



Virtual Design and Construction

Implementering og effekter

Ola Grindland

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2017

Hovedveileder: Frode Olav Drevland, IBM

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Oppgavens tittel:	Dato: 30.06.17		
Virtual Design and Construction - Implementering og effekter	Antall sider (inkl. bilag): 96		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Ola Grindland			
Faglærer/veileder:			
Frode Drevland			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere:			
Roar Fosse - Skanska Norge AS			

Ekstrakt:

VDC er et rammeverk og et konsept åpent for tolkning, som skal tilrettelegge for tverrfaglig samhandling og optimal kommunikasjon i mellom prosjektets deltakere og interessenter, i prosjektering og produksjon, og hvor byggeprosessen optimaliseres ved hjelp av digitale visualiserings- og modelleringsverktøy, og -metoder for best mulig planlegging, styring, og kontroll av prosjektet, for å på en best mulig måte nå prosjektets og kundens mål. Veidekke og Skanska er to eksempler på norske firmaer som har implementert VDC i sin virksomhet. VDC i Skanska er en samling av flere teknikker, verktøy og metoder som satt i et system, hvor hovedtanken bak hele konseptet tar utgangspunkt i teoriene og prinsippene i fra Lean Construction. Hovedelementene i Skanskas VDC-konsept er The Last Planner System, ICE og BIM. Skanska har vært bevisste på å implementere VDC på en god måte slik at det skal fungere optimalt for dem. I Veidekke benytter de seg av et egenutviklet konsept som heter Involverende Planlegging i Prosjektering (IPP) i tillegg til VDC. IPP baserer seg i stor grad på prosessen mot å nå byggeprosjektets mål, med Lean Construction-filosofi som grunnlag for konseptet. Veidekke anser IPP og VDC som to forskjellige konsepter, men det er ikke noe fast svar på hva forholdet i mellom konseptene er. Det viser seg at IPP og VDC er to konsepter med mange likheter, og at de kan gå sammen som et samlet konsept.

Implementering og bruk av VDC har vist seg å gi flere positive effekter for Skanska. Noen av disse effektene er mindre tidsbruk, økt kontroll, mindre feil i prosjektering og produksjon, bedre HMS og økt konkurransekraft. I tillegg viser det seg at VDC kan sørge for økt verdi i prosjektet, minimere sløsing, og tilrettelegge for prosjekter som gjennomføres ved bruk av en IPD-kontrakt.

Stikkord:

1. Virtual Design and Construction
2. Lean Construction
3. Involverende Planlegging i Prosjektering
4. Implementering

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet våren 2017 ved Institutt for Bygg- og Miljøteknikk under fakultetet for Ingeniørvitenskap ved NTNU, og er avslutningen på et fem år langt masterstudie.

Oppgaven er skrevet i samarbeid med Skanska Norge AS, og ser på deres implementering av konseptet Virtual Design and Construction og hvilke effekter det har gitt.

Bakgrunnen for valg av oppgave er min interesse for nye måter å gjennomføre byggeprosjekter på som oppstod våren 2016 da jeg gjennomførte faget Lean Construction ved NTNU, noe som passet bra i forhold til Skanskas ønske om å undersøke deres eget VDC-konsept.

Jeg vil først og fremst takke min veileder ved Institutt for Bygg- og Miljøteknikk, Frode Drevland, for all akademisk veiledning. Jeg vil også takke Roar Fosse ved Skanska som har fungert som en ekstern veileder. Uten hans engasjement og hjelp ville det ha vært vanskelig å gjennomføre denne oppgaven. Til slutt vil jeg takke alle som har stilt opp på intervjuer, og delt sin kunnskap og sine erfaringer.

Trondheim, 30. Juni 2017

Ola Grindland

Sammendrag

Denne masteroppgaven er skrevet i samarbeid med Skanska Norge AS og har hatt som formål å se på hvordan VDC er implementert i Skanska, og hva effektene av denne implementeringen har vært. I tillegg har oppgaven sett på hvordan Veidekkes konsept "Involverende Planlegging i Prosjektering" (IPP) og VDC henger sammen.

Det er blitt gjennomført et litteraturstudium for å danne et teoretisk grunnlag for oppgaven som består av teori om Lean Construction, VDC, og generell implementeringsteori. Resultatene i fra Skanska og Veidekke er blitt opparbeidet i gjennom intervjuer, observasjonsstudier og dokumentanalyser.

VDC er et rammeverk og et konsept som skal tilrettelegge for optimal tverrfaglig samhandling og kommunikasjon mellom prosjektets deltakere og interessenter. Byggeprosessen optimaliseres ved hjelp av digitale visualiserings-/ modelleringsverktøy og modelleringsmetoder for optimal planlegging, styring og kontroll av prosjektet. På denne måten oppnås prosjektets og kundens mål på en optimal måte. Veidekke og Skanska er to eksempler på norske firmaer som har implementert VDC i sin virksomhet

VDC i Skanska er en samling av flere teknikker, verktøy og metoder som satt i et system, hvor hovedtanken bak hele konseptet tar utgangspunkt i teoriene og prinsippene i fra Lean Construction. Hovedelementene i Skanskas VDC-konsept er The Last Planner System, ICE og BIM. Skanska har vært bevisste på å implementere VDC på en god måte slik at det skal fungere optimalt for dem. Mange av forutsetningene for en vellykket implementering har vært tilstede og Skanska har derfor lyktes i stor grad med innføringen av VDC.

I Veidekke benytter de seg av et egenutviklet konsept som heter Involverende Planlegging i Prosjektering (IPP) i tillegg til VDC. IPP baserer seg i stor grad på prosessen mot å nå byggeprosjektets mål, med Lean Construction-filosofi som grunnlag for konseptet. Veidekke anser IPP og VDC som to forskjellige konsepter, men det er ikke noe fast svar på hva forholdet i mellom konseptene er. Det viser seg at IPP og VDC er to konsepter med mange likheter, og at de kan gå sammen som et samlet konsept. Det er ikke så viktig hva det blir kalt, det viktige er hva konseptet innebærer.

Implementering og bruk av VDC har vist seg å gi flere positive effekter for Skanska. Noen av disse effektene er mindre tidsbruk, økt kontroll, mindre feil i prosjektering og produksjon, bedre HMS og økt konkurransekraft. I tillegg viser det seg at VDC kan sørge for økt verdi i prosjektet, minimere sløsing, og tilrettelegge for prosjekter som gjennomføres ved bruk av en IPD-kontrakt, som er en helt ny måte å gjennomføre byggeprosjekter i Norge på.

Summary

This Master Thesis is written in cooperation with Skanska Norge AS with the main purpose of looking into how VDC is implemented in Skanska and the effects of this implementation. In addition it has been looked into how Veidekke's concept "Involverende Planlegging i Prosjektering" and VDC compare.

To create a theoretical platform for the Thesis, a literature study has been performed on the subjects of Lean Construction, VDC and general implementation theory. The results from Skanska and Veidekke have been obtained through interviews, observation studies and document analysis.

VDC is a framework and a concept meant to facilitate interdisciplinary cooperation and optimal communications between the project members and related parties. To optimize project planning, management and control the building process is optimized using modeling methods, digital visualization- and modeling tools. Doing this, the project- and customer goals are met in the best way possible.

VDC in Skanska is a collection of multiple technics, tools and methods put together in a system where the main purpose behind the concept originates from the theories and principles taken from Lean Construction. The main elements in Skanska's VDC concept are The Last Planner System, ICE and BIM. When implementing VDC, Skanska has been aware to do this in an optimal way to get the best possible outcome. Many of the necessary prerequisites for a successful implementation has been present and because of this Skanska has succeeded implementing VDC.

Veidekke is, in addition to VDC, using an internally developed concept Planlegging i Prosjektering (IPP). IPP is mainly based on the process to reach the building project goal with Lean Construction philosophy as a basis for the concept. Veidekke uses IPP and VDC as two different concepts, but they have not given any answer to what the exact difference is. The two concepts have many similarities and can be used as one common concept. The name of the concept is not important, the content is.

The implementation and use of VDC has given many positive effects for Skanska. Some of these effects are less time consumption, increased control, fewer errors in projecting and production, improved HMS and increased competitive advantage. In addition, VDC increases project value, minimize waste and make the basis for projects to be implemented using an IPD contract, which is a totally new way of implementing building projects in Norway.

Innholdsfortegnelse

Forord	iii
Sammendrag	v
Summary	vii
Figurliste	xi
Tabelliste	xi
Vedlegg	xi
1. Introduksjon	1
1.1 <i>Bakgrunn</i>	1
1.2 <i>Formål</i>	2
1.3 <i>Forskningsspørsmål</i>	2
1.4 <i>Omfang og begrensninger</i>	2
1.5 <i>Oppgavens oppbygging</i>	3
1.6 <i>Forkortelser og definisjoner</i>	3
2. Metode	5
2.1 <i>Kvantitativ og kvalitativ forskningsmetode</i>	5
2.2 <i>Valgt metode for oppgaven</i>	6
2.2.1 <i>Litteraturstudie</i>	6
2.2.2 <i>Intervju</i>	10
2.2.3 <i>Observasjon</i>	11
2.2.4 <i>Dokumentanalyse</i>	11
2.2.5 <i>Forskningsspørsmål</i>	12
2.3 <i>Resultatenes godhet</i>	13
2.3.1 <i>Reliabilitet</i>	13
2.3.2 <i>Validitet</i>	14
2.4 <i>Teorikapittelet</i>	15
2.5 <i>Resultater</i>	15
2.5.1 <i>Veidekke</i>	15
2.5.2 <i>Skanska</i>	15
2.6 <i>Annet</i>	15
3. Teori	17
3.1 <i>Lean Construction</i>	17
3.1.1 <i>Introduksjon og bakgrunn</i>	17
3.1.2 <i>Fra Lean Production til Lean Construction</i>	19
3.1.3 <i>Transformasjon, Flyt og Verdi</i>	20
3.1.4 <i>The Last Planner System</i>	21
3.1.5 <i>Integrated Project Delivery og Target Value Design</i>	23
3.2 <i>Virtual Design and Construction</i>	26
3.2.1 <i>Introduksjon og bakgrunn</i>	26
3.2.2 <i>Produkt, Organisasjon og Prosess</i>	28
3.2.3 <i>Integrated Concurrent Engineering – ICE</i>	29
3.2.4 <i>DEEPAND</i>	30
3.2.5 <i>Målinger</i>	31
3.2.6 <i>Bygningsinformasjonsmodellering – BIM</i>	32
3.3 <i>Implementering</i>	35
3.3.1 <i>Instrumentell og institusjonell implementering</i>	35
3.3.2 <i>De fem elementene for suksessfull implementering</i>	36

4.	Resultater fra Skanska	39
4.1	<i>Generelt om Skanska Norge AS</i>	39
4.2	<i>VDC i Skanska</i>	40
4.2.1	ICE-sesjon	41
4.2.2	Digital byggeplass	44
4.2.3	VDC på Tønsbergprosjektet	45
4.3	<i>Implementering av VDC</i>	48
4.3.1	Foyn-taket	49
4.3.2	Gjønneshagen	50
4.4	<i>Effekter som følge av VDC</i>	51
5.	Resultater fra Veidekke	53
5.1	<i>Generelt om Veidekke</i>	53
5.2	<i>Involverende planlegging</i>	53
5.2.1	Generelt	53
5.2.2	Hovedelementene i Involverende planlegging i prosjektering	54
5.2.3	BIM og ICE	57
5.3	<i>Involverende Planlegging i Prosjektering og VDC</i>	58
6.	Diskusjon og drøfting	59
6.1	<i>Hva er VDC?</i>	59
6.1.1	VDC i følge CIFE	59
6.1.2	VDC i Skanska	60
6.1.3	VDC i Veidekke	62
6.1.4	Likheter mellom Skanskas VDC og Veidekkes IPP	64
6.2	<i>Implementering av VDC i Skanska</i>	65
6.2.1	Instrumentell vs. Institusjonell implementering	65
6.2.2	De fem elementene for suksessfull implementering	66
6.2.3	Vurdering av implementeringen	67
6.3	<i>Effekter som følge av VDC-implementering</i>	68
6.3.1	Resultater	68
6.3.2	VDC maksimerer verdien	69
6.3.3	VDC reduserer sløsing	70
6.3.4	VDC og IPD	71
7.	Konklusjon	73
7.1	<i>Hva er VDC i følge CIFE?</i>	73
7.2	<i>Hva er VDC i Skanska?</i>	73
7.3	<i>Hva er VDC Veidekke?</i>	73
7.4	<i>Hvordan er VDC blitt implementert i Skanska?</i>	74
7.5	<i>Hvor god har implementeringen av VDC vært i Skanska?</i>	74
7.6	<i>Hva er effektene av implementeringen av VDC i Skanska?</i>	74
8.	Videre arbeider	75
	Referanser	77

Figurliste

Figur 1: Produktivitetsindeks for byggebransjen sammenliknet med annen industri (Khazode mfl. 2006)	26
Figur 2: VDC.....	27
Figur 3: ICE-sesjon (Chachere 2009).....	29
Figur 4: 5 elementer for suksessfull implementering (Larson 2003).....	36
Figur 5: Skanskas verdier (skanska.no u.d).....	39
Figur 6: VDC i Skanska (Dæhlie og Fosse 2016)	40
Figur 7: ICE-sesjon (Grindland, 2017)	42
Figur 8: ICE-sesjon (Grindland, 2017)	43
Figur 9: Big Room Tønsbergprosjektet (Grindland 2017).....	47
Figur 10: VDC-nettverket i Skanska (Dæhlie og Fosse 2016).....	48
Figur 11: Hindringsanalyse i involverende planlegging (Veidekke 2013)	54

Tabelliste

Tabell 1: Kvantitativ og kvalitativ metode (Samset 2014).....	5
Tabell 2: Søkemotorer og databaser.	7
Tabell 3: VIKOs TONE-kriterier (ntnu.no u.d).	8
Tabell 4: Intervjuobjekter.....	10
Tabell 5: Forskningsspørsmål og metoder	12
Tabell 6: Sløsing (Drevland 2016c)	18
Tabell 7: Egenskaper ved teamavtalen i IPD (Matthews og Howell 2005).....	24
Tabell 8: Målinger (Kunz og Fischer 2012)	31
Tabell 9: Ulike dimensjoner i BIM	33
Tabell 10: BIM 360 (autodesk.com)	34
Tabell 11: IPD-prinsipper i Tønsbergprosjektet (Tønsbergprosjektet Forprosjektrapport)	46
Tabell 12: Effekter som følge av implementering av VDC i Skanska	51
Tabell 13: Produkt, Organisasjon og Prosess i VDC.....	60
Tabell 14: Skanskas VDC konsept i POP-rammeverket.....	61
Tabell 15: IPP i POP-modellen	62
Tabell 16: Skanskas suksessfaktorer for implementering	67
Tabell 17: Sløsing og VDC	70

Vedlegg

- Vedlegg 1: Intervjuguide – Skanska generell
- Vedlegg 2: Intervjuguide – Skanska prosjekt

1. Introduksjon

Dette kapittelet vil gi en beskrivelse av bakgrunnen for oppgaven, problemstilling, forskningsspørsmål, formål og oppbygging.

