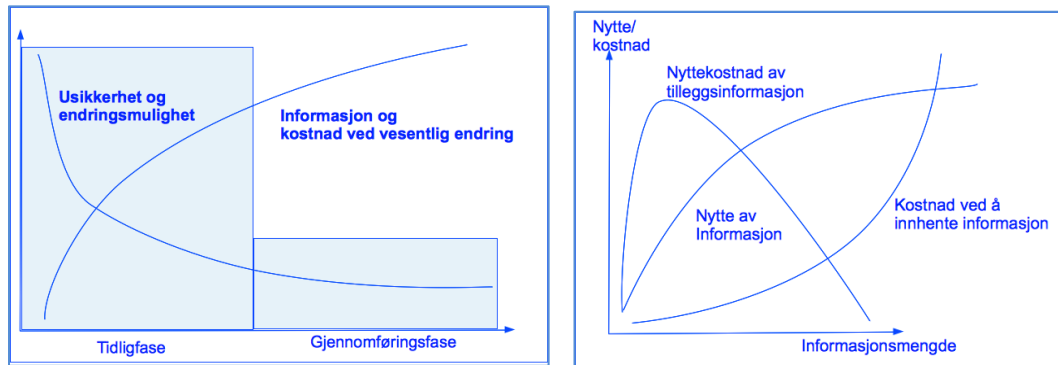
Prosjektering er etterfulgt av produksjon, som begge er kjerneprosesser i byggeprosessen. Produksjonsprosessen omfatter alt arbeid som gjøres direkte på byggeplass. Produserende er aktørene som er ansvarlig for, og gjennomfører produksjonen.

3.1.3 Måloppnåelse og målstyring

Verdiskapning i byggeprosessen handler om indre- og ytre effektivitet. Høy grad av *indre effektivitet* er når byggeprosessen bruker et minimum av ressurser, tid, kostnader for å produsere det produktet prosessen skaper. *Ytre effektivitet* er derimot et uttrykk for byggeprosessen evne til å tilfredsstille de mål, krav og prioriteringer som er knyttet til prosjektet av eier/sluttbrukere. Indre effektivitet kan bidra til ytre effektivitet i form av bedre kvalitet eller lavere pris for eier. (Eikeland, 2001).

Verdiskapning og måloppnåelse i prosjektarbeid krever klare og stabile mål som grunnlag for effektiv målstyring. Mål må være prosjektspesifikke og gyldig både underveis i byggeprosessen, så vel som i bruksfasen. Å etablerer mål i prosjektarbeid er fordelaktig av flere grunner. Mål vil klargjøre retning for å gjennomføre prosjektet, og skape felles forståelse og motivasjon. Videre er målene grunnleggende for å avgrense prosjektstrategi. En avgrenset prosjektstrategi tillater prestasjons- og resultatvurdering for å forbedre og utvikle prosjektet underveis. (Samset, 2008).

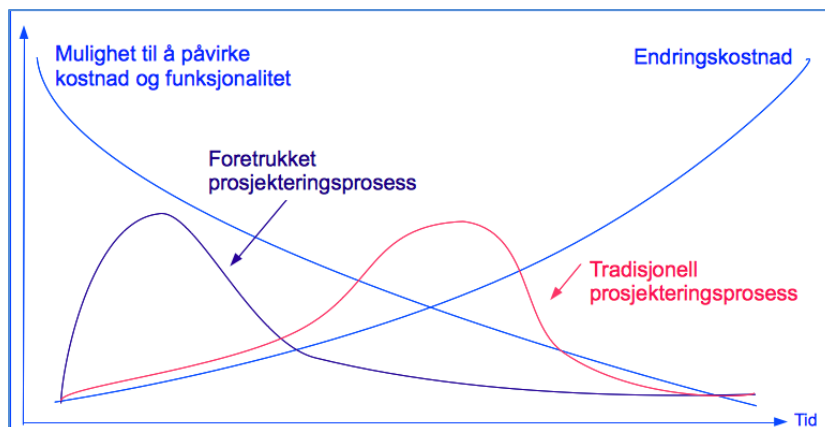
Å tidlig etablere mål i prosjekter er nyttig fordi her er usikkerheten størst. Behovet for retning, strategi, felles forståelse og motivasjon er da som regel stort. Tidligfasen er viktig i prosjektarbeid av flere grunner. Kostnad forbundet med endringer er minst i tidligfasen. Dette er illustrert i figur 4. Samtidig er nyttekostnad av å hente inn tilleggsinformasjon størst når informasjonsmengden er lav. Informasjonsmengden er lav nettopp i tidligfasen. Dette er illustrert i figur 5.



Figur 4 Usikkert og endringsmulighet kontra informasjon og kostnad ved vesentlig endring. Fritt etter (Samset, 2008)

Figur 5 Nytte av informasjon kontra kostnad ved å innhente informasjon. Fritt etter (Samset, 2008)

MacLeamy-kurven presentert i figur 6 sammenstiller rasjonale for å ta avgjørelser i tidligfasen. BIM legger til rette for at prosjekteringsressurser kan bli tidligere investert, og på et tidspunkt hvor man har større mulighet til å påvirke kostnad og funksjonalitet for produktet. Å flytte ”toppen” av prosjekteringsinnsatsen vekk fra produksjonsfasen reduserer kostnader ved å gjøre endringer. Ideelt sett fører dette til en mer gjennomarbeidet prosjektering, som igjen fører til færre oppklaringsmeldinger i produksjon. (Tjell, 2010)



Figur 6 MacLeamy-kurven. Fritt etter (Tjell, 2010)

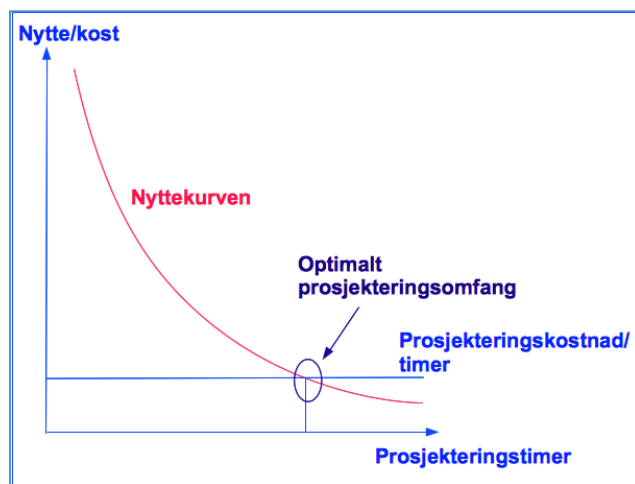
3.1.4 Prosjekteringsomfanget

Prosjekteringsomfanget er evnen prosjekterende har til å levere all informasjonen produserende trenger til å realisere et prosjekt effektivt og uten hindringer. (Tilley et.al, 1997). Andre beskriver også prosjekteringsomfanget fra et produksjonsperspektiv. Prosjekteringsomfanget er bestemt av produserende sin kapasitet til å forstå hva prosjekterende utstyrer dem med. (Lopez et.al, 2010). Disse beskrivelsene av prosjekteringsomfanget er utilstrekkelige fordi de ikke inkluderer prosjekteringsperspektivet.

Følgende definisjon evner å se prosjekteringsomfanget fra både et prosjekterings- og et produksjonsperspektiv. Optimalt prosjekteringsomfang vil være effektive (tilfredsstillende formålet), ivareta sikkerhet og være kostandandseffektiv i produksjon. (Tilley et.al, 1999).

Fortsatt er det noe uklart hva et optimalt prosjekteringsomfang egentlig er. Et optimalt prosjekteringsomfang er enten minimalisert investeringskostnad, eller maksimert nyttekostnad. Meland (2000) mener at dersom det eksisterer løsninger som gir en økt nytteverdi som rettferdiggjør ekstrakostnaden ved å realisere denne, så bør dette være bestemmende for prosjekteringsomfanget. Han sier videre at optimale prosjekteringsomfang som oftest er bestemt av å maksimere nyttekostnad av prosjekteringen. Derfor er det i prosjektering normalt ikke noe poeng i å minimalisere investeringskostnader. Nyttekostnadsbetraktninger er langt videre enn en snever investeringskostnadsbetraktning. Flere forhold må analyseres og veies opp mot hverandre. Normalt vil dette resultere i en større samlet prosjekteringskostnad sammenlignet med et ensidig fokus på å minimalisere investeringskostnad.

Et optimalt prosjekteringsomfang er unikt for hvert enkelt prosjekt. Figur 7 er en nyttekostnadsbetraktning, og plasserer et optimalt prosjekteringsomfang i krysningspunktet mellom nyttekurven og prosjekteringskostnad.



Figur 7 Optimalt prosjekteringsomfang. Fritt etter (Meland, 2000)

Rapporten bruker en nyttekostnadsbetraktning som grunnlag for optimale prosjekteringsomfang. Prosjekteringsomfang har da to dimensjoner. Prosjekteringsomfanget beskriver produktets og dets funksjonalitet, og tar samtidig hensyn til prosessen med å realisere produktet. Et produksjonsunderlag omfatter herunder alle tegninger, spesifikasjoner og mengdebeskrivelser som er nødvendig for å utføre arbeidet på en byggeplass. Å optimalisere produksjonsunderlaget er gunstig for produserende som skal realisere et produkt. Produksjonsunderlag er en dimensjon ved prosjekteringsomfanget. Optimalt prosjekteringsomfang er fra et helhetlig perspektiv en nyttekostnadsbetraktning som inkluderer en vurdering av kvaliteten på produksjonsunderlaget.

3.2 VDC

VDC ble introdusert som et begrep av Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) ved Stanford University California USA i 2001. Videre er hovedtrekkene innenfor VDC fagfeltet beskrevet. VDC er et rammeverk som har ikke et tvunget innhold med tanke på bestemte metoder, verktøy og teknikker. Nye elementer kan bli tatt i bruk. VDC er et konsept under utvikling. (Li et.al, 2009). CIFE legger til grunn følgende definisjoner på VDC:

“Therefore, we define Virtual Design and Construction as the use of such multi-disciplinary performance models of design-construction projects, including the product (i.e., facilities), organization of the design-construction-operation team, and work processes, to support explicit and public business objectives”. (Fisher og Kunz, 2004).

“Virtual Design and Construction is the use of integrated multi-disciplinary performance models of design-construction projects to support explicit and public business objectives”. (Fisher og Kunz, 2012).

VDC er en arbeidsmetodikk som håndterer tverrfaglige modeller for å fremme og støtte et prosjekts mål og suksesskriterier. Suksess med VDC handler ikke bare om å utvikle produktet, men også om å utforme organisasjon og prosess. (Olofsson et.al, 2007). VDC skal optimalisere prosjektarbeid gjennom fokus på måloppnåelse og reduksjon av unødvendig ressursbruk. Målsettingen med VDC er å oppnå korte og effektive beslutningsveier og minimalisere variasjon. Variasjon er tradisjonelt håndtert med enten kapasitet, tids eller materielle buffere. Buffere er kostnadsintensive og sløsende. (Fisher og Kunz, 2012).

Organisasjoner som implementerer VDC går vanligvis sekvensielt gjennom følgende tre faser: visualisering, integrering og automatisering.

Visualisering (3D, 4D eller 5D) og måling handler om å fremstille modeller av produktet, organisasjon og prosess. Målinger er brukt med bakgrunn i modellene og fulgt opp underveis i byggeprosessen.

Integrering handler om at prosjektet utvikler automatiserte databaserte måter å utveksle informasjon mellom produkt, organisasjon og prosess. Et eksempel er kollisjonstesting i en virtuell BIM-modell.

Automatisering fører til økt prosjekteringseffektivitet, effektiviserer prosjekteringsprosessen samt reduserer produksjonsvarigheten. Denne fasen handler om å standardisere prosjekteringsløsninger og prosjektere for prefabrikking. Automatisering er mer enn bare å effektivisere prosjekteringen. (Fisher og Kunz, 2012).

VDC er en integrert prosjekteringsprosess. En integrert prosess eller leveranse vil si at alle aktører med relevant kunnskap for å realisere et prosjekt skal medvirke fra første dag. Hensikten er at alle forhold allerede fra oppstarten er ivaretatt på en helhetlig måte. Integrerte prosjekteringsprosesser er nært knyttet til BIM som et viktige ledd i utviklingen av et nytt paradigme når det gjelder prosjektering. Integrerte prosjekteringsprosesser har flere fordeler. Viktige fordeler er: *økt samspill mellom ulike fag, systemer og løsninger, ”all” informasjon er tilgjengelig tidlig med økt tverrfaglighet og grensesnitt kontroll, som gjør at avgjørelser er tatt tidlig når endringskostnader er minst, bruk av BIM er optimalisert og man har en helhetlig tilnærming til prosjekteringen.* (Westergaard et.al, 2010).

3.2.1 Hovedelementer

Hovedelementene ICE, BIM, Produkt-Organisasjon-Prosess (POP)-modeller samt målinger må være tilstede fra start til slutt for å optimalisere byggeprosessen gjennom VDC. (Fisher, 2011). Videre følger en forklaring av hvordan hovedelementene relaterer til byggeprosessen. CIFE anbefaler og legger opp til at det er forskjeller fra prosjekt til prosjekt for hvordan VDC er implementert.

ICE

ICE er et velutviklet nettverk av kunnskapsrike fageksperter med kompetanse og kultur for å arbeide sammen paret med modellerings-, visualisering-, og analyseverktøy, sosiale prosesser og spesialutviklede prosjekteringsverktøy som iRoom. (Kunz et.al, 2009)

Ulike aktører i et prosjekt har sine egne prosjektmål, perspektiv og kompetanse. Aktørene kommer inn i prosjekt med særegne framtoninger, metoder og kulturer. Den norske byggenæringen har begrenset erfaring med å arbeide fortrolig sammen med andre fag. Dette er utfordrende i forhold til å samordne tverrfaglige prosjekteringsgrupper. VDC er et resultat av at CIFE ønsket å utvikle metoder og en kultur som fremmer tverrfaglig samarbeid basert på både delte og konkurrerende mål og metoder. CIFE anbefaler ICE for å legge til rette for tverrfaglig samarbeid i prosjekteringsgrupper. (Kunz et.al, 2004). Figur 8 illustrerer ICE i praksis på Kunnskapscenteret.



Figur 8 Tverrfaglig ICE-samling i iRoom på Kunnskapscenteret (Knotten, 2011)

Hensikten med ICE er å samle all relevant kompetanse og beslutningsmyndighet på et sted. ICE vil i teorien gjøre det enklere å håndtere grensesnitt i prosjekteringen. ICE legger opp til at store deler av prosjekteringsprosessen er koordinert og utformet på samme tid og sted av tverrfaglige grupper. Dette skal gi bedre flyt i prosjekteringsprosessen. Responstiden på beslutninger mellom fag blir redusert, og de forskjellige fagene kan bidra hurtig med sin kollektive ekspertise. ICE skal i teorien sørge for en mer effektiv prosjekteringsprosess med redusert prosjekterings tid og mindre prosjekteringskostnad. Samtidig er prosjekteringskvaliteten opprettholdt sammenlignet med en prosjekteringsprosess uten bruk av ICE.

CIFE har ikke satt et krav til hyppighet av ICE-samlinger, men har som visjon en komplett samlokalisering. ICE-samlingene er avholdt i iRoom gjennom en hel arbeidsdag. CIFE anbefaler at særmerter kun mellom deler av prosjekteringsgruppen er arrangert bare ved behov i forbindelse med ICE-samlingene.

BIM

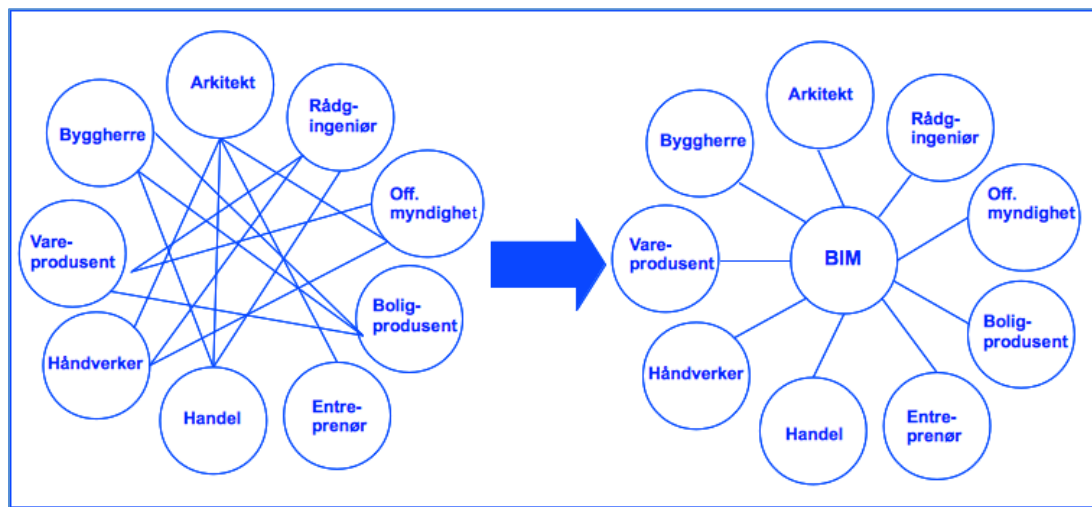
BIM er en digital plattform for fremkalling av virtuelle produkter, og består av modeller i 3D som inneholder geometrisk- og egenskapsinformasjon. BIM kan også være 4D og 5D, men er da avhengig av ytterligere teknologi og kompetanse for å bli tatt i bruk. (Tjell, 2010).

3D innebærer objektbasert parametrisk modellering (x, y, z).

4D innebærer at tid er bundet sammen med romlig plassering (x, y, z, t). Produksjonsplanen er knyttet til 3D-modellen. 4D-modellen muliggjør visualisering og analyse for å utforme og planlegge produksjonsaktivitetene før de starter i virkeligheten. (Woksepp, 2007).

5D innebærer at tid og kostnad er bundet sammen med romlig plassering (x, y, z, t, c). Bestemte objekter er fastsatt med romlig plassering og tid for å visualisere produksjonsflyten og kostnad assosiert med produksjonen. (Tjell, 2010).

Figur 9 illustrerer hvordan Veidekke ser for seg BIM som et kommunikasjons- og visualiseringsverktøy. BIM er en samlende enhet for informasjon, og visualiserer produktet i forkant av produksjon. Gjennom BIM vil mål tydeligere og tidligere bli kommunisert. BIM gjør at krav, forventninger og utfordringer for prosjektet er avdekket på et tidlig stadium. (Tjell, 2010).



Figur 9 BIM som kommunikasjons- og visualiseringsverktøy. Fritt etter (Veidekke, 2011)

POP-modeller

Hensiktsmessige organisasjonsnedbrytningsstruktur (OBS)-, arbeidsnedbrytningsstruktur (WBS)- og produktnedbrytningsstruktur (PBS)-er legger til rette for å planlegge prosjektarbeid. POP-modeller er et verktøy for å planlegge og kontrollere produkt, organisasjon og prosess. "Tilbakesporing" av et prosjekts fremdriftsplan gir oversikt over kritiske "veier". Fokus i prosjektering kan da bli konsentrert på de kritiske "veiene". Verdiskapende ressursbruk er optimalisert for å oppnå størst mulig måloppnåelse for prosjektet. En 4D-modell kan utvikles med POP-modeller som et verktøy for både å planlegge og kontrollere prosjektarbeid. (Fisher og Kunz, 2012).

En POP-modell er objektorientering. Produktmodellen består av bygningselementer som har en definert betydning for hver enkelt aktør. Organisasjons- og prosessmodellen har på samme måte definerte organisasjonsgrupper og definerte aktiviteter og milepæler. (Fisher og Kunz, 2012).

Hensikten med POP-modeller er å definere felles begrepsmessige elementer og forsikre prosjektgruppen om at spesifisering av produkt, organisasjon og prosess er passende og gjensidig overstemt. Figur 10 viser IP for å utvikle POP-modeller på City Lade.



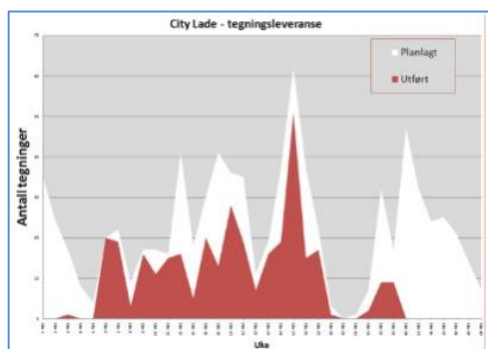
Figur 10 IP med lappeteknikk på City Lade (Gullbrekken, 2013)

POP-modeller kan ha ulike detaljeringsnivå. En nivå-A POP-modell beskriver produkt (bygning), organisasjon (prosjektgruppe) og prosess (prosjektering) som ett element. En nivå-B POP-modell inkluderer ett element for hver post som utgjør 10 % av prosjektkostnad, arbeidsomfang og varighet. Slik er ressurskrevende poster identifisert. Nivåinndeling av POP-modellen kan bli utvidet til ønsket nivå. Et nivå-C kan for eksempel bestå av tilsvarende poster som for nivå-B, men med poster av 1 % istedenfor 10 % av prosjektkostnaden.

Målinger

VDC er et målstyringsverktøy. Et sentralt aspekt er derfor å sette mål for prosess og prosjekt som lar seg kontrolleres underveis i prosjektgjennomføringen. Måling av prestasjonsindikatorer i prosjekter vil i teorien lede til prosessforbedringer fordi målinger legger til rette for å gjøre justeringer. Variasjon er definert som forskjell i tid mellom planlagt og faktisk starttid og varighet av arbeidsoperasjoner. Prosent planlagt utført (PPU) er en indikator for planleggingsvariasjon. Indikatoren forteller i hvor stor grad arbeid er utført som planlagt. PPU i prosjektering, respons- og behandlingstid for forespørsel i prosjektering og møteeffektivitet er aktuelle målinger ved implementering av VDC. (Fisher og Kunz, 2012).

Figur 11 illustrerer måling av PPU for tegningsleveranser for City Lade.



Figur 11 PPU for tegningsleveranser for City Lade (Gullbrekken, 2013)

Måling av prosesseffektivitet i prosjektering

PPU, respons- og behandlingstid for forespørslar i prosjektering og møteeffektivitet kan bli brukt som måling av prosesseffektivitet i prosjektering.

Aksjonslister, leveranseplaner og beslutningsplaner er visuelle verktøy som forenkler måling av *PPU for prosjekteringsaktiviteter*. Aksjonslister fungerer som et arbeidsdokument for hvert enkelt prosjekteringsfag. Dokumentet gjør det enkelt å sortere etter navn, uke og prioritering for prosjekteringsaktiviteter. En utviklingsplan/leveranseplan viser hva forventes levert og koordinere leveranser, samt avhengigheter mellom fag. En beslutningslogg viser hvilke beslutninger som må bli tatt for opprettholde flyt i prosjekteringen. (Fisher og Kunz, 2012).

Respons- og behandlingstid for forespørslar i prosjektering er en måling av kommunikasjonseffektiviteten i prosjekteringen. Målingene kan bli brukt til å vurdere hvor effektivt ICE-samlingene er i forhold til å koordinere og følge opp prosjekteringen. (Fisher og Kunz, 2012).

Prosjekteringsksamlinger er avsluttet ved å angi *møteeffektivitet*. Måling av møteeffektivitet vil føre til forbedret agenda. ”Mindre” prosjekteringsfag trenger ikke å ha 100 % deltagelse gitt at dette ikke er verdiskapende. (Fisher og Kunz, 2012).

Indikator for prosjekteringseffektivitet

Måling med vektning av dimensjoner for måloppnåelse i prosjektering er en direkte indikator for prosjekteringseffektivitet. Tabell 1 gir en overordnet presentasjon over generelle dimensjoner for prosjekteringsprosessens måloppnåelse.

Prosjekteringseffektivitet er prosjektspesifikk, og er avhengig av graden av oppfyllelse for de forskjellige dimensjonene. Måling av prosjekteringseffektivitet må derfor ta hensyn til relativ viktighet av de ulike dimensjonene.

Tabell 1 Dimensjoner for prosjekteringseffektivitet. Fritt etter (Andi og Minato, 2002)

Dimensjon	Beskrivelse av dimensjonen
Valg av materialer	Sikre tilgjengelighet, kompatibilitet og egnethet av materialer
Økonomi	Sikre at de prosjekterte løsningene er kostnadseffektive
Relevans	Sikre at kravene til prosjektet blir møtt
Byggbarhet	Vurderer byggbarhet og sikkerhets aspekter ved produksjonen
Innovasjon	Innlemmer innovasjon i de prosjekterte løsningene
Estetikk	Det ferdige produktet er visuelt tilfredsstillende
Livsløpskostnader	Tar hensyn til livsløpskostnader
Funksjonalitet	Effektiv tilfredsstillelse av formålet med prosjektet
Byggeplass kompatibel	Sørger for effektiv utnyttelse av, og tar hensyn til forholdene på byggeplass
Uttrykksfullhet	Sørger for et symbolsk uttrykk og følelse
Økologisk bærekraftig	Vurderer økologisk bærekraftighet i prosjektering

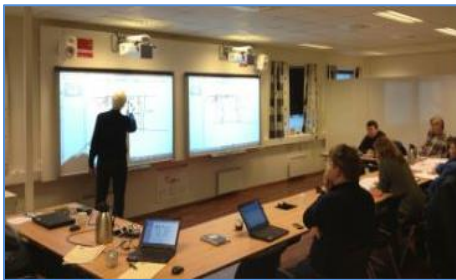
Rapporten vil ikke behandle målinger av prosjekteringseffektivitet nærmere. Teorien er tatt med som et eksempel på hvordan man kan vurdere prosjekteringsprosessens måloppnåelse. Byggherre kan for eksempel bruke slike målinger til å fremme krav, ønsker og forventninger til prosjekteringseffektivitet i prosjekter.

3.2.2 Andre elementer

iRoom

iRoom er et interaktivt samarbeidsrom, og en plattform for samarbeid som sørger for at diskusjoner og avgjørelser knyttet til prosjekteringen kan skje med alle fagene tilstede. VDC krever at prosjekteringsgruppen arbeider interaktivt for å håndtere avhengigheter og grensesnitt mellom de forskjellige fagene i et tverrfaglig samarbeid. (Fisher et.al, 2006). iRoom gir et mer effektivt samarbeid med en forbedret beslutningsprosess i tverrfaglige prosjekteringsgrupper. Gjennom iRoom er informasjonen i fellesskap visualisert på skjermene. Mindre tid går med til å presentere og forklare, og mer tid er tilgjengelig til å ta avgjørelser og beslutninger. iRoom har vanligvis tre Smartboard som er store dataskjermer med projektorer og berøringsfunksjon.

iRoom innfører både ny teknologi, og ny arbeidsmetodikk gjennom nye måter å gjennomføre prosjekteringssamlinger. (Fisher et.al, 2003). Figur 12 er en skisse av iRoom-et på City Lade.



Figur 12 Tverrfaglig ICE-samling i iRoom på City Lade (Gullbrekken, 2013)

Samlinger

Prosjektsamlinger bør bli avholdt jevnlig i iRoom. Møteagendaen er planlagt rundt beskrivelse, analyse og evaluering av produkt, organisasjon og prosess problemstillinger. Effektive samlinger er avhengig av at alle relevante interessenter er invitert. Prosjektsamlinger er avholdt på ulike nivå, med forskjellige involverte til ulike tidspunkt. Oppstartsamling er viktig for å få frem meningsfull og tidsriktig informasjon for prosjekts mål, suksesskriterier og suksessfaktorer. Større gjennomgangssamlinger, ukentlige og daglige prosjekterings- og produksjonssamlinger er andre elementære møter. (Fisher og Kunz, 2012).

Target Value Design (TVD)

TVD er en målrettet kostnadsstyring mot et spesifikt estimat istedenfor kostnadsestimering etter prosjektering. Målet med TVD er å fremstille optimale bygg heller enn ”komplette” bygg. Samlokaliserte tverrfaglige grupper evaluerer prosjekteringsforslag for å identifisere de løsningene som gir størst måloppnåelse og verdiskapning for prosjektet. (Østby-Deglum et.al, 2013). TVD er i tråd å legge nyttekostnadsbetraktninger til grunn for optimale prosjekteringsomfang. ICE understøtter en suksessfull TVD prosess. TVD må være kontraktsfestet for eksempel gjennom insentiver for byggbarhet for å inngå som en del av prosjekteringen. Fordi TVD ikke er utbredt i Norge vil ikke rapporten gå nærmere inn på konseptet.

3.3 Optimale produksjonsunderlag

Optimale produksjonsunderlag er en forutsetning for å være produksjonseffektiv. Formålet til produksjonsunderlaget er nettopp å effektivt kommunisere de prosjekterte løsningene slik at produserende kan være produksjonseffektive.

Produksjonsunderlaget er myntet på produserende, og kvaliteten er derfor fastsatt fra et produksjonsperspektiv. Optimale produksjonsunderlag vil redusere byggekostnadene, og har to hovedkarakteristikk. Leveransen av produksjonsunderlaget må være koordinert med, og detaljeringsgraden må være tilpasset produksjonen. (Grimsmo, 2008). Disse observasjonene er støttet av andre. Produksjonsunderlag inneholder generelt sett for lite informasjon. Informasjon blir samtidig ikke tidsnok levert ut i feltet, eller mellom prosjekteringsfagene. (Alarcón og Mardones, 1998).

Kvalitet på produksjonsunderlaget er viktig for produserende. I et nyttekostnadsperspektiv er det derfor berettiget å investere ressurser i prosjektering for å fremstille bedre produksjonsunderlag.

3.3.1 Kategorier og dimensjoner ved optimale produksjonsunderlag

Optimale produksjonsunderlag har flere karakteristikk som er relatert til både produktet, og prosessen med å overføre produksjonsunderlaget i grensesnittet mellom prosjektering og produksjon. Dimensjonene i tabell 2 dekker kategoriene for kvaliteten på produksjonsunderlaget med tanke på både produkt og prosess.

Tabell 2 Dimensjoner ved optimale produksjonsunderlag. Fritt etter (Andi og Minato, 2002)

Dimensjon	Beskrivelse av dimensjon
Lettleselige	Rask identifikasjon av relevant informasjon
Effektiv kartleggingsmetodikk	Oppslagsverk med informasjon om kryssreferanser og revisjoner for tegninger og spesifikasjoner
Konsekvente/Standardiserte	Samsvarer mellom tegningskonvensjoner, uniform plassering av informasjon og tegningene gjenspeiler riktig koordinering av prosjekteringsarbeidet.
Entydige og komplette	Informasjon er tydelig kommunisert og er lett absorberbar
Detaljerte og byggbare	Tegningene har flere snitt for kompliserte detaljer
Konsise tegningsnotater med generisk terminologi	Nyttige notater er generisk kontra spesifikk (porøst fyll kontra grus)
Samsvar	Samsvar mellom tegninger og spesifikasjoner
Spesifikasjoner	Klare, konsise og relevante
Pålitelighet	Tegninger og annen dokumentasjon må ikke endres eller revideres
Fullstendighet	Tegninger og annen dokumentasjon inneholder all nødvendig informasjon
Tidsriktighet	Tegninger og annen dokumentasjon er levert etter avtale for å unngå forsinkelser
Relevans	Spesifikasjoner og detaljer relatert til forskjellige fag er spesifikke, relevante og hensiktsmessige i forhold til prosjektet
Nøyaktighet	Tegninger og annen dokumentasjon inneholder ikke feil og mangler

En systematisk behandling av problemstillinger rundt produksjonsunderlaget er gjort ved å kategorisere dimensjonene ved optimale produksjonsunderlag. Prosjekterende og produserende har i stor grad forskjellige oppfatninger av kvaliteten på produksjonsunderlaget. En kategorisert vektning av kvalitetsdimensjoner for produksjonsunderlag vil tydeliggjøre for hvilke aspekter prosjekterende og produserende har forskjellige, og/eller samstemte oppfatninger. Til å forstå, kommunisere og bruke målinger av kvaliteten på produksjonsunderlagets er kategorisering av dimensjonene nyttig.

I forhold til produktet kan dimensjonene ved optimale produksjonsunderlag bli kategorisert etter *byggbarhet*, om det er *forstått av de produserende*, og *produksjonsspesifikke forhold*. For prosessen med å overføre produksjonsunderlaget kan dimensjonene bli kategorisert etter *leveranse tidspunkt og kvalitet* samt *oppfølging og tilrettelegging for produksjonen*. Videre følger en beskrivelse av kategoriene for optimale produksjonsunderlag.

Byggbarhet

Prosjekterte løsninger må være byggbare, og det må være samsvar mellom tegninger og spesifikasjoner.

Forstått av produserende

Tegninger og spesifikasjoner må være lettelserlige og konsekvente. Produksjonsunderlag med riktig detaljeringsgrad, tegninger med konsise og generiske notater er nødvendig for å eliminere produserenes behov for oppklaringsmeldinger. 3D-modulerte elementer inkludert på 2D-tegninger og fargetegninger er eksempler på konkrete tiltak for å gjøre produksjonsunderlaget mer forståelig.

Produksjonsspesifikke forhold

Optimale produksjonsunderlag har riktig valg av materialer i forhold til tilgjengelighet, kompatibilitet og egnethet for produksjonen. De prosjekterte løsningene er kostnadseffektive i produksjon, så vel som sikker i produksjon. Da er det essensielt at produksjonsunderlaget sørger for effektiv utnyttelse av, og tar hensyn til de faktiske forholdene på byggeplass.

Leveransetidspunkt og kvalitet

Optimale produksjonsunderlag leveres til riktig tid, og med rett kvalitet.

Oppfølging og tilrettelegging for produksjonen

I forhold til oppfølging og tilrettelegging for produksjon er det fundamentalt at en eventuell BIM-modell gjøres tilgjengelig for produksjonen. Produksjonsunderlaget må ha en effektiv kartleggingsmetodikk, oversiktlige tegningsregistre på byggeplass og i et eventuelt webhotell. Prosjekteringsfeil eller mangler som fører til produksjonsvariasjon er eliminert. Tegningsrevisjoner eller endringer som resulterer i utbedringsarbeid, som igjen fører til produksjonsvariasjon må heller ikke forekomme. Respons- og behandlingstid av eventuelle oppklaringsmeldinger må være rask.

3.3.2 Målinger av kvaliteten på produksjonsunderlaget

Utilstrekkelig produksjonsunderlag medvirker til lavere produksjonseffektivitet. Optimale produksjonsunderlag legger til rette for å være produksjonseffektiv. Produserende sin vektning av dimensjoner ved optimale produksjonsunderlag er en direkte måling for å bedømme kvaliteten på produksjonsunderlaget. Direkte målinger underveis er reaktive, og kan på prosjektbasis brukes til å gjøre justeringer. Samtidig er det nyttig med indirekte målinger av kvaliteten på produksjonsunderlaget. Indirekte målinger er proaktive, og kan bli brukt til effektiv kontroll og oppfølging i prosjekter.

Direkte indikator for kvaliteten på produksjonsunderlaget

Kvaliteten på produksjonsunderlagets kan måles direkte ved at produserende vektet dimensjonene presentert i tabell 2 fra delkapittel 3.3.1. Vektning av de ulike dimensjonene gir grunnlag for å avgjøre hva som er utfordrende for produserende med tanke på kvaliteten på produksjonsunderlaget. Kategorisering av dimensjonene gir videre et systematisert inntrykk av hvordan prosjekterende og produserende oppfatter produksjonsunderlaget likt eller forskjellig.

Direkte målinger av kvaliteten på produksjonsunderlaget er aktuelt i denne rapporten med tanke på å avgjøre om VDC i praksis fører til bedre kvalitet på produksjonsunderlag. For å avkrefte eller bekrefte denne hypotesen er systematisk måling og sammenligning over tid i flere prosjekter nødvendig.

Indikatorer for produksjonseffektivitet som indirekte er knyttet til kvaliteten på produksjonsunderlaget

Produksjonsunderlaget er indirekte knyttet til produksjonseffektiviteten. Å identifisere indikatorer for produksjonsunderlaget som er indirekte knyttet til produksjonseffektiviteten er derfor aktuelt. Disse indirekte indikatorene er nyttig for å ta "puls" på produksjonsprosessen. Indirekte indikatorer gir en overordnet pekepinn på kvaliteten på produksjonsunderlaget. Hvis indirekte indikatorer viser at produksjonen går smertefritt antar man at produksjonsunderlaget er av høy kvalitet, og visa versa. Indirekte målinger kan for eksempel bli brukt til å vurdere hvor hyppig man skal gjennomføre direkte målinger. Nedenunder er indirekte indikatorer for kvaliteten på produksjonsunderlaget presentert.

Prosent planlagt utført (PPU) i produksjonen er en måling av produksjonsvariasjonen. Flere av de viktigste årsakene til produksjonsvariasjon er knyttet til kvaliteten på produksjonsunderlaget. (Wambeke et.al, 2012). PPU er derfor en indirekte måling av produksjonsunderlagets kvalitet.

Antall oppklaringsmeldinger er en indirekte måling av kvaliteten på produksjonsunderlaget fordi oppklaringsmeldinger fører til produksjonsvariasjon. Av ulike årsaker trenger produserende avklaringer for å kunne fortsette produksjonen. Oppklaringsmeldinger kommer som et resultat av prosjekteringsfeil og mangler, og er et indirekte mål for kvaliteten på produksjonsunderlaget. (Tilley et.al, 1997).

Respons- og behandlingstid av oppklaringsmeldinger indikerer omfang for prosjekteringsfeil og mangler. Desto mer omfattende feilene og manglene er, desto lengre tid tar det å korrigere dem. Respons- og behandlingstid av oppklaringsmeldinger er i den sammenhengen et indirekte mål for kvaliteten på produksjonsunderlaget. (Tilley et. al., 1997).

Kostnader knytte til utbedringsarbeider er en måling av hvor mye arbeid på byggeplass som er gjort om igjen. Utbedringsarbeid er i stor grad et resultat av utilstrekkelige produksjonsunderlag. Dårlig grensesnitt kontroll (fasevis og fag) er en driver for kostnader knyttet til utbedringsarbeid. (Love et.al, 2012). Kostnader knyttet til utbedringsarbeid en indirekte måling av kvaliteten på produksjonsunderlaget.

Antall tegningsrevisjoner er et tegn på prosjekteringen er koordinert og gjennomført dårlig. Mange tegningsrevisjoner innvirker på tids- og arbeidspresstet til prosjekterende og vitner om dårlig grensesnittkontroll (fasevis og faglig) som fører til mye omprosjektering. Dette gir grunnlag for å fremstille dårligere produksjonsunderlag. Antall tegningsrevisjoner er en indirekte måling av kvaliteten på produksjonsunderlaget. (Tilley et.al, 1997).

Indirekte indikatorer forteller ikke hva som er utfordrende i forhold til kvaliteten på produksjonsunderlaget. Måling av indirekte indikatorer kan heller ses på som en varselampe. Selv om indirekte målinger ikke gir grunnlag for å gjøre spesifikke justeringer forteller de om prosjektet er på ”rett vei”. Indirekte målinger er betydningsfull input for prosjektledelsen med tanke på å følge opp og kontrollere prosjektarbeidet, spesielt i grensesnittet mellom prosjektering og produksjon.

3.3.3 Utfordringer i forhold til å fremstille produksjonsunderlag

Produksjonsunderlaget er fremstilt i prosjektering, og er overført til produserende i grensesnittet mellom prosjektering og produksjon. Derfor er det interessant å kartlegge utfordringer for prosjekterende i forhold til å fremstille produksjonsunderlag. Prosjekterende har bestemte teoretiske utfordringer i forhold til å fremstille produksjonsunderlag. Disse er relevante med tanke på å knytte VDC til fremstilling av produksjonsunderlag.

Grensesnitt i prosjektering og mellom prosjektering og produksjon er de mest omfattende utfordringene. *Tids- og arbeidspresstet for prosjekterende samt overlappende og fragmentert prosjektering og produksjon* er utfordringer som påvirker hvordan man effektivt håndterer grensesnittene. *Oppfatninger mellom prosjekterende og produserende* er relevant med tanke på å mer effektivt integrere prosjektering og produksjon.

Tids- og arbeidspress for prosjekterende

Tids- og arbeidspress fører først og fremst til mange ”mindre” feil og mangler i produksjonsunderlaget. Disse mindre feil og manglene resulterer som regel ikke i oppklaringsmeldinger, og løses stort sett på byggeplass. Likevel er de forstyrrende og burde vært unngått. ”Mindre” feil fører til produksjonsvariasjon som igjen påvirker produksjonseffektiviteten negativt. (Wambeke et.al, 2011).

Tids- og arbeidspress for prosjekterende fører også til flere alvorlige feil i produksjonsunderlaget. I denne sammenhengen er økende prosjekteringskompleksitet, lavere kontraktsverdier og tilgjengelig tid for prosjektering utfordringer for prosjekterende. Når produserende må anvende oppklaringsmeldinger for avklaringer rundt produksjonsunderlaget har dette stor innvirkning på produksjonseffektiviteten. (Wambeke et.al, 2011).

Generelt er kvalitetssikring gjennom egenkontroll og grensesnittkontroll hos prosjekterende i stor grad er utilstrekkelig. Alvorlige feil og mangler i produksjonsunderlaget kommer som regel som følge av et for stort tids- og arbeidspress på organisatorisk nivå for prosjekterende. Viktigst er likevel at prosjekterende i for stor grad har et stort tids- og arbeidspress på individuelle nivå. Dette fører i mange tilfeller til at produksjonsunderlaget har et stort volum mindre detaljfeil. (Grimsmo, 2008).

Overlappende og fragmentert prosjektering og produksjon

Produktene i byggenæringen er stadig mer komplekse. Økende kompleksitet fører til fragmentering, spesielt i prosjektering. Mer spesialiserte prosjekteringsfag enn tidligere fører til flere grensesnitt å forholde seg til i prosjektering. (Hoxley et.al, 2011). Overlappende prosjekteringsaktiviteter fører til at kommunikasjonen mellom og koordineringen av prosjekteringsfagene er komplisert. Byggenæringen har hatt en trend mot overlappende prosjektering og produksjon. Dette komprimerer tilgjengelig tid for prosjektering, og kompliserer grensesnittet mellom prosjektering og produksjon.

Utilstrekkelig kommunikasjon og koordinering fører til flere prosjekteringsfeil og mangler. Utilstrekkelig produksjonsunderlag er kjennetegnet ved at de inneholder alvorlige, men også mange ”mindre” feil og mangler.

Forskjellige oppfatninger mellom prosjekterende og produserende

Prosjekterende og produserende har et stort gap i oppfatninger med tanke på akseptabelt antall feil og mangler, og i forhold til detaljering av produksjonsunderlaget. Prosjekterende har akademisk utdanning og arbeider med produksjonsunderlaget over en lengre periode. Produserende derimot har praktisk utdanning, og har begrenset kjennskap til produksjonsunderlaget utover når det er benyttet i produksjonen. Dette gjør at prosjekterende og produserende har forskjellig grunnlag for å forstå produksjonsunderlaget. Spesielt nødvendig detaljeringsgrad og byggbarhet er områder med forskjellig oppfatning. Prosjekterende sin produksjonsforståelse og kjennskap til forholdene på byggeplasser er de viktigste utfordringene. (Grimsmo, 2008).

Prosjekterende benytter dataverktøy når de fremstiller produksjonsunderlaget, mens produserende i all hovedsak benytter 2D svart-hvitt tegninger i produksjonen. Prosjekterende har i stor grad tilgang til BIM-modeller når de utarbeider 2D tegninger. Fagarbeidere har begrenset tilgang til BIM-modeller og har derfor ikke samme mulighet til å visualisere produktet. En ”forståelsesbarriere” oppstår som følge av at prosjekterende og produserende arbeider annerledes. ”Forståelsesbarrieren” bidrar til at prosjekterende og produserende har forskjellig grunnlag for å forstå produksjonsunderlaget. Fargetegninger og 3D-elementer på 2D-tegninger er tiltak som kan redusere «forståelsesbarrieren» mellom prosjekterende og produserende. (Gao et.al, 2006).

Grensesnitt i prosjektering

Manglende evne og/eller fokus på grensesnitt i prosjektering er en utfordring i forhold til å fremstille optimale produksjonsunderlag.

Figur 13 viser hvordan grensesnitt i prosjektering er behandlet i fellesskap med ICE.



Figur 13 Tverrfaglig ICE-samling i iRoom på City Lade (Gullbrekken, 2013)

Prosjektering har to forskjellige typer grensesnitt. Fasevis grensesnitt mellom ulike faser, og faglige grensesnitt mellom de ulike prosjekteringsfag innenfor hver fase. (Westergaard et.al, 2010). Mange små og noen til dels store prosjekteringsfeil viser videre at egenkontrollen blant prosjekterende, samt faglig og fasevis grensesnittkontroll i prosjektering ikke er god nok. Utilstrekkelig håndtering av faglige grensesnitt i prosjektering kan alene utgjøre opptil 8 % av endringskostnadene i prosjekter. (Grimsmo, 2008).

Grensesnitt mellom prosjektering og produksjon

Utilstrekkelig produksjonsunderlag hindrer de produserende å gjøre jobben sin, og kommer som et resultat av at de prosjekterende ikke har gjort jobben sin tilstrekkelig. Prosjektering og produksjon er to av byggeprosessens kjerneprosesser, og grensesnittet mellom dem er et fase-grensesnitt. Prosjekteringsprosessen kulminerer ved overlevering av et produksjonsunderlag. Dette kan sees på som en ”stafettpinneveksling”. Prosjekterende har gjort jobben, og nå er det opp til de produserende å gjøre sin del av jobben. Produksjonsunderlaget er et felles språk mellom prosjekterende og produserende. Partene må snakke samme språk for å kunne kommunisere effektivt med hverandre. (Bisharat, 2004).

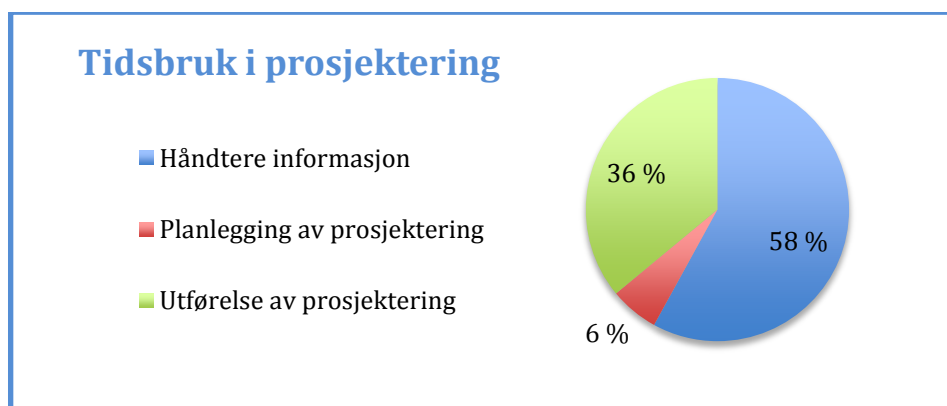
Opptil 90 % av informasjonen mellom prosjekterende og produserende er overført via 2D-tegninger. Rundt 8 % er overført via dokumenter og tekniske spesifikasjoner. 2 % av informasjonen som ikke er overført gjennom produksjonsunderlag består av møtereferat, oppklaringsmeldinger og lignende. (Sacks og Tribelsky, 2010). Tegninger er derfor den største ”forståelsesbarrieren” i grensesnitt mellom prosjektering og produksjon. Sentrale utfordringer i forhold til ”forståelsesbarrieren” er å kvalitetssikre byggbarhet og sikre nødvendig detaljering av produksjonsunderlaget. Prosjekterende og produserende bør ideelt sett ha en felles gjennomgang av produksjonsunderlaget. (Grimsmo, 2008). I dagens byggenæring samhandler prosjekterende og produserende som regel direkte bare på et prosjekteringsledernivå.

3.4 VDC fører teoretisk til bedre produksjonsunderlag

VDC er beskrevet i delkapittel 3.2, og utfordringer for prosjekterende i forhold til å fremstille produksjonsunderlag beskrevet i delkapittel 3.3.3. Disse delkapitlene er relevant med tanke på å knytte VDC til fremstilling av optimale produksjonsunderlag. VDC forbedrer byggeprosessen ”oppstrøms” produksjon blant annet gjennom å effektivisere prosjekteringen. En forbedring ”oppstrøms” vil legge til rette for at ”nedstrøms” faser og prosesser kan bli optimalisert. Videre følger en teoretisk kobling mellom VDC og utfordringer for prosjekterende i forhold til å fremstille produksjonsunderlag.

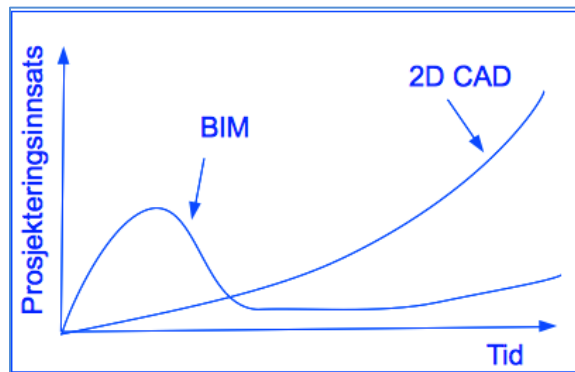
3.4.1 VDC reduserer tids- og arbeidspress for prosjekterende

Prosjektering har et potensial for å endre en skjevfordelt tidsbruk. Figur 14 viser at å håndtere informasjon er den desidert mest tidskrevende aktiviteten i prosjektering. ICE reduserer ideelt sett nødvendig tidsbruk for å håndtere informasjon i prosjektering. Mindre feil på 2D-tegninger forårsaker hovedsakelig av tids- og arbeidspress for prosjekterende på et individuelle nivå. Når en større andel av den tilgjengelige prosjekteringstiden er brukt til å planlegge og utføre prosjektering vil er produksjonsunderlaget være bedre og mer gjennomarbeidet.



Figur 14 Tidsbruk i prosjektering. Fritt etter (Flager og Haymaker, 2007)

Prosjektering bør ideelt sett ha en kreativ fase med stor variabilitet og iterasjon, men også en strømlinjet fase for å detaljere og fremstille produksjonsunderlaget. Prosjekteringsprosessen bør ha tre faser: en kreative, en dokumenterende og en beslutende. (Bølviken et.al, 2010). Figur 15 viser at BIM gir en vesentlig jevnere ressursintensitet i prosjektering sammenlignet med en tradisjonell (2D) prosjekteringsprosess. BIM legger til rette for at den kreative fasen avsluttes tidlig i prosjekteringsprosessen, og at ressursintensiteten i de to andre fasene er mer stabil.



Figur 15 Prosjektering og produksjon med BIM. Fritt etter (Jongeling, 2008)

Samtidig visualisering av produktet med BIM, kombinert med samordning av prosjekterende med ICE sørger for korte og effektive beslutningsveier. Grensesnittkontroll med tanke på fasevis fremdrift, og faglig koordinering av prosjekterende med IP fjerner behovet for buffere i prosjektering. VDC fører i tillegg til bedre byggbarhet gjennom kollisjonskontroll, og sørger for jevnere ressursintensitet i prosjektering. Jevn ressursintensitet bidrar til å redusere prosjekterende sitt tids- og arbeidspress og prosjekteringskostnaden. Bedre ressursutnyttelse for prosjekterende vil føre til et mer gjennomarbeidet produksjonsunderlag. Produksjonsunderlaget vil generelt være av en mye høyere kvalitet, og mye tydeligere når BIM er benyttet i prosjektering. (Jongeling, 2008).

3.4.2 VDC håndterer fragmentering og overlappende og fragmentert prosjektering og produksjon

POP-modeller knytter sammen produkt, organisasjon og prosess på hensiktsmessige detaljeringsnivå. Gjennom IP i prosjektering defineres felles begrepsmessige elementer som er samstemmig vedtatt i prosjekteringsgruppen. IP i forbindelse med ICE legger til rette for å helhetlig planlegge og kontrollere prosjekteringen. VDC stimulerer til en forbedret og tverrfaglig beslutningsprosess gjennom å binde sammen teknologi og arbeidsmetodikk. Aksjonslister, leveranse- og beslutningsplaner og dialogmatriser sørger for riktige prosjekteringsleveranser til riktig tid. Dette er eksempler på visuelle arbeidsverktøy som er basert på POP-modeller. Prosjekterende forplikter seg med VDC til de samme planene. Planene er fulgt opp, og håndtert gjennom samtidighet og samordning i forbindelse med ICE.

Stor grad av overlappende og/eller fragmentert prosjektering og produksjon er utfordrende. Ledelse og styring knyttet til å sikre riktige leveranser av produksjonsunderlaget til rett tid kan være spesielt komplisert. VDC er generelt en systematisk måte å jobbe på som legger til rette for en bedre håndtering av overlappende og fragmentert prosjektering og produksjon.