1.1 Bakgrunn

I perioden 1964-1998 så man en klar tendens til økning av produktiviteten i industribransjen. Innen bilproduksjon har man eksempelvis sett at man hos enkelte firmaer oppnådde en dobling av produktiviteten, mye på grunn av innføring av Lean-prinsipper. I byggebransjen så man i den samme perioden en stor utvikling av utstyr, maskiner og teknologiske verktøy, som ny IT-teknologi og større og bedre gravemaskiner (Khazode mfl. 2006). Flere av aktørene innen bransjen forbedret derfor produktiviteten sin isolert sett, men når man så på bransjen som helhet sank likevel produktiviteten. Det ble derfor satt et fokus på det å finne en mer integrert tilnærming til byggeprosessen, og samtidig å studere liknende prosesser fra andre industrier der det var oppnådd en økning i produktiviteten. Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) ved Stanford University i USA, var en av de som satte fokus på nettopp dette. De utviklet en integrert modellbasert tilnærming som skulle ta for seg noen av de underliggende årsakene som påvirket produktiviteten i byggebransjen. Denne nye tilnærmingen er det som blir kalt for Virtual Design and Construction (VDC).

VDC har i løpet av de seneste årene også gjort sitt inntog i norsk byggebransje, og flere norske virksomheter benytter seg av konseptet. Noen av de verktøyene og metodene som hører til under VDC-konseptet er blitt benyttet i bransjen en god stund, og er kjente for mange. Dette gjelder blant annet BIM, som de aller fleste i bransjen har hørt om og har et forhold til. Men VDC handler om mye mer enn bruk av BIM, og er et konsept som fokuserer minst like mye på arbeidsprosessene som det gjør på spesifikke verktøy. Dette kan legge til rette for helt nye måter å gjennomføre byggeprosjekter på.

Det er blitt skrevet mye om VDC i USA, både om hva konseptet innebærer, hvilke effekter det kan gi for et byggeprosjekt, og forslag til hvordan det kan implementeres. Derimot finnes det ikke veldig mye litteratur som har sett på implementeringen av VDC i norsk byggebransje og hvilke effekter det har gitt. Denne oppgaven har derfor tatt sikte på å se nærmere på hvordan VDC er blitt implementert i en norsk virksomhet, hva konseptet innebærer hos denne virksomheten, og effektene det har gitt i noen av deres prosjekter.

1.2 Formål

Formålet med denne oppgaven har vært å se på implementeringen av VDC i Skanska, og hvilke effekter det har gitt for Skanska. I tillegg har det vært et delmål å se på tilstanden til VDC i minst en annen norsk bedrift innen byggebransjen. Problemstillingen for oppgaven er derfor som følger:

Hvor god har implementeringen av VDC i Skanska vært, og hva er effektene av en implementering av VDC?

1.3 Forskningsspørsmål

For å besvare problemstillingen er det blitt utarbeidet fem forskningsspørsmål:

1. Hva er VDC i følge CIFE?
2. Hva er VDC i Skanska?
3. Hva er VDC i Veidekke?
4. Hvordan er VDC blitt implementert i Skanska?
5. Hvor god har implementeringen av VDC vært i Skanska?
6. Hva er effektene av en implementering av VDC i Skanska?

1.4 Omfang og begrensninger

Masteroppgaven er skrevet i løpet av våren 2017 og tilsvarer 30 studiepoeng. Oppgaven inneholder en teoretisk del, en resultatdel, og en diskusjons- og konklusjonsdel. Oppgaven er blitt utført av én person.

Undertegnede hadde begrenset med kunnskap om VDC fra før, da det ikke har blitt undervist i dette i gjennom studietiden. Men det ble opparbeidet litt bakgrunnskunnskap om VDC i gjennom fordypningsoppgaven som ble skrevet høsten 2016.

Oppgaven har undersøkt hva VDC er i Skanska, hvordan konseptet har blitt implementert og hvilke effekter det har gitt. I tillegg er det blitt hentet inn resultater fra Veidekke, for å få en annen innfallsvinkel og et annet syn på VDC.

Fra Skanska har det blitt opparbeidet tilstrekkelig med resultater til å kunne vurdere hvordan de har implementert VDC og hvor god implementeringen har vært i tillegg til en diskusjon om hva VDC er i Skanska og effektene av implementeringen. Resultatene fra Veidekke er kun basert på to dokumenter og et intervju på tretti minutter. Det gir grunnlag for en vurdering av å diskutere hvordan VDC tolkes av Veidekke, samt noen av effektene de har opplevd som følge av implementeringen, men det er ikke blitt samlet inn nok informasjon til å vurdere hvor god implementeringen av konseptene i Veidekke har vært.

1.5 Oppgavens oppbygging

Oppgaven er delt inn i åtte kapitler. De to første kapitlene utgjør en introduksjon og en beskrivelse av metode for utføring av oppgaven. Kapittel 3 er teorikapittel som utgjør det teoretiske grunnlaget for resten av oppgaven. I kapittel 4 og 5 blir resultatene som er opparbeidet lagt frem. I kapittel 6 vil resultatene diskuteres på bakgrunn av problemstilling, forskningsspørsmål og det teoretiske grunnlaget. Til slutt vil det bli gitt en konklusjon, samt en anbefaling for videre arbeider.

1.6 Forkortelser og definisjoner

- CIFE – Center for Integrated Facility Engineering
- VDC – Virtual Design and Construction
- IPP – Involverende Planlegging i Prosjektering
- ICE – Integrated Concurrent Engineering
- BIM – Bygningsinformasjonsmodell (Building Information Model)
- LPS – The Last Planner System
- POP – Produkt-Organisasjon-Prosess
- PPU – Prosent Planlagt Utført
- IFC – Industry Foundation Classes

2. Metode

Dette kapitlet vil gi en oversikt og forklaring for hvordan arbeidet med oppgaven er blitt gjennomført. Det vil først bli gitt en kort beskrivelse av to overordnede forskningsmetoder. Deretter vil det bli gitt en begrunnelse for valget av metode, og en forklaring av hvordan metoden er blitt benyttet for nettopp denne oppgaven.

En forskningsmetode er kort fortalt en planmessig framgangsmåte for å nå et mål, eller å tilegne seg ny kunnskap (Dalland 2012). Alle midler som benyttes til dette formålet er en del av verktøykassa med metoder. Veldig grovt kan man skille i mellom to ulike forskningsmetoder; kvantitativ og kvalitativ metode.

2.1 Kvantitativ og kvalitativ forskningsmetode

Kvantitativ metode

Kvantitative metoder befatter seg med tall, og det som er målbart og kvantifiserbart (Holme og Solvang 1997). Metoden har som mål å undersøke en hypotese ved å utføre tester, samt å samle og undersøke ulik data. Disse dataene er statistiske, numeriske, beregningsorienterte eller matematiske.

Kvalitativ metode

Kvalitative metoder brukes når hensikten er å undersøke en idé, en case eller en teori (Holme og Solvang 1997). Dataene opparbeides ved hjelp av blant annet intervjuer, observasjoner, case studier, dokumentanalyser og litteraturstudier. Tabell 1 viser eksempler på forskjellen mellom kvantitativ og kvalitativ metode.

Tabell 1: Kvantitativ og kvalitativ metode (Samset 2014).

Kvantitativ metode	Kvalitativ metode
Tallbasert informasjon	Tekstlig informasjon
Få opplysninger om mange undersøkelsesenheter	Mange opplysninger om få undersøkelsesenheter
Stor grad av etterprøvbarehet	Etterprøvbarehet ofte vanskelig
Stor vekt på presisjon	Stor vekt på relevans
Generalisering og samsvar som mål	Helhetsforståelse som mål
Nødvendig for å dokumentere og skaffe bevis	Nødvendig for å beskrive kontekst og for å kunne tolke og drøfte resultater

2.2 Valgt metode for oppgaven

I denne oppgaven er det blitt benyttet kvalitativ metode som tilnærming til forskningen. Metoden er valgt på bakgrunn av at målet for denne oppgaven er å kartlegge, øke forståelsen for et spesifikt tema, Virtual Design and Construction. For noen av forskningsspørsmålene kunne det i utgangspunktet ha vært hensiktsmessig å benytte kvantitative metoder, for eksempel for å undersøke effektene av en VDC-implementering. Dette kunne ha blitt gjort ved å undersøke et pilotprosjekt som benytter VDC, og se på ulike målinger for å sammenlikne et VDC-prosjekt med et tradisjonelt prosjekt. Grunnen til at det ikke er blitt gjort på denne måten er rett og slett det at det ikke finnes nok av eksisterende materiale og målinger som kan fungere som et grunnlag for sammenlikning. Et annet aspekt som gjør at en kvantitativ metode er uegnet er det at denne oppgaven ikke skal undersøke en på forhånd gitt hypotese, men undersøke et spesielt tema. Oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål besvares derfor best ved å benytte kvalitativ metode.

Et litteraturstudium ble utført for å finne relevant informasjon til bruk i oppgavens teorikapittel. For å skaffe data og informasjon til bruk i oppgavens resultatkapittel, ble følgende metoder benyttet: Intervju, observasjon og dokumentanalyse. Videre kommer en oversikt over alle metodene, men tilhørende beskrivelse av hvordan metodene ble utført i forbindelse med denne oppgaven.

2.2.1 Litteraturstudie

Det å skrive en masteroppgave innebærer blant annet at man tar utgangspunkt i den kunnskap og viten som andre har kommet frem til og som er kjent fra før (Everett og Furseth 2012). Det er viktig å kjenne til så mye som mulig av arbeidene som allerede er blitt utført på det feltet oppgaven omhandler, samt hvordan arbeidet er blitt utført. Det å lese og bearbeide tidligere publisert litteratur vil gi ny og relevant innsikt i oppgavens tema og gir en økt forståelse og oversikt over feltet, noe som vil gjøre det videre arbeidet med oppgaven lettere.

I denne oppgaven er det blitt utført litteraturstudier i forkant av utarbeidelsen av oppgavens teoridel. Deler av litteraturstudiet ble gjennomført høsten 2016 i forbindelse med arbeidet med fordypningsoppgaven. Litteratur er også blitt funnet ved hjelp av referanselistene i tidligere masteroppgaver som har omhandlet samme tema som denne oppgaven, og ved hjelp av tips fra veiledere. Videre kommer en oversikt og beskrivelse for hvordan litteraturstudiet ble gjennomført.

Søkemotorer og databaser

For å finne relevant informasjon med oppgaven ble det benyttet en rekke forskjellige søkemotorer og databaser. Noen av disse var kjent for undertegnede fra før av, mens andre ble tipset om av veiledere. Tabell 2 gir en oversikt over de søkemotorer og databaser som ble benyttet for å finne relevant litteratur for oppgaven.

Tabell 2: Søkemotorer og databaser.

Søkemotor/database	Beskrivelse
Oria	Felles portal for det samlede materialet som finnes ved de fleste norske fag- og forskningsbibliotek (oria.no u.d). Her kan man velge hvilket universitets database man har lyst til å søke i, deriblant NTNU sin. Man kan der finne alt i fra trykte bøker, til master- og doktorgradsavhandlinger innenfor mange ulike fagområder.
Google Scholar	Gratis og fri tilgjengelig søkemotor for akademisk litteratur innenfor alle fagområder (hil.no u.d). Det er viktig å være klar over at den kunne dekker enkelte deler av tilgjengelig vitenskapelig materiale, og at man derfor i hovedsak benytter denne søkemotoren for å finne informasjon som et tillegg til det man finner i fagdatabasene.
Google	Her kan man søke etter alt og ingenting. Ble benyttet for å finne supplerende tilleggsinformasjon om diverse ting, blant annet forskjellige forfattere, forskere og personer.
iglc.net	Hjemmesiden til International Group for Lean Construction. IGLC er et internasjonalt nettverk bestående av forskere og erfarne fagfolk innen fagområdene arkitektur, ingeniørarbeid og konstruksjon, som mener at metodene, utdanningen og forskningen innenfor disse fagområdene må bli fornyet radikalt på grunn av de globale utfordringene verden står ovenfor (iglc.net u.d). Hovedaktiviteten til IGLC er deres årlige konferanse hvor det blir presentert en rekke forskningsartikler relatert til Lean Construction, og da også VDC. Alle disse artiklene kan man finne på iglc.net.
CIFE	CIFE står for Center for Integrated Facility Engineering, og hører til under Stanford University i San Francisco. De har som mål å være et førsteklasses senter for VDC innen arkitektur-, ingeniør- og konstruksjonsprosjekter (cife.stanford.edu u.d).

Søkeord

Søkordene som ble benyttet er blant annet: Lean Construction, Lean, Lean Production, Glenn Ballard, Greg Howell, Lauri Koskela, Virtual Design and Construction, VDC, Integrated Concurrent Engineering, ICE, Martin Fischer, BIM. Grunnen til at det har blitt søkt på forfatternavn er at alle disse er anerkjente innenfor sine henholdsvis Lean Construction og VDC.