3.4.3 VDC omforener prosjekterende og produserende sine oppfatninger

VDC er en integrert prosjekteringsprosess. Samtidig og samordnet prosjektering knytter prosjekteringsgruppen tettere sammen. Samhandling og tillit er nødvendig i ICE. Fordi de prosjekterende er mer avhengig av hverandre, vil VDC føre til bedre samarbeidsklima og trivsel i prosjektet. Tverrfaglig prosjektering gir økt grensesnittkontroll, og legger til rette for velge helhetlige og gjennomarbeidete løsninger. Samstemte og tverrfaglige prosjekteringsgrupper vil være i posisjon til å verdioptimalisere et prosjekt. ICE er videre optimalt i forhold til å involvere produserende i prosjekteringen. For å heve kvaliteten på produksjonsunderlaget er dette fra et produksjonsperspektiv grunnleggende. Prosjekterende og produserende sine oppfatninger samstemmes gjennom at produserende fremmer ønsker, krav og forventinger til produksjonsunderlaget. Effektiv involvering av produserende i prosjektering vil føre til bedre produksjonsunderlag.

3.4.4 VDC håndterer grensesnitt i prosjektering

Samtidig og tidsriktig prosjektering gjennom ICE kombinert med BIM sørger for å effektivt håndtere faglige grensesnitt. Samordning av tverrfaglige prosjekteringsgrupper legge til rette for å håndtere fasevise grensesnitt. En integrert prosjekteringsprosess med IP og ICE kombinert med BIM vil ideelt sett sørge for effektiv håndtering av både faglige og fasevise grensesnitt i prosjektering. Samling av all beslutningsmyndighet gjør at ”all” informasjon er tilgjengelig tidlig. For VDC fungerer BIM-modellen som prosjekteringsgrunnlag. Mindre tid går med til å håndtere informasjon. Problemer er også avdekket tidligere og kan bli avklart umiddelbart. Bedre prosjekteringsgrunnlag for prosjekterende fører ideelt sett til bedre produksjonsunderlag.

ICE legger til rette for å optimalisere bruken av BIM i prosjektering og redusere unødvendige iterasjoner og omprosjektering. Kollisjonstesting reduserer behovet for endringer og tegningsrevisjoner. Videre vil samtidig og samordnet prosjektering føre til bedre byggbarhet og mer gjennomarbeidete prosjekteringsløsninger. Effektiv håndtering av grensesnitt i prosjektering med VDC vil i teorien føre til bedre produksjonsunderlag.

3.4.5 VDC håndtere grensesnitt mellom prosjektering og produksjon

ICE samler all relevant beslutningsmyndighet, og fører til korte og effektive beslutningsveier. BIM sørger for samtidig og tidsriktig visualisering av produktet, og legger til rette for effektiv informasjonsdeling. VDC fører gjennom kombinasjonen av ICE og BIM til bedre styring og kontroll av prosjektering. Prosjekterende leverer med VDC derfor ideelt sett et bedre produksjonsunderlag, og til rett tid.

Først og fremst bryter BIM ned forståelsesbarrierer mellom prosjekterende, men også mellom prosjekterende og produserende. Gjennom ICE og BIM har prosjekterende kortere respons- og behandlingstid for informasjonsforespørsler internt, men også mellom prosjektering og produksjon.

En BIM-modell er for produserende en visualisering av produksjonsunderlaget, og legger til rette for at informasjonsavklaringer i større grad løses på byggeplass. Dette vil redusere produserende sin uproduktive tid. Ventet- og behandlingstid for oppklaringsmeldinger er den viktigste årsaken til produksjonsvariasjon, som igjen reduserer produksjonseffektiviteten. (Wambeke et.al, 2011). BIM har et stort potensial for å mer effektivt planlegge og følge opp produksjonen. Integrert og tverrfaglig prosjektering gjennom ICE fører ideelt sett til mindre tegningsrevisjoner og til et mer gjennomarbeidet produksjonsunderlag. Et bedre produksjonsunderlag i kombinasjon med visualisering av produktet gjennom BIM-modellen vil redusere produserenes behov for inngående tegningsgranskning. Dette vil videre legge til rette for å øke produksjonseffektiviteten. BIM er generelt like viktig for å effektivisere arbeidet på byggeplasser, som for effektivisering av prosjekteringen.

3.5 Oppsummering

For kvaliteten på produksjonsunderlaget er kjerneprosessene prosjektering og produksjon mest relevant. Optimale produksjonsunderlag har bestemte kvalitetskategorier med tilhørende målbare dimensjoner. Disse kategoriene og dimensjonene kan bli benyttet til direkte måling av kvaliteten på produksjonsunderlaget. Prosjekterende har samtidig bestemte utfordringer i forhold til å fremstille optimale produksjonsunderlag. Hovedtrekkene innenfor VDC fagfeltet omfatter ICE, BIM, POP-modeller og måling. VDC relaterer gjennom disse hovedelementene til utfordringer i forhold til å fremstille optimale produksjonsunderlag. Konseptet legger videre teoretisk til rette for at prosjekterende fremstiller bedre produksjonsunderlag.

4 Resultater

Kapittelet presenterer og setter i sammenheng data fra casestudiene og intervjuene. Casestudiene omfatter prosjektene Ørnen Hotell, St. Olavs Hospital Kunnskapssenteret og kjøpesenteret City Lade. Intervjuene omfatter VDC nøkkelinformantene Sigbjørn Faanes, Morten Barreth og Ine Maribu. For å fremstille resultatene av undersøkelsene er byggeprosessen videre delt inn i *prosjektutvikling og prosjekteringsplanlegging, prosjektering, overlappende prosjektering og produksjon samt produksjon*.

4.1 Casestudie av Ørnen Hotell

Ørnen Hotell ble besøkt med en måned igjen av produksjonen av råbygget. Prosjektet er en totalentreprise med Veidekke som totalentreprenør. Hotellet har 15.etasjer med 368 rom og konferansefasiliteter til 760 mennesker. Figur 16 viser prosjektets geometriske utforming. Ørnen Hotell er utradisjonelt, med blant annet krevende plasstøpt betongarbeider på totalt 9000 m³. Prosjektet har også prefabrikkerte fasader og baderskabiner, glidestøp og en usedvanlig trang byggeplass i Bergen sentrum.



Figur 16 Arkitekttegning Ørnen Hotell (Blindheim, 2012)

Veidekke er ansvarlig for prosjektutvikling og arkitektkonkurranse i prosjektet. Prosjektutvikling startet høsten 2010, og arkitekten kom inn i prosjektet i mars 2011. Hotellet er planlagt ferdigstilt til vår/sommer 2014, og har en kontraktssum på 367 millioner kroner. Betongarbeidene for råbygget varer fra 26.04.12 til 21.03.13. Prosjekterende har egne kontrakter med tekniske underentreprenører, som også har vært til stede på de felles prosjekteringssamlingene. Et typisk antall deltagere i prosjekteringssamlingene er i overkant av 10 personer. Prosjektets organisasjonsplan finnes i vedlegg VIII.

4.1.1 Byggeprosessen i prosjektet med VDC

Samtlige prosjekterende og produserende har undervurdert kompleksiteten i prosjektet. Ørnen Hotell er optimalisert etter maksimalt antall hotellrom. Hotellet har derfor høyder under anbefalte verdier, og er svært komplekst. Som et resultat av dette er sjakter delvis vridd, og det er meget vanskelig å koordinere horisontale og vertikale føringer. Prosjektet har også hatt uavklarte beslutninger i forhold til fasader, interiør og hotellrom som har påvirket flyten i prosjekteringen.

Prosjektutvikling og prosjekteringsplanlegging

Prosjekteringsleder sier at man ønsket å tenke nytt og at ambisjonsnivået for prosjektet var høyt. Veidekke var pådriver for flere og felles prosjekterings-samlinger i iRoom. ICE var derimot ikke en del av kontrakten med prosjekterende, og prosjekterende var tilbakeholden og motvillige til ICE hovedsakelig grunnet økonomi. Prosjekteringsgrunnlag og beslutninger rundt fasader, interiør og hotellrom har ikke blitt avklart tidlig nok i prosjekteringsprosessen. OBOS er byggherre, RICA leietaker og Veidekke totalentreprenør. Dette er kompliserte grensesnitt med tanke på flyt i beslutningsprosessen, og det har vært krevende å få beslutninger på plass tidlig nok.

Prosjektering

Prosjekteringsgruppen jobber samtidig og samordnet med BIM-modellen i fellessamlingene. Fellessamlinger har blitt avholdt hver fjortende dag. I samlingene har man gjennomgått beslutning-, prosjektering-, innkjøp- og tegningsleveranseplanen (BPIT-planen) og en detaljert tegningsleveranseplan. Et utdrag fra BPIT-planen på Ørnen Hotell finnes som vedlegg IX. Prosjekteringsleder har inntrykk av at prosjekteringsfagene generelt har hatt stort utbytte av fellessamlinger. Likevel er det tydelig at enkelte prosjekteringsfag, spesielt tidlig i prosjekteringen hadde hatt større utbytte av særmøter. Ifølge prosjekteringsleder er det forventet at det i prosjektering oppstår et behov for særmøter mellom ulike prosjekteringsfag. Behovet for særmøter har derimot vært for sterkt representert i enkelte fellessamlinger. Dette medfører at den planlagte møteagendaen har blitt overkjørt.

Veidekke som totalentreprenør har ansvar for å tilpasse timeforbruket i prosjektering i henhold til prosjektets økonomi. Prosjektet har hatt et tydelig behov for en møtestruktur som er mer oppsplittet. Mindre aktører må kunne komme og gå til faste tider. Enkelte aktører har samtidig vært for opptatt av egne aktiviteter. Disse aktørene legger ikke nok opp til å realisere potensialet som ligger i felleskapet og den helhetlige tankegang som ligger til grunn for ICE.

En generell erfaring er at prosjekteringsfagene må ha modelleringsekspertise på fellessamlingene tidlig i prosjekteringsprosessen. Selv om BIM-modellen alltid er oppdatert har verdiskapende involvering av "alle" prosjekteringsfagene vært vanskelig. Krasjkontrollen var spesielt ineffektiv i begynnelsen. Først senere når mer grunnlag er på plass, og tekniske fag i større grad er blitt involvert har man kunnet bruke BIM effektivt i fellessamlingene. Tidlig var det så mange som 3000 kollisjoner. Derfor har det først senere vært lettere å gjennomføre fellesavklaringer med fokus på faglige prosjekteringsgrensesnitt. For at mindre tid skal gå med til å håndtere informasjon, og mer tid til avklaringer må modelleringsekspertise delta på fellessamlingene.

Prosjekterende ønsket generelt beslutninger tidlig, og på et stadium hvor beslutningene av flere grunner ikke kunne bli tatt. Ørnen Hotell er mer komplisert enn man på forhånd hadde forventet. Aksjonslister ble forsøkt, men fungerte ikke fordi prosjekterende sine ønsker ikke kunne innfris. Detaljeringsgrad og tidshorisont i aksjonslistene var rett og slett urealistiske. En felles gjennomgang av BPIT-planen ble i stedet brukt for å håndtere fasevise grensesnitt. BPIT-plan og tegningsleveranseplan ble fremstilt i samspill mellom alle prosjekteringsfagene med hjelp av IP og lappeteknikk.

Overlappende prosjektering og produksjon

Prosjekteringskvaliteten i prosjektet har vært bra, men prosjekteringskostnaden har blitt mye høyere enn først antatt. Prosjekteringstiden har vært lengre enn først antatt grunnet feilvurdering av prosjektets kompleksitet fra alle involverte parter.

Prosjekteringsleder mener at tidsriktigheten for leveranser av produksjonsunderlaget er langt bedre enn normalt for sammenlignbare prosjekter. Selv om leveransene av produksjonsunderlaget for råbygget har vært tett på mener han de aldri har vært kritiske. Dette bekreftes av driftsleder som sier at det noen ganger har vært opptil 15 tegningsrevisjoner, men at revisjonene som regel har kommet i forkant av produksjonen. Formennene mener at det på det meste har vært 7-10 revisjoner, men er enig i at revisjonene som regel har kommet i forkant av produksjonen.

Prosjekteringsleder mener at det har vært vanskelig å unngå tegningsrevisjoner for råbygget. Dette fordi fasader har vært uavklart. Grunnet kompleksiteten i prosjektet har det vært også nødvendige å justere høyder, sjakter og utsparinger. Koordinering av arkitekt og RIB har vært vanskelig i prosjektet.

Prosjektet har noe flere tegninger enn hva som er vanlig. Produserende bemerker at for lite snitt og detaljer har vært et problem, men at det er nok plantegninger. Spesielt i begynnelsen. Tegninger har etter hvert blitt mer slik produksjonen ønsker dem i forhold til målsetting og snitt. Likevel var tegningene mer gjennomarbeidet fra prosjekterende tidlig. Dette er støttet av prosjekteringsleder som påpeker at stadige endringer i prosjekteringsgrunnlaget har gjort at prosjektet har mye uavklarte kostnader.

Formelle oppklaringsmeldinger til prosjekterende går alltid via driftsleder med kopi til prosjekteringsleder. Når det haster ringer formenn av og til direkte til prosjekterende. Dette er som regel angående forståelse av tegninger. Prosjektet har ikke hatt problemer med respons- og behandlingstid for oppklaringsmeldinger. Prosjekterings- og driftsleder har et annet perspektiv enn formennene, og påpeker at det i noen tilfeller har vært noe lang ventetid grunnet at RIB mangler arbeidsgrunnlag fra arkitekt. Inntrykkene er at respons- og behandlingstid ikke har påvirket PPU for produksjonen nevneverdig.

Driftsleder og formennene mener at BIM-modeller er et effektivt verktøy for å planlegge og følge opp produksjonen. BIM-modellen er en stor forbedring for produserende framfor en situasjon uten en BIM-modell. Dette gjelder blant annet for forståelse av tegninger, mengdeuttak og som basis for kommunikasjon med prosjekterende. Fremdriftsplanlegging blir ifølge driftsleder lettere med BIM-modellen, og planene mer realistiske. Uten BIM-modellen mener formennene at den tette overlappingen av prosjektering og produksjon hadde vært et problem. Til tider har produksjonsunderlaget blitt levert tett opptil produksjon. Formennene mener da at det har hjulpet veldig å se tegningene i sammenheng med BIM-modellen. BIM-modellen er alltid brukt aktivt i basemøtene, og ved behov også sammen med fagarbeidere. For eksempel til å forklare kompliserte utførelser. Likevel mener formennene at de har et stort forbedringspotensial med tanke på å utnytte BIM-modellen effektivt.

”Jeg ville hatt problemer med en del tegninger uten 3D-modellen å støtte meg til. Generelt er jeg en kjempe fan av 3D-modellen som fører til lettere og bedre planlegging og oppfølging av produksjonen”. Forman Veidekke Ørnen Hotell

Produksjon

Både driftsleder og formennene mener at PPU for produksjonen er for lav. I starten ble det holdt lagsmøter. Dette fungerte ikke fordi det ble sakt ja til mye som ikke ble overholdt. Basmøter fungerte bedre. PPU gikk ifølge formennene da fra om lag 70 % til opp mot 90 %. Formennene og driftsleder trekker frem lav grad av repetisjon og kompleks arbeidsutførelse som de viktigste prosjektspesifikke årsakene som påvirker PPU. Byggbarhet bidro særlig i starten til en for lav PPU. Formennene ønsker generelt mer produksjonsvennlige utførelser.

Formennene mener at forståelse av produksjonsunderlaget er den største driveren for informasjonsavklaringer. Tegningene er ikke entydige, har for lite snitt og har til dels mangler i forhold til målsetting og koter. For armering er avklaringer i stor grad knyttet til at bøyelisten ikke er byggbar. Antallet informasjonsavklaringer har likevel vært lavt i prosjektet. Formennene anslår at 80-60 % av informasjonsavklaringene blir løst på byggeplass, mens driftslederen mener bare 40 % blir løst på byggeplass. Formennene sier at de fleste forespørslene blir avklart ved å lese tegninger sammen, og opp mot BIM-modellen. BIM-modellen er beskrevet av formennene som et veldig effektivt verktøy for å løse informasjonsavklaringer på byggeplass.

Armeringsformann sier at han oftere enn betongformennene må kontakte prosjekterende fordi han ikke har en BIM-modell å støtte seg til. I prosjektet har de aller fleste problemene blitt løst i forkant av produksjon. Blant annet gjennom tegningsgranskning. Vanskeligheter som ikke er løst før produksjonsstart har hatt lite omfang og er som regel raskt løst på byggeplass.

I forhold til utbedringsarbeid er formennene og driftsleder uenige. Formennene sier at det generelt har vært lite, og at utbedringsarbeid ikke har vært kostnadsdrivende. Driftsleder mener at det har vært mindre enn for sammenlignbare prosjekt, men at utbedringsarbeid har vært kostnadsdrivende. En av formennene mistenker at kostnader knyttet til kjerneboring kan bli signifikante. Han begrunner dette med at utsparingstegninger har kommet tett på produksjonen, og at utsparingstegninger fra tekniske fag ikke alltid har samsvart med tegningene fra RIB.

Driftsleder mener at det er et problem for utenlandske arbeidere at tekst er på norsk, og at tegningene har for lite streker. En av formennene mente derimot at fordi tekst er på norsk går noe informasjon tapt, men at 90 % av tegningene er nyttige også for utenlandske arbeidere. Generelt er erfaringen til formennene at ikke alle utenlandske arbeidere leser tegninger like godt, men at de som leser tegninger ikke har noen spesielle problemer. Tegninger bør generelt være mer billedlig med flere snitt og mindre tekst. Mer billedlige tegninger vil ha stor effekt for om utenlandske, så vel som om norske arbeidere forstår produksjonsunderlaget.

4.1.2 VDC knyttet opp mot teoretiske utfordringer i forhold til å fremstille produksjonsunderlag

Tids- og arbeidspress for prosjekterende

Prosjekteringsleder har inntrykk av at ressursintensiteten i prosjektering har vært jevn. Han er derimot usikker om de ulike prosjekteringsfagene sin arbeidsbelastningen. Arbeidsbelastning for Veidekke sin prosjekteringsleder har vært for stor, og prosjekteringsfagene har nok hatt en vanskelig økonomi i prosjektet. Prosjekteringsgrunnlag fra arkitekt har vært kritisk for prosjekteringen. Per februar 2013 er spesielt prosjekteringsgrunnlaget for tekniske fag kritisk.

Fragmentering og overlapping av prosjektering og produksjon

Prosjektutvikling og prosjektering flyter inn i hverandre i totalentrepriser. Hoteller er normalt kompliserte bygg med tanke på fragmentering. Veidekke sin målsetning var at prosjektering skulle være ferdig før innkjøp- og produksjonsstart. Samtlige prosjekterende og produserende har undervurdert kompleksiteten i prosjektet. Prosjekteringsprosessen har derfor dratt ut i tid. Prosjekteringsleder ser i ettertid at ICE burde vært benyttet tidligere. Både for å legge til rette for å ta beslutninger, men også for å ”modne” BIM-modellen tidligere.

Oppfatninger mellom prosjekterende og produserende

Dialogen mellom prosjekterende og produksjonen har vært god. I følge prosjekteringsleder har det vært mindre spørsmål fra produksjonen enn han hadde forventet. Samarbeidsklime, kommunikasjon og trivsel i prosjekteringsgruppen har vært svært god. Aktørene kjente hverandre stort sett fra før. Samspill og tilbakemeldinger har utviklet seg over tid og har vært gode i prosjektet.

Grensesnitt i prosjektering

ICE burde vært en del av kontrakten med prosjekterende. I tidligfasen er det i totalentrepriser et ”spinkelt” prosjekteringsgrunnlag, og grensesnitt mot byggherre og brukerne er ikke ferdigutviklet. Når prosjektering og produksjon overlapper må prosjekteringsgrunnlaget være på plass tidlig. ICE forenkler koordinering når alle prosjekteringsfagene er tilstede samtidig, og er effektivt hvis gjort riktig. Flyt i beslutningsprosessen er en forutsetning for ICE. Grunnet et spinkelt prosjekteringsgrunnlag og sene avklaringer har flyten i beslutningsprosessen for Ørnen Hotell vært dårlig.

Grensesnitt mellom prosjektering og produksjon

Respons- og behandlingstid på oppklaringsmeldinger har ifølge prosjekteringsleder vært raskere enn normalt. Prosjekteringsleder vet hele tiden hva som foregår, og mener at totalentrepriser i utgangspunktet er veldig integrerte. Kontrakten mellom Veidekke og RIB har ikke begrensninger for antall snitt, eller detaljer på tegningene. Dette har vært et problem for produksjonen.

Tegningsleveranseplanene tar for seg hva som skal leveres, og når. Prosjekteringsleder mener produksjonen i større grad må forholde seg til tegningsleveranseplanen. Hvis produksjonen for enkelte konstruksjonsdeler ønsker flere snitt og detaljer må de ha egne særmøter med prosjekterende. I særmøtene gjennomgår man tegninger, og produksjonen kan beskrive ønsket antall snitt og detaljer. Driftsleder bemerker at egne særmøter angående ønsket detaljering av spesielle konstruksjonselementer med RIB ikke er avholdt.

4.1.3 Refleksjoner rundt VDC

Potensialet for å optimalisere prosjekteringsprosessen er tydelig. Prosjekteringsleder tror VDC er veien å gå. Prosjekteringsprosessen kommer med VDC til å bli utviklet og forbedret veldig fort i de nærmeste årene. Han tror på en VDC tilnærming som inkluderer IP i kombinasjon med BIM og ICE. Dette fordi han mener at det er essensielt å aktivt involvere alle aktørene i prosjekteringsprosessen. I fremtiden ønsker han som prosjekteringsleder å satse på VDC, spesielt ICE og BIM kombinert med en BPIT-plan. En suksessfaktor for ICE at prosjekterende har med sin modelleringsekspertise i fellessamlingene. Samtidig er det også essensielt å få produserende sin kompetanse inn på fellessamlingene. Å utvikle en BIM-modell er tidskrevende. Derfor ønsker han ikke å få inn tekniske fag i fellessamlingene for tidlig. Han har ingen spesielle tanker for om VDC vil eller bør føre til bedre produksjonsunderlag, men er sikker på at VDC kan og vil optimalisere prosjekteringsprosessen.

4.1.4 Kvaliteten på produksjonsunderlaget

Spørreundersøkelsen i casestudien av Ørnen Hotell er en vurdering av kvaliteten på produksjonsunderlaget. Den er distribuert til fagarbeidere, baser, formenn og driftsleder. Alle har forskjellig ansvar og plass i produksjonshierarkiet. Dette var et strategisk valg for å få frem forskjellige perspektiv.

Tabell 3 viser gjennomsnittlige svar på de forskjellige spørsmålene. Spørsmålene i spørreundersøkelsen består av positivt formulerte påstander. En verdi på 1 uttrykker at respondentene er fullstendig uenig i spørsmålets påstand. Videre uttrykker en verdi på 2 at respondentene er uenig, 3 delvis enig, 4 enig og 5 helt enig. I tabell 3 og 4 er følgende forkortelser benyttet. DL=Driftsleder, F=Formann, FA=Fagarbeider, E=Erfaren, U=Uerfaren og SP=Spørsmål.

Tabell 3 Respondentenes svar på spørreundersøkelsen for Ørnen Hotell

SP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Avvik 1-17
Gj.snitt alle	3,2	2,9	3,5	3,2	3,4	2,8	3,3	3,1	3,1	2,8	2,8	2,6	3,2	2,6	2,4	2,6	2,7	0,4
Gj.snitt DL	3,0	4,0	4,0	5,0	4,0	3,0	4,0	4,0	3,0	2,0	4,0	3,0	4,0	3,0	2,0	4,0	4,0	-1,0
Gj.snitt F	3,0	2,8	3,3	3,0	3,3	3,0	3,3	2,5	3,0	2,3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,3	2,0	2,5	0,5
Gj.snitt bas	4,5	4,0	4,0	3,5	4,0	3,5	4,5	4,5	4,0	4,0	3,0	2,5	4,5	2,5	2,5	2,5	3,5	1,0
Gj.snitt FA	3,0	2,8	3,4	3,1	3,3	2,6	3,1	2,9	2,9	2,8	2,8	2,6	3,2	2,7	2,5	2,8	2,6	0,4
Gj.snitt EFA	3,4	2,8	4,2	4,2	4,6	3,0	3,4	3,8	3,4	3,2	3,2	2,6	3,6	2,8	2,8	3,0	2,8	0,6
Gj.snitt UFA	3,1	3,1	3,4	3,2	2,9	2,7	3,4	2,7	3,0	3,0	3,0	2,9	3,3	2,9	2,7	3,0	2,9	0,3

Tabell 4 viser spredningen i svarene fra de ulike respondentene. Spredning er angitt som den største differensen mellom respondentenes svar for hvert spørsmål. En spredning på 0-1 kategoriserer som liten, middels som 2, og stor som større enn 2.

Tabell 4 Spredning i respondentenes svar på spørreundersøkelsen for Ørnen Hotell

SP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Spredning F	2	1	1	0	1	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	0	1
Spredning bas	1	2	2	1	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Spredning EFA	1	2	2	1	1	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Spredning UEF	2	3	1	1	2	2	3	1	2	1	0	3	2	3	2	1	1

Spørreundersøkelsen tar for seg flere dimensjoner vedrørende kvaliteten på produksjonsunderlaget på Ørnen Hotell. Herunder følger funnen kategorisert i henhold til kategoriene for kvaliteten på produksjonsunderlag presentert i delkapittel 3.2.1. Tabell 3 og 4 er videre benyttet til å presentere, og er henvist til for å analysere funnene i spørreundersøkelsen.

Byggbarhet

Prosjekterte løsninger i prosjektet er delvis byggbare sammenlignet med andre prosjekter. Svarene har liten spredning for alle respondentene. (Se SP 11 i tabell 3 og 4).

Forstått av produserende

Produksjonsunderlaget har delvis til ikke vært lettleselig og konsekvent sammenlignet med andre prosjekter. Svarene har liten spredning blant alle utenom for uerfarne fagarbeiderne som har stor spredning. (Se SP 14 i tabell 3 og 4).

Behovet for oppklaringsmeldinger har derimot vært mindre sammenlignet med andre prosjekter. Her har svarene liten spredning. (Se SP 10 i tabell 3 og 4).

Produksjonsunderlaget har hatt dårligere detaljeringsgrad sammenlignet med andre prosjekter. Svarene har liten spredning for respondentene bortsett fra uerfarne fagarbeidere som har middels. (Se SP 15 i tabell 3 og 4).

Respondentene mener at fargetegninger i stedet for svart-hvitt tegninger i stor grad vil gjøre det lettere å forstå produksjonsunderlaget. Svarene har liten spredning, men middels for erfarne fagarbeiderne. (Se SP 4 i tabell 3 og 4).

Samtidig mener respondentene at 3D-elementer på 2D-tegninger i stor grad vil gjøre det lettere å forstå produksjonsunderlaget. Her har svarene middels spredning. (Se SP 5 i tabell 3 og 4).

Produksjonsspesifikt

Produksjonsunderlaget har delvis ikke hatt produksjonseffektive løsninger sammenlignet med andre prosjekter. Svarene har stor spredning, men bare middels spredning hvis man ekskluderer de uerfarne fagarbeiderne. (Se SP 12 i tabell 3 og 4).

Produksjonsunderlaget har hatt løsninger som er mer produksjonssikre sammenlignet med andre prosjekter. Formennene er delvis uenig med de andre respondentene, og svarene har derfor middels spredning. (Se SP 13 i tabell 3 og 4).

Respondentene er i stor grad enig om at produksjonsunderlaget delvis ikke har tatt hensyn til de faktiske forholdene på byggeplass. Spredningen i svarene er her middels, men liten hvis man ekskluderer de uerfarne fagarbeiderne. (Se SP 16 i tabell 3 og 4).

Tidsriktig leveranse

Produksjonsunderlaget har vært mer tilgjengelig når det trengs sammenlignet med andre prosjekter. Her har svarene middels spredning. (Se SP 9 i tabell 3 og 4).

Sammenlignet med andre prosjekter har det vært lettere å finne fram til de tegningene man trenger. Svarene har her middels spredning, og de uerfarne fagarbeiderne er uenig med de andre respondentene. (Se SP 8 i tabell 3 og 4).

Oppfølging og tilrettelegging for produksjonen

BIM-modell har bare delvis vært tilgjengelig for produksjonen. Her har svarene stor spredning. Driftsleder og baser er uenig med formennene og fagarbeidere som mener at BIM-modellen ikke har vært tilgjengelig nok for produksjonen. (Se SP 2 i tabell 3 og 4).

Produksjonsunderlaget har delvis hatt mindre prosjekteringsfeil og mangler sammenlignet med andre prosjekter. Svarene har middels spredning. (Se SP 6 i tabell 3 og 4).

Respons- og behandlingstid av oppklaringsmeldinger har derimot vært bedre sammenlignet med andre prosjekter. Her har svarene stor spredning. Spredningen er liten hvis man ekskluderer de uerfarne fagarbeiderne. (Se SP 7 i tabell 3 og 4).

Kommentarer til spørreundersøkelsen

Driftsleder og baser mente at kvaliteten på produksjonsunderlaget var høyere sammenlignet med formennene. Spørsmål 1 og 17 i spørreundersøkelsen er identiske, og spør om kvaliteten på produksjonsunderlaget sammenlignet med andre prosjekter. Kontrollspørsmålet brukes for å vurdere om respondentene gjennom å besvare de øvrige spørsmålene endrer sin oppfatning. Driftslederen var den eneste respondenten som mente kvaliteten var lavere i siste kontra første spørsmål. Basene mente kvaliteten på produksjonsunderlaget var høyere i første kontra siste spørsmål. (Se avvik 1-17 i tabell 3). Tre av fire formenn svarte konsistent på kontrollspørsmålet, mens en av formennene hadde det største avviket av alle respondentene. Syv av tolv fagarbeidere svarte konsistent på kontrollspørsmålet.

Tretten av sytten spørsmål ber respondenten sammenligne mot tidligere prosjekter en har jobbet på. Respondentens erfaring vil derfor potensielt påvirke svarene. Erfarne fagarbeidere mente at kvaliteten på produksjonsunderlaget generelt var høyere sammenlignet med formennene og mer uerfarne fagarbeidere. (Se SP 1-17 i tabell 3). Tre av fem erfarne fagarbeiderens svarte forskjellig på kontrollspørsmålet, mens bare to av syv uerfarne gjorde det samme. (Se avvik 1-17 i tabell 3).

Svarene angående om produksjonsunderlaget er lettleselig, og om løsninger er effektivt i produksjon har stor spredning. (Se SP 14 og SP 12 i tabell 4). Svarene angående hvor raskt informasjonsavklaringer blir løst, og hvor enkelt det er å finne frem til relevante tegninger har også stor spredning. (Se SP 7 og SP 8 i tabell 4). Derimot har de erfarne respondentenes svar mindre spredning enn de mer uerfarnes svar. Disse spørsmålene er direkte knyttet til produksjonsunderlaget.

Spørsmålet om utsnitt fra 3D-modellen vil gjøre 2D-tegninger mer forståelige hadde stor spredning i svarene. (Se SP 5 i tabell 4). Stor spredning er derimot forventet for abstrakte kontra mer konkrete spørsmål.

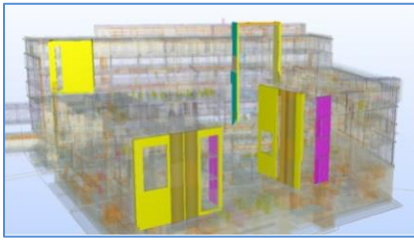
Spørsmålet om fargetegninger vil gjøre det lettere å forstå tegninger har liten spredning i svarene for alle respondentene. (Se SP 4 i tabell 4). Spredningen er også liten for spørsmålet om produksjonsunderlaget tar hensyn til de faktiske forholdene på byggeplass. (Se SP 16 i tabell 4).

Spørsmålet om produksjonsunderlaget inneholder ”all” nødvendig informasjon (Se SP 10 i tabell 4) og byggbarheten for løsninger (Se SP 11 i tabell 4) har minst spredning i svarene for hele spørreundersøkelsen.

Spørreundersøkelsen viser at respondentene mener at detaljeringsgraden for produksjonsunderlaget har vært dårligere enn vanlig. Har detaljeringsgraden vært det største problemet, så har respons- og behandlingstid av oppklaringsmeldinger og produksjonssikkerheten vært lyspunktene. Respondentene bemerker at fargetegninger og 3D-elementer på 2D-tegninger potensielt er veldig effektive tiltak for å øke deres forståelse av produksjonsunderlaget.

4.2 Casestudie av St. Olavs Hospital- Kunnskapssentret

Kunnskapssenteret er et nybygg på 18 000 m² med behandlings- og undervisningsareal. Prosjektet er det første sykehus og universitetsbygg i Norge som er bygget etter passivhusstandarden. Arkitekten tror ikke dette hadde vært mulig å få til uten VDC. Kunnskapssenteret har en samspillskontrakt med fastpris etter samhandling. ICE og IP ble benyttet til prosjektoptimalisering. Samtidig ble en BIM-modell utviklet til anbud. Figur 17 illustrerer prosjektets geometri. BIM-modellen blir lagret på en felles modellserver og skal benyttes til FDV. Byggherre er Helsebygg Midt-Norge, og prosjektet har en kontraktssum på 330 millioner NOK. (Knotten, 2011)



Figur 17 Detaljert BIM-modell av Kunnskapssenteret (Knotten, 2011)

4.2.1 Byggeprosessen i prosjektet med VDC

Kunnskapssenteret har hatt tre viktige forutsetninger for å lykkes med VDC. Forutsetningene er samlokalisering, BIM og ”target valueing” (målpris). Alle hovedelementene ICE, BIM, POP-modeller samt måling har vært en del av VDC for prosjektet.

Prosjektutvikling og prosjekteringsplanlegging

Kunnskapssenteret har en kompleks kontraktanordning med YIT som totalentreprenør for teknikk, og Veidekke for bygg. Samhandling er gjennomført i prosjekteringsoppstarten for å legge rammer og retningslinjer for prosjektarbeidet. Kunnskapssenteret har hatt fokus på verdioptimalisering gjennom samspill tidlig i prosjekteringen. Verdioptimalisering underveis er en avveining mellom gevinst og støy i forhold til å låse avklaringer og beslutninger i prosjekteringen. Dette har bare delvis vært effektivt i prosjektet.

Prosjektering

BIM-modellen har ikke ført til at prosjekteringsgrunnlag er tilgjengelig tidligere. Prosjekterende var ikke moden med kunnskap og kompetanse for å jobbe effektivt med BIM-modeller. Et fremtidig prosjekt med samme aktører hadde utvilsomt utnyttet modellen som verktøy mye bedre med bakgrunn i erfaringer fra Kunnskapssenteret. Modellen har likevel vært effektiv til samordning og krasjkontroll mellom prosjekterende, og sørget for samtidig og tidsriktig visualisering av produktet.

Organisering og gjennomføring av ICE-samlingene må tilpasses de ulike fasene i prosjektering. Kunnskapssenteret har hatt en to-dagers samlokalisering hver uke, eller annenhver uke. Særmøter i forbindelse med ICE har vært mye brukt. Prosjekterende har uttrykt ønske om mer uformell tid under ICE-samlingene til å sette opp særmøter. Prosjektet har bare delvis klart å effektivt involvere alle møtedeltagerne. Involvering har variert i forhold til møtetema. Samkjørte ICE-samlinger har fungert bedre for tekniske fag enn for arkitekt og RIB, som foretrekker en mer båndlagt agenda. I forbindelse med innredning av en av etasjene ble en-ukes ICE-samling forsøkt. Et nytt tema ble introdusert hver dag med påfølgende særmøter. Prosjekterende opplevde da at samkjøringen var for hyppig.

Prosjekterende mente det til en viss grad var interessant å prøve noe nytt. Viljen til ICE-samlingene var der, og kompetansen ble utviklet underveis. Likevel har det vært vanskelig å planlegge prosesser og beslutninger i prosjekteringen. I ettertid er det tydelig at det skulle vært avsatt mer tid i ICE-samlingen til å oppdatere prosjekteringsplanene. Å bryte ned produkt, organisasjon og prosess til et detaljeringsnivå som ikke er rigid er elementært i prosjektering. En riktig nedbryting skal gi oversikt over konsekvenser og sammenhenger mellom aktiviteter. Beslutninger, avklaringer og faser har ikke vært oversiktlige nok i prosjekteringen.

IP med lappeteknikk er veldig effektivt for å avklare sammenhenger og kritiske ”veier” i prosjekteringen. Optimisme har derimot vært et kjempeproblem for aksjonslistene fordi det er lovd for mye. I ettertid viser det seg ofte at ønskene er for strenge. Fremstilling av aksjonslister og dialogmatriser stiller større krav til prosjekterende da de i motsetning til tradisjonelle møtereferat er interaktive verktøy. Kontroll og oppfølging av prosjekteringsleveranser har ikke vært optimal. VDC har ikke ført til kortere prosjekteringstid eller mindre prosjekteringskostnad. Dette har heller ikke vært en målsetning. Prosjektet har hatt fokus på verdiskapning, og prosjekteringskvaliteten har vært veldig god.

Prosjektet har målt mye, men målingene er bare brukt som historisk støtte. Kapasitet og kompetanse til å gjennomføre målinger har vært manglende. Viljen til å bidra, og til å bruke målingene har ikke vært tilstede. Prosjekteringsleder mener likevel at prosjektet har gitt erfaring i forhold til hvilke målinger som er gode, og hvordan disse kan bli implementert og brukt i fremtidige prosjekter. PPU for prosjekteringen har vært 50-60 %, men målingene har ikke blitt brukt til å endre prosesser. I oppstarten ble det spurt hva aktørene ønsker med ICE, og underveis om dette er blitt oppfylt. Møteeffektivitet er en myk måling, og oppleves som egnet for å ta pulsen på ICE-samlingene. Tilbakemeldingene fra prosjekterende har vært gode, og møteeffektivitet har vært høy i prosjektet. Å bygge opp BIM-modeller riktig er vesentlig for å realisere deres potensial. Måling av antall navngitte elementer modellen er effektivt for å følge opp at prosjekterende bygger modellen opp riktig. Felles krasjkontroll er ikke gjennomført i ICE-samlingene. Prosjekterende har selv hatt ansvar for å utføre krasjkontroll. Prosjekteringsleder mener krasjkontroll er en viktig måling, som utvilsomt vil bli gjennomført i de tverrfaglige ICE-samlingene i hans neste VDC prosjekt.

Overlapping mellom prosjektering og produksjon

Prosjekteringsleder tror VDC fører til bedre kvalitet på produksjonsunderlaget. Kollisjonskontroll sørger for at produksjonsunderlaget er feilfritt. Samordnet og samtidig prosjektering sørger for leveranser til rett tid og med rett kvalitet, fordi prosjekteringsaktørene er i fase. Produksjonsunderlaget vil i større grad være forstått av produserende hvis produserende er involvert i prosjekteringen. Videre vil produksjonsunderlaget være effektivt og sikkert i produksjon hvis BIM-modellen er tatt i bruk på byggeplasser av formenn, baser og fagarbeidere. En målsetting om at VDC skal føre til bedre produksjonsunderlag bør bli etablert. Prosjekteringsleder sier at fordi VDC vil føre til bedre produksjonsunderlag er det interessant å måle kvaliteten på produksjonsunderlaget.

Produksjon

Måling av responstid internt i prosjekteringsgruppen er ikke gjort, men behandlingstid og antall spørsmål til prosjekterende er registrert. Disse målingene sier noe om kvaliteten på produksjonsunderlaget. PPU for produksjon er som forventet, men det har vært mye spørsmål fra produksjonen om produksjonsunderlaget. Dette skyldes nok dårlige tegninger fra prosjekterende, og til dels utilstrekkelig tegningsgranskning fra produserende. Prosjektet har hatt flere tegningsrevisjoner enn forventet, og for tett på produksjonen. Kostnader knytte til utbedringsarbeider har vært større enn forventet. Prosjekteringsleder tror dette i stor grad skyldes et utilstrekkelig produksjonsunderlag.

4.2.2 VDC knyttet opp mot teoretiske utfordringer i forhold til å fremstille produksjonsunderlaget

Tids- og arbeidspres for prosjekterende

Prosjekteringsleder mener VDC utvilsomt har potensial for å redusere tids- og arbeidspres for prosjekterende. Prosjekterende på Kunnskapssenteret har hatt et lavt tids- og arbeidspres tidlig i prosessen, men etter hvert når produksjonsunderlaget skulle utarbeides ble presset større. Tids- og arbeidspres er et vanskelig og komplekst spørsmål. Spørsmålet er avhengig av den kapasiteten og kompetanse prosjekterende har lagt til grunn i tilbudet sitt. Prosjekterende er i tillegg til en hver tid som regel involvert i flere prosjekter. Prosjekteringsleder tror likevel at VDC gir en jevnere ressursintensitet i prosjektering, og at prosjekterende er mer i fase.

Fragmentering og overlapping av prosjektering og produksjon

Prosjekteringsleder mener VDC gir bedre styring av fokuset i prosjektering. VDC legger derfor til rette for større overlapping mellom prosjektering og produksjon. Produksjon av råbygg og detaljprosjektering av innvendig arbeider overlapper på Kunnskapssenteret. Geografisk prosjektering har bidratt til god styring av prosjekteringen. ICE er egnet til, og bidrar til å håndtere fragmentering hvis produserende er dratt inn i prosjektering. Å vite når og hvem som skal ta beslutninger er viktig i prosjektering. En trenger ikke nødvendigvis låse beslutninger og avklaringer tidlig. Beslutninger og avklaringer må heller komme til rett tid. VDC bidrar etter prosjekteringsleder sine erfaringer til at beslutninger i større grad tas til rett tid.

Oppfatninger mellom prosjekterende og produserende

Prosjekteringsleder mener at det er et problem i byggenæringen at kultur og holdninger, spesielt blant erfarne aktører stikker veldig dypt. I den konseptuelle delen av prosjekteringen hadde prosjekterende overstemte og felles mål. Etter hvert når prosjekteringen dro seg til opplevde man at prosjekterende gikk over til en mer tradisjonell måte å jobbe på. Et tverrfaglig og helhetlige fokus ble til dels erstattet med et ensidig fokus. Tekniske fag hadde stor vilje og utbytte av ICE-samlingen, men spesielt RIB skilte seg etter hvert ut som uvillig innstilt til ICE. Samspillet, tilbakemeldingene og trivsel i prosjekteringsgruppen ble noe dårligere etter hvert.

VDC bør ifølge prosjekteringsleder være toppstyrt gjennom kontraktmessige insentiver. Han illustrerer dette med en analogi til akkordarbeid. Tømrere vil ikke hjelpe elektrikere hvis dette går utover deres akkord. Selv om det er til prosjektets beste. En lignende analogi gjelder til dels for prosjekterende. Ledelse og styring av VDC må være toppstyrt slik at aktører får de rette insentivene til å hele tiden jobbe for prosjektets beste.

Grensesnitt i prosjektering

Kunnskapssenteret har hatt en del mangler i forhold til effektivt samarbeid, og en forbedret beslutningsprosess. Men med VDC er man på rett vei. Suksess med VDC betinger at prosesser og prosjekteringsleder sin rolle blir utviklet. Samarbeidspartnere må i tillegg få modne i forhold til VDC. Faglige grensesnitt er ifølge prosjekteringsleder utvilsomt håndtert bedre med VDC. Hovedsakelig gjennom felles fokus og samtidighet i prosjekteringsgruppen. Tradisjonelt har en eller flere aktører i prosjekteringen gjort avklaringer hvor konsekvensene for andre aktører ofte er antatt. Hvis og/eller når det viser seg at antagelsene ikke stemmer må man omprosjekttere.

VDC er et optimalt verktøy for å håndtere fasevise grensesnitt. Å håndtere fasevise grensesnitt hensiktsmessig er derimot ikke like rett frem som for faglige grensesnitt. Kunnskapssenteret har hatt geografisk prosjektering, som har vært optimalt for ingeniører. Arkitekt tenker annerledes og foretrekker å jobbe temabasert. Fasevise grensesnitt er håndtert gjennom å planlegge og følge opp fremdriftsplanene for prosjekteringen. Riktig detaljeringsnivå og større fokus på å bruke POP-modeller i ICE-samlingene er ifølge prosjekteringsleder elementært.

Uten å ha målt tidsbruk i prosjektering på Kunnskapssenteret er prosjekteringsleder overbevist om at VDC reduserer tidsbruk for å håndtere informasjon. Forbedringspotensialet for å effektivisere kommunikasjon i prosjektering er stort, men dette krever innsats fra alle aktørene. Prosjekteringsleder tror det er grunnleggende at produserende er involvert i prosjekteringen. For at ting skal bli riktig første gangen er det en forutsetning å få med de rette personene i ICE-samlingene. Flyt i beslutningsprosessen innebærer at beslutningsmyndighet og riktig kompetanse må være tilstede. Prosjekterende må i tillegg være i fase.

Grensesnitt mellom prosjektering og produksjon

Forsinkede og sene leveranser av produksjonsunderlaget har heftet produksjonen. Prosjekteringsleder tror dette hovedsakelig skyldes at bemanning og kompetanse fra prosjekterende sin side ikke har vært tilstrekkelig. Driftsleder har etterspurt en oppdatert BIM-modell for å planlegge produksjonen. Produserende må i større grad inn i prosjekteringen for å realisere VDC sitt fulle potensial. BIM-modellen har for Kunnskapscenteret bare delvis blitt brukt til å visualisere og planlegge produksjonen. Produksjonskulturen er kanskje en barriere, men nye generasjoner er generelt mye mer åpen for nye ting, og spesielt ny teknologi. BIM-modeller er nytt for produserende, og det kreves modning og kompetanseheving for å bruke den effektivt. Prosjekteringsleder har som målsetning at modellen i fremtidige i mye større grad, og helt ned på fagarbeidernivå skal blitt tatt i bruk på byggeplass.

4.2.3 Refleksjoner rundt VDC

Kunnskapscenteret har bare ”pirket i skorpen”, og har mye mer å gå på i forhold til VDC. Prosjektet er komplisert, og det har kanskje ”gapt over” for mye med en gang. Prosjekteringsleder mener likevel at et prosjekt som Kunnskapscenteret er verdifullt for Veidekke som organisasjon. Selv om prosjektet ikke er et ”glansbilde” for VDC har mange medarbeidere høstet verdifulle erfaringer. Veidekke bygger for eksempel videre på erfaringer fra Kunnskapscenteret i City Lade prosjektet. Kunnskapscenteret har hatt en låst kontrakt- og tidsramme. Prosjekterende har hatt utfordringer med å levere produksjonsunderlag. Prosjekteringsleder mener likevel prosjektet hadde hatt mye større problemer hvis en tradisjonell byggeprosess hadde blitt valgt i stedet for VDC.

VDC vil definitivt optimalisere prosjekteringsprosessen, noe prosjekteringsleder mener Veidekke sitt prosjekt Fornebu hageby er et godt eksempel på. Kunnskapscenteret har ikke hatt optimal involvering av produserende i prosjektering, og er på mange måter et virtuelt prosjekterings prosjekt. Fornebu hageby har integrert produksjonsplaner og produksjonsoppfølging i VDC konseptet. Produksjonsaspekt må i større grad bli inkludert i VDC rammeverket. VDC er som i navnet virtuell prosjektering og produksjon. Prosjekteringslederen mener læringskurven for VDC på mange måter både er bratt og slakk. VDC er en ny arbeidsmetodikk og et nytt rammeverk. Likevel er fokuset på å planlegge og legge til rette for at BIM skal støtte opp under ”tradisjonelle” prosesser.

En prosjekteringsleder har hovedsakelig et faglig fokus. VDC stiller også store krav til ledelse og styring av prosesser og mennesker som er et omfattende arbeid. Prosjekteringsleder ser i store prosjekter derfor et behov for en VDC tilrettelegger som har fokus på og ansvar for å implementere og gjennomføre VDC.

4.3 Casestudie av City Lade

City Lade er en totalentreprise med samhandling. Trondos AS er byggherre, Veidekke er totalentreprenør. Byggetiden er fra 1. september 2012 til 1. september 2014. Prosjektet har to nye parkeringsplaner under bakken, og butikker i et nybygg fordelt på to planer. Nybygget på 10 000 m² har prefabrikkerte betongelementer med fasader av tegl. Figur 18 gir et visuelt inntrykk av prosjektet. Dagens butikkareal vil bli pusset opp, mens eksisterende tredje plan utvidet med ca. 10 000 m². Prosjektet er totalt på omtrent 45 000 m², med en kontraktssum på 350 millioner NOK eksklusiv merverdiavgift. (Gullbrekken, 2013).



Figur 18 Arkitekttegning av City Lade (Gullbrekken, 2013)

4.3.1 Byggeprosessen i prosjektet med VDC

Prosjektet hadde tilbudskonkurranse høsten 2007, samhandling i 2008 og et revidert tilbud i desember 2008. En ny samhandlingsfase ble gjennomført høsten 2011, og kontrakt signert januar 2012. Veidekke gjennomførte en oppstartsamling for prosjektet med fokus på felles utvikling av prosesser. Verdioptimalisering, IP med lappeteknikk, plan for gjennomføring av ICE og prosjektplan for BIM var sentralt. En større midtevaluering av prosjekteringen ble gjennomført for å justere prosesser og bruk av verktøy. En sluttevaluering er planlagt for samle erfaringer, og utvikle rammer for prosesser i fremtidige prosjekt.

Prosjektutvikling og prosjekteringsplanlegging

Veidekke ble tiltransportert arkitekt og RiBrann, men valgte å avsette RiBrann med bakgrunn i dårlige erfaringer fra tidligere prosjekter. Ellers ble prosjekterende håndplukket av Veidekke. Veidekke valgte for City Lade å gi prosjekterende fritt valg mellom fastpris- og timekontrakt.

Prosjektering

Prosjekteringsgrunnlag har vært tilgjengelig tidligere enn vanlig, men ikke alle prosjekteringsfagene har klart å prosjektere ferdig tidlig. VDC tvinger alle prosjekteringsfagene til å være i samme fase, men alle aktørene må gjøre jobben nøye. Tekniske fag var tidlig ferdig å prosjektere, men to aktører hadde ikke begynt å detaljprosjekttere selv om de gav uttrykk for dette. Dette medførte omprosjektering for de tekniske fagene. Selv om prosjektet bare har en "enkel" BIM-modell har samordning og visuell krasjkontroll mellom prosjekteringsfagene vært effektivt. Etter hvert som prosjektering skred fram har BIM-modellen gitt en samtidig og tidsriktig visualisering av produktet.

Prosjekteringsleder mener at aksjonslister klart er mer effektive enn møtereferat i forbindelse med ICE. Aksjonslister har likevel ikke fungert optimalt i prosjektet. Overoptimisme gjør at prosjekterende sine ønsker ikke kommer i riktig fase. Prosjekteringsleder ønsker i neste prosjekt å bruke visuelle utsnitt fra BIM-modellen med tilhørende notater til å lage visuelle aksjonslister. Etter en demonstrasjon er det studenten sitt inntrykk at visuelle aksjonslister potensielt er veldig effektivt i forbindelse med VDC. Dialogmatriser ble ikke funnet hensiktsmessig i prosjektet. VDC er etter prosjekteringsleder sin oppfatning ikke mer effektivt for å kontrollere og følge opp prosjekteringsleveranser.

Prosjektet har hatt stor fokus på verdioptimalisering gjennom IP. Et vedvarende verdifokus for prosjekteringen ble klargjort og forankret ved prosjekteringsoppstarten. Samtidig ble det i oppstarten gjennomført bevisste spareprosesser. Prosjekteringsleder mener at VDC gir bedre prosjekteringskvalitet, kortere prosjekteringstid og lavere prosjekteringskostnad. Produktet er vesentlig bedre prosjektert, samtidig får man mindre utbedringsarbeid i produksjonen med kontra uten VDC. Han bruker tekniske fag som et eksempel for potensialet VDC har for å korte ned på prosjekteringstiden.

Måling har vært viktig i prosjektet. PPU for prosjektering har vært på 50 %. PPU på City Lade har vært lav av tre grunner. Noen prosjekteringsfag har vært ute av fase, VDC-prosjektering er en ny prosess og prosjektet har hatt enkelte IT problemer. Prosjekteringsleder mener PPU ville vært mye høyere uten IT problemene og ”ny-prosess” problematikken. VDC kan i stor grad øke PPU for prosjektering. Møteagenda og gjennomføring av ICE-samlingene ble i etterkant av et midtmøte lagt om. Å forme prosess og gjennomføring av prosjektering i fellesskap er kjempe viktig, og en suksessfaktor for VDC.