Evaluering

Evaluering av litteraturen som ble funnet ble gjort på bakgrunn av VIKOs TONE-kriterier (ntnu.no u.d) Evalueringen går ut på at litteraturen vurderes etter kriteriene listet opp i Tabell 3.

Tabell 3: VIKOs TONE-kriterier (ntnu.no u.d).

Vurdering av kildens:	Forklaring:
Troverdighet	<ul style="list-style-type: none">• Forfatterens kvalifikasjoner (utdanning, stilling, posisjon)• Er forfatteren betraktet som anerkjent og kunnskapsrik på det aktuelle fagfeltet?• Er utgiveren anerkjent?
Objektivitet	<ul style="list-style-type: none">• Er informasjonen balansert eller ensidig?• Er informasjonen i samsvar eller i konflikt med informasjon kjent i fra før?• Interessekonflikter?
Nøyaktighet	<ul style="list-style-type: none">• Når ble kilden publisert og sist revidert?• Er informasjonen oppdatert eller utdatert?• Består informasjonen av fakta eller meningsytringer?• Saklig og konsistent informasjon?• Kan informasjonen bekreftes av minst to andre kilder?
Egnethet	<ul style="list-style-type: none">• Hvilke emneområder dekker kilden?• Er emneområdet relevant for mitt behov?• Er det en vitenskapelig publikasjon som er beregnet på akademikere eller andre kunnskapsrike på fagfeltet, eller er det skrevet for folk uten spesiell kunnskap innen fagområdet?

Analyse

Litteraturen som ble funnet ble analysert ved at undertegnede leste i gjennom den mest relevante litteraturen som ble funnet og sorterte denne etter litteraturens tema. Det meste av litteraturen ble lest i gjennom i sin helhet for at undertegnede skulle få en god oversikt over all teori som skulle benyttes i oppgaven, samt opparbeide seg en god forståelse. Deretter ble informasjonen som ble funnet gjengitt i teorikapitlet med egne ord. Dette for å forsøke å skape et mest mulig helhetlig bilde ved å kombinere informasjonen fra flere uavhengige kilder.

2.2.2 Intervju

Intervjuene utgjør hovedgrunnlaget for denne oppgavens resultatdel. Intervju egner seg godt til bruk i denne oppgaven, da oppgavens tema ikke er så lett definerbart og det er et relativt lite antall personer som sitter med kunnskap på området i Norge. Det er derfor hensiktsmessig å utnytte de personene som sitter inne med kompetanse og erfaringer om VDC.

Intervjuene for oppgaven ble gjennomført både personlig, og over telefon. Alle intervjuene varte i omtrent tretti minutter, med unntak av intervjuet på Gjønneshagen, som varte i litt over én time. Spørsmålene som ble stilt under intervjuene ble stilt på bakgrunn av en på forhånd utarbeidet intervjuguide som ble laget ut i fra oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål. Alle intervjuobjektene hos Skanska ble valgt ut i fra hvilke personer Roar Fosse mente var mest aktuelle, oppgavens tema tatt i betraktning. Intervjuene av personer utenfor Skanska ble avtalt etter direkte forespørsel fra undertegnede. Under intervjuene var det kun undertegnede og intervjuobjektet som var tilstede. Alle intervjuer ble tatt opp og deretter transkribert. En oversikt over intervjuobjektene er vist i Tabell 4. I forkant av intervjuene ble det utarbeidet intervjuguiden som i utgangspunktet skulle benyttes under og styre intervjuene, men det viste seg fort at det beste var å gjennomføre intervjuene på en ganske fri måte hvor intervjuobjektet fikk prate fritt om VDC, og heller benytte intervjuguiden som en huskeliste.

Tabell 4: Intervjuobjekter

Intervjuobjekt	Firma	Stilling	Tilhørighet
Roar Fosse	Skanska	Regional Manager, Lean Construction	Region Oslo
Per Fredrik Kempf	Skanska	Prosjektutvikler	Region Oslo
Stig Berge	Skanska	Anleggsleder	Gjønneshagen
Arnulf Gausereide	Skanska	Prosjektleder	Gjønneshagen
Terje Nyborg Olsen	Skanska	Leder DK Drammen	Region Oslo
Britt Thomassen	Skanska	Prosjekteringsleder	Foyn-taket
Rupert Hanna	Skanska	Prosjekteringsleder	Tønsbergprosjektet
Tom Einertsen	Sykehuset i Vestfold	Prosjektdirektør	Tønsbergprosjektet
Sigmund Aslesen	Veidekke	Sjef for forskning og utvikling	Veidekke

2.2.3 Observasjon

Under arbeidet med oppgaven ble det gjennomført direkte observasjon. Det er flere grunner til at denne metoden ble benyttet under arbeidet med oppgaven. For det første ga det undertegnede en god innføring i hvordan ICE-sesjoner blir gjennomført hos Skanska. En ting er å høre hvordan slike sesjoner foregår av andre, men det blir noe helt annet når man er deltagende selv.

Undertegnede deltok på tre ICE-sesjoner og et Big Room-møte i forbindelse med tre ulike prosjekter hos Skanska. Alt ble gjennomført i løpet av to uker i april 2017. De tre prosjektene var Ensjø Torg, Tønsbergprosjektet og Gullhaug Torg. ICE-sesjonene foregikk på Skanskas hovedkontor på Grønland, på anleggskontoret på Ensjø Torg, og i møtelokalene til Tønsbergprosjektet. Roar Fosse var ICE-fasilitator for alle ICE-sesjonene, og undertegnede kunne derfor stille han spørsmål om gjennomføring og liknende underveis i møtene. Det å observere og delta på disse møtene førte til at undertegnede fikk god innsikt i og forståelse for hvordan slike sesjoner/møter blir gjennomført i praksis.

2.2.4 Dokumentanalyse

Ulike dokumenter ble også benyttet som kilder til resultatkapitlet i oppgaven. Grunnen til dette er at slike dokumenter inneholder supplerende, detaljert informasjon som ikke alltid fremkommer like godt under intervjuer. Slike dokumenter gir ofte letthåndterlig og grunnleggende forklaringer. Når det gjelder resultatene i fra Veidekke, så var dokumentene deres avgjørende for å få brukbare resultater, da det bare ble gjennomført ett kort intervju med en person derfra.

Dokumentene som er blitt benyttet er blant annet presentasjoner, rapporter, brosjyrer og veiledere i fra Skanska og Veidekke. Dokumentene ble sendt til undertegnede i fra henholdsvis Roar Fosse i Skanska, og Sigmund Aslesen i fra Veidekke. Disse dokumentene anses ikke som forskningslitteratur, men de inneholder mye anvendbar informasjon.

Følgende dokumenter er blitt benyttet i oppgavens resultatdel:

- Veileder - Involverende planlegging i prosjektering
- Veileder - Involverende planlegging i produksjon
- Prosjektforslag: VDC i Skanska
- Winning projects and employees with Virtual Design and Construction
- Forprosjektrapport - Tønsbergprosjektet

2.2.5 Forskningsspørsmål

Tabell 5 gir en oversikt over forskningsspørsmålene som skulle besvares i denne oppgaven, og hvilke metoder som er blitt benyttet til hvert av dem.

Tabell 5: Forskningsspørsmål og metoder

Forskningsspørsmål	Metode
1. Hva er VDC i følge CIFE?	<ul style="list-style-type: none">• Litteraturstudier
2. Hva er VDC i Skanska	<ul style="list-style-type: none">• Dokumentanalyser• Intervjuer• Observasjonsstudier
3. Hva er VDC i Veidekke?	<ul style="list-style-type: none">• Dokumentanalyser• Intervjuer
4. Hvordan er VDC blitt implementert i Skanska?	<ul style="list-style-type: none">• Intervjuer• Dokumentanalyser• Observasjonsstudier
5. Hvor god har implementeringen av VDC vært i Skanska?	<ul style="list-style-type: none">• Litteraturstudier• Intervjuer• Dokumentanalyser• Observasjonsstudier
6. Hva er effektene av implementeringen av VDC i Skanska?	<ul style="list-style-type: none">• Dokumentanalyser• Intervjuer• Observasjonsstudier

2.3 Resultatenes godhet

Når man samler inn informasjon er det viktig å være kritisk til informasjonen og hvorvidt den er mulig å anvende, og hvor troverdig og gyldig den er. Det er derfor vanlig å vurdere resultatenes reliabilitet og validitet.

2.3.1 Reliabilitet

Reliabilitet sier noe om hvor pålitelig informasjonen og dataene som innhentes er (Everett og Furseth 2012). Reliabilitet går ut på at man skal kunne benytte samme fremgangsmåte, og oppnå tilnærmet samme svar (Larsen 2012). Det har vist seg å være vanskeligere å oppnå høy reliabilitet ved bruk av kvalitative forskningsmetoder enn ved kvantitative, da dataene ikke er tallfestbare.

Kildene funnet til bruk i oppgavens teoridel anses som meget pålitelige på bakgrunn av kriteriene listet opp i kapittel 2.2.1 om litteraturstudie. Flere av disse kildene er førstehåndskilder, og forfatterne er pionerer innenfor temaene de har skrevet om. Dette gjelder spesielt for CIFEs VDC-teori, og teorien om Lean Construction.

Intervjuenes reliabilitet er ikke like høy som teoriens. Det er fordi at intervjuobjektene kan være veldig subjektive i sin vurdering, og det kan være vanskelig å oppnå nøytralitet i resultatene. Undertegnede oppfattet alle intervjuobjektene som svært positive til henholdsvis VDC og IPP, noe som kan ha fargelagt deres vurderinger. Det at alle intervjuobjektene tilhører Skanska og Veidekke, med unntak av prosjektdirektøren på Tønsbergprosjektet, kan også være med på å senke resultatenes reliabilitet. Det samme gjelder for flere av dokumentene som er blitt benyttet, som alle søker etter å fremstille VDC og IPP på en god måte.

2.3.2 Validitet

Validiteten sier noe om gyldigheten og relevansen til informasjonen i forhold til det man ønsker å finne ut av (Tjora 2012). For å forsøke å sikre at informasjonen er gyldig i forhold til det man vil beskrive, er det to ting man må ta hensyn til (Samset 2014). 1. Velge indikatorer som gir et mest mulig direkte mål, og 2. Benytte flere indikatorer som til sammen gir en god indikasjon på det man ønsker å beskrive. Informasjonen kan være svært pålitelig, men det hjelper dersom den er lite relevant for det man ønsker å finne ut av.

Kildene funnet til bruk i oppgavens teoridel anses som relevante, da de er blitt funnet og valgt ut i fra tittel og innhold. Se kapittel 2.2.1.

Intervjuene anses også som relevante, da det var undertegnede som lagde intervjuguide og holdt intervjuene. Det gav muligheter for å be om utdypning av enkelte temaer, samt det å stille oppfølgingsspørsmål dersom noe var uklart. Hos Skanska ble det intervjuet en rekke forskjellige personer på ulike prosjekter og med ulike roller, noe som kan være med på å sikre høy validitet. Hos Veidekke derimot, ble det kun intervjuet én person, og validiteten til informasjonen kan derfor være lavere.

Dokumentene som er blitt benyttet anses for å være gyldige, da undertegnede selv kunne velge ut den informasjonen som var relevant for oppgavens tema.

2.4 Teorikapittelet

Dette kapittelet presenterer alt av teori som er relevant for oppgaven. Teorien er valgt på bakgrunn av oppgavens tema, problemstilling og forskningsspørsmål, og er skrevet på bakgrunn av tidligere publisert litteratur. Litteraturen er funnet i gjennom et litteraturstudium, beskrevet i kapittel 2. Deler av teorien som er lagt fram er blitt benyttet i Fordypningsoppgaven, skrevet høsten 2016. Følgende emner vil bli presentert: Lean Construction, Virtual Design and Construction og generell teori om implementering.

2.5 Resultater

2.5.1 Veidekke

Resultatene i fra Veidekke er basert på et intervju med Sigmund Aslesen i Veidekke, to dokumenter, og en masteroppgave som omhandler IPP og VDC. Dersom en annen kilde enn dette er blitt benyttet, vil det være oppgitt fortløpende i teksten.

2.5.2 Skanska

Resultatene i fra Skanska er basert på syv intervjuer, direkte observasjon gjort av undertegnede, to presentasjoner, og en forrapport. Dersom en annen kilde en dette er blitt benyttet, vil det være oppgitt fortløpende i teksten.

2.6 Annet

Alle intervjuer og observasjoner gjort hos Skanska i forbindelse med oppgaven foregikk i løpet av to uker i april. Dette følte undertegnede var en veldig god måte å gjøre det på, kontra å dra ned til Oslo og gjøre unna alt av intervjuer og observasjoner i løpet av et par dager. Det ga mulighet for ettertanke og justering av intervjuguidene etter som intervjuene og deltakelse på ulike ICE-sesjoner var spredd utover disse to ukene.

Med unntak av Tønsbergprosjektet, så vil det ikke bli gitt noen beskrivelse av prosjektene, da det ikke anses som relevant for oppgaven. Uavhengig av prosjektet, så er det intervjuobjektens tanker og meninger om VDC generelt, implementeringen og effektene de har opplevd som følge av implementeringen som er interessant.

3. Teori

3.1 Lean Construction

3.1.1 Introduksjon og bakgrunn

Det var Toyota, anført av ingeniøren Taiichi Ohno, som på 50-tallet utviklet ideene bak det vi i dag kjenner som *Lean Production* (Howell 1999). Toyota og Ohno satte fokus på det å skape maksimal verdi for kunden, samtidig som man skulle etterstrebe minimalt med sløsing. Selve begrepet *Lean Production* ble introdusert i boken *The Machine that Changed the World*, første gang utgitt i 1990 (Womack og Jones 2007). Boken baserer seg på funnene som ble gjort under et internasjonalt forskningsprosjekt som tok for seg bilindustriens fremtid (Drevland 2016a). I boken peker forfatterne blant annet på fem kjerneprinsipper for *Lean Production*: (fritt oversatt etter Drevland, 2016)

- Identifiser og definer verdien kunden ønsker
- Identifiser verdistrømmen som fører til den ønskede verdien. Behold de stegene i prosessen som skaper verdi, fjern de som ikke gjør det (sløsing).
- Sørg for at produktet flyter kontinuerlig i gjennom de gjenværende, verdiskapende stegene.
- Etabler pull i mellom de stegene hvor kontinuerlig flyt ikke la seg gjøre.
- Søk kontinuerlig etter perfektjon.