For City Lade har man bevist valgt en ”enklere” BIM-modell. Et for stort krav om detaljering av modellen stjeler fokus fra prosjekterende. Det er tidskrevende å samkjøre modell og detaljprosjektering. Hvis modellen er for detaljert faller prosessene fort ut av takt. Måling av navngitte elementer i BIM-modellen, eller automatisk måling av antall kollisjoner er ikke gjort. Respons- og behandlingstid mellom aktørene i prosjektering er heller ikke utført i prosjektet.

Overlapping mellom prosjektering og produksjon

Prosjektet har hatt relativt få tegningsrevisjoner, og revisjonene har alltid kommet i forkant av produksjonen. Prosjekteringsleder mener helt sikkert at kvaliteten på, og tidsriktigheten av leveranser for produksjonsunderlaget er bedre med VDC. Han er likevel i tvil om det samme gjelder for respons- og behandlingstid på oppklaringsmeldinger. Dette fordi prosjektering og produksjon er faseforskjøvet. Prosjekterende har fokus på andre deler av produktet når eventuelle oppklaringsmeldinger kommer fra produksjonen.

Produksjon

PPU for produksjonen har så langt bare vært marginalt bedre enn vanlig. Prosjekteringsleder har ikke grunnlag for tilskrive problemene til produksjonsunderlaget. Kostnader knytte til utbedringsarbeider blir nok mindre enn vanlig, men dette er for tidlig å fastslå. I forhold til avklaringer rundt produksjonsunderlaget er det mindre for produserende å ta tak i enn vanlig.

Avklaringer er i større grad løst på byggeplass. Prosjekteringsleder sier at mange avklaringer stopper hos han, og at antallet oppklaringsmelinger til prosjekterende er mindre enn for sammenlignbare prosjekter. Samtidig har det vært mindre forespørslers om avklaring fra produksjonen.

4.3.2 VDC knyttet opp mot teoretiske utfordringer i forhold til å fremstille produksjonsunderlag

Tids- og arbeidspress for prosjekterende

Prosjekteringsleder har inntrykk av at prosjekterende sitt tids- og arbeidspress har vært mindre med VDC. Han tror også at ressursintensiteten for prosjekterende har vært jevnere. Buffere i prosjektering har bare marginalt blitt redusert. VDC er en ny prosess som i prosjektet har et tydelig forbedringspotensial for å håndtere fasevise grensesnitt. Samtidig fremdrift for de ulike prosjekteringsfagene er en forutsetning for å unngå omprosjektering.

Fragmentering og overlappning av prosjektering og produksjon

Prosjekteringsleder skulle i ettertid ønsket at prosjekteringen var mer i forkant av produksjonen. VDC er veldig fordelaktig for å håndtere fragmentering av byggeprosessen. Beslutninger og avklaringer i prosjektering er gjort tidlig og er mer effektivt håndtert med VDC. Byggherre har bare vært sånn passe interessert i VDC og BIM-modellen. Beslutningsaversjon fra byggherre har forårsaket noe omprosjektering. Prosjekter bør derfor bruke BIM-modellen aktivt opp mot byggherren.

Oppfatninger mellom prosjekterende og produserende

Prosjekteringsleder mener at ICE-samlingene har vært effektive. Alle møtedeltagerne har blitt involvert, men tilbakemeldingene om møteeffektiviteten har vært blandet. Mange har hatt sånn passe utbytte, noen stor utbytte og et fåtall lite. Prosjekterende ser likevel potensialet i ICE, og har gitt uttrykk for at ICE er noe de vil være med på igjen. Prosjekterende hadde entusiasme og vilje til å gjennomføre ICE, spesielt i starten. Arkitekt mente han sparte opptil tretti mail på et ICE-møte. Etter hvert hadde prosjektet enkelte IT utfordringer. Arkitekter som ikke var tilstede kunne ikke jobbe med modellen samtidig som den ble brukt i ICE-samlingen. Prosjektet klarte aldri å løse dette problemet.

VDC har ført til effektivt samarbeid, og en forbedret beslutningsprosess i prosjekteringen. Prosjekterende har i stor grad hatt et helhetlig og tverrfaglig fokus. Hvis prosjekterende venter med avklaringer skaper dette omprosjektering. ICE er avhengig av at alle prosjekteringsfagene har overstemte mål og jobber i fase. Man kan ikke vente med avklaringer fordi det er lettere etter andre har gjort sine avklaringer. Prosjekterende med vilje til ICE hadde i stor grad felles mål.

Prosjektet har hatt to tilfeller hvor aktører har avviket fra resten av prosjekteringsgruppen. Arkitekten hadde ved en anledning kapasitetsproblemer, og en teknisk underentreprenør gav tidlig i prosessen inntrykk av å detaljprosjekttere uten å faktisk gjøre dette. Prosjekterende falt da ut av fase. Veidekke har rettet et erstatningskrav på 200 000 NOK til den aktuelle tekniske underentreprenøren. Prosjekteringsleder ønsker å gå videre med tvisten for å statuere et eksempel i markedet. Vellykket ICE forutsetter at prosjekterende er nøye. Prosjekterende kan ikke ”jukse” ved å gi inntrykk av å arbeide uten å egentlig gjøre jobben.

Grensesnitt i prosjektering

VDC gjør det lettere å håndtere informasjonen forutsatt at de som faktisk prosjekterer, og ikke bare saksbehandlere er tilstede i ICE-samlingene. Mye mer er avklart i felleskap, slik at mindre må bli avklart over telefon og epost. Tradisjonelt har møtereferat fungert som arbeidsdokument for prosjekterende. Senioringeniører har deltatt på prosjekteringsamlinger, og junioringeniørene har i ettertid fått beskjed om hva som skal gjøres. Med ICE blir informasjon utviklet samtidig blant flere aktører, og all informasjonen blir ikke fanget opp i møtereferatet. Erfaringen til prosjekteringsleder er at saksbehandlere ikke evner å videreformidle det som blir avklart i ICE-samlingene i sine representative organisasjoner. Saksbehandlere ble derfor ”sparket” ut av ICE-samlingen, og de som faktisk prosjekterer i stedet involvert.

VDC gir bedre flyt i innad i prosjektering. Flyt i prosjekteringen kombinert med BIM-modellen gir et bedre og mer samstemt beslutningsgrunnlag for byggherre. Flyten i beslutninger fra byggherre har likevel ikke vært optimal. Faglige grensesnitt har klart blitt bedre håndtert med VDC. Fasevise grensesnitt er fortsatt vanskelig, særlig på grunn av ulike størrelse og kompleksitet i arbeidet til forskjellige prosjekterende. Dette var spesielt synlig tidlig i prosjekteringen. Prosjekteringsleder ønsker derfor i neste VDC prosjekt å gjennomføre ti-dagers intensiv ICE-samling ved prosjekteringsoppstart. Tanken er at mer prosjekteringsgrunnlag tidligere tilgjengelig gjøre det lettere å håndtere fasevise grensesnitt.

Grensesnitt mellom prosjektering og produksjon

En generell utfordring som er like stort med som uten VDC er å involvere produserende i prosjekteringen. Prosjekteringsleder mener at det er lettere å involvere produserende i prosjekteringen med VDC. Tidlig i prosjekteringsprosessen bør prosjekter fristille ressurser slik at anleggsleder og/eller produksjonsleder kan delta på ICE-samlinger. Samtidig har BIM et uforløst potensial i forhold til å effektivisere produksjonen. Produserende foretrekker i stor grad å støtte seg til 2D-tegninger, og formenn bruker ikke BIM-modellen selv om de har tilgang til denne. BIM er 80 % prosess og 20 % teknologi. Produserende må etter prosjekteringsleder sin oppfatning i større grad aktivt ta i bruk BIM-modellen for å realisere ”prosesspotensialet” til BIM.

4.3.3 Refleksjoner rundt VDC

VDC har klart forbedret og optimalisert prosjekteringsprosessen for City Lade. Læringskurven er bratt, og i fremtiden vil VDC utvilsomt realisere sitt iboende potensial for å optimalisere prosjekteringsprosessen. IT problem har vært den største barrieren for VDC på City Lade. Prosjekteringsleder fremhever også at prosjekterende får en ny rolle med VDC. Dette er potensielt en barriere for VDC.

”Senioringeniørene” som saksbehandlere får en ny rolle, mens ”juniorene” som faktisk utfører prosjekteringen får en mer sentral rolle enn hva som tradisjonelt er vanlig. Videre er målinger som fører til forbedring av produkt og prosess underveis i prosjekteringen ifølge prosjekteringsleder sentralt for VDC. I starten hadde City Lade to prosjekteringsledere, men underveis i prosjekteringen forsvant en av dem. Måling ble som resultat av dette da nedprioritert. Ettersom prosjekteringsleder har sett en stor nytte av målinger ønsker han fremover å måle mer og bedre.

4.4 Intervju av VDC sertifiserte Sigbjørn Faanes

Prosjektutvikling og prosjekteringsplanlegging med VDC

Som prosjektutvikler mener Faanes det internt i Veidekke er noe tåkete hva VDC egentlig innebærer. Prosjektutvikling og prosjekteringsplanlegging med VDC handler om å systematisk dele opp arbeidsoperasjoner i detalj. Tegningsleveranseplaner er avhengig av underlag og beslutninger. Å systematisk kartlegge kompetanse for å fremskaffe prosjekteringsgrunnlag er sentral i tidligfasen av prosjekter. Faanes er tydelig på at det til syvende og sist er viktig for Veidekke at produksjonsunderlaget er best mulig. Fokuset helt fra prosjekteringsstart må være på sluttbrukerne, men også på kvaliteten på produksjonsunderlaget fordi her potensialet for forbedring stort.

Byggenæringen er konservativ. Faanes mener at den største utfordringen i forbindelse med VDC er å få folk til å tenke annerledes. Han har gjennom tretten år i bransjen har sett et enormt potensial for forbedringer. Hovedutfordring er erfaring med og kompetanse til å implementere VDC. Som prosjektutvikler har han altfor mange ganger hørt prosjekterende si, ”sånn har vi ikke gjort det før”. Slike oppfatninger og holdninger må bekjempes for å ta ut det fulle potensialet med VDC.

Videre er verdioptimalisering ifølge Faanes et vesentlig aspekt ved VDC. Verdioptimalisering har to viktig forutsetninger. Først og fremst er det viktig å vite hva byggherren trenger og er ute etter. Byggherren er ikke nødvendigvis klar over hva han ønsker. Dernest er det avgjørende at aktørene som faktisk utfører arbeidet er dem som tar avgjørelser og påvirker funksjoner i forhold til verdioptimalisering. Et dilemma er at selv om aktørene som gjør arbeidet er best egnet til å ta en avgjørelse så velger de ikke nødvendigvis den avgjørelsen som er best for prosjektet. Alt handler om penger. I forhold til ICE er insentiver en utfordring. Rørlegger er best egnet til å vurdere om baderomskabiner egner seg bedre enn tradisjonelle rørføringer. Baderomskabiner kontra tradisjonelle rør medfører tapt fortjeneste på 20-30 %. Selv om baderomskabiner er best egent er det vanskelig for en rørlegger å argumentere for dette.

Prosjektering med VDC

Faanes er overbevist om at VDC fører til mindre tidsbruk for å håndtere informasjon i prosjektering. Han tror også at VDC håndterer fasevise grensesnitt i prosjektering mer effektivt. Foreløpig er hans erfaring at prosjektene er på riktig vei, men fortsatt har store urealiserte potensial. Faglige grensesnitt er effektivt håndtert gjennom samtidig og samlokalisert prosjektering. ICE fører til mindre tid for å planlegge, men i forhold til fasevise grensesnitt er det et behov for å tilpasse ICE-samlingene. VDC sine grunnprinsipp må bli tilpasset prosjektet. Alle prosjekter er blant annet unike i forhold til kompleksitet og kompetanse i prosjektgruppen.

For boligprosjekter ser Faanes allerede at ressursintensiteten i prosjektering er vesentlig jevnere med VDC. Veidekke jobber med forskjellige ”ICE-modeller”. Tverrfaglighet i ICE er en balansegang, og det tar tid å finne en form som gir de ønskete fordelene. ICE for boligprosjekter kontra næringsbygg, og for prosjekter til 70 MNOK kontra 300MNOK har store forskjeller. En universale VDC-oppskrift som gjelder for alle prosjekter eksisterer ikke. Man må finne riktig form for hvert prosjekt. VDC konseptet må bli utviklet og tilpasset, men Faanes er overbevist om rask fremgang. Han har jobbet med å gjennomføre femdagers ICE-samlinger for arkitekt og RIB i tidligfase av boligprosjekt. Arbeidsgrupper med for eksempel arkitekt og tekniske fag i egne ICE-samlinger er også forsøkt.

Overlapping mellom prosjektering og produksjon med VDC

Helhetlig VDC forutsetter at produserende er involvert i prosjektering. Tidlig i prosjektering, gjerne opptil ett år før produksjonsstart er irreversible beslutninger tatt. Å involvere produserende i prosjektering er et krevende spørsmål, noe Faanes mener MacLeamy-kurven illustrerer godt. I praksis er det vanskelig å identifisere hvem fra produksjonen som bør bli involvert i prosjektering. Deltagelse i ICE-samlinger to timer i uken over fire uker, ett år før produksjonsstart er utfordrende for produserende. Produserende er da som regel opptatt på et annet prosjekt, og med tankene og fokus et helt annet sted.

Produksjon med VDC

VDC gjennom spesielt BIM forenkler mange arbeidsoperasjoner på byggeplass. BIM gir økt forståelse av hva som bli produsert, bedre mulighet for å planlegge logistikk og materialbestillinger. Andre fordeler er automatisert og effektiv måling og uttak av mengder. Faanes ser også et stort potensial for bruk av BIM i forbindelse med FDV av bygninger. VDC gjennom BIM har utvilsomt potensial til å effektiviserer arbeidsprosesser på byggeplasser. Veidekke jobber spesielt med å få BIM ut på, og i aktiv bruk på.

4.4.1 VDC knyttet opp mot teoretiske utfordringer i forhold til å fremstille produksjonsunderlag

Tids- og arbeidspress for prosjekterende

Prosjektutvikler Faanes er overbevist om at VDC er en systematisk måte å jobbe på som fører til redusert tids- og arbeidspress for prosjekterende. Foreløpig er hans erfaring at prosjektene er på riktig vei, men fortsatt har store urealiserte potensial. Store tids- og kostnadsressurser sløses fordi prosjektering gjennomgår altfor mange unødvendige, og til dels ikke-verdiskapende iterasjoner. VDC med ICE og interaktive prosjekteringsverktøy eliminerer ifølge Faanes disse unødvendige iterasjonene.

Fragmentering og overlapping av prosjektering og produksjon

VDC er nytt og medfører læringsprosesser som krever modning for alle involverte aktører. Følelsen til Faanes er at læringskurven for VDC er bratt. Hvor stort potensial VDC har, og hvordan potensialet skal bli tatt ut er vanskelig å bestemme. For Veidekke er IP grunnpilaren i VDC. Når de som skal gjøre jobben sitter sammen og bruker tid på å planlegge vil spesielt fragmentering, men også overlapping i byggeprosessen bli håndtert mer effektivt. VDC optimaliserer byggeprosessen ved at det jobbes systematisk og effektivt. Som prosjektutvikler er det Faanes sin erfaring at man i dag ikke jobber effektivt. Tiden mellom prosjektutvikling og produksjon er for lang. Mange unødvendige iterasjoner i prosjektering fører til sløsing av både eksterne og interne ressurser. Store ressurser kan bli frigjort ved å redusere prosjekteringshonorarer, men også i forhold redusert tid mellom prosjektutvikling og prosjektering. Faanes trekker frem at Veidekke i prosjektet Vandrerhjemmet bruke ni uker fra skisseprosjekt til detaljprosjektering. Uten VDC sier han man hadde brukt minimum dobbel så lang tid.

Oppfatninger mellom prosjekterende og produserende

Felles og omforente mål i prosjektering er en forutsetning for VDC. VDC medfører en måte å jobbe på som er avhengig av, og derfor vil medføre et bedre samarbeidsklima, samspill, tilbakemeldinger og trivsel. IP sørger for at de som utfører deloppgaver planlegger dem sammen, med gjensidig tillitt og ansvar.

Grensesnitt i prosjektering

Prosjektutvikler Faanes er tydelig på og overbevist om at VDC vil optimalisere prosjekteringsprosessen. Samtidig og samordnet prosjektering gjør at prosjekterende er i fase, og at man i detaljprosjektering har bedre oversikt enn man ved tradisjonell prosjektering hadde hatt. Å kartlegge kompetanse og når den trengs i prosjektering er enklere med VDC. Å planlegge av beslutninger i prosjektering har en del begrensinger, men Faanes ser allerede fremgang.

Grensesnitt mellom prosjektering og produksjon

Faanes er overbevist om at VDC gjennom å optimalisere prosjektering fører til bedre produksjonsunderlag. VDC fører til leveranser av produksjonsunderlaget til rett tid og med rett kvalitet. Å bruke målinger til å justere prosesser underveis er grunnleggende for VDC. Veidekke er ikke kommet veldig langt på dette området. Faanes sier det er vanskelig å finne gode ting å måle på. Kvaliteten på produksjonsunderlaget kan måles. Dette mener han man også burde gjøre i forbindelse med VDC.

4.4.2 Refleksjoner rundt VDC

Produksjonsunderlaget er hovedfokus for Veidekke i tidligfasen av prosjekter fordi produktet til syvende og sist skal produseres. Selv om produksjonsunderlaget er hovedfokus er det en forutsetning å gi byggherren mest mulig verdi for det han investerer. Faanes trekker frem at Veidekke har tre hovedmålsettinger med VDC. Som totalentreprenør ønsker Veidekke først og fremst bedre produksjonsunderlag slik at produksjonen kan være effektiv. For å realisere dette må prosessene frem til produksjon føre til leveranse av produksjonsunderlaget til rett tid, og med rett kvalitet. VDC skal være et konkurransefortrinn for Veidekke. Gjennom verdioptimalisering skal mer verdi bli skapt med mindre ressurser. VDC skal til syvende og sist frembringe optimale bygg som gir byggherre størst mulig avkastning for sin investering.

Som prosjektutvikler har Faanes prøvd ut TVD i tidligfase på noen prosjekt. Hans erfaring er at i forbindelse med TVD er åpenhet og ærlighet vesentlig. Å plukke ut riktige personer er viktig for at ingen skal gi uttrykk for at de har en egen agenda. Hvis prosjekteringsgruppen tror noen "karrer" til seg ekstra penger eller "safer" vil TVD prosessen sprekke med en gang. Gjensidig tillitt er avgjørende for å få folk til å tenke likt, men også for å forstå hvordan hverandre tenker.

4.5 Intervju av VDC sertifiserte Morten Barreth

Prosjektutvikling og prosjekteringsplanlegging med VDC

VDC er nytt og er derfor en læringsprosess som krever modning for alle involverte aktører. Barreth opplever at læringskurve for VDC er avhengig av de ulike aktørene sine målsettinger og ambisjoner. Alle prosjekterende var nybegynnere med VDC i boligprosjektet Fornebuhageby. Arkitekt tok rask til seg den nye måten å jobbe på, mens andre aktører hadde det mye tyngre.

Prosjektering med VDC

Større verdiskapning for hele byggeprosessen er det overordnede målet med VDC. Veidekke har som delmål at VDC skal gi bedre produksjonsunderlag. Delmålene er forskjellige i de ulike fasene av prosjektet. Fornebuhageby har hatt en fullskala BIM. BIM-modellen har vært sentral i alle fasene av prosjektet. Fullskala BIM med delmål knyttet opp om modellen er ifølge Barreth vesentlig for å realisere VDC sitt fulle potensial. I VDC er BIM et verktøy fremfor en egen prosjekterings- eller prosjektform. I prosjekteringen ser man at kollisjoner blir avdekket tidligere med BIM og ICE. Når BIM er benyttet i kombinasjon med ICE oppdager prosjekteringsgruppen problemer med prosjekteringsgrunnlaget mye tidligere. Gode BIM-modeller er derfor viktig i VDC prosjekter. Kvalitetssikring har i følge Barreth alltid vært, og er fortsatt et problem for prosjekterende. Manglede eierskap til produksjonsunderlaget fra prosjekterende sin side fører til at produserende må gjennomføre tegningsgranskinger. Feil i 2D-tegninger blir ikke av seg selv ”luket” ut gjennom prosjektering med ICE og BIM. Feilene er derimot i større grad mindre detaljfeil, som enkelt er løst på byggeplasser. BIM er i den sammenhengen et veldig nyttig verktøy for produserende.

Overlapping mellom prosjektering og produksjon med VDC

Barreth sier at målinger opplagt er et nyttig verktøy, men ikke en forutsetning for suksess med VDC. Å finne og bruke gode målinger har ikke vært en problemstilling i Fornebuhageby prosjektet. Respons- og behandlingstid for prosjekterende kan for eksempel lett måles fra driftsmøtereferat. Fordi tallmaterialene er lett tilgjengelig gjennom VDC sine prosjekteringsverktøy har det for Barreth vært et spørsmål om hvor mye måling han har ønsket å ta i bruk.

Produksjon med VDC

Barreth er klar på at VDC med bakgrunn i optimalisering av prosjekteringsprosessen bør føre til bedre produksjonsunderlag. Fornebuhageby prosjektet har erfart at prosjekteringen koster det samme med kontra uten VDC, men kvaliteten er bedre. VDC har aller størst gevinst for produksjonen. Dette fordi utilfredsstillende prosjekteringskvalitet fort kommer til syne som støy i produksjonen. En god BIM fra prosjektering er samtidig et verktøy som har potensial til å effektivere mange arbeidsprosesser på byggeplass.

4.5.1 VDC knyttet opp mot teoretiske utfordringer i forhold til å fremstille produksjonsunderlag

Tids- og arbeidspress for prosjekterende

Målinger i prosjektering viser at prosjekter raskt får avkastning med VDC som følge av mindre tids- og arbeidspress for prosjekterende. Den viktigste årsaken til dette er etter Barreth sin mening at VDC føre til mye raskere avklaringer i prosjekteringen. Han er av den oppfatning at ressursintensitet i prosjektering for prosjekterende skal være jevnere med VDC, men at man enda ikke helt har klart å hente ut potensialet. Barreth sitter med en følelse av at prosjektene hele tiden utvikler seg i riktig retning på dette punktet. Det er helt åpenbart at VDC fører til mindre tidsbruk for å håndtere informasjon i prosjektering. Prosjekterende har timespris, og når de fakturerer lavere kostnader er det tydelig at prosjekterende også bruker mindre tid. Likevel mener Barreth at det absolutt er potensial til å hente ut mer. Utfordringen er hvilke og når forskjellige aktører skal bli involvert i ICE-samlingene. Optimalisering av tidsbruk for å håndtere informasjon i prosjektering handler om en balanse mellom å involvere for mange kontra å involvere for få.

Fragmentering og overlapping av prosjektering og produksjon

BIM har forskjellig bruksområde i forskjellige faser i et prosjekt, og er et effektivt verktøy for å håndtere fragmentering i byggeprosessen. Fornebu hageby hadde en fullskala BIM med tilhørende delmål for forskjellige faser av prosjektet. Prosjekteringskvalitet med antall navngitte elementer i BIM og krasjkontroll er viktig i prosjektering. Byggbarhet og antall prosjekteringsfeil er viktig i detaljprosjektering og produksjon.

Barreth er tydelig på at produserende bør og skal så tidlig som mulig bli involvert i prosjekteringen. Basene, formennene eller driftslederen som skal gjennomføre produksjonen bør ideelt sett bli involvert i ICE-samlingene. Etter Barreth sin oppfatning har dette stor verdi, og er berettiget i et nyttekostnadsperspektiv. Desto høyere opp en går i produksjonshierarkiet, desto enklere er det i praksis å involvere vedkommende. Desto tettere prosjektering og produksjon overlapper må baser og formenn i økende grad bli involvert i detaljprosjekteringen. Selv om prinsippbeslutninger er tatt lenge før detaljprosjektering er det en fordel å vente med detaljering av 2D-tegninger til produserende kan bli involvert. Produserende kan da komme med innspill, krav og forventninger. Barreth ser det ikke som et problem for produksjonen at 2D-tegninger kommer på løpende bånd, med tett overlapping av detaljprosjektering og produksjon

Oppfatninger mellom prosjekterende og produserende

Felles og omforente mål i prosjektering er en forutsetning for VDC. I Fornebu hageby prosjektet var det i starten en utfordrende at prosjekterende tenderte mot en tradisjonell måte å jobbe på. Underveis i prosjektet ble det et stadig mindre problem og var ikke vedvarende.

ICE fører til at prosjekteringsgruppen er tettere knyttet sammen. Man må derfor være tryggere på hverandre. Bedre samarbeidsklima, samspill, tilbakemeldinger og trivsel i prosjektet er et resultat av velfungerende ICE. Dette kom til uttrykk i Fornebu hageby prosjektet når RIB ble byttet. Arkitekt var bekymret fordi han jobber tett sammen med RIB. Tettere avhengigheter i prosjektering med VDC gjør at aktører i større grad har insentiv til å jobbe tverrfaglig.

Grensesnitt i prosjektering

VDC fører gjennom ICE helt klart til at faglige grensesnitt i prosjektering er bedre håndtert. Fasevise grensesnitt er også håndtert bedre med VDC. At forskjellige prosjekterende har ulik fremdrift er ifølge Barreth likevel utfordrende i forhold til ICE. RiBrann har i Fornebu hageby fått avklaringer raskt. Når resten av prosjekteringsgruppen fortsatt var i forprosjekt hadde RiBrann kommet til detaljprosjektering. Dette kan være et problem i forhold til deltagelse i ICE. Hvis spesialrådgivere kjører i fra, ønsker og trenger de nødvendigvis ikke å delta i ICE-samlingene. Problemer kan lett oppstå hvis avklaringer må bli gjort og all nødvendig beslutningsmyndighet ikke er tilstede.

Grensesnitt mellom prosjektering og produksjon

Barreth mener det absolutt er grunnlag for å si at VDC vil føre til optimale produksjonsunderlag. VDC fører først og fremst til at produksjonsunderlaget er levert til riktig tid med rett kvalitet. Samtidig vil produksjonsunderlaget inneholde mindre feil, både i antall og omfang. Produksjonsunderlaget vil også være mer produksjonseffektivt. BIM er verktøy for arbeidsprosesser som handler 80 % om prosess og 20 % om teknologi. Barreth er tydelig på at en BIM er mer verdifull, og får størst effekt desto flere som bruker den. Bare i forhold til å effektivisere arbeidet på byggeplass har BIM mange bruksområder. Visualisering, produksjonsoppfølging, analyser, innkjøp og logistikk, visuell oversikt og geometriforståelse samt produksjonsplanlegging og logistikk er noen eksempler.

4.5.2 Refleksjoner rundt VDC

VDC har mange barrierer, men Barreth trekker frem mennesker som den viktigste. Er man bevist på barrierene er ikke VDC vanskelig. Derfor skal og vil VDC optimalisere prosjektering.

4.6 Intervju av VDC sertifiserte Ine Maribu

Prosjektutvikling og prosjekteringsplanlegging med VDC

I boligprosjektet Horneberg ble tekniske fag kontrahert uten at de i sine tilbud hadde forutsatt heldags ICE-samlinger. Veidekke ønsket å ta i bruk heldags ICE-samlinger på anleggskontoret i prosjekteringen. Dette var de prosjekterende negative innstilt til. Maribu trekker frem at alle prosjekterende i ettertid har sett at prosjekteringen hadde vært ferdig lenge før hvis man hadde gjennomført heldags ICE-samlinger. VDC er nytt for prosjekterende, og er en lærings- og utviklingsprosess som krever modning. Læringskurven er bratt, men viljen blant aktørene må være tilstede. Horneberg prosjektet har til dels funnet det vanskelig å få uinteresserte aktører til å tenke og gjøre nye ting.

Prosjektering med VDC

Prosjekteringsleder Maribu tror at tverrfaglige heldags ICE-samlinger helt klart fører til mindre tidsbruk for å håndtere informasjon i prosjektering. Horneberg har ikke hatt tverrfaglig heldagssamlokalisering. Prosjektet har derfor ikke brukt mindre tid til å håndtere informasjon i prosjekteringen. Maribu opplever at heldags tverrfaglig samlokalisering er en forutsetning for at VDC skal optimalisere prosjekteringen. VDC vil optimalisere prosjektering, men dette stiller ikke bare større krav til prosjekterende. Entreprenører og leverandører, som alle andre aktører må være i stand til å gjøre avklaringer.

Overlapping mellom prosjektering og produksjon med VDC

Måling er vesentlig for VDC, men Maribu har selv ikke kommet langt i forhold til målinger. Hun tror for eksempel at måling av responstid for oppklaringsmeldinger ville fått prosjekterende til å skjerpe seg, og vært svært nyttig i Horneberg prosjektet.

Produksjon med VDC

VDC optimaliserer prosjektering og bør føre til bedre produksjonsunderlag. Dette forutsetter likevel at produserende er involvert i prosjekteringen. Hvis ikke produserende får fram sine krav og forventinger vil heller ikke prosjekterende levere optimale produksjonsunderlag. Å optimalisere prosjektering vil i følge Maribu på mange måter kunne føre til bedre produksjonsunderlag, men hvis produserende ikke er involvert i prosjektering vil produksjonsunderlag aldri bli optimale.

4.6.1 VDC knyttet opp mot teoretiske utfordringer i forhold til å fremstille produksjonsunderlag

Tids- og arbeidspress for prosjekterende

For Horneberg har tids- og arbeidspress for prosjekterende ikke vært mindre enn vanlig. En forutsetning for at VDC skal redusere tids- og arbeidspress for prosjekterende er at man får til raske avklaringer i prosjektering. Heldags tverrfaglige ICE-samlinger er etter Maribu sin oppfatning en forutsetning for dette.

Prosjekteringen for Horneberg har gått i rykk og napp. Prosjekteringsleder har måtte mase på prosjekterende for å få tidsriktige leveranser. Maribu sier at manglende tverrfaglig prosjektering i heldags ICE-samlinger også her problemet. Dette ville ”tvunget” prosjekterende til å ha jevnere fremdrift, og i større grad være i fase.

Fragmentering og overlapping av prosjektering og produksjon

Prosjekteringsleder på Horneberg har hatt to målsettinger med VDC. VDC gjennom BIM skal først og fremst effektivisere mengdeuttak for tømmer. Her er potensialet for å spare mye tid stort. VDC skal også redusere feil på tegninger og gi større kontroll over fragmentering. Suksess med VDC sørger for at produksjonsunderlaget er levert til rett tid.

Oppfatninger mellom prosjekterende og produserende

Prosjekteringsgruppen på Horneberg har ikke hatt felles og omforente mål. Delvis på grunn av størrelsen på prosjektet er bare en forenklet versjon av ICE tatt i bruk. Særmøter på bekostning av tverrfaglig heldags ICE-samlinger er valgt. Maribu trekker frem at heldagssamlinger er nyttig for å bygge opp team og etablere et godt samarbeid. I store prosjekter er større ressurser tilgjengelig til å gjennomføre ICE. Likevel tror Maribu også mindre prosjekter har stor nytte av tverrfaglige ICE-samlinger. Ressursene som investeres i å bygge team gir bedre samarbeidsklima, samspill, tilbakemeldinger og trivsel i prosjektet. Prosjekter som i stor grad bruker særmøter og oppdelt ICE realiserer ikke disse fordelene.

Grensesnitt i prosjektering

VDC håndterer bedre faglige grensesnitt i prosjektering. Dette fordi prosjekterende jobber samtidig, tverrfaglig og samordnet. ICE ble delt opp i Horneberg prosjektet. Arkitekt og RIB satt sammen, og tekniske fag satt sammen. Dette har fungert brukbart for å håndtere fasevise grensesnitt fordi Horneberg er et mindre prosjekt. Maribu tror ikke man i større prosjekter kunne brukt oppdelte særmøter med større samlinger for å samkjøre prosjekteringen på samme måte. Hun understreker at selv for mindre prosjekt som Horneberg er det ønskelig å kjøre flere store heldags tverrfaglige ICE-samlinger. Ufullstendig bruk av ICE har for Horneberg prosjektet gjort at man ikke har klart å bruke VDC effektivt.

Grensesnitt mellom prosjektering og produksjon

En manglende kobling mellom prosjektering og produksjon er ifølge Maribu en barriere for suksess med VDC. Videre ser hun også et stort potensial for å bruke prosjekteringsverktøy som iRoom, BIM, måling og planer mer effektivt i forbindelse med VDC. Hvis produserende tidlig er involvert i prosjekteringen mener Maribu det er grunnlag for å si at VDC vil føre til optimale produksjonsunderlag. Mange avklaringer og beslutninger er låst tidlig i prosjektering. Derfor ønsker Maribu at formann og/eller driftsleder er tidlig involvert. Hun tror dette er veldig verdifullt for produserende. Når og hvem fra produksjonen som er involvert i prosjektering er et vanskelig spørsmål, men man må begynne et sted. BIM skal også ut, og bli aktivt tatt i bruk på byggeplasser. BIM kompetanse har for Horneberg variert blant prosjekterende, og fra person til person. Arkitekten klarte ikke å levere det Veidekke ønsket med tanke på inndeling av boliger for mengdeuttak. Samtidig har tekniske fag hengt etter i forhold til BIM.

4.6.2 Refleksjoner rundt VDC

Maribu ønsker i fremtiden å aktivt bruke målinger. Hun ser også for seg å effektivisere prosjektering sammenlignet med Horneberg gjennom heldags tverrfaglige ICE-samlinger. Produserende må i tillegg tidlig bli involvert i prosjektering.

5 Diskusjon

Diskusjonen knytter forskningsspørsmålene til formålet, og prøver å sette resultatene inn i en større sammenheng. Gjennom å synliggjøre alternative tolkninger er teorien forsøkt relatert til aksepterte oppfatninger i byggenæringen. Rapporten forsøker å formulere beste praksis. Forskningsspørsmål 1- 4 utgjør rammeverket og grunnlaget for undersøkelsene i rapporten. Hva som kjennetegner optimale produksjonsunderlag, og hvilke utfordringer som eksisterer med tanke på å fremstille optimale produksjonsunderlag ble kartlagt i delkapittel 3.3. Hvordan VDC i teorien relaterer til byggeprosessen, og videre fører til bedre produksjonsunderlag ble beskrevet i henholdsvis delkapittel 3.2 og 3.4. Forskningsspørsmål 5 tar for seg hvordan VDC blir implementert i praksis. Forskningsspørsmål 6 tar for seg hvordan VDC i praksis fører til fremstilling av bedre produksjonsunderlaget. De to resterende forskningsspørsmålene er belyst i den påfølgende diskusjon.

5.1 Teoretisk usikkerhet

Rapporten er avhengig av at forskningsspørsmål 1- 4 er tilstrekkelig dekket og riktig belyst. Undersøkelsene tar utgangspunkt i et sett med utfordringer i forhold til å fremstille optimale produksjonsunderlag. Disse utfordringene må være dekkende for å belyse rapporten sitt formål. Rapporten forutsetter og knytter VDC til byggeprosessen gjennom fire hovedelementer. Hvordan VDC i teorien håndterer de definerte utfordringene i forhold til å fremstille produksjonsunderlag er sentralt for rapporten sin hypotese. Diskusjon av teori og praksis er bare gyldig i den grad denne teoretiske koblingen er pålitelig og begrunnet.

5.2 VDC sine hovedelementer

VDC med sine hovedelementer er diskutert fordi det viser seg at man har hatt problemer med å implementere konseptet i praksis. En vellykket implementering av VDC vil være en forutsetning for å overkomme utfordringer i prosjektering, og i forlengelse fremstille bedre produksjonsunderlag.

I teorien er en helhetlig tilnærming til VDC konseptet forutsatt som nødvendig for å realiserer VDC sitt fulle potensial. VDC sine hovedelementer ICE, BIM, målinger og POP-modeller må være tilstede fra start til slutt for å optimalisere prosjektarbeidet. City Lade kan sies å være et mer vellykket VDC prosjekt, med bedre produksjonsunderlag sammenlignet med Kunnskapssenteret. Praktiske erfaringer tilsier at suksess med VDC ikke er garantert gjennom å implementere alle hovedelementene. VDC er heller ikke universelt. Teori og praksis bekrefter at boligbygg kontra næringsbygg, og prosjekter til 70MNOK kontra 300MNOK stiller ulike krav til VDC. Undersøkelsene viser videre at suksess med VDC ikke handler om hvor mye som er investert for å få til mest mulig VDC. Et prosjekts kostnadsramme er som regel korrelert med kompleksiteten. Prosjekter med lavere kostnadsrammer kan derfor ofte være enklere å optimalisere i forhold til VDC.

5.2.1 ICE

Teorien sier at usikkerheten er størst tidlig i prosjekter. Samtidighet, tverrfaglighet og samordning i ICE er ideelt for å håndtere stor usikkerhet. I praksis viser det seg derimot at dette stiller krav til at prosjekteringsgruppen tidlig blir samstemt. Utilstrekkelig håndtering av usikkerheten har i praksis ført til ineffektiv prosjektering. Endringer i prosjekteringsgrunnlaget har ført til omprosjektering. Omprosjektering har igjen økt tids- og arbeidspresset for prosjekterende. Produksjonsunderlagene har som et resultat av dette til dels vært utilstrekkelige.

Rette mennesker med den riktige kompetansen er i teorien en forutsetning for å få til gode prosesser med ICE. ICE har vært nytt for de aller fleste. Undersøkelsene viser at praktisk erfaring med ICE i forbindelse med VDC vil gjøre det lettere å finne riktig "form" for de ulike prosjektene. Størrelse, kompleksitet, type produkt og prosjektorganisasjon påvirker blant annet hvilken "form" for ICE som vil være best egnet. Hyppighet og involvering av de rette personene til rett tid oppleves i den forbindelse som en stor utfordring med ICE. Aktører må tilsynelatende gjennom en læringsprosess før man kan forvente å få ut det fulle teoretiske potensialet til ICE i VDC prosjekter. Før man kan forvente bedre produksjonsunderlag bør ICE i praksis gjennomføres like effektivt som teorien beskriver.

5.2.2 BIM

BIM er i teorien et prosjektverktøy som er sentralt i alle fasene av et prosjekt, og er en grunnleggende brikke i "VDC-maskineriet". Noen ganger kan en enkel BIM-modell være effektiv, og andre ganger enn mer en komplisert modell. Kunnskapscenteret benyttet en komplisert BIM-modell. Selv om dette ble vurdert som best egnet var prosjektering med BIM-modellen ineffektiv. Alle aktørene hadde ikke den nødvendige erfaringen eller kompetansen til å utvikle og ta i bruk BIM. Undersøkelsene viser generelt at BIM-modellene må ha riktig oppbygging og være egnet til prosjektet for i praksis å være effektiv. Dette oppleves som en forutsetning for at BIM i praksis som i teorien skal være en plattform som binder sammen prosess og mennesker for å få til gode prosesser. Gode prosesser med VDC vil være nødvendig for å forvente bedre produksjonsunderlag. BIM-modeller skal i teorien effektivisere arbeidsprosesser, og er i praksis effektive forbeholdt at de blir brukt aktivt. For å bedre forståelsen av produksjonsunderlaget bør derfor produserende helt ned på fagarbeidernivå ta i bruk BIM-modellene aktivt i sin arbeidshverdag.

VDC samsvarer i praksis med tidligfaseteori forutsatt at beslutningsmyndighet og modelleringseksperter deltager på ICE-samlingen. Beslutningsmyndighet er viktig tidlig i prosjekteringen fordi kostnadene for endringer er minst tidlig. Undersøkelsene tilsier at man i ICE-samlingene tidlig i prosjektering bør ha fokus på å utvikle prosjekteringsunderlag gjennom å bygge opp en felles BIM-modell. Modelleringseksperter bør derfor også være tilstede i ICE-samlingene. Informasjonsmengden er lav tidlig i prosjekter. Det er derfor tidlig i prosjektering enklere å håndtere informasjon og grensesnitt. Lav endringskostnad kombinert med stor endringsmulighet understreker hvor verdifullt det er å tidlig utvikle BIM-modellen som et felles prosjekteringsverktøy. BIM-modellen som et felles prosjekteringsverktøy er både teoretisk og i praksis en viktig brikke i "VDC-puslespillet". Den vil være elementær for å kunne fremstille bedre produksjonsunderlag med VDC.

5.2.3 Målinger

Målinger er i teorien et sentralt verktøy for å utvikle og forbedre prosjektarbeidet i forbindelse med VDC. Viktigheten og nytten av målinger i forbindelse med VDC er også understreket av alle informantene. Undersøkelsene viser at det i praksis er utfordrende å ta i bruk målinger, men også å finne gode ting å måle på. VDC er avhengig av samkjørte prosjektgrupper. Delmål som ikke er knyttet til overordnede mål fører som regel til suboptimalisering. Spesielt Ørnen Hotell og Horneberg har nok hatt et suboptimalisert prosjektarbeid. Undersøkelsene viser generelt at man i praksis ikke har klart å bruk målinger for å gi tilbakemeldinger og justere prosesser. Effektiv bruk av målinger oppfattes som vesentlig for å lykkes med VDC. Man må som poengtert tidligere først lykkes med VDC før man kan forvente bedre produksjonsunderlag.

Målinger i prosjektering

Måling i prosjektering er i teorien viktig for å få til effektiv prosjektering. Effektiv prosjektering er trukket frem som vesentlig for å fremstille bedre produksjonsunderlag. City Lade og Kunnskapssenteret har begge målt aktivt i prosjektering, og ser helt klart nytteverdien. Potensialet for å måle mer og bedre er samtidig tydelig. Informantene ser generelt verdien i å måle i forhold til å forbedre prosjektarbeidet, men trenger mer praktisk erfaring. Dette gjelder både for å måle, men spesielt for å bruke målingene formålstjenlig.

Målinger av kvaliteten på produksjonsunderlaget

Teorien presenterer indirekte og direkte målinger av kvaliteten på produksjonsunderlaget. Indirekte målinger er raske, enkle å gjennomføre og bør gjøres kontinuerlig. *PPU i produksjonen* er viktig for å kontrollere og følge opp produksjonen. Samtidig er PPU i produksjon indirekte knyttet til kvaliteten på produksjonsunderlaget. Indirekte fordi et optimalt produksjonsunderlag ikke uvilkårlig leder til PPU på 100 %. Kvaliteten på produksjonsunderlaget er i stor grad korrelert med produksjonseffektiviteten. *Måling av antall oppklaringsmeldinger i produksjonen* gir en indikasjon på antall feil og mangler i produksjonsunderlaget, mens *respons- og behandlingstiden av oppklaringsmeldinger* gir en indikasjon på omfanget av feilene og manglene. Indirekte indikatorer er gunstige å følge opp. Slike målinger er en effektiv måte å ta ”pulsene” på prosjektet, og gir en indikasjon på kvaliteten på produksjonsunderlaget.

Målinger med direkte indikatorer forteller hvordan produserende oppfatter kvaliteten på produksjonsunderlaget. Dette kan bli brukt som input til prosjekterende for å fremstille bedre produksjonsunderlag. Slike målinger vil ikke erstatte eller fjerne behovet for at produserende er involvert i ICE-samlingene. Alle informantene er tydelig på at produserende med VDC bør bli involvert i prosjektering. De tror dette vil føre til bedre produksjonsunderlag. Dette er også forankret teoretisk. Direkte målinger er derimot nødvendig for å eksplisitt fastslå om VDC fører til bedre produksjonsunderlag. Oppfatningen av kvaliteten på produksjonsunderlaget er påvirket av type produksjon, når det måles og hvilke aktører som ligger til grunn for målingen. Direkte målinger bør derfor utføres flere ganger og i forskjellige faser av et prosjekt.

5.2.4 POP-modeller for kontroll og oppfølging av prosjektarbeidet

POP-modeller er i teorien ”smøringen” som får ”VDC-hjulene” til å rulle. ICE og BIM er vel og bra, men for at VDC skal være vellykket må prosesser gjennomføres effektivt. Kunnskapssenteret opplevde at man ikke hadde utviklet gode nok POP-modeller. POP-modeller blir i praksis generelt brukt til å bestemme møteagenda, og til å invitere de rette menneskene til ICE-samlingene. Gode og oversiktlige planer legger i teorien grunnlag for å kunne ta beslutninger og planlegge prosesser. Informantene opplever at man har begrenset praktisk erfaring med VDC. Dette gikk nok utover hvor vesentlig POP-modellene var i prosjektarbeidet. Effektive planer har riktig detaljeringsnivå. De må være detaljerte, men heller ikke for rigide. Undersøkelsene viser at praktisk implementering av VDC tilsynelatende har et tydelig forbedringspotensial i forhold til både å utvikle, og spesielt til å bruke planer hensiktsmessig i prosjektarbeidet. Selv om det er ressurskrevende er det vesentlig at planer er driftet og utviklet i felleskap gjennom IP i ICE-samlingene. Gode POP-modeller fører ideelt sett til gode prosesser, som i forlengelse vil legge forholdene til rette for å fremstille bedre produksjonsunderlag.

5.2.5 Målsettinger med og ambisjonsnivå for VDC

Teoretisk skal VDC generelt sørge for at prosjekter genererer mer verdi med mindre ressurser. Målsettingen med VDC er i teorien å optimalisere prosjektarbeid, som også vil føre til at bedre produksjonsunderlag blir fremstilt. Informantene mener Veidekke først og fremst bør ha målsetting om at VDC skal føre til fremstilling av optimale produksjonsunderlag. For å få til dette må man optimalisere prosessene som leder frem til produksjonen. Prosjektering må bli optimalisert med tanke på å overlevere produksjonsunderlaget til rett tid og med rett kvalitet.

Undersøkelsene viser at samtlige prosjekterende aldri før hadde vært med på VDC. Ørnen Hotell har forsøkt, men har nok ikke hatt tilstrekkelig erfaring og kompetanse med VDC. Kunnskapssenteret har i forhold til VDC kanskje ”gapt over” for mye med en gang. Man har hatt god teoretisk kunnskap om VDC, men har manglet den nødvendige praktiske erfaringen. Selv om Kunnskapssenteret ikke er et VDC ”glansbilde” har prosjektet ifølge prosjekteringslederen vært verdifullt. Både Veidekke som organisasjon, og medarbeidere på et individuelt plan har høstet verdifulle erfaringer. Prosjekteringslederen tror samtidig at Kunnskapssenteret hadde hatt mye større problemer uten VDC. City Lade har derimot kjent på VDC sitt teoretiske potensial for å optimalisere prosjektarbeidet. Klarer man å ta ut VDC sitt teoretiske potensial i fremtiden bør man kunne forvente bedre kvalitet på produksjonsunderlaget. Alle bortsett fra en informant er VDC sertifisert og har gode kunnskaper om VDC. Prosjektene deres har likevel hatt ”oppstartsproblemer”. Praktisk erfaring oppleves som nødvendig for å lykkes med VDC, som derfor kan sies å være en læringsprosess. Læringskurven oppfattes derimot som bratt. Prosjekt er unike og ulike av natur. Suksess med VDC krever teoretisk forståelse for konseptet, men praktisk erfaring er likevel helt nødvendig for å realisere VDC sitt teoretiske potensial. Erfaring vil gi bedre grunnlag for å lykkes med VDC. I fremtidige prosjekt bør man derfor kunne forvente å fremstille bedre produksjonsunderlag.

5.3 VDC knyttet opp mot teoretiske utfordringer i forhold til å fremstille produksjonsunderlag

VDC fører i teorien til fremstilling av bedre produksjonsunderlag gjennom å effektivt håndtere aktuelle utfordringer i prosjektering. Hvordan VDC i praksis relaterer til disse utfordringene og fører til bedre produksjonsunderlag er tatt for seg nedenunder.

5.3.1 Tids- og arbeidspress for prosjekterende

VDC gjennom kombinasjonen av ICE og BIM skal i teorien reduserer nødvendig tidsbruk for å håndtere informasjon i prosjektering. Et redusert tids- og arbeidspress for prosjekterende legger videre forholdene til rette for å fremstille bedre produksjonsunderlag. Informantene bekrefter at tverrfagligheten i ICE gjør det enklere å kartlegge kompetanse, og når den trengs i prosjektering. Dette fører igjen til at det med VDC er enklere å håndtere informasjon i prosjektering. Å håndtere informasjon effektivt med ICE viser seg derimot å forutsette at både modelleringsekspertise og beslutningsmyndighet er tilstede i ICE-samlingene. Potensialet for å effektivt håndtere informasjon i prosjektering med VDC er i dag av forskjellige grunner ikke realisert. Erfaring viser at den største utfordringen er å finne en balanse som passer for prosjektet mellom å involvere for mange kontra å ha få aktører i ICE-samlingene. Kompetanse med og kunnskap om BIM er i teorien også elementært for å håndtere informasjon effektivt i ICE-samlingene. City Lade har spesielt opplevd at ulik fremdrift for prosjekterende er vanskelig i forhold til å involvere rett beslutningsmyndighet i ICE-samlingene. Kunnskapssenteret har merket at prosjekterende må ha tilstrekkelig erfaring for å jobbe hensiktsmessig med BIM-modeller.

VDC skal føre til jevn ressursintensitet gjennom forutsigbar prosjekteringsfremdrift, og en reduksjon av unødvendige iterasjoner i prosjektering. Omprosjektering viser seg i praksis å være problemfullt. Inntrykket er likevel at ICE kombinert med BIM gir noe jevnere ressursintensitet i prosjektering. Forbedringspotensialet kan kategoriseres som stort. Spesielt med tanke på at ICE allerede har vist seg å være veldig effektivt i flere boligprosjekter. ICE er nytt for prosjekterende. Informasjon er i stor grad utviklet og avklart i fellesskap og kan derfor være vanskelig å fange opp i møtoreferat. Aktører må få lov til å bli vant til denne nye måten å jobbe på med VDC. Intensive ICE-samlinger i forbindelse med prosjekteringsoppstarten kan gjøre det lettere å håndtere fasevise grensesnitt. En reduksjon av tids- og arbeidspresset til prosjekterende skal i teorien også føre til bedre prosjekteringskvalitet, til kortere prosjekteringstid og i forlengelse til lavere prosjekteringskostnad. VDC har i praksis ikke ført til kortere prosjekteringstid og lavere prosjekteringskostnad. Det er grunn til å tro at man med mer praktisk VDC erfaring hadde sett dette. For kompliserte prosjekter er det kanskje ikke er realistisk å forvente lavere kostnad og kortere tid. Men for mindre kompliserte prosjekter bør man det. Undersøkelsene viser at prosjekteringskvaliteten har blitt bedre som følge av VDC. Bedre prosjekteringskvalitet betyr ideelt sett bedre produksjonsunderlag.

5.3.2 Fragmentering og overlapping av prosjektering og produksjon

Byggeprosjekter er av flere grunner stadig mer komplekse. Som et resultat av dette blir byggenæringen stadig mer fragmentert. Av flere årsaker overlapper også prosjektering og produksjon i større grad enn tidligere. Fragmentering fører til flere grensesnitt å forholde seg til i prosjektering. Overlapping fører til flere grensesnitt internt i prosjektering, og mellom prosjektering og produksjon. Flere grensesnitt kompliserer byggeprosessen. Grensesnittene må bli håndtert med VDC for at man skal kunne fremstille bedre produksjonsunderlag.

Å vite når og hvem som skal ta beslutninger i prosjektering er elementært for å utvikle prosjekteringsgrunnlag. Informantene er enig om at IP i ICE-samlingene gir bedre styring av prosjekteringen. En mer effektiv styring av prosjektering med VDC har ført til at fragmentering og overlapping er mer fordelaktig håndtert. Spesielt i et komplisert prosjekt som Kunnskapssenteret har IP og ICE vært utslagsgivende. BIM viser seg å være et effektivt verktøy i forhold til fragmentering. Visuell eller automatisk kollisjonskontroll med BIM eliminerer feil i produksjonsunderlaget. Samtidig er BIM-modellen potensielt sett effektiv for å planlegge og følge opp produksjonen. Dette har spesielt Fornebuageby erfart. Overlapping er uten videre ikke et problem i forhold til å involvere produserende i prosjekteringen, men vil snarere være en fordel. Med overlapping kan det i praksis være enklere å involvere produserende i prosessen med å fremstille og detaljere produksjonsunderlaget. Hvis produserende er involvert i prosessen med å utvikle produksjonsunderlaget er det i stor grad realistisk å forvente bedre kvalitet på produksjonsunderlaget.