Underkapitlene som følger utdyper noen av disse kjerneprinsippene.

Verdi

Begrepet verdi er tvetydig og komplisert, og det finnes ikke én enkel felles akseptert definisjon (Salvatierra-Garrido, Pasquire, og Miron 2012). Det kan derfor være en utfordring å finne ut av hvordan man kan maksimere verdien for kunden gjennom et byggeprosjekt (Drevland og Lohne 2015). Denne oppgaven vil derfor basere seg på at verdi er som definert i *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*:

“Value can only be defined by the ultimate customer. And it’s only meaningful when expressed in terms of a specific product (a good or a service, and often both at once) which meets the customer’s needs at a specific price at a specific time” (Womack og Jones 2007k).

Dette blir sett på som den originale definisjonen av verdi innen Lean-teori (Drevland 2016b). Definisjonen sier at verdi er det kunden vil ha, og at det kun er meningsfullt dersom verdien er uttrykt som et spesifikt produkt som møter kundens behov til en gitt pris og til en gitt tid.

Sløsing

Innen Lean-teorien er, som nevnt innledningsvis, sløsing et sentralt begrep. Sløsing defineres I boken *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation (Womack og Jones 2003)* som

“Enhver menneskelig aktivitet som krever ressurser, men som ikke tilfører noen form for verdi”

Videre nevner de åtte forskjellige typer sløsing. Tabell 6 gir en oversikt over disse, med en tilhørende kort forklaring for hver type.

Tabell 6: Sløsing (Drevland 2016c)

Sløsing	Forklaring
Transport	Unødvendig forflytning av mennesker, utstyr, eller materialer fra prosess til prosess. Gjelder både administrative og fysiske aktiviteter. Dette kan for eksempel være forflytting av materialer og utstyr på en byggeplass, eller tidkrevende, kompliserte filoverføringer i dataprogrammer under prosjekteringen.
Inventar	Beholdning av materialer som går ut over det øyeblikkelige behovet. Det kan være råmaterialer, påbegynt arbeid, eller ferdigstilt arbeid. Under et byggeprosjekt vil for eksempel materialer som opptar plass på byggeplassen uten å bli brukt, være en slik form for sløsing. Det å ta avgjørelser for tidlig er også en form for sløsing av inventar, da dette kan føre til at ting må gjøres om igjen.
Bevegelse	Unødvendig bevegelse gjort av mennesker eller utstyr, innad i prosesser.
Venting	Unødvendig tid hvor en aktivitet må vente på at den foregående blir ferdigstilt.
Over-prosessering	Arbeid ut over det som faktisk skaper verdi for kunden. Kanskje den typen sløsing som er vanskeligst å oppdage. Et eksempel er overdimensjonering i forhold til hva det faktisk er behov for.
Over-produsering	Produsere tidligere, raskere eller mer enn det det er behov for. Denne formen for sløsing fører også til økt sløsing innen transport og inventar.
Defekter	Feil som fører til omarbeid, reparasjoner eller forkastede produkter. Dette kan for eksempel være feil og utelatelser i prosjekteringen, eller feilaktig gjennomført arbeid under produksjonen.
Ferdigheter	Ikke utnytte ferdigheter, kompetanse og andre ressurser man har tilgjengelig i organisasjonen.

Det er noen som mener at det finnes enda en kategori innen sløsing som bør tas med, en type sløsing som blir kalt for *Making-do* (Koskela 2004). Denne typen sløsing skjer ved en situasjon hvor en arbeidsoppgave blir satt i gang uten tilgang på tilstrekkelig tegnings- og beskrivelsesgrunnlag, noe som ofte forekommer i byggeprosjekter (Drevland 2016c). Det er en uenighet om making-do skal defineres som en type sløsing, eller som en årsak til sløsing. Det som er sikkert er at making-do i hvert fall øker sjansen for å gjøre feil slik at det oppstår defekter.

Som nevnt, så vil et av målene til en organisasjon som driver Lean være å fjerne all form for sløsing. Dette er ikke mulig, i hvert fall ikke med dagens teknologi (Drevland 2016c). Man vil ha en form for sløsing som er nødvendig, den må til for at man skal kunne gjennomføre aktiviteter. For eksempel transport av materialer. Man kan søke etter å gjøre den så effektiv som mulig, men man vil ikke kunne fjerne transporten helt.

Kontinuerlig forbedring

Kaizen, japansk for forbedring, refererer til aktiviteter som kontinuerlig skal forbedre alle funksjoner og involvere alle ansatte i en bedrift (Rolfsen 2014). Dette innebærer å hele tiden søke etter bedre prosesser for den type produksjon bedriften driver med, og forbedre måten bedriften organiserer arbeidsplassen på. Dette er med på å bidra til økt kunde verdi og reduksjon av sløsing.

3.1.2 Fra Lean Production til Lean Construction

Lean Construction ble introdusert i 1992 av Lauri Koskela i rapporten *Application of the New Production Philosophy* (Koskela 1992), som en ny tilnærming til prosjektledelse i byggebransjen og bygger på teorien og prinsippene i fra Lean Production (Rolfsen 2014). Noe av bakgrunnen for at Lean Construction ble introdusert var det Koskela omtalte som velkjente problemer i byggebransjen, blant annet lav produktivitet, dårlig sikkerhet, dårlige arbeidsforhold og lav kvalitet på det som ble levert. Det er særlig *Lean Construction Institute* (LCI) og *International Group of Lean Construction* (IGLC) som har vært blant de fremste og viktigste aktørene under dette arbeidet. Nevnte Koskela har jobbet mye med utviklingen av teori angående produksjonsprosessene i byggeprosjekter. Det er også verdt å nevne professorene Greg Howell og Glenn Ballard, som har stått bak flere av de verktøyene og arbeidsmetodene som benyttes i Lean Construction. Noen av disse vil bli nærmere beskrevet senere i oppgaven.

3.1.3 Transformasjon, Flyt og Verdi

Tradisjonelt sett har byggeprosjekter hatt det man kaller en aktivitetsbasert tilnærming, hvor man sikter på å optimalisere prosjekter ved å ha fokus på hver enkelt aktivitet og optimalisere disse hver for seg (Howell 1999). Prosjektet blir da styrt ved å bryte ned prosjektet i mange deler, putte disse inn i en logisk sekvens, estimere tid og ressurser som kreves for å fullføre hver av disse aktivitetene, og dermed også prosjektet som helhet. Kontroll oppnås ved å overvåke hver enkelt kontrakt og aktivitet opp i mot budsjett og fremdriftsplan. Fokuset ligger på aktivitetene, og ikke på prosjektet som helhet. Koskela mente at man måtte begynne å se på et byggeprosjekt som et helhetlig produksjonssystem. I sin doktorgradsavhandling *An exploration towards production theory and its application to construction* (Koskela 2000), lanserte Koskela TFV-teorien, som er en av de viktigste teoriene når det gjelder å forstå byggeprosjekter som et produksjonssystem (Drevland 2016c).

Transformasjon

Den mest dominerende måten å se på produksjon på, spesielt i byggebransjen (Drevland 2016c). Enkelt forklart så puttes inputs i form av arbeidskraft, maskiner og utstyr, og materialer inn i den ene enden, og transformeres om til output i form av det ferdige produktet, for eksempel en bygning eller en bro. Den totale transformasjonsprosessen kan igjen deles opp i mindre delaktiviteter, og, som forklart overfor, produksjonssystemet optimaliseres ved å optimalisere hver og en av disse delaktivitetene. Dette kalles ofte for suboptimalisering.

Flyt

Det å kun se på produksjonssystemet som en transformasjon er problematisk, da det ikke tar hensyn til hva som skjer i mellom prosessene (Drevland 2016c). Det er her Flyt-prinsippet kommer inn. I mellom delaktivitetene finner vi flyt-aktiviteter, som for eksempel transport, flytting, venting, inspeksjoner. Slike aktiviteter blir i all hovedsak sett på som ikke-verdiskapende aktiviteter, altså sløsing. Flyt-prinsippet går ut på at produksjonen kan optimaliseres ytterligere ved å fjerne eller minimere flyt-aktivitetene.

Verdi

Verdi-prinsippet handler om å ha et helhetlig syn på produksjonssystemet, og ikke som oppdelte aktiviteter (Drevland 2016c). Ved å gjøre det vil man i større grad kunne skape størst mulig verdi for kunde og sluttbruker, da fokuset hele tiden ligger på den endelige leveransen.

3.1.4 The Last Planner System

The Last Planner System er tatt med i teorikapittelet fordi dette brukes både av Veidekke og Skanska som en av elementene i IPP og VDC. Det finnes mange ulike planleggingsmetoder som kan omfavnes av VDC-begrepet, men LPS belyses her da det anses som mest relevant for denne oppgaven.

The Last Planner System (LPS) ble introdusert av Glenn Ballard i 1992, har siden den gang vært under utvikling (Ballard 2000). LPS er et planleggingsystem, et rammeverk, og en arbeidsmetodikk, som har som mål å forbedre planleggingsprosessen og øke gjennomføringspresisjonen i byggeprosjekter. Tanken er at ved å kun gjennomføre aktiviteter og arbeidsoppgaver når alle nødvendige forutsetninger er på plass, vil produktiviteten kunne øke (Seppänen, Ballard, og Pesonen 2010). The Last Planner er personen eller gruppen som har myndighet til å beslutte og avgjøre når en arbeidsoppgave eller aktivitet skal kunne utføres (leanconstruction.org u.d).

Sunne aktiviteter

I rapporten *Management of Production in Construction: A Theoretical View* (Koskela 1999) legger Koskela fram flere prinsipper for et produksjonssystem, som han da også mener er gjeldende for LPS. Ett av prinsippene går ut på at en aktivitet som skal bli utført må være *sunnt* (sound) dersom den skal kunne bli utført. At en aktivitet er sunnt innebærer at alle forutsetninger for at aktiviteten skal kunne utføres er på plass.

Pull

LPS er et såkalt pull-system. Alternativet, og den tradisjonelle metoden i produksjon, er push-teknikk (Ballard 2000). Push innebærer at man etterstreber å dytte input i form av materialer og informasjon inn i en prosess basert på milepælene i hovedfremdriftsplanen. Ved pull vil materialer og informasjon kun få adgang til produksjonssystemet dersom det viser seg at aktiviteten det gjelder er klar for å bli utført. Prosessen med å finne ut om aktiviteten er klar for å bli gjennomført eller ikke, gjøres ved hjelp av en hindringsanalyse.

Hindringsanalyse

En hindring kan defineres som noe som står i veien for at en aktivitet/arbeidsoppgave er utførbar, eller som forklart over, sunnt (Koskela 1999).

1. Det foregående arbeidet må være avsluttet
2. Det skal være nok plass til å utføre arbeidet
3. De ytre omstendighetene må være tilfredsstillende
4. Nødvendig utstyr må være tilgjengelig
5. Komponenter og materialer som trengs for å utføre arbeidet må være tilgjengelig.
6. Mannskap og arbeidskraft
7. Tilstrekkelig informasjon må tilgjengelig

Prosent Planlagt Utført – PPU

Prosent Planlagt utført er et viktig målesystem innen LPS (Ballard 2000). PPU måler påliteligheten til en plan og skal hjelpe til med å avdekke om produksjonen går i henhold til det som er planlagt. PPU beregnes ved å dele antallet utførte aktiviteter på antallet aktiviteter som er planlagt utført. Ved å gjøre dette kan man identifisere aktiviteter som ikke er blitt gjort, eller som ikke er blitt fullført 100% i henhold til planen, finne ut hvorfor, og deretter utføre forbedringer. På denne måten driver man med *kontinuerlig forbedring*. PPU sier noe om i hvilken grad man evner å forutse hva som faktisk vil bli utført.

Aktiviteter planlagt utført	16
Aktiviteter utført	12
PPU	75%

Burde, kan, vil bli

LPS kan forstås som en mekanisme som transformerer hva som *burde* bli gjort til hva som *kan* bli gjort, og på den måten opparbeides et lager av klargjorte aktiviteter (Ballard 2000).

Disse aktivitetene bearbeides videre og ansvarlige forplikter seg etter hvert til å utføre ulike aktiviteter klargjort for arbeid, altså aktiviteter som faktisk *vil bli* utført.

Hovedfremdriftsplan

Hovedfremdriftsplanen er en tradisjonell prosjektplan som bryter ned et prosjekt i omfang, tid og aktiviteter (Rolfen 2014). Den tar for seg hele prosjektet fra start til slutt, baserer seg på kontrakten med kunden, og gir en overordnet oversikt over prosjektets viktigste faser og milepæler (Seppänen, Ballard, og Pesonen 2010). Hovedfremdriftsplanen tar hensyn til byggeprosjekters kompleksitet, og det faktum at det er vanskelig å detaljplanlegge lang tid i forveien, da det i tidligfasen av byggeprosjekter ofte er lite informasjon tilgjengelig. Utarbeides ofte av prosjektleder alene, eventuelt i samarbeid med andre representanter i fra andre viktige aktører. Det er under utarbeidelsen av denne planen man finner ut av hva som *burde* bli gjort.

Faseplan

Tar utgangspunkt i kritiske milepæler og faser fra hovedfremdriftsplanen, og det gjøres tverrfaglig bakoverplanlegging, slik at hver arbeidsoppgave frigjør arbeid for den etterfølgende arbeidsoppgaven, og dermed sikrer milepæloppnåelse (Ballard 2000). Ofte stor detaljeringsgrad og en tidshorison på ned til én uke. Her deltar alle de som er involvert i den aktuelle fasen, noe som er med på å sikre at de deltagende aktørene utvikler forpliktelser overfor oppgavene som skal utføres. I tillegg er det med på å sikre at kvaliteten på planene blir høyere på grunn av all den kompetansen de ulike spesialistene innenfor de forskjellige fagene har. Ved utformingen av faseplaner blir det ofte benyttet Post-it lapper.

Utkvikksplan

Aktiviteter fra hovedfremdriftsplanen eller faseplanen brytes ned til enkle arbeidsoppgaver, som videre blir analysert med tanke på eventuelle hindringer som kan føre til problemer for gjennomføring av aktiviteten (Ballard 2000). Dersom man finner hindringer, vil man forsøke å bestemme hva som må bli gjort for å fjerne hindringene, slik aktiviteten blir sunn, og dermed *kan* gjennomføres. Eksempler på slike hindringer kan være beslutninger som må tas av sentrale personer i prosjektet, forskjellige typer materialer som ikke er blitt bestilt som planlagt, foregående arbeider som ikke er ferdigstilt, plantegninger som ikke er ferdige, osv. Denne analysen gjennomføres i tett samarbeid mellom prosjektleder og involverte fra de ulike fagområdene som bidrar i prosjektet.

Ukeplan

Lages for én uke av gangen av ledere av de forskjellige arbeidsgruppene, Last Planner, og lederne koordinerer planene seg i mellom (Ballard 2000). Ukeplanen skal ha en klar beskrivelse av hva som *vil bli* gjort, og hva slags utstyr og materialer som må være tilgjengelig for at man skal kunne utføre arbeidet. Det er denne planen som viser det som kommer til å bli gjort. Ukeplanen bør også inneholde andre aktiviteter som kan gjøres dersom den opprinnelige planen skulle møte på uforutsette hindringer, og den planlagte aktiviteten ikke blir gjennomført.

3.1.5 Integrated Project Delivery og Target Value Design

Integrated Project Delivery – IPD

IPD er en tilnærming til leveranse av byggeprosjekter som samler mennesker, systemer, prosesser og praksiser for å utnytte kompetansen og kunnskapen til alle deltagende parter, og på den måten sørge for optimal verdi for kunden, redusere sløsing og maksimere effektiviteten i gjennom alle faser i et byggeprosjekt (Matthews og Howell 2005). IPD-prosjekter innebærer stor grad av samarbeid i mellom kunden, rådgivende ingeniører, arkitekt, og entreprenør helt i fra prosjektets tidlige faser og frem til overlevering og bruk.

I IPD er det spesielt to prinsipper som definerer forholdet mellom kunden og teamet (arkitekt, Rådgivende ingeniører, og entreprenør), og forholdet innad i teamet. Disse to prinsippene kalles for hovedkontrakten (main contract) og teammedlemavtalen (Team Member Agreement).

Hovedkontrakten er én enkelt kontrakt som binder hele teamet til kunden og definerer prosjektets omfang, fremdriftsplan og kostnader (Matthews og Howell 2005). Alle i teamet er da ansvarlige for at alle bestemmelser fastsatt i kontrakten blir overholdt.

Teammedlemavtalen går ut på at hvert av medlemmene i teamet inngår en innbyrdes avtale med hverandre, hvor de alle forplikter seg til å gjennomføre og levere prosjektet i henhold til de betingelser som er fastsatt i kontrakten med kunden (Matthews og Howell 2005). Alle de involverte er ansvarlige for, og deler, kostnader og risiko. De deler også profitten som prosjektet genererer. I hvor stor grad hvert enkelt team-medlem er ansvarlig for risiko og kostnad, og hvor mye av profitten de har krav på, bestemmes ut i fra en på forhånd fastsatt formel, som baserer seg på graden av deltakelse i prosjektet. Avtalen forklarer teammedlemmenes roller, rettigheter, forpliktelser og ansvar. Avtalen danner en midlertidig, virtuell organisasjon som skal realisere og gjennomføre et spesifikt prosjekt. Alle deltakernes interesser og bidrag til prosjektet er synlig for alle. For at avtalen skal kunne fungere optimalt er det viktig at deltakerne kan stole fullt og helt på hverandre, og de må forplikte seg fullt og helt til å arbeide sammen som et team med felles mål. En slik avtale egner seg godt for komplekse og usikre prosjekter, da et godt integrert team vil inneha stor grad av fleksibilitet og kreativitet. Avtalen krever nøye planlegging og en høy grad av teambuilding. Dette bør skje så tidlig som mulig i prosjektet, helst i konseptfasen, da en slik prosess kan være kostbar. Dette er spesielt dersom deltakerne har liten erfaring fra før med å gjennomføre prosjekter på denne måten. På store prosjekter som uansett har store kostnader kan man tillate seg å benytte ressurser på å danne et helt nytt team, mens man på mindre prosjekter bør vurdere å sette sammen et team bestående av aktører som har erfaring med IPD og hverandre fra før. Teamavtaler er ikke helt låste i form og innhold, og kan variere fra prosjekt til prosjekt, men det er likevel enkelte faste egenskaper ved avtalen. Disse egenskapene er oppsummert i Tabell 7.

Tabell 7: Egenskaper ved teamavtalen i IPD (Matthews og Howell 2005).

Egenskaper ved teamavtalen i IPD
Teammedlemmene er bundet sammen i én enkelt kontrakt
Avtalen lager en midlertidig organisasjon
Avgjørelser tas på bakgrunn av enighet innad i teamet, og teamet skal hele tiden søke etter løsninger som er best for prosjektet som helhet
Kompensasjon er knyttet til prosjektets suksess, ikke individuell suksess
Ulike roller gis til den personen eller den deltakeren i teamet som er mest kapabel til å utføre den aktuelle arbeidsoppgaven

Target Value Design – TVD

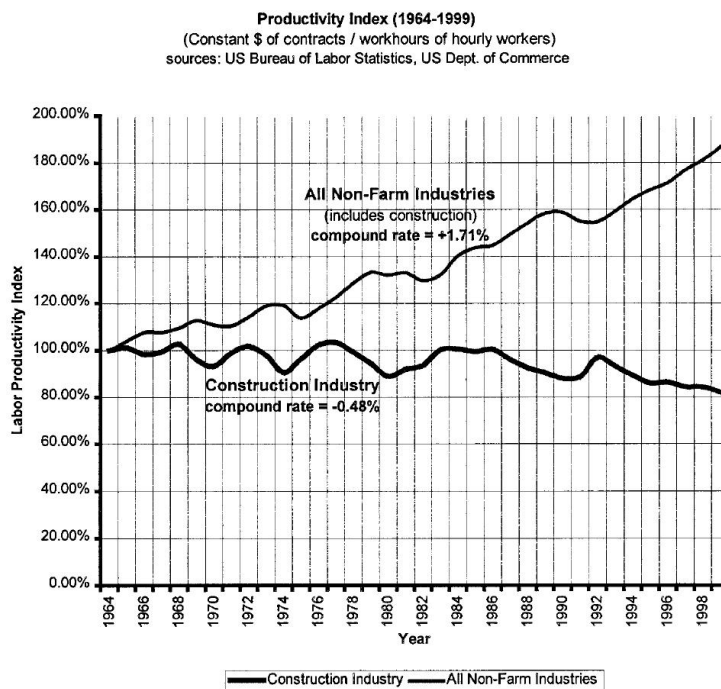
TVD kan forklares ved hjelp av to prinsipper (Zimina, Ballard, og Pasquire 2012). Det første prinsippet går ut på at alle de forskjellige aktørene som er involvert i et prosjekt samarbeider om nå det samme målet, uten at kontraktmessige og organisatoriske forhold setter noen begrensninger for dette samarbeidet. Ved at alle de involverte har et klart felles mål som de alle arbeider samlet for å nå, er sannsynligheten for et vellykket prosjekt mye større enn dersom hver aktør jobber for seg selv med hvert sitt delmål, og hver sin kontrakt med eier. Det andre prinsippet går ut på at alle aktører involvert i prosjektet kommuniserer og deler sine ideer og løsninger med hverandre, uavhengig av hvor i prosessen den aktuelle aktøren normalt befinner seg. Et eksempel på dette er at entreprenør involveres tidlig i prosjekteringsarbeidet og omvendt.

Pain/gain share mechanism har som formål å sørge for at de involverte i prosjektet har motivasjon for å gjennomføre prosjektet på en kostnadseffektiv måte og innenfor gitte rammer, ved at man oppnår økonomisk gevinst dersom prosjektet leveres ved å benytte mindre ressurser enn planlagt, eller må bidra økonomisk dersom kostnadene skulle bli større enn planlagt (Zimina, Ballard, og Pasquire 2012). Dersom prosjektet skal utføres gjennom et samarbeid i mellom flere aktører, vil dette oppmuntre til et godt samarbeid i mellom partene, da det vil øke sjansene for at prosjektet blir gjennomført på en mest mulig effektiv måte, og alle parter vil tjene på dette.

3.2 Virtual Design and Construction

3.2.1 Introduksjon og bakgrunn

I perioden 1964-1998 så man en klar tendens til økning av produktiviteten i industribransjen (Khanzode mfl. 2006). For eksempel innen bilproduksjon, der man hos enkelte firmaer oppnådde en dobling av produktiviteten, blant annet på grunn av innføring av Lean-prinsipper (Womack og Jones 2007).



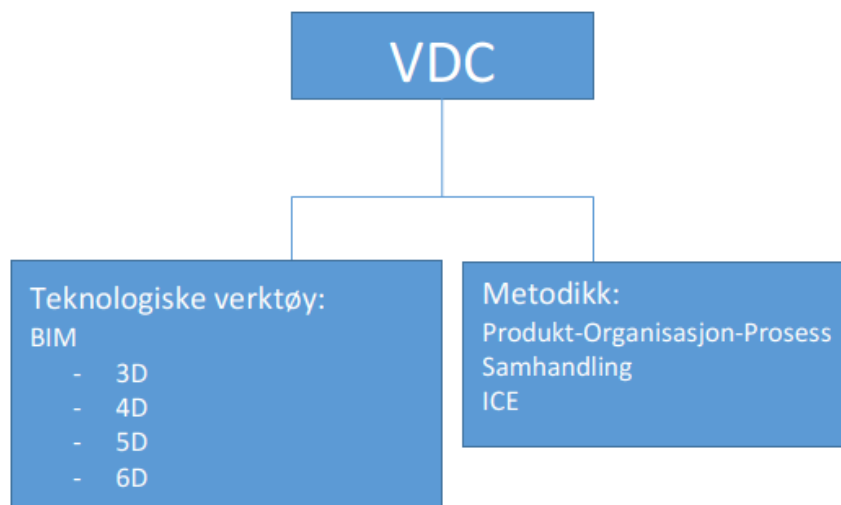
Figur 1: Produktivitetsindeks for byggebransjen sammenliknet med annen industri (Khanzode mfl. 2006)

I den samme perioden var det stor utvikling av utstyr, maskiner og teknologiske verktøy for bruk i byggebransjen (Khanzode mfl. 2006). Dette innebar alt i fra ny IT-teknologi til større og bedre gravemaskiner. Flere av de ulike aktørene innen bransjen forbedret produktiviteten sin isolert sett, men når man så på bransjen som helhet sank likevel produktiviteten. Det ble derfor satt et fokus på det å finne en mer integrert tilnærming til prosessen i et byggeprosjekt, og å studere liknende prosesser i fra andre industrier som hadde ført til økning i produktiviteten. CIFE var en av de som satte fokus på dette. De utviklet en integrert, modellbasert tilnærming som skulle ta tak i noen av de underliggende årsakene som påvirker produktiviteten i byggebransjen. CIFE definerer VDC som, fritt oversatt fra engelsk:

“Bruken av integrerte multidisiplinære modeller til bruk i design, prosjektering og produksjon i byggeprosjekter, inkludert produktet, organiseringen av prosjekterings- og produksjonsteamet, og arbeidsprosessene som kreves for å støtte opp under det å nå prosjektets mål” (Kunz og Fischer 2012).

Modellene er integrerte i den forstand at alle som er involvert i det aktuelle prosjektet har tilgang på den felles informasjonen som ligger i modellen (Kunz og Fischer 2012). Det betyr at dersom det gjøres en endring i én modell, så vil de integrerte modellene kunne synliggjøre og eller/endre aspektene som påvirkes av denne endringen. Modellene er tverrfaglige, og representerer og inkluderer alle de ulike aktørene som er involvert i prosjektet. Det betyr at modellene skal kunne brukes av arkitekter, prosjekterende og alle typer rådgivende ingeniører, entreprenører, underentreprenører, leverandører, eier og bruker. Modellene er prestasjonsmodeller i den forstand at de kan forutse enkelte aspekter av prosjektets fremtidige ytelser, samt vise ytelser sett i forhold til prosjektets fastsatte mål og målsettinger.

Selv om det kan virke som om at VDC baserer seg mye på bruk av forskjellige teknologiske verktøy og dataprogrammer, så er det viktig å få fram at VDC innebærer mye mer enn dette (Olofsson mfl. 2007). VDC må også sees på som en arbeidsmetodikk hvor fokuset ligger i det å maksimere utnyttelsen av de teknologiske verktøyene som er tilgjengelige ved å legge til rette for tverrfaglig samhandling. Det handler like mye om å utvikle arbeidsprosessen og organisasjonen, som det handler om å utvikle det fysiske sluttproduktet. Dette er forsøkt framstilt forenklet i Figur 2.



Figur 2: VDC

VDC kan ses på som et rammeverk bestående av flere verktøy og metoder (Mandujano mfl. 2015). CIFE ser ikke på VDC som et lukket rammeverk hvor man skal benytte spesifikke, faste verktøy, men heller som et konsept som er åpen for bruk av metoder, teori og verktøy som kan hjelpe til med å nå prosjektets mål (Khanzode mfl. 2006).