5.3.3 Oppfatninger mellom prosjekterende og produserende

Både teori og praksis bekrefter at aktører i byggeprosessen har store ulikheter i oppfatninger. Dette gjelder spesielt mellom prosjekterende og produserende, men også internt mellom prosjekterende. Undersøkelsene tilsier at å involvere produserende i prosjektering er fundamentalt for å samstemme prosjekterende og produserende sine oppfatninger. At produserende er involvert i prosjektering gjennom ICE-samlingene trekkes også frem som en forutsetning for å fremstille bedre produksjonsunderlag. Kulturer og holdninger, som spesielt stikker dypt hos erfarne aktører må i den forbindelse bli bekjempet. VDC er en ny måte å jobbe på, og vilje til å helhetlig ta i bruk konseptet bør være tilstede for alle involverte. Teorien peker på at tverrfaglige ICE-samlinger forutsetter økt samspill og samhandling med felles og overstemte mål. Informantene bekrefter at bedre samarbeidsklima og trivsel i prosjekter er en forutsetning for suksess med VDC. Bedre samspill og samhandling er et resultat av velfungerende ICE hvor tverrfaglige samlinger knytter prosjekteringsgruppen tettere sammen. Samstemte og integrerte prosjekteringsgrupper bør i større grad forventes å fremstille bedre produksjonsunderlag.

5.3.4 Grensesnitt i prosjektering

I prosjektering skiller man mellom faglige og fasevise grensesnitt. Gjennom å samle all relevant kompetanse og beslutningsmyndighet fører ICE i teorien til bedre håndtering av både faglige og fasevise grensesnitt. Dette fører i forlengelse til at prosjekteringsgruppen i teorien fremstiller bedre produksjonsunderlag. Samtidighet skal sørge for å effektivt håndtere faglige grensesnitt. Samordning kombinert med samtidighet skal legge til rette for å effektivt håndtere fasevise grensesnitt.

Undersøkelsene viser at faglige grensesnitt som regel ikke er spesielt vanskelig å håndtere. Fasevise grensesnitt er derimot mer utfordrende. Prosjekterende har generelt ulik fremdrift som følge av forskjellig størrelse og kompleksitet for sine arbeid. For å effektivt håndtere grensesnitt i prosjektering må man systematisk dele opp arbeidsoperasjoner i detalj. Når prosjekteringsunderlag er tilgjengelig tidlig er prosjektering ideelt sett utført tidlig. Hovedsakelig fordi man har bedre oversikt i prosjekteringen, men også fordi prosjekterende i mange tilfeller vil være mer samkjørt i forhold til fase. VDC skal i teorien også optimalisere bruken av BIM og føre til at avgjørelser er tatt tidlig. ICE kombinert med BIM eliminerer teoretisk unødvendige iterasjoner i prosjekteringen. Fornebu hageby har i praksis sett at omprosjektering er sterkt redusert som følge av at kollisjoner og problemer med prosjekteringsunderlaget er avdekket mye tidligere. Man har generelt sett at det er enklere å utvikle prosjekteringsgrunnlag med VDC. IP i forbindelse med ICE oppleves som veldig effektivt for å avklare sammenhenger og kritiske "veier" i prosjekteringen. Fasevise grensesnitt i prosjektering kan bli håndtert effektivt gjennom å planlegge og følge opp egnede fremdriftsplaner gjennom IP i ICE-samlingene. Håndteres både faglige og fasevise grensesnitt bedre med VDC er det grunn til å også forvente bedre kvalitet på produksjonsunderlaget.

5.3.5 Grensesnitt mellom prosjektering og produksjon

Grensesnittet mellom prosjektering og produksjon er fasevist og kulminerer med en "stafettpinneveksling" gjennom overlevering av produksjonsunderlaget. Ideelt sett leveres produksjonsunderlaget til rett tid og med rett kvalitet. For å klare dette må grensesnitt mellom prosjektering og produksjon håndteres effektivt. BIM er i teorien potensielt et veldig effektivt verktøy for å senke "forståelsesbarrierene" mellom prosjekterende og produserende samt nedover i produksjonshierarkiet. BIM sørger også for at informasjonsavklaringer lettere og i større grad løses på byggeplasser. Dette krever vilje og kompetanse til å ta i bruk BIM-modellene. I dag er det tydelig at man har potensial for å bruke BIM-modeller mer effektivt i produksjon, men også i grensesnitt mot prosjektering.

Informasjonsmengden er lav tidlig i prosjekteringen. Samtidig er nytten av tilleggsinformasjon høy. Å involvere produserende så tidlig i prosjekteringen som mulig er av den grunn teoretisk gunstig. Selv om prinsippbeslutninger tas tidlig i prosjektering kan man avvende detaljprosjekteringen. Når man venter med detaljprosjektering er det enklere i praksis å få produserende involvert i prosjekteringen. Produserende kan da komme med innspill, krav og forventninger til produksjonsunderlaget. VDC bør selv uten å involvere produserende i prosjektering i teorien og i praksis føre til bedre produksjonsunderlag. Å fremstille optimale produksjonsunderlag forutsetter derimot at produserende involveres aktivt i prosjektering.

5.4 Oppsummering

Optimalisering av byggeprosessen gir større verdiskapning. For å få til dette må grensesnitt mellom faser bli hensiktsmessig håndtert samtidig som delprosesser blir optimalisert. Et optimalt produksjonsunderlag er en forutsetning for, men fører nødvendigvis ikke til en ideell produksjonsprosess. Prosjekteringsprosessen er videre unik for hvert prosjekt. Vellykket integrering av prosjektering og produksjon forutsetter at produserende er involvert i prosjekteringen. Begge parter bør med VDC evne å opptre med åpenhet og ha kompetanse i forhold til prosesser og arbeidsmåte. Prosjekterende med modelleringsekspertise, de som faktisk utfører prosjekteringen, bør være tilstede på ICE-samlingene. ICE er i teorien en plattform for tverrfaglig, samtidig og samordnet prosjektering. Derfor skal nettopp de aktørene fra prosjektering og produksjon som faktisk gjør arbeidet sitte sammen å planlegge. Effektiv ICE forutsetter videre at de rette menneskene er involvert til rett tid. Både modelleringsekspertise og beslutningsmyndighet behøves i ICE-samlingene. Teoretisk er potensialet for verdiskapning vesentlig større i prosjektering enn i produksjon. Likevel er større kostnader akkumulert i produksjon enn i prosjektering. Effektiv samlokalisering av prosjekterende og involvering av produserende i prosjekteringen i forbindelse med VDC koster. Dette er derimot erfart som avgjørende for at ICE skal være effektivt og i praksis føre til bedre produksjonsunderlag. Samlokalisering og integrering i forbindelse med VDC bør derfor være berettiget. VDC gir da ideelt sett større verdiskapning i prosjektering, som videre gir større verdiskapning i produksjon gjennom å fremstille bedre produksjonsunderlag.

VDC legger i teorien til rette for å håndtere utfordringer i prosjektering, som i forlengelse skal føre til fremstilling av bedre produksjonsunderlag. Produksjonsunderlaget er fremstilt i prosjektering, men er anvendt i produksjonen. Utfordringer knyttet til kvaliteten på produksjonsunderlaget krever derfor en helhetlig og integrert tilnærming. Alle utfordringene er derimot ikke like betydningsfulle. *Grensesnitt mellom prosjektering og produksjon* er sentrale. Produserende bør derfor så tidlig som mulig bli involvert i prosjekteringen. *Grensesnitt i prosjektering*, og spesielt fasevise grensesnitt må også bli effektivt håndtert. Dette vil føre til at *tids- og arbeidspresset for prosjekterende, oppfatninger mellom prosjekterende og produserende samt overlappende og fragmentert prosjektering og produksjon* er av mindre betydning, og vil være enklere å håndtere. Undersøkelsene tilsier at disse utfordringene i forhold til å fremstille produksjonsunderlag må håndteres effektivt for at man også i praksis skal kunne forvente bedre produksjonsunderlag med VDC.

Prosjektutvikler Faanes, og prosjekteringslederne Barreth, Maribu, Gullbrekken og Knotten er alle VDC sertifiserte. Slike nøkkelpersoner bidrar til å utvikle erfaring og kompetanse for å vellykket implementere VDC konseptet. VDC er en læringsprosess, men med en helhetlig tilnærming oppleves læringskurven som bratt. I tillegg til teoretisk kunnskap om VDC bør erfaring og suksess med å implementere konseptet i forlengelse føre til bedre produksjonsunderlag.

6 Konklusjon

Rapporten tar sikte på å redegjøre for om VDC fører til fremstilling av bedre produksjonsunderlag. Fra et produksjonsperspektiv er optimale produksjonsunderlag kjennetegnet ved bestemte kategorier. Kategorier for produksjonsunderlaget inkluderer *byggbarhet, forståelse* samt *produksjonsspesifikke forhold*. Prosessen med å overføre produksjonsunderlaget omfatter kategoriene *leveranse tidspunkt og kvalitet* samt *oppfølging og tilrettelegging for produksjon*. Hver kategori har dimensjoner som kan bli målt for å anslå kvaliteten på produksjonsunderlaget. Prosjekterende har samtidig bestemte utfordringer i forhold til å fremstille optimale produksjonsunderlag. *Grensesnitt i prosjektering samt mellom prosjektering og produksjon* er de mest omfattende utfordringene. *Tids- og arbeidspress for prosjekterende* samt *overlappende og fragmentert prosjektering og produksjon* er utfordringer som påvirker hvordan man effektivt håndterer grensesnittene. Å forstå *oppfatninger mellom prosjekterende og produserende* er relevant med tanke på å mer effektivt integrere prosjektering og produksjon. Undersøkelsene tilsier at kvaliteten på produksjonsunderlaget øker i takt med hvor effektivt utfordringene med å fremstille produksjonsunderlag blir håndtert.

VDC relaterer til byggeprosessen særlig gjennom hovedelementene ICE, BIM, POP-modeller og målinger. Effektiv implementering av alle hovedelementene er avgjørende for å få full optimalisering av prosjektarbeidet. Målinger legger til rette for å gjøre justeringer underveis og er grunnleggende for suksess med VDC. I denne sammenhengen viser teori og praksis at VDC er et dynamisk rammeverk. Suksess med konseptet krever at man tar hensyn til prosjektspesifikke forhold. Hvis gjort riktig optimaliserer VDC prosjektering, som videre legger til rette for å effektivt håndtere utfordringene med tanke på å fremstille produksjonsunderlag. Suksess med VDC viser seg i praksis som avgjørende for om man kan forvente bedre produksjonsunderlag.

ICE kombinert med BIM fører ideelt sett til integrert og tverrfaglig prosjekteringsprosess. I praksis krever effektiv prosjektering med VDC at både modelleringseksperise og beslutningsmyndighet er tilstede i ICE-samlingene. Ideell samlokalisering med ICE koster, men er nødvendig for å kunne forvente å fremstille bedre produksjonsunderlag. For å øke produserende sin forståelse av produksjonsunderlaget er det samtidig avgjørende at BIM-modeller er tilgjengelige og aktivt tatt i bruk på byggeplasser. BIM-modeller er ideelt sett vitale som samhandlingsplattformer i forbindelse med VDC. Produserende bør videre fremme sine ønsker, krav og forventninger til produksjonsunderlaget. Undersøkelsene viser at optimale produksjonsunderlag bare kan bli fremstilt hvis produserende er involvert og aktivt deltar i prosjekteringen. VDC gir ideelt sett større verdiskapning i prosjektering, som i forlengelse gir større verdiskapning i produksjon gjennom fremstilling av bedre produksjonsunderlag.

Leveranser av produksjonsunderlag kan ses på som en ”stafettpinneveksling” i grensesnittet mellom prosjektering og produksjon. VDC vil gjennom å fremstille bedre produksjonsunderlag kunne medvirke til å øke produktiviteten i byggenæringen. Praksis viser samtidig at VDC egner seg til, og har potensial til å fremstille optimale produksjonsunderlag. Nyttan av å fremstille optimale produksjonsunderlag bør oppveie kostnadene, men kan være utfordrende å få til i praksis.

7 Videre arbeid

Videre arbeid trengs for å kartlegge hvordan produserende skal bli involvert i prosjekteringen. VDC er et dynamisk og fleksibelt rammeverk som er i stadig utvikling. Å vurdere hva som er riktig form for VDC i forhold til prosjekttype, kompleksitet og kostnadsramme krever også grundigere undersøkelser. For VDC i tilknytning til produksjonsunderlaget er det viktig at BIM-modeller er tilpasset et prosjekts målsettinger, og videre blir brukt aktivt. BIM-modeller skal effektivisere arbeidsprosesser på byggeplasser. Derfor bør det fokuseres på å gjøre BIM-modeller tilgjengelige og legge til rette for at produserende tar dem aktivt i bruk.

Hvor vellykket VDC blir implementert i prosjekter påvirker i hvor stor grad VDC legger til rette for å optimalisere prosjektarbeidet, og videre fører til bedre produksjonsunderlag. Derfor er suksess med VDC ansett som nødvendig for at det skal være nyttig å gjøre kvantitative målinger av kvaliteten på produksjonsunderlaget. Hvordan slike målingene skal bli utført og brukt i praksis må behandles nærmere.

Prosjekteringsleder har i store prosjekter som regel mer enn nok arbeid med faglig fokus i prosjekteringen. Administrative roller på flere nivå i tillegg til prosjekteringslederen kan være gunstig for å legge til rette for suksess med VDC i større prosjekter. Dette krever imidlertid også videre undersøkelser.

Rapporten fokuserer på VDC i tilknytning til produksjonsunderlaget. Byggeprosessen med VDC blir derfor hovedsakelig vurdert fra produserende sitt perspektiv. Andre aktører sitt perspektiv vil også være vesentlig å vurdere i forbindelse med VDC. Prosjekterende har en sentral rolle for produktets verdiskapning gjennom å fremstille optimale prosjekteringsomfang. Spesielt prosjekterende sitt perspektiv på VDC kan og bør bli undersøkt nærmere.

VDC er avhengig av mennesker. En suksessfaktor for VDC er at modelleringsekspertise må være tilstede i tverrfaglige heldags ICE-samlinger. VDC innebærer dermed en ny hverdag for prosjekterende. ”Junioringeniører” får en mer sentral rolle, mens ”senioringeniørene” får en ny rolle med mindre krav til faglig fokus. Prosjekterende er i dag på individuelt nivå vanligvis involvert i flere prosjekter. ICE med VDC fører kanskje til at prosjekterende i større grad utvikler eierskap til prosjektene. Totalprosjekteringskontrakter kan derfor være gunstig. Slike kontraktanordninger i forbindelse med VDC bør være interessant å kartlegge nærmere i praksis.

8 Referanser

- Alarcón, L., Mardones, D. A. (1998). "Improving the design-construction interface". Conference Papers IGLC 6 – Guarujá, Brazil.
- Andi, Minato, T. (2002). "Design documents quality in the Japanese construction industry: factors influencing and impacts on the construction process": International Journal of Project Management. Vol 21. Side 537-546.
- Bisharat, K. A. (2004). "Construction Graphics- A Practical Guide to Interpreting Working Drawings". New Jersey: John Wiley & Sons, INC. 2004. Side 1-52.
- Blindheim, H. (2012). "Hotell Ørnen Rica Park Hotell": Veidekke Entreprenør AS, Distrikt Bergen.
- Byggforsk (1994). "Byggforskserien Byggforvaltning 700.110 (Bygning. Byggskader. Oversikt)".
- Bølviken, T., Gullbrekken, B., et.al. (2010). "Collaborative Design Management". Conference Papers IGLC 18 – Haifa. Israel.
- Dalland, O. (2007). "Metode og oppgaveskriving for studenter". Oslo: Gyldendal Norsk Forlag.
- Deutsch, R. (2011). "BIM and Integrated Design". New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Eastman, C., et.al. (2008). "BIM Handbook. A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors": John Wiley & Sons, Inc. 2008.
- Eikeland, P., T. (2001). "Teoretisk analyse av byggeprosesser". Oslo: SiB.
- Fisher, M. (2011). "Virtual Design and Construction": CIFE.
- (2013). "4-diemnsjonal reise til fremtidens byggebransje". Seminar i regi av Veidekke og NTNU i Trondheim.
- Fisher, M., Ballard, G., Reed, D. og Khanzode, A. (2006). "A Guide to Applying the Principles of Virtual Design & Construction (VDC) to the Lean Project Delivery Process": CIFE. 2006.
- Fischer, M., Hartmann, T., og Rank, E. (2003). "Integration of a Three Dimensional CAD Environment into an Interactive Workspace": CIFE. 2003.
- Flager, F., Haymaker, J. (2007). "A Comparison of Multidisciplinary Design, Analysis and Optimization Process in the Building Construction Aerospace Industries". 24th International Conference on Information Technology in Construction. Maribor. Slovenia.
- Flatås, A., D. (2012). "Grensesnittutfordringer mellom prosjektering og produksjon". NTNU Institutt for Bygg-, Anlegg og Transport.
- Gao, Z., Walters, R., Jaselskis, E., Wipf, T. (2006). "Approaches to Improving the Quality of Construction Drawing from Owner's Perspective": Journal of Construction Engineering and Management. Vol.132. Side 1187-1192.

- Grimsmo, E. (2008). "Hvordan unngå prosjekteringsfeil". Trondheim: Byggekostnadsprogrammet
- Gullbrekken, B. (2013). "City Lade VDC": Veidekke Entreprenør AS, Distrikt Trondheim.
- Hoxley, M., Mitchell, A., Frame, I., Coday, A. (2011). "A conceptual framework of the interface between the design and construction processes": Engineering Construction and Architectural Management. Vol 18. Side 297-311.
- Jongeling, R. (2008). "BIM istället för 2D-CAD i byggprojekt- En jämförelse mellan dagens byggprocesser baserade på 2D-CAD och tillämpningar av BIM". Luleå tekniska universitet, Institutionen för samhällsbyggnad, Avdelningen för Byggproduktion.
- Knotten, V. (2011). "Kunnskapssenteret, St. Olavs Hospital": Veidekke Entreprenør AS, Distrikt Trondheim.
- Kommunal- og regionaldepartementet. (2012). "Byggesektoren i Norge". Melding til Stortinget 28.
- Kunz, J., Fisher, M. (2012). "Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions": CIFE. 2012.
- (2004). "The Scope and role of Information Technology in Construction ": CIFE. 2004.
- Kunz, J., Chachere, J., Levitt, R. (2004). "Observation, Theory, and Simulation of Integrated Concurrent Engineering: Grounded Theoretical Factors that Enable Radical Project Acceleration". Stanford University: CIFE. 2004.
- (2009). "The Role of Reduced Latency in Integrated Concurrent Engineering": CIFE. 2009.
- Li, H., Lu W., Huang, T. (2009). "Rethinking project management and exploring virtual design and construction as a potential solution": Construction Management and Economics, 2009, side 363–371
- Lipton, S. (2001). Chairman, commission for architecture and the built environment: The Independent.
- Lopez, R., Love, P. E. D., Edwards, D. J., Davis, P.R. (2010). "Design Error Classification, Causation, and Prevention in Construction Engineering": Journal of Performance of Constructed Facilities. 2010. Vol. 24. Side 399-408
- Love, P. E. D., Lopez, R., Edwards, D. J., Goh, Y. M. (2011) "Error begat error: Design error analysis and prevention in social infrastructure projects": Accident Analysis and Prevention. Vol. 48. Side 100-110
- Meland, Ø. (2000). "Prosjekteringsledelse I byggeprosessen- Suksesspåvirker eller andres alibi for fiasko?". Doktoravhandling. NTNU. Institutt for bygg- og anleggsteknikk.
- Olofsson, T., Jongeling, R., Toolanen, B., Woksepp, S. (2007). "Project Environment and Process Design of Building Projects Supported by Virtual Design and Construction Methods". Google Scholar.
- Sacks, R., Tribelsky, E. (2012). "Measuring Information Flow in Detailed Design of Construction Projects": Research in Engineering Design. Vol 2. Side 189-206.

- Samset, K. (2008). "Tidligfase i prosjekter": Tapir Akademiske Forlag
- (2012). "Forskningsmetodekurset 2012. Del Kvalitativ forskning". Presentasjon tilsendt på mail fra Bjørn Georg Pettersen
- Thagaard, T. (2010). "Systematikk og innlevelse- En innføring i kvalitativ metode". Bergen: Fagbokforlaget
- Tilley, P., A., McFallan, S., L., Tucker, S., N. (1999). "Design and Documentation Quality and Its Impact on the Construction Process". Proceedings from CIB W55 & W65 Joint Triennial Symposium, September 5-10, 1999, Cape Town, South Africa, Side 261-269.
- Tilley, P. A., Wyatt, A., Mohamed, S. (1997). "Indicators of Design and Documentation Deficiencies." Conference Papers IGLC 5 – Gold Coast, Australia.
- Tjell, J. (2010). "Building Information Modeling in design detailing with focus on interior wall systems". University of California Berkley/Technical University of Denmark, 2010.
- Veidekke. (2011) "Faktaark: VDC og BIM": Veidekke Entreprenør AS. 2011.
- Venås, M. (2011). "Involverende planlegging og Virtual Design and Construction-Utformingen av et samlet konsept". NTNU. Institutt for Bygg-, Anlegg og Transport.
- Wambeke, B. W., Hsiang, S. M., Liu, M. (2011) "Causes of Variation in Construction Project Task Starting Times and Duration.": Journal of construction engineering and management. Vol. 137. Side 663-677
- Westergaard, H., Arge, K., Moe, K. (2010). "Prosjekteringsplanlegging og prosjekteringsledelse". Prosjekt 14303. Oslo: Byggekostnadsprogrammet.
- Woksepp, S. (2007). "Virtual Reality in Construction-Tools, Methods and Processes". Luleå University of Technology, Department of Civil, Mining and Environmental Engineering.
- Østby-Deglum, E., Svalestuen, F., Drevland, F. (2013). "Prosjekteringsledelse". NTNU. Institutt for Bygg-, Anlegg og Transport. Kompendium TBA4127/AAR4951. .

9 Vedlegg

Vedleggene er presentert i følgende rekkefølge. Sidehenvisning er angitt i parentes.

Vedlegg I:	Forhåndsforbedret mal for intervjukvalitet	(A)
Vedlegg II:	Intervjuguide prosjekteringsleder på Ørnen Hotell	(B-C)
Vedlegg III:	Intervjuguide driftsleder og formenn Ørnen Hotell	(D-E)
Vedlegg IV:	Intervjuguide prosjekteringsleder på Kunnskapssenteret og City Lade	(F-H)
Vedlegg V:	Intervjuguide VDC sertifiserte nøkkelinformanter	(I)
Vedlegg VI:	Spørreundersøkelse på Ørnen Hotell	(J-K)
Vedlegg VII:	Registreringsskjema for spørreundersøkelsen på Ørnen Hotell	(L)
Vedlegg VIII:	Organisasjonsplan for Ørnen Hotell	(M)
Vedlegg IX:	Utdrag fra BPIT-plan på Ørnen Hotell	(N)

Vedlegg I: Forhåndsforbedret mal for intervjukvalitet

Kvaliteten på intervjuet

- I hvilken grad fikk jeg spontane, innholdsrike, spesifikke og relevante svar fra intervjupersonen?
- I hvilken grad følges spørsmålene opp fra intervjuerens side, og hvordan klargjøres betydningen av de relevante delene av svaret?
- Intervjueren prøver i løpet av intervjuet å verifisere sine tolkninger av intervjupersonens svar
- Intervjuet er ”selvkommuniserende” og krever ikke ekstra kommentarer og forklaringer.

Forhold rundt intervjuet

Intervju inneholder opplysninger på mange plan. Kroppsspråket kan være med på å understreke eller svekke et utsagn.

- Hvordan ble jeg mottatt?
- Hvordan var stemningen under samtalen?
- Hvordan ble intervjuet avsluttet?
- Hvordan var forholdene rundt intervjuet? (avbrytelser og andre forhold som kan ha påvirket samtalen)

Vedlegg II: Intervjuguide prosjekteringsleder Ørnen Hotell

I samarbeid med Veidekke Entreprenør AS skriver jeg masteroppgave rundt kvaliteten på produksjonsunderlag. Undersøkelsene søker å kartlegge om VDC i praksis fører til fremstilling av bedre produksjonsunderlag. Jeg er ikke ute etter å bedømme eller vurdere, men å forstå. Det er ikke riktige eller gale svar. Jeg ønsker å kartlegge dine synspunkter og erfaringer. Denne intervjuet undersøker implementering av VDC på prosjektet.

- Forventet tidsbruk er 60-120 minutter
- Jeg gjør oppmerksom på at jeg tar notater og lydopptak av intervjuet.

Bakgrunnsinformasjon:

- Type utdanning (grad):
- Uteksaminert (år):
- Erfaring i bransjen (år og type):
- Erfaring fra store prosjekt:
- Erfaring som prosjekteringsleder (år):

Overordnet om implementering av VDC

- Hva er din erfaring med VDC?
- Spesielle tiltak i prosjektet for å skape forståelse av hva VDC er internt (Veidekke) og eksternt (prosjekteringsfagene)?
- Hva er Veidekkes mål, suksesskriterier og suksessfaktorer for VDC i forhold til prosjekteringsprosessen?

Implementerte VDC elementer

I hvilken grad har følgende elementer hvert en del av dette prosjektet? (enkelte elementer vil bli grundigere diskutert senere i intervjuet).

BIM

- Samtidig og tidsriktig visualisering av 3D-modell (oppdatert modell)
- "All" informasjon tilgjengelig tidlig i prosjekteringsprosessen
- Samordning og krasjkontroll mellom prosjekteringsfag (byggbarhet)

ICE

- iRoom/BigRoom med effektivt samarbeid og forbedret beslutningsprosess
- Overstemte og felles mål blant prosjekteringsfagene
- Kompetanse og vilje blant prosjekteringsfagene til å gjennomføre ICE-møter
- Hyppighet og deltagelse av ICE samlinger
- Involvering av "alle" prosjekteringsfagene med fokus på tverrfaglige og helhetlige løsninger (noen fag som ikke ble involvert?)
- Samtidig visualisering av planer, målinger (møteagenda i felleskap)
- Fokus på og håndtering av faglige og fasevise grensesnitt i prosjektering med ICE-møtene
- Kommunikasjonen mellom ulike de ulike prosjekteringsfagene i ICE-møtene istedenfor med epost, telefon, særmøter. Som fører til mindre tid til å håndtere informasjon i møter og mer tid til avklaringer i felles ICE-møter?