3.2.2 Produkt, Organisasjon og Proses

CIFE satte seg et bredt mål ved å skape modeller av de aspektene knyttet til et byggeprosjekt som kan styres og kontrolleres (Kunz og Fischer 2012). I følge Kunz og Fischer (2012) kan man kontrollere tre ting i et byggeprosjekt; 1) Produktet som skal designes, prosjekteres og bygges, 2) Organiseringen av de som skal stå for dette arbeidet, og 3) Prosessen bak arbeidet. Dette er bakgrunnen for *POP-modellen*, som er et sentralt hjelpemiddel og utgangspunkt for utvikling av de virtuelle modellene som benyttes innen VDC.

POP-modellen er objekt-orientert i den forstand at hver av de tre modellene har en veldefinert og klar mening for prosjektets involverte aktører og interessenter (Kunz og Fischer 2012). Produkt-modellen definerer de ulike bygningselementene som inngår i prosjektet, som for eksempel tak, vegger og gulv. Organisasjonsmodellen definerer de forskjellige organisatoriske gruppene som inngår i prosjektet, og hvem som skal utføre arbeidet med å designe og fysisk bygge de forskjellige bygningselementene, mens prosessmodellen da definerer ulike aktiviteter, arbeidsoppgaver og milepæler som må nås for å få til dette.

Det kan defineres to typer POP-modeller, en generell modell og en spesifikk modell (Kunz og Fischer 2012). Den generelle modeller definerer det grunnleggende og delte vokabularet for prosjektets aktører og interessenter i starten av prosjektet. Bjelke (produkt), prosjekteringsteam (organisasjon) og aktivitet (prosess) er typiske eksempler på dette. Ved å fastsette et slikt felles vokabular legges det til rette for god kommunikasjon i mellom prosjektets involverte. Den spesifikke modellen gir, i motsetning til den generelle modellen, detaljert informasjon om det som beskrives. Den spesifiserer vokabularet i fra den generelle modellen ved å for eksempel navngi de forskjellige prosjekteringsteamene, eller å oppgi dimensjoner på ulike bygningselementer.

POP-modellen benytter og deler kun den informasjonen som er felles og som skal deles i mellom de ulike modellene som benyttes i prosjektet (Kunz og Fischer 2012). Det vil si at POP-modellen ikke nødvendigvis benytter seg av all informasjon tilgjengelig i de individuelle modellene. Formålet med POP-modellen er å definere de elementene som er delt på tvers av de individuelle modellene, og dermed hjelpe de involverte aktørene i å sikre at produkt-, organisasjon- og prosessspesifikasjonene er passende beskrevet, og at de stemmer overens med hverandre. Produktmodellen definerer en bygningsdel som skal designes, prosjekteres og deretter bygges, organisasjonsmodellen definerer hvilke arbeidsgrupper som har ansvaret for prosjekteringen og byggingen av bygningsdelen, mens prosessmodellen definerer hvilke aktiviteter og oppgaver som må til og hvilke milepæler som må nås for at bygningsdelen skal ferdigstilles.

3.2.3 Integrated Concurrent Engineering – ICE

Utgangspunktet for ICE ble utviklet av NASAs Jet Propulsion Laboratory (JPL) i 1996, og de har siden den gang benyttet det i sin prosjektering av romferdsoppdrag (Chachere 2009). Ved å benytte ICE prosjekterte NASA romferdsoppdrag på en kortere tid, til en lavere kostnad, og til en bedre kvalitet, enn hva de gjorde ved tradisjonell prosjektering. Figur 3 viser et eksempel på et ICE-sesjon hos NASA.



Figur 3: ICE-sesjon (Chachere 2009)

Prosjekteringen innen henholdsvis romfartsoppdrag og byggeprosjekter er forskjellig på mange områder, men de har begge til felles at de benytter en prosjektbasert tilnærming til å utvikle sine produkter, og at prosjektene involverer stor grad av samarbeid mellom en rekke forskjellige fagområder og aktører (Chachere 2009). Byggeprosjekter er komplekse, og det er ofte mange ulike aktører og interessenter involvert (Eikeland 1999). Arkitekten, de rådgivende ingeniørene, entreprenør og leverandør har alle ulike arbeidsoppgaver, mål og perspektiver for prosjektet (Kunz og Fischer 2012). Dette, i tillegg til ulik kultur, vokabular, erfaring, og det at de kanskje ikke har arbeidet sammen tidligere, kan gjøre det vanskelig å få til en effektiv samhandling mellom aktørene. CIFE observerte derfor JPLs metode, og implementerte ICE i sin VDC-metodikk. Man så at ICE fungerte godt som et supplement og støttegrunnlag for å lære og benytte de forskjellige metodikker og verktøy innen VDC.

Noe av det CIFE tok i fra JPLs metode var det å danne et interaktivt miljø med bruk av flere store touchskjermer (Kunz og Fischer 2012). Dette er med på å legge til rette for at de ulike fagfeltene skal kunne gi en god beskrivelse og forklaring av sitt arbeid og sine modeller. På den måten får alle de involverte økt forståelse for hverandres fagfelt, og dermed også prosjektet som helhet.

Gjennom ICE søkes det etter å fjerne de fleste ikke-verdiskapende avsporinger, slik at de involverte kan fokusere fullt og helt på de aktivitetene som faktisk er viktige og som tilfører prosjektet verdi (Kunz og Fischer 2012). Dette gjelder blant annet det å tydeliggjøre hvilke mål man faktisk har for prosjektet, hvilke metoder man skal benytte, samt hvilket vokabular som skal brukes. Når de ikke-verdiskapende aktivitetene er fjernet, vil tilgangen på teknologi, metoder og ferdigheter føre til at man vil kunne utføre svært rask prosjektering og analyse. Prosjekteringsteamet oppnår da en svært kort ventetid når det gjelder avgjørelser som skal tas, sett i forhold til tradisjonell praksis.

3.2.4 DEEPAND

DEEPAND er et rammeverk og en metode som skal hjelpe til med å analysere hvor effektive møtene mellom de ulike involverte i prosjektet er (Khanzode mfl. 2006). DEEPAND står for: **D**escription (beskrivelse) – **E**xplanation (forklaring) – **E**valuation (evaluering) – **P**rediction (forutsigelse) – **A**lternative formulation (alternativ formulering) – **N**egotiation (forhandling) – **D**ecision (beslutning). Metoden fungerer slik at man klassifiserer hvert møte som blir holdt i forbindelse med prosjektet som et av de syv alternativene nevnt. Formålet er da at møtene skal bevege seg fra å bruke tid på beskrivelser og forklaringer, til mer verdiskapende, evaluerende og forutsigende aktiviteter. Dette gjøres ved å benytte forskjellige VDC-verktøy og –teknikker, som er med på å gjøre det å dele informasjon møtedeltakerne i mellom lettere.

3.2.5 Målinger

En viktig del av VDC er å utføre målinger for å kunne evaluere prosessene i prosjektet, og på den måten styre prosjektet mot de på forhånd fastsatte prosjektmålene, samt å vurdere bruk av VDC i forhold til tidligere benyttet praksis i prosjekter (Khanzode mfl. 2006).

Ventetid på avgjørelser, møteeffektivitet, ventetid på svar, RFI, antall omarbeider, PPU og QTO er typiske eksempler på slike målinger. Tabell 8 gir en oversikt over ulike målinger som kan benyttes.

Tabell 8: Målinger (Kunz og Fischer 2012)

Måling	Beskrivelse
Ventetid før avgjørelse blir tatt	Tiden fra det foreligger tilstrekkelig informasjon til at en avgjørelse kan tas, til det øyeblikk den faktisk blir tatt og offentliggjort.
Møteeffektivitet	Andel av interessenter som rapporterer at de har deltatt på møter på en meningsfull måte, og som mener at de har nytte av å delta på møtet.
Møteeffektivitet	Andel av møteaktiviteter som omhandler verdiskapende aktiviteter i forhold til ikke-verdiskapende aktiviteter.
Involvering av interessenter	I hvor stor grad relevante interessenter har deltatt i vurdering og godkjenning av viktige arbeidsoppgaver som skal gjennomføres.
Detaljeringsgrad på kostnader	Andel av prosjektet som har en faktisk kostnad innenfor 2% av budsjettet kostnad.
Omarbeider	Andel arbeid som må gjøres på nytt på grunn av uforutsette forhold.
Passende møteagenda:	Andel av møteagenda som har akseptable emner for majoriteten av møtedeltakerne.
Modell-koordinering	Andel av modeller/tegninger som dekker flere fagfelt, som inneholder konflikter, kræsjer eller ikke-sammenhengende løsninger ved et av prosjektets store milepæler.
Sikkerhet	Antall rapporterte ulykker og nesten-ulykker.
Kundetilfredshet	Rapportert kundetilfredshet på en skala fra 1 (lav) til 5 (høy)
Visualisering	Antall ganger interessenter rapporterer at ting ble gjort klarere, samt tilgjengelighet av analyser vedrørende produkt, organisasjon og prosess.
Prosent Planlagt Utført (PPU)	Antall planlagte aktiviteter utført, dividert på antall planlagte aktiviteter

3.2.6 Bygningsinformasjonsmodellering – BIM

Bygningsinformasjonsmodellering, BIM, er en digital plattform hvor man kan skape virtuelle modeller av bygninger og konstruksjoner, og hvor man igjen kan knytte ulik informasjon til modellene (Tjell 2010).

Tradisjonelt sett har det i byggebransjen blitt benyttet en prosjekteringsprosess hvor kommunikasjon og utveksling av informasjon har foregått ved at hver av aktørene har lagt til informasjon på byggetegningene etter tur (Tjell 2010). Dersom for eksempel eier kom med en idé så måtte denne ideen gå i gjennom en rekke fagfelt før den kom frem til entreprenøren. Dette tok lang tid, og førte ofte til misforståelser og konflikter i mellom aktørene. Dette var noen av bakgrunnen for at Professor Chuck Eastman på 1970-tallet introduserte et nytt konsept til byggebransjen. Eastman beskrev et system på følgende måte, fritt oversatt fra engelsk:

Enhver endring må kunne gjøre én gang for at alle fremtidige tegninger skal oppdatere seg. Alle tegninger med utgangspunkt i det samme arrangement av elementer vil automatisk være konsistente (C. M. Eastman 1975).

Eastman kalte dette konseptet for *Design Description System*, og det utgjør utgangspunktet for det vi dag kjenner som BIM.

Informasjon

Utgangspunktet for BIMen er en 3D-modell av produktet, bygget, som skal bygges (Moen og Moland 2010). Denne tidlige modellen utarbeides ofte av arkitekten, og inneholder informasjon om blant annet areal og volum på ulike rom, romnavn, romnummer, og informasjon om vegger, tak, dører osv. De rådgivende ingeniørene kan videre utarbeide modeller innenfor sine respektive fagfelt, før alle modellene til slutt settes sammen og utgjør en fullstendig og komplett 3D-modell av det som skal bygges. Ved hjelp av tilgang på nødvendig informasjon skal modellen gjøre det mulig å kontrollere for kollisjoner i mellom de ulike fagfeltene så tidlig som mulig. Modellen skal også kunne benyttes til å utføre mengdeberegninger, beregning av bygge- og livssyklus-kostnader, energibruk, innkjøpsmengder, samt gjøre det lettere å drive planlegging av byggeprosjektets logistikk.

Automatisk konsistent

BIMen skal være automatisk konsistent (Eastman mfl. 2011). Dette innebærer at dersom det gjøres en endring i modellen, så skal modellen automatisk tilpasse de objektene i modellen som påvirkes av denne endringen. Det skal ikke måtte være nødvendig å gå inn manuelt og endre disse. Dersom man for eksempel endrer dimensjonen på et objekt, skal programmet automatisk endre de tilknyttede objektene, slik at de blir sammenhengende og passer overens.

I tillegg til at BIMen består av en 3D-modell av selve bygget som skal bygges, så finnes det også muligheter for at den skal kunne fasilitere for det som betegnes som 4D-, 5D-, og 6D-modeller (Tjell 2010). Under følger en oversikt over disse modellene, og hva de innebærer.

- 3D-modellen er en virtuell kopi av produktet som skal bygges (Tjell 2010).
- 4D-modellen lages ved å linke sammen 3D-modellen med aktiviteter fra prosjektets fremdriftsplan (Woksepp 2001). Man vil da kunne få en god oversikt over hvor og når de forskjellige arbeidsoppgavene skal gjennomføres. Prosjektdeltakerne kan på den måten effektivt analysere og visualisere planlagt eller faktisk status for prosjektet for hvilken som helst dag, uke eller måned i prosjektet. Dette gjør at man raskt kan få oversikt over eventuelle tids- og plasskonflikter i mellom prosjektets ulike aktiviteter. En slik modell vil også gjøre det enklere for interessenter uten bakgrunn fra byggebransjen å forstå prosjektet som helhet. Det vil være lettere å forstå en 3D-modell av bygget kombinert med fremdriftsplanen, framfor å se på 2D-tegninger og Gantt-diagrammer hver for seg. Figur 6 viser et eksempel på en 4D-modell med bygningselementer og tilhørende arbeidsområder.
- 5D-modellen knytter sammen 3D-modellen med tid, rom og kostnad (Tjell 2010). Den gir oss informasjon om kostnaden det medfører å produsere en bestemt del av bygget til en bestemt tid, på et bestemt sted. På den måten kan prosjektets totale kostnad bestemmes basert på materialkostnader, arbeidskostnader, transportkostnader osv.
- 6D-modellen tar i tillegg inn livssyklus kostnader, FDV-kostnader og bygningens påvirkning på miljøet (Tjell 2010).

Tabell 9: Ulike dimensjoner i BIM

Modell	Beskrivelse
3D	Objektbasert modell
4D	3D-modell + tid og rom+
5D	3D-modell + 4D-modell + kostnader
6D	5D-modell + miljøpåvirkning, livssyklus kostnad

Industry Foundation Classes – IFC

Industry Foundation Classes (IFC) er et filformat som skal fasilitere for at de ulike fagene involvert i et byggeprosjekt kan utveksle sine modeller i mellom hverandre, uavhengig av hvilken programvare de benytter (buildingsmart.no u.d).

Autodesk® BIM 360™

Autodesk® BIM 360™ består av en rekke applikasjoner og verktøy til bruk for styring og kontroll av et byggeprosjekt (autodesk.com u.d). Alle applikasjonene baseres blant annet på mobilteknologi og skybasert lagring (for eksempel iCloud), og kan benyttes på blant annet iPader. Dette skal legge til rette for økt kontroll og samarbeid i mellom prosjektdeltakerne. BIM 360 består av flere ulike applikasjoner til bruk i ulike prosesser i byggeprosjektet og hele prosjektteamet kan gis tilgang til informasjonen som ligger i applikasjonene. En oversikt over noen av disse applikasjonene er vist i Tabell 10.

Tabell 10: BIM 360 (autodesk.com)

BIM 360	Beskrivelse
Field	Til bruk ute på byggeplassen. Skal gi oversikt over hvordan prosjektet ligger an i forhold til planlagte oppgaver og aktiviteter. Mulighet for kontroll og utfylling av sjekklister, rapportering av avvik i forhold til planen osv.
Docs	Legger til rette for administrering av alle dokumenter, planer og modeller knyttet til prosjektet.
Glue	Gir brukeren tilgang til oppdaterte prosjektmodeller og data i fra hele byggeprosjektets livssyklus.
Plan	Legger til rette for planlegging, utføring av målinger, PPU osv.

3.3 Implementering

3.3.1 Instrumentell og institusjonell implementering

I boken *Lean blir norsk – Lean i den norske samarbeidsmodellen* av Monica Rolfsen (2014), fokuseres det på to sentrale forståelser for implementering, *institusjonell og instrumentell* implementering. I boken gis det flere eksempler på Lean-implementering hos forskjellige organisasjoner, innenfor forskjellige bransjer. Det blir lagt vekt på at det er de organisasjonene som har en institusjonell forståelse av implementeringen som lykkes best.

Instrumentell implementering

En instrumentell forståelse innebærer blant annet at det lages en hierarkisk struktur som benyttes i implementeringen (Rolfsen 2014). Det vil vi si at implementeringen av det nye verktøyet/metoden gjøres som et initiativ fra toppledelsen i organisasjonen, det er de som har bestemt hva som er relevant og nyttig for organisasjonen, og det er de som har det meste av kontrollen over implementeringsprosessen. De ansatte på lavere nivåer i organisasjonen har liten eller ingen innvirkning på de forandringene som gjøres ved implementeringen, og at det er stor grad av enveis-kommunikasjon. Forståelsen går ut på at man rett og slett kopierer konkrete ideer, verktøy og metoder, og forsøker å “dytte” disse inn i sin organisasjon.

Institusjonell implementering

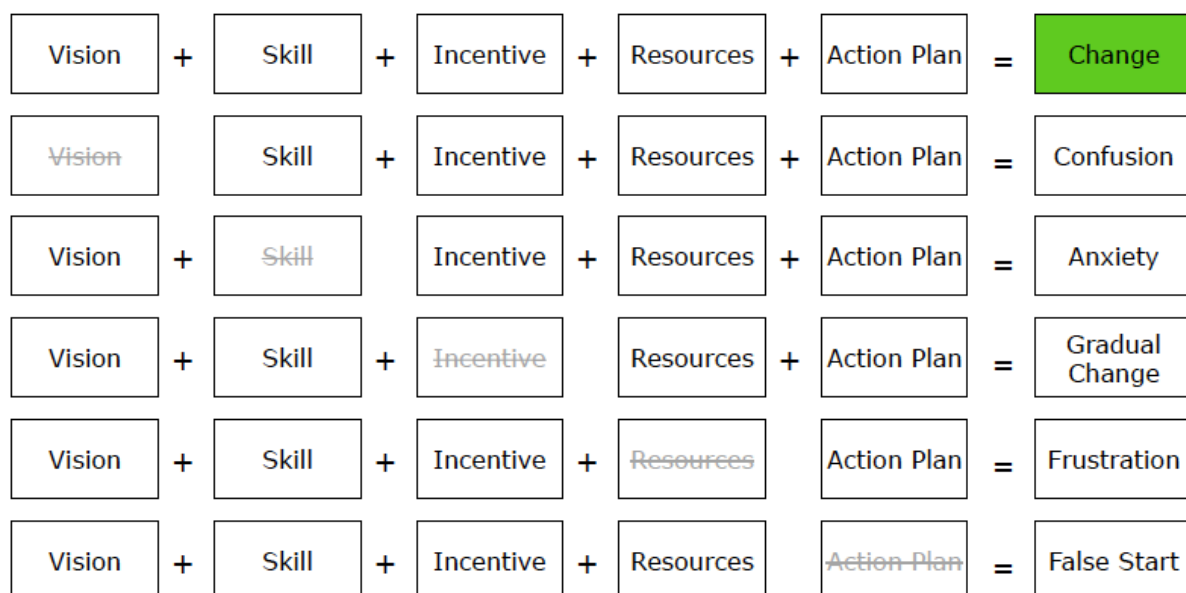
Den institusjonelle forståelsen går ut på at men ikke ser på implementeringen som en kopiering av en idé, et verktøy eller en metode, men som en egen, personlig oversettelse av en idé, som er blitt tilpasset organisasjonen den skal implementeres i (Rolfsen 2014). Ved en institusjonell forståelse vil det også være en mye større grad av involvering av ansatte på alle nivåer i organisasjonen, da de blir sett på som en viktig ressurs når det gjelder kunnskap og ideer. Ledelsen vil i liten grad forsøke å skape en ny kultur på grunn av det som skal implementeres, de vil heller forsøke å tilpasse ideene til den organisasjonskulturen som allerede eksisterer.

Tabell 10 : Instrumentell og institusjonell implementering (Rolfsen 2014).

Instrumentell forståelse	Institusjonell forståelse
Organisasjoner som robuste enheter	Organisasjoner som kontekster påvirket av sine lokale omgivelser
Implementering som innføring eller overføring fra en organisasjon til en annen	Implementering som oversettelse fra en organisatorisk kontekst til en annen
Logikk og rasjonalitet som primær utfordring for implementering	Kultur og normativitet som primære utfordringer for implementering
Best forståelse av verktøyet/metoden som skal implementeres som suksesskriterium	Grad av institusjonalisering som suksesskriterium
Toppleidelse som styringsenhet	Oversettere (ledelse, ansatte, konsulenter) som styringsenhet
Lean som et sett av verktøy for metoder for forbedring	Lean som forbedringskultur

3.3.2 De fem elementene for suksessfull implementering

I boken *Demystifying Six Sigma: A Company-Wide Approach to Continuous Improvement* av Alan Larson (2003), legges det frem fem elementer som må være på plass for at man skal kunne få gjennomført en kompleks endring i en organisasjon. En implementering av en ny idé, ett nytt verktøy eller en ny metode vil innebefatte en slik kompleks endring i organisasjonen, og de fem elementene vil derfor også være relevante for dette. De fem elementene er visjon, ferdigheter, incentiver, ressurser og en handlingsplan.



Figur 4: 5 elementer for suksessfull implementering (Larson 2003)

Visjon

En tidlig etablering av organisasjonens visjon for den kommende endringen skaper et rammeverk som innebefatter hvilke mål som må nås for å oppfylle visjonen, samt en overordnet strategi for hvordan man skal nå disse målene (Larson 2003). Man sørger da for at alle de som er involvert i endringsprosessen har en klar formening om hva man ønsker å oppnå, og hvordan man skal oppnå dette.

Dersom man ikke har en visjon for endringen man vil gjennomføre i organisasjonen, vil det oppstå forvirring (Atkinson 2015). Vet ingen hva det er man ønsker å oppnå ved å gjennomføre endringen, og hvordan man skal gjøre dette, vil de kunne gjøre seg opp egne, feilaktige oppfatninger for hvorfor endringen skal gjennomføres. Ofte når det blir annonsert at det skal gjennomføres endringer i en organisasjon, vil de involverte stille et enkelt spørsmål: Hvorfor? Det er da svært viktig å ha et godt svar på dette spørsmålet. Har man en klar visjon vil det være enkelt å svare på dette spørsmålet.

Ferdigheter

Ved en organisatorisk endring vil det skje en endring i organisasjonskulturen, noe som krever en endring i vaner (Atkinson 2015). Dersom gitt muligheten, vil folk flest alltid gå tilbake til gammel vane. En måte å unngå dette på er å sørge for at de det angår har opparbeidet seg tilstrekkelig med ferdigheter til å kunne utføre arbeidet i det nye jobbmiljøet som oppstår etter endringen. Frykten for noe nytt og ukjent er ofte en hindring for endring, og det å sørge for at folk har muligheten til å opparbeide seg de nye ferdighetene som kreves vil være med på å minske denne frykten.

Insentiver

Et vanlig spørsmål fra de som påvirkes av endringer som blir gjort i en organisasjon er: "Hvilke fordeler gir det meg?" Svaret på dette spørsmålet bør ikke være incentiver i form av økt lønn, mer fritid eller pizza hver fredag osv., incentivene bør være mer dyptgående og omfattende enn det (Atkinson 2015). Den typen incentiver som behøves for å få til en organisatorisk endring, er de som direkte påvirker arbeidet. Dersom de ansatte oppfatter at endringen fører til at det blir vanskeligere å utføre jobben sin, så vil det kunne oppstå økt motstand, frustrasjon og angst i forhold til endringen. Men dersom de ansatte oppfatter at endringen fører til at de kan utføre sitt arbeid på en enklere og bedre måte enn de gjorde tidligere, er sannsynligheten mye større for at de ønsker endringen velkommen. Det å gjøre det daglige arbeidet lettere og bedre er ofte det beste incentivet for endring.

Ressurser

Ressurser inkluderer alt og alle som behøves for å oppnå den ønskede endringen (Atkinson 2015). Dersom man ikke har tilgang på det riktige verktøyet samt tilstrekkelig med penger, tid, informasjon og personell, vil det oppstå frustrasjon. For å kunne oppnå den ønskede endringen er det viktig at man tidlig i planleggingsprosessen finner ut av og gjør tilgjengelig den mengden ressurser som trengs for å få dette til. Dersom dette ikke er på plass før man iverksetter endringsprosessen, vil det være vanskelig å klare å opprettholde det momentet som behøves for en suksessfull endring. Det er viktig at lederen av endringsprosessen har god kontroll på hva organisasjonens visjon for endringen er, slik at man unngår at ressursbehovet blir mye større enn antatt. Dersom han/hun ikke har kontroll på visjonen for endringen vil det kunne oppstå stor frustrasjon, og man vil kunne måtte øke incentivene og endre den opprinnelige visjonen. Dersom det skjer, har endringen allerede feilet.

Handlingsplan

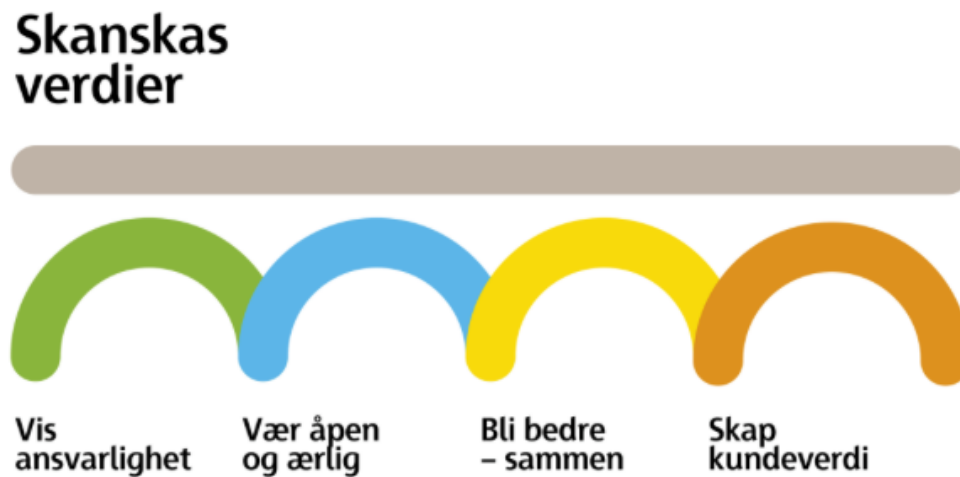
I handlingsplanen skal den opprinnelige visjonen for endringen brytes ned til spesifikke mål og målsettinger (Atkinson 2015). Den skal også inneholde en plan for hvordan disse målene skal nås og hvem som er ansvarlig for at de blir nådd. En beskrivelse av ønsket resultat på grunn av endringen, og en fremdriftsplan med oversikt over aktiviteter og milepæler vil også være nødvendig.

Dersom man ikke har en handlingsplan for gjennomføring av endringen, vil man kunne oppleve å få en såkalt falsk start. Det vil si at man vil iverksette endringen, raskt miste retning og formål for endringen, og man vil måtte begynne på nytt igjen. Dersom dette skjer gjentatte ganger vil man til slutt feile med å få gjort endringen i organisasjonen.

4. Resultater fra Skanska

4.1 Generelt om Skanska Norge AS

Skanska Norge AS er en av Norges største entreprenør og prosjektutvikler (skanska.no u.d). I Norge har Skanskas virksomhet fire fokusområder, Bygg, Anlegg, Eiendomsutvikling, og Spesialister. Skanska som entreprenør er å finne over hele landet og har som visjon å bygge for et bedre samfunn. De har et sett med kjerneverdier som fundament i alt de gjør. **Feil! Fant ikke referanseilden.**5 viser dette.



Figur 5: Skanskas verdier (skanska.no u.d).

4.2 VDC i Skanska

VDC i Skanska er et helhetlig tankesett for samhandling, planlegging og kontroll i byggeprosjekter, understøttet av en samling av flere teknikker, verktøy, metoder satt i et system. Hovedtanken bak hele begrepet tar utgangspunkt i teoriene og prinsippene i fra Lean Construction, hvor hovedelementene i Skanskas VDC-konsept er The Last Planner System, ICE og BIM, som vist i Figur 6.