Kontroll og oppfølging av produkt og prosess

- Aksjonslister, beslutnings- og leveranseplaner (kritiske veier) og dialogmatriser? Fokus på å sikre riktige leveranser til rett tid mellom prosjekteringsfag og til produksjon
- Prosjekteringstid, prosjekteringskostnad og prosjekteringskvalitet (i forhold til tradisjonell prosjekteringsprosess?)
- Verdiskapende ressursbruk og måloppnåelse med VDC kontra tradisjonell

Målinger

- Tiltak for og forbedringer underveis av produkt (produksjonsunderlag) og prosess (prosjektering og produksjon grensesnittene)
- Dialogmatrise (hvem kommuniserer med hvem?)
- Måling av antall navngitte elementer i 3D-modellen (BIM)
- PPU for prosjektering
- Møteeffektivitet

VDC knyttet til utfordringer for optimale produksjonsunderlag

I hvilken grad mener/føler du at VDC har ført til (bedre håndtering av følgende elementer)

Tids- og arbeidspress for prosjekterende

- Redusert tids- og arbeidspress for prosjekterende (i egne organisasjoner)
- Tids-, kapasitet og materiellbuffer for prosjekteringsfagene ("just in time" leveranser eller mye omprosjektering?)
- Ressursintensitet i prosjekteringsprosessen (jevn eller topper)

Fragmentering og overlappning av prosjektering og produksjon

- VDC kontra tradisjonell i forhold til overlappning av prosjektering og produksjon (kommunikasjon, utilstrekkelig prosjektering, utilstrekkelig produksjonsunderlag med mer)
- Avgjørelser tas tidligere med VDC enn ved tradisjonell i prosjektering (verdiskapende ressursbruk i prosjektering i forhold til rekkefølge og tidsriktighet)

Oppfatninger mellom prosjekterende og produserende

- Samarbeidsklima og trivsel bedre med VDC
- Tilbakemeldinger og samspill mellom fag, systemer og løsninger i prosjektering bedre med VDC
- Forbedringer underveis i prosessen i forhold til oppfatninger?

Grensesnitt i prosjekteringsprosessen

- Prosjekteringsanordning på dette prosjektet kontra tradisjonelt
- VDC (ICE og særmøter for prosjektering) ført til bedre håndtering av faglige og fasevise grensesnitt?
- VDC-prosjektering sammenlignet med tradisjonell prosjekteringsprosess (integring av prosjekteringsteam og fremstilling av prosjekteringsgrunnlag)

Grensesnitt mellom prosjektering og produksjon

- Hvordan forholder du (prosjekteringsleder) seg til drifts- og anleggsleder?
- Større integrering av prosjekterings- og produksjonsprosessene i forhold til tradisjonell prosjekteringsprosess?
- Produksjonsforutsigbarhet med tidsriktige og rette leveranser fra prosjekterende. Enklere å koordinere prosjektering og produksjon?
- Hvordan fungerer kommunikasjonen mellom produksjon og prosjekteringsfagene (indirekte gjennom prosjekteringsleder eller direkte gjennom epost/telefon/særmøter)?
- Respons- og behandlingstid på oppklaringsmeldinger fra produksjon (via prosjekteringsleder eller direkte til aktuelt prosjekteringsfag)

Avslutningsvis

- Ambisjonsnivå for VDC for prosjektet? (Høyt/lavt/pilot)
- Ble det gjort endringer/tilpasninger av VDC implementeringen underveis
- Føler du at VDC har ført til en mer optimal prosjekteringsprosess?
- Føler du at VDC har ført til bedre integrering av prosjektering og produksjon
- Føler du at VDC har ført til bedre produksjonsunderlag?
- Ser du forbedringspotensial med tanke på å implementere VDC i fremtidige prosjekter?

Vedlegg III: Intervjuguide driftsleder og formenn Ørnen Hotell

I samarbeid med Veidekke Entreprenør AS skriver jeg masteroppgave rundt kvaliteten på produksjonsunderlag. Undersøkelsene søker å kartlegge om VDC i praksis fører til fremstilling av bedre produksjonsunderlag. Jeg er ikke ute etter å bedømme eller vurdere, men å forstå. Det er ikke riktige eller gale svar. Jeg ønsker å kartlegge dine synspunkter og erfaringer, og resultatene vil være (anonyme). Denne intervjuet undersøker kvaliteten på produksjonsunderlaget på dette prosjektet.

- Forventet tidsbruk er 30-60 minutter
- Jeg gjør oppmerksom på at jeg tar notater og lydopptak av intervjuet.

Overordnet

- Stilling:
- Utdannelse (type og år):
- Erfaring i bransjen:
- Erfaring på dette prosjektet
- Erfaring fra store prosjekt:

Produksjonsprosessen

Generelt

- Hvilke mål, suksesskriterier og suksessfaktorer har Veidekke for produksjonsprosessen?
- Hvilke type produksjon på prosjektet (hvilken type tegninger)?
- Antall tegninger i prosjektet

Spesifikt

Hva er dine tanker om følgende indikatorer for produksjonseffektivitet for dette prosjektet sammenlignet med andre (store) prosjekter du har jobbet på eller har kjennskap til.

PPU:

- Hvor stor del av arbeidet som er planlagt utført på daglig/ukentlig/månedlig basis blir faktisk gjennomført?
- Hvorfor blir ikke arbeid utført etter planen (relater til årsaker for produksjonsvariasjon)?

I.	Byggbarhet av prosjekterte løsninger
II.	Feil i løsninger og/eller tegninger (kvalitet på produksjonsunderlag)
III.	Behandlingstid av oppklaringsmeldinger i forbindelse med tegninger
IV.	Venting på svar angående prosjekteringsdetaljer eller løsninger.
V.	"Stive" kravspesifikasjoner (alternative utførelser)
VI.	Kompleks/vanskelig arbeidsutførelse
VII.	Arbeidssekvens eller metode er dårlig planlagt
VIII.	Lav grad av repetisjon gjør at det ikke er mulighet til å etablere effektivt produksjonen ettersom arbeidsoperasjoner er i stadig endring.
IX.	Utilstrekkelige instruksjoner om detaljerte arbeidsmetoder

Informasjonsavklaringer fra produksjonen:

- Hvorfor trengs avklaringer?
- Antall forespørsel om avklaring fra fagarbeidere/baser
- Forespørsler avklart på byggeplass eller må prosjekterende kontaktes?

Oppklaringsmeldinger:

- Antall formelle oppklaringsmeldinger til prosjekterende (skriftlig)?
- Antall uformelle oppklaringsmeldinger til prosjekterende (muntlig)?
- Respons- og behandlingstid av oppklaringsmeldinger fra prosjekterende?

Tegningsrevisjoner:

- Antall tegningsrevisjoner i prosjektet?

Utbedringsarbeid:

- Ekstrakostnader knytte til utbedringsarbeider (mye/lite)?

Forbedring underveis:

- Har kvaliteten på produksjonsunderlaget forbedret seg, vært uendret eller blitt verre underveis i prosjektet?

Produksjonsunderlaget omfatter alle tegninger, spesifikasjoner og mengdebeskrivelser som er nødvendig for å utføre arbeidet på byggeplass.

VDC-prosjektering

VDC er et rammeverk og et arbeidsverktøy for å optimalisere prosjekteringsprosessen. Jeg ønsker derfor å undersøke hvilke praktiske fordeler VDC har for produksjonsunderlaget i dette prosjektet.

- Hva er din erfaring med VDC?
- Hvordan forholder du deg til Veidekkes prosjekteringsleder (formelle/uformelle møter)?
- Hvordan forholder du deg til de ulike prosjekteringsfagene (indirekte gjennom prosjekteringsleder eller direkte epost/telefon/særmøter)?
- Føler du at VDC har ført til bedre integrering av prosjektering og produksjon (tidsriktige og rette leveranser av produksjonsunderlaget)?
- Føler du at VDC har ført til bedre produksjonsunderlag?
- Produksjonsplanlegging og produksjonsoppfølging enklere med VDC prosjektering (BIM, kvalitet og tidsriktighet for leveranser og kommunikasjon)?

Vedlegg IV: Intervjuguide prosjekteringsleder Kunnskapssenteret og City Lade

I samarbeid med Veidekke skriver jeg masteroppgave om VDC i sammenheng med kvaliteten på produksjonsunderlaget. Intervjuet har følgende fire hoveddeler.

1. Overordnet om intervjuobjektet, prosjektet og VDC
2. Omhandler VDC elementene BIM, ICE, kontroll og oppfølging av produkt og prosess, samt måling.
3. Utfordringer i prosjektering med kontra uten VDC
4. VDC i forhold til produksjonsprosessen.

Jeg er ikke ute etter å bedømme eller vurdere, men å forstå. Det er ikke riktige eller gale svar. Jeg ønsker å kartlegge dine synspunkter og erfaringer. Forventet tidsbruk er 60 minutter. Jeg ønsker ditt samtykke til å ta lydopptak og/eller notater under intervjuet.

Intervjuobjektets bakgrunnsinformasjon

- Utdanning
- Erfaring i bransjen
- Erfaring som prosjekteringsleder
- Erfaring fra store prosjekt

Generelt om prosjektet

- Tids- og kostnadsramme
- Type prosjekt/produksjon
- Organisasjonsplan
- Tilsendt presentasjon av prosjektet på mail?

Overordnet om VDC i prosjektet

- Intervjuobjektets erfaring med VDC
- Veidekkes mål for VDC i prosjektet
- Ambisjonsnivå for VDC i prosjektet
- Vanlig eller spesiell prosjekteringsanordning med VDC (kontrakt/kompetanse)
- Forslag til andre VDC "nøkkelpersoner" i Veidekke jeg burde kontakte

Prosjekteringsprosessen og VDC elementer

Hvor effektivt er VDC i Kunnskapssenteret prosjektet? Enkelte punkter vil bli mer utfyllende omtalt senere. I hvor stor grad mener du følgende er representativt for prosjektet med kontra uten VDC (kom gjerne med utfyllende kommentarer).

BIM

Samtidig og tidsriktig visualisering av produktet
Prosjekteringsgrunnlag tilgjengelig tidligere
Effektiv samordning og krasjkontroll mellom prosjekteringsfagene

ICE

- Effektiv involvering av alle møtedeltagerne
- Mye bruk av særmøter
- Vilje til og riktig kompetanse for prosjekterende til ICE-møter
- Overstemte og felles mål blant prosjekterende
- Tverrfaglig og helhetlig kontra ensidig fokus blant prosjekterende
- Effektivt samarbeid og forbedret beslutningsprosess
- Bedre håndtering av faglige og fasevise grensesnitt i prosjektering
- Mindre tidsbruk for å håndtere informasjon i prosjektering (mer blir avklart i fellesskap og mindre over epost/telefon)

Kontroll og oppfølging av produkt og prosess

- Effektiv bruk av aksjonslister
- Effektiv bruk av dialogmatrise
- Effektiv kontroll og oppfølging av prosjekteringsgrunnlag
- Effektiv kontroll og oppfølging av prosjekteringsleveranser
- Fokus på verdioptimalisering gjennom involverende planlegging
- Kortere prosjekteringstid
- Lavere prosjekteringskostnad
- Bedre prosjekteringskvalitet
- Målinger fører til forbedring av produkt og prosess underveis i prosjekteringen

Målinger

Følgende måling er gjennomført i prosjektet og har vært effektiv. Hvis ikke hvorfor?

- Prosent planlagt utført for prosjekteringen
- Møteeffektivitet
- Måling av antall navngitte elementer i 3D-modellen
- Antall kollisjoner gjennom krasjkontroll med BIM
- Respons- og behandlingstid i prosjektering (faglig og fasevis)

Utfordringer for å fremstille optimale produksjonsunderlag

<i>Hvordan takles følgende utfordringer med kontra uten VDC i Kunnskapssenteret prosjektet.</i>
--

Tids- og arbeidspress for prosjekterende

- Tids- og arbeidspress for prosjekterende
- Ressursintensitet i prosjekteringsprosessen (jevn/ujevn)
- Tids-, kapasitet og materiellbuffer i prosjektering ("just in time" kontra omprosjektering)

Fragmentering og overlapping av prosjektering og produksjon

- Overlapping av prosjektering og produksjon
- Fragmentering av prosjekterings- og produksjonsprosessene
- Beslutninger og avklaringer (tidligere/like)

Oppfatninger i prosjektet

- Samarbeidsklima og trivsel (prosjektering/produksjon/grensesnittet)
- Samspill og tilbakemeldinger mellom fag, systemer og løsninger i prosjektet (Produkt/Prosess/Organisasjon)
- Oppfatninger om og forening rundt felles mål for prosjektering og produksjon

Grensesnitt i prosjektering

- Håndtering av faglige og fasevise grensesnitt i prosjekteringen
- Flyt i beslutningsprosessen og prosjekteringsgrunnlag

Grensesnitt mellom prosjektering og produksjon

- Tidsriktighet for leveranser av produksjonsunderlaget
- Respons- og behandlingstid på oppklaringsmeldinger
- Integrasjon av prosjektering og produksjon
- Legger VDC til rette for å realisere BIM sitt potensial

Refleksjoner rundt VDC

- Har og bør VDC optimalisere prosjekteringsprosessen
- Forbedringspotensial/spesielle barrierer for VDC i prosjektet
- Vil ”optimal” VDC i fremtiden optimalisere prosjekteringsprosessen
- Læringskurve for VDC

VDC og produksjonsprosessen

Kvaliteten på produksjonsunderlaget sammenlignet med andre prosjekt

- Feilfritt og byggbart
- Leveranser til riktig tid, og med rett kvalitet
- Forstått av produserende
- Effektivt og sikkert i produksjon

- Bedre produksjonsunderlag **med** kontra uten VDC i prosjektet
- Vil ”optimal” VDC føre til bedre produksjonsunderlag i fremtidige prosjekt

Følgene indikatorene for produksjonseffektivitet kan (i stor grad) knyttes til produksjonsunderlaget. Erfaringer fra Kunnskapssenteret.

PPU

Daglig/ukentlig/månedlig (høy/lav)

Oppklaringsmeldinger

- Forespørsler om produksjonsunderlaget avklart på byggeplass med eller uten prosjekteringsleder, eller må prosjekterende involveres (forholdstall)
- Antall oppklaringsmeldinger til prosjekterende (høyt/lavt i forhold til normalt)
- Antall forespørsel om avklaring fra produksjonen (mye/lite i forhold til normalt)

Tegningsrevisjoner

Antall tegningsrevisjoner i prosjektet, og har de kommet i forkant av produksjonen?

Utbedringsarbeid

Kostnader knytte til utbedringsarbeider (store/lave)

Vedlegg V: Intervjuguide VDC sertifiserte nøkkelinformanter

- Intervjuobjektets erfaring med VDC (sertifisert/VDC prosjekter)
- Ser du spesielle barrierer/suksessfaktorer for å implementere VDC.

VDC i forhold til prosjektering

Hva er din oppfatning av følgende i forhold til prosjektering med kontra uten VDC

- Felles og omforente mål i prosjektering
- Bedre samarbeidsklima, samspill, tilbakemeldinger og trivsel i prosjektet
- Mindre tids- og arbeidspress for prosjekterende
- Jevnere ressursintensitet i prosjektering for prosjekterende
- Bedre håndtering av faglige grensesnitt i prosjektering
- Bedre håndtering av fasevise grensesnitt i prosjektering
- Mindre tidsbruk for å håndtere informasjon i prosjektering

Prosjekteringsprosessen med kontra uten VDC

- Er det grunnlag for å si at VDC **bør** optimalisere prosjekteringsprosessen
- **Vil** VDC optimalisere prosjekteringsprosessen
- VDC er nytt og det er derfor en lærings- og utviklingsprosess som krever modning for alle involverte aktører. Hvordan er læringskurve for VDC?
- Er det en forutsetning for VDC suksess å bruke målinger aktivt underveis i prosjektet for å justere prosesser?

VDC i forhold til produksjonen

Bør VDC med bakgrunn i optimalisering av prosjekteringsprosessen føre til bedre produksjonsunderlag

Nå ønsker jeg å snakke om optimale produksjonsunderlag

Fører VDC til leveranser til riktig tid, og med rett kvalitet

- Høyere PPU for produksjon

Fører VDC feilfritt og forstått av produserende

- Informasjonsavklaringer løst på byggeplass
- Ingen forespørsler om informasjonsavklaringer fra produksjonen
- Ingen oppklaringsmeldinger til prosjekterende

Fører VDC effektiv og sikker produksjon

- Færre tegningsrevisjoner og alltid i forkant av produksjonen
- Lavere kostnad knytte til utbedringsarbeid i produksjon
- Modell er tilgjengelig for og brukes aktivt på byggeplass
- Høyere PPU

Er det grunnlag for å si at VDC **vil** føre til optimale produksjonsunderlag

Ser du spesielle suksessfaktorer for at VDC skal føre til opt. produksjonsunderlag

- Involvering av produserende i prosjekteringsprosessen (detaljprosjektering kontra kreativ med verdioptimalisering av prosjektet)
- Modeller ut i produksjon og brukes aktivt på byggeplass

Målsetting med VDC – Hva ønsker en å oppnå?

- Hva bør det overordnet målet med VDC være?
- Målsetting om at VDC skal føre til bedre produksjonsunderlag?

Vedlegg VI: Spørreundersøkelse Ørnen Hotell

Denne spørreundersøkelsen er anonym og omhandler kvaliteten på produksjonsunderlaget på dette prosjektet. Resultatene vil bli brukt i samarbeid med Veidekke Entreprenør AS som del av en masteroppgave ved NTNU. En beskrivelse av hva som forstås med produksjonsunderlaget er gitt under.

Produksjonsunderlaget omfatter alle tegninger, spesifikasjoner og mengdebeskrivelser som er nødvendig for å utføre arbeidet på byggeplass.

For hvert spørsmål basert på dine erfaringer sett en ring rundt det alternativet du mener passer best.

Overordnet

I. Din stilling

Fagarbeider Bas Forman Driftsleder

II. Erfaring i byggenæringen

0-2år 2-5år 5-10år >10år

III. Erfaring på dette prosjektet

0-2mnd >2mnd

IV. Tidligere erfaring fra store prosjekt

0 prosjekt 1-2 prosjekt 2-4 prosjekt >4 prosjekt

Generelt om produksjonsunderlaget

1. Produksjonsunderlager er av høyere kvalitet på dette prosjektet sammenlignet med andre prosjekter jeg har jobbet på.

Helt enig Enig Delvis enig Uenig Fullstendig uenig

2. Det finnes en 3D-modell av dette prosjektet. Jeg er godt kjent med denne 3D-modellen.

Helt enig Enig Delvis enig Uenig Fullstendig uenig

4. En felles gjennomgang for fagarbeiderne og baser av arbeid som skal gjøres på byggeplass med 3D-modellen vil gjøre det lettere å forstå produksjonsunderlaget.

Helt enig Enig Delvis enig Uenig Fullstendig uenig

5. Fargetegninger i stedet for svart-hvitt tegninger vil gjøre det lettere å forstå produksjonsunderlaget.

Helt enig Enig Delvis enig Uenig Fullstendig uenig

6. Mindre utsnitt fra 3D-modellen på 2D-tegninger vil gjøre det lettere å forstå produksjonsunderlaget.

Helt enig Enig Delvis enig Uenig Fullstendig uenig

7. Produksjonsunderlaget på dette prosjektet har mindre feil og mangler som hindrer at arbeid blir utført når det skal sammenlignet med andre prosjekter jeg har jobbet på.

Helt enig Enig Delvis enig Uenig Fullstendig uenig

8. Når jeg trenger en avklaring fra formann/driftsleder angående problemer med produksjonsunderlaget blir forespørsler raskere avklart i dette prosjektet sammenlignet med andre prosjekter jeg har jobbet på.

Helt enig Enig Delvis enig Uenig Fullstendig uenig

9. I dette prosjektet er det enklere å finne fram til de tegningen jeg trenger sammenlignet med andre prosjekter jeg har jobbet på.

Helt enig Enig Delvis enig Uenig Fullstendig uenig

Spesifikt om produksjonsunderlaget

10. Produksjonsunderlaget i dette prosjektet er i større grad tilgjengelig når det trengs sammenlignet med andre prosjekter jeg har jobbet på.

Helt enig Enig Delvis enig Uenig Fullstendig uenig

11. Produksjonsunderlaget i dette prosjektet inneholder i større grad "all" informasjon nødvendig for å utføre arbeidet sammenlignet med andre prosjekter jeg har jobbet på.

Helt enig Enig Delvis enig Uenig Fullstendig uenig

12. Produksjonsunderlaget i dette prosjektet beskriver arbeid og utførelser som i større grad er byggbare sammenlignet med andre prosjekter jeg har jobbet på.

Helt enig Enig Delvis enig Uenig Fullstendig uenig

13. Produksjonsunderlaget i dette prosjektet har løsninger som er effektive i produksjon sammenlignet med andre prosjekter jeg har jobbet på.

Helt enig Enig Delvis enig Uenig Fullstendig uenig

14. Produksjonsunderlaget i dette prosjektet har løsninger som er sikrere i produksjon sammenlignet med andre prosjekter jeg har jobbet på.

Helt enig Enig Delvis enig Uenig Fullstendig uenig

15. Tegninger i dette prosjektet er mer lettleselige og konsekvente sammenlignet med andre prosjekter jeg har jobbet på.

Helt enig Enig Delvis enig Uenig Fullstendig uenig

16. Tegninger i dette prosjektet har bedre detaljeringsgrad sammenlignet med andre prosjekter jeg har jobbet på.

Helt enig Enig Delvis enig Uenig Fullstendig uenig

17. Produksjonsunderlaget i dette prosjektet tar i større grad hensyn til de faktiske forholdene på byggeplass sammenlignet med andre prosjekter jeg har jobbet på.

Helt enig Enig Delvis enig Uenig Fullstendig uenig

18. Produksjonsunderlaget er av høyere kvalitet i dette prosjektet sammenlignet med andre prosjekter jeg har jobbet på.

Helt enig Enig Delvis enig Uenig Fullstendig uenig

19. Her kan du komme med egne kommentarer i forhold til kvaliteten på produksjonsunderlaget for dette prosjektet sammenlignet med andre prosjekter du har jobbet.

Kommentarfelt: ...

Vedlegg VII: Registreringsskjema for spørreundersøkelsen på Ørnen Hotell

		Spørsmål																	Avvik 1-17		
Stilling	Erfaring i bransjen	Tidligere erfaring fra store prosjekt	Overordnet																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Driftsleder (DL)	5-10år	1-2 prosjekt	3	4	4	5	4	3	4	4	3	2	4	3	4	3	2	4	4	Plantegninger er gode og detaljert, men mangler en del forklarende snitt. Det kunne med fordel vært brukt en del utsnitt fra modell for å forklare. Tekst på tegningene er ikke lett med utenlandsk arbeidskraft.	-1
Formann (F)	>10år	>4 prosjekter	2	3	3	3	3	3	3	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	Skulle ønske det var lettere å finne detaljer og snitt på tegningene	0
Formann (F)	>10år	>4 prosjekter	4	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	4	4	3	3	2	2		2
Formann (F)	>10år	>4 prosjekter	3	2	3	3	4	3	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3		0
Formann (F)	2-5år	1-2 prosjekt	3	3	4	3	3	4	3	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	Ønsker flere snitt (spesielt i fase U2-P2). Lite feil på tegninger (Bra!). Noen revisjoner kommer for tett på produksjonen.	0
Bas	>10år	>4 prosjekter	4	3	3	3	3	3	4	5	4	4	3	3	5	3	3	2	3		1
Bas	>10år	>4 prosjekter	5	5	5	4	5	4	5	4	4	4	3	2	4	2	2	3	4		1
Erfaren fagarbeider (EFA)	>10år	>4 prosjekter	3	4	5	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		0
Erfaren fagarbeider (EFA)	>10år	>4 prosjekter	3	3	5	3	5	3	3	4	3	3	4	3	3	2	2	3	3		0
Erfaren fagarbeider (EFA)	>10år	>4 prosjekter	3	2	4	3	4	3	4	3	4	3	3	2	4	3	3	3	2		1
Erfaren fagarbeider (EFA)	>10år	>4 prosjekter	4	3	3	5	4	3	3	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3		1
Erfaren fagarbeider (EFA)	5-10år	>4 prosjekter	4	2	4	5	5	3	4	5	4	3	3	2	4	3	3	3	3		1
Uerfaren fagarbeider (UFA)	2-5år	2-4 prosjekter	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		0
Uerfaren fagarbeider (UFA)	2-5år	1-2 prosjekt	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3		0
Uerfaren fagarbeider (UFA)	2-5år	1-2 prosjekt	2	4	4	3	2	2	2	2	3	3	2	3	2	2	2	2	2		0
Uerfaren fagarbeider (UFA)	0-2år	2-4 prosjekter	3	2	3	3	2	3	4	3	2	3	3	2	3	2	2	3	3		0
Uerfaren fagarbeider (UFA)	0-2år	2-4 prosjekter	4	5	3	-	4	4	5	3	4	3	3	5	5	5	4	4	3		1
Uerfaren fagarbeider (UFA)	0-2år	1-2 prosjekt	4	2	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		1
Uerfaren fagarbeider (UFA)	0-2år	0 prosjekt	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3		0
Gj.snitt alle respondentene			3,2	2,9	3,5	3,2	3,4	2,8	3,3	3,1	3,1	2,8	2,8	2,6	3,2	2,6	2,4	2,6	2,7		0,4
Gj.snitt DL			3,0	4,0	4,0	5,0	4,0	3,0	4,0	4,0	3,0	2,0	4,0	3,0	4,0	3,0	2,0	4,0	4,0		-1,0
Gj.snitt F			3,0	2,8	3,3	3,0	3,3	3,0	3,3	2,5	3,0	2,3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,3	2,0	2,5		0,5
Gj.snitt bas			4,5	4,0	4,0	3,5	4,0	3,5	4,5	4,5	4,0	4,0	3,0	2,5	4,5	2,5	2,5	2,5	3,5		1,0
Gj.snitt EFA og UFA			3,0	2,8	3,4	3,1	3,3	2,6	3,1	2,9	2,9	2,8	2,8	2,6	3,2	2,7	2,5	2,8	2,6		0,4
Gj.snitt EFA			3,4	2,8	4,2	4,2	4,6	3,0	3,4	3,8	3,4	3,2	3,2	2,6	3,6	2,8	2,8	3,0	2,8		0,6
Gj.snitt UFA			3,1	3,1	3,4	3,2	2,9	2,7	3,4	2,7	3,0	3,0	3,0	2,9	3,3	2,9	2,7	3,0	2,9		0,3

Vedlegg VIII: Organisasjonsplan for Ørnen Hotell