Figur 6: VDC i Skanska (Dæhlie og Fosse 2016)

Skanska har drevet med flere av hovedelementene i VDC i flere år og har bred kompetanse innen både BIM og planleggingsmetodikker og forbedringsanalyser fra Lean. VDC i Skanska handler om å benytte seg av disse verktøyene og metodene sammen på en systematisk og helhetlig måte, slik at de utgjør et samlet konsept.

Lean i Skanska har tidligere handlet mye om god planlegging av og effektiv gjennomføring av produksjonsarbeider, og har gått under navnet Trimmet Bygging. De siste årene har Skanska i økende grad benyttet Lean-metodikker lengre oppstrøms i prosjekteringen. BIM har lenge blitt brukt i tidligfase, men har nylig blitt satt mer i system med involverende planlegging og ICE. VDC har blitt i bruk som begrep for videreføring av Trimmet Bygging, spesielt i kombinasjon med de mulighetene som ligger i BIM som verktøy og ICE som møteform.

4.2.1 ICE-sesjon

ICE-sesjonene i Skanska foregår i såkalt Big Room, som er spesielt tilrettelagte møtelokaler på Skankas hovedkontor i Oslo, og i egne riggede møterom i kontorbrakkene ute på prosjektene. Big Room består av én eller flere store touchskjermer, bord og stoler ofte plassert i en hestesko, og de er romslige med veggplass for planer, spørsmålsmatrise, målinger og annen informasjon som måtte være relevant. Deltakere i ICE-sesjonene varierer i forhold til hva behovet er for den enkelte sesjon, men under en økt i prosjekteringsfasen er det typisk deltakere fra følgende aktører:

- Byggherre
- Prosjekteringsleder
- ARK og LARK
- RIB og RIG
- RIE
- RIV
- BIM-koordinator
- Andre rådgivere og spesialister

I tillegg kan også produksjons- og innkjøpsapparat, eksterne brukerrepresentanter og andre aktører i prosjektet innkalles ved behov. Spesielt når ICE-metodikken trekkes videre fra prosjekterings- til produksjonsfase er det behov for koordinering mellom aktører. For eksempel kan ICE brukes for konstruksjonsgjennomgang mellom arkitekt, prosjekteringsledelse og entreprenørens egenproduksjon på tømmerarbeider.

ICE-sesjonene styres og tilrettelegges av en fasilitator som ikke blander seg inn i avgjørelser og beslutninger som blir tatt for selve prosjektet, men fungerer som en tilrettelegger for at møtet går som det skal, og at ting blir gjort etter planen.

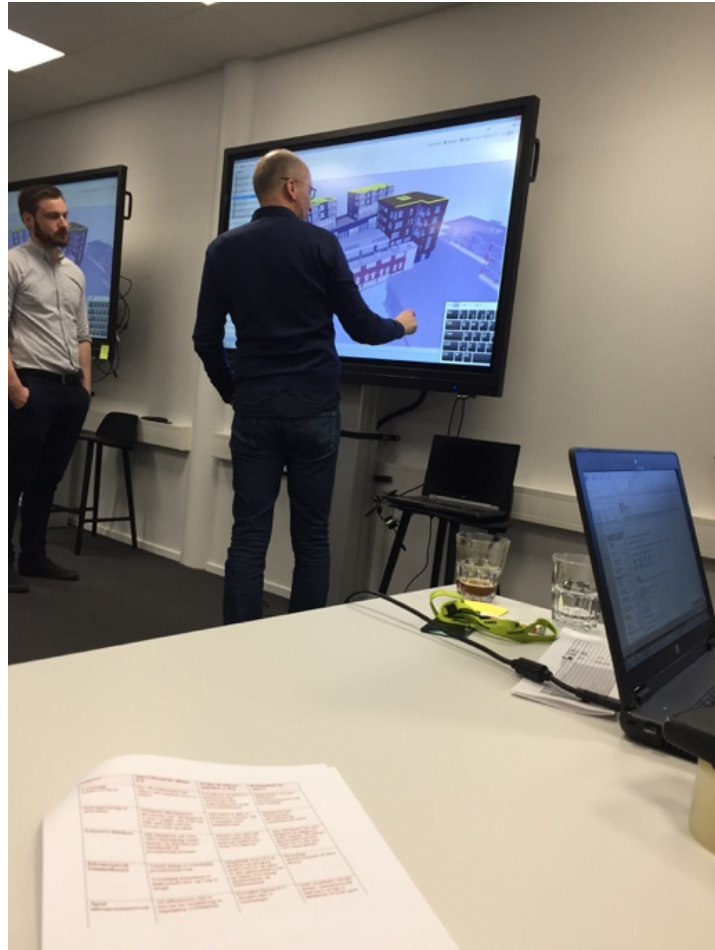
I starten av ICE-sesjonen utføres en plansjekk. Det er en gjennomgang som har til hensikt å undersøke hvilke aktiviteter og arbeider som er blitt gjennomført i henhold til planen som prosjektgruppen har laget i fellesskap. Kun aktiviteter som er fullført helt og holdent blir godkjent som fullført. Dersom en aktivitet er "nesten ferdig", vil det si at den ikke er blitt utført. PPU beregnes og loggføres i et ICE-agendaen. Deretter går man i gjennom mål og hensikt for dagen agenda, slik at alle er bekjente med oppgavene som skal løses og leveransene som forventes som utfall av økten. ICE-agendaen er svært viktig. ICE-sesjonen planlegges av en gruppe med relevante personer i fra det aktuelle prosjektet rett i etterkant av et gjennomført ICE-møte, ledet av prosjektets prosjektleder. Dersom ICE inntreffer hver 14.dag eller sjeldnere, planlegges den enkelte ICE-økt ca. 1 uke før økten skal gjennomføres. En god møteagenda og å følge denne under møtene er helt avgjørende for at ICE-sesjoner skal fungere optimalt.



Figur 7: ICE-sesjon (Grindland, 2017)

Etter gjennomgangen av møtets agenda gjennomføres sjekk, korreksjon og utviklingsplanlegging av plansystemet som henger på veggen, som vist i Figur 7. Dette plansystemet utgjør en del av The Last Planner System i Skanska, som gjerne også kalles involverende planlegging, lappeplan eller bakoverplanlegging. Planen er et stort ruteark hvor radene representerer fag og kolonnene representerer tiden i form av uker, og her henger alle leveransene som de ulike fagene skal gjennomføre i form av post-it lapper i ulike farger. Når The Last Planner brukes i prosjektering, er hensikten at planen skal være en kartlegging av alle de leveranser som prosjekteringsgruppen har til hverandre i den kommende fasen: Alle beslutninger, tegninger, lister, rapporter, kontroller, møter osv. De ulike fagene snakker sammen og samarbeider om plasseringen av leveransene sine, slik at sekvenser blir riktig og enhver aktivitet får nødvendig input. Dersom en ikke leveres gjennomført i henhold til den tid og kvalitet som var planlagt, vil den bli underkjent i plansjekken og må plasseres på et nytt sted, slik at den får en ny fremtidig tidsfrist. Dette gjøres foran resten av teamet, slik at eventuelle ytterligere forskyvninger i planen som følge av forsinkelsen også fanges opp og justeres deretter.

BIMen blir benyttet under møtene i form av programmet Solibri, et program for visuell fremvisning av datamodeller ved at den kan lese og håndtere IFC-filer. Avgjørelser og beslutninger tas underveis i møtet ved at teamet jobber i BIMen på touchskjermer og kan lagres direkte ved bruk av OneNote, et program som blant annet gjør det mulig å skrive inn kommentarer direkte på touch-skjermen, og å lagre utsnitt. Et eksempel på dette er vist i Figur 8.



Figur 8: ICE-sesjon (Grindland, 2017)

På slutten av møtet gjennomføres en evaluering, hvor det måles anonymt i hvor stor grad deltakerne føler ICE-sesjonen var effektiv, om de selv bidro godt og om de følte de andre var forberedt. Til slutt gjennomføres en pluss/delta, hvor man samler inn tre momenter som var bra ved ICE-sesjonen og tre forbedringsforslag til neste gang.

4.2.2 Digital byggeplass

På et av Skanskas prosjekter har det vært et stort fokus på Digital Byggeplass. Dette innebærer bruk av flere teknologiske verktøy, deriblant:

- BIM 360 Plan
- BIM 360 Glue
- BIM 360 Field
- Drone Laser Virtual Scan
- BIM-desk
- Bar tender
- Digital Handover Protocol
- BIM Quantity Procurement

Spesielt har de merket effekten ved å benytte BIM 360 Field. Det er et IT-verktøy som blant annet kan benyttes på en robust iPad, og fungerer som et hjelpemiddel ute på byggeplassen, spesielt i forbindelse med HMS- og KS-arbeid. Vernerunder, ferdigbefaringer og entreprenørbefaringer er bare noen eksempler hvor BIM 360 Field lar brukere registrere punkter, ta bilder og lage anmerkninger på tegninger fremfor den tradisjonelle praksisen ved å bruke penn og papir under befaring, og deretter førte alt av data inn i excel, for så å sende det ut til personer det måtte gjelde. Dette kan effektivisere arbeidsdagen sin med mangfoldige timer. Byggeprosjekter har ofte svært mange befaringspunkter, med et stort volum og omfang. Det å finne gode metoder for å håndtere denne informasjonen og informasjonsflyten er viktig.

Prosjektleder Arnulf Gausereide, hadde følgende å si om sammenhengen i mellom Digital Byggeplass og VDC:

“Digital Byggeplass og VDC går om hverandre. Ikke vits å skille de begrepene fra hverandre. Driv prosessen og planlegging med relevante aktører tilstede, og benytt digitale verktøy som hjelpemidler i denne prosessen.”

4.2.3 VDC på Tønsbergprosjektet

Tønsbergprosjektet består av et nytt psykiatribygg med et bruttoareal på ca. 12 000 kvm og et somatikkbygg på 33 000 kvm (skanska.no u.d). I tillegg kommer tilpasning av offentlig infrastruktur, energianlegg og rivning av eksisterende sykehusbygninger.

IPD i Tønsbergprosjektet

Prosjektet skal gjennomføres som et såkalt IPD-prosjekt, og Tønsbergprosjektet er det første prosjektet i Norge som tar i bruk en slik kontraktmodell for sykehusutbygging (skanska.no u.d). Avtalen er signert i mellom Tønsbergprosjektet som byggherre, Cura-gruppen som prosjekterende, og Skanska som totalentreprenør. I tillegg har Skanska kontrakter med de tekniske underleverandørene, men disse kontraktene inngår også i den opprinnelige IPD-kontrakten. Det betyr at alt av profitt og all risiko er felles for alle involverte. Skanskas VDC-satsing skal ha bidratt sterkt til at de ble valgt som totalentreprenør for prosjektet (relasjon.skanska.no u.d).

“Prosjektet i seg selv er helt avgjørende for hvordan aktørene gjør det økonomisk. Her sitter alle i samme båt. Det er en utrolig god mekanisme, og det fører til at alle jobber for å finne løsninger som er beste for prosjektet, ikke hva som er best for hver enkelt aktør. Det er ingen diskusjon angående penger, man gjør det som må til uansett, for å nå prosjektets mål.”

(Tom Einertsen om IPD)

En av hovedgrunnene for å velge en gjennomføringsmodell basert på IPD er for å jobbe i mot lavere kostnader og høyere verdi for sykehuseier (Tønsbergprosjektet Forprosjektrapport 2017). De ulike metodene og verktøyene som skal benyttes på prosjektet for å oppnå dette er gjengitt i Tabell 11.

Tabell 11: IPD-prinsipper i Tønsbergprosjektet (Tønsbergprosjektet Forprosjektrapport)

Prinsipp	Omfatter
Virtual Design and Construction (VDC)	Styring av ytelsene i flerfaglige prosesser innen prosjektering og bygging. Omfatter bruk av ICE og Last Planner i Big-Room og utstrakt bruk av BIM. Understøttes av Lean-tanakesett og metodikker.
Target Value Design (TVD)	Her brukes kostnader, tidsbruk og byggbarhet som kriterier for å komme fram til optimal verdi for kunden innenfor økonomiske mål.
The Last Planner System LPS	Dette er et planleggings- og oppfølgingsverktøy som holder rede på avhengigheter, gjensidig informasjon og lovnader og som bidrar til at felles beslutninger fattes på lavest mulig nivå. Her inngår også bakoverplanlegging og overvåking av hindringer for god produksjon.
Built-in-Quality	Det etterstrebes en produksjon uten feil som fjerner eller minimaliserer behovet for etterkontroll. Den som gjør feil skal selv finne feilen, rette den og sørge for at den ikke gjentas.
Kontinuerlig forbedring	All aktivitet skal være gjenstand for systematisk forbedring og pluss/delta gjennomganger etter alle møter.
A3 rapportering	Prosjektutviklingen dokumenteres og rapporteres som standardiserte A3 rapporter og gjennom saksmodulen i prosjektets BIM-server
Choosing by Advantage, CBA	En beslutningsmetodikk hvor fortrinnene til de ulike løsningene sammenlignes og beslutning tas basert på prosjektets verdikriterier
Building Information Modeling BIM	Det skal etableres en datamodell for prosjektet med en database som skal bidra til effektiv prosjektering, fabrikasjon, bygging og vedlikehold av de ferdige bygg
Integrated Concurrent Engineering	Samhandling i workshops hvor nødvendige ressurser fra eieren, prosjekteringsgruppen og entreprenøren er til stede for å utvikle og velge løsninger. Arbeidet foregår i Big-Room og følges opp av Last Planner.

“VDC og IPD passer veldig godt sammen, og man kan si at VDC legger til rette for IPD og omvendt.”

(Tom Einertsen)

Big Room på Tønsbergprosjektet

Big Room utgjør selve kraftsenteret i kontorbygget på TP, og det er spesialinnredet for å oppnå best mulig samhandling i mellom de tre prosjekterende parter. Her forgår det samlokalisert prosjektering, og det er også her mange av ICE-sesjonene under prosjektet blir holdt. Under disse øktene etterstreber de å involvere så mange beslutningstakere som mulig. I rommet er det blant annet flere avanserte, store skjermer som legger til rette for dette. Hovedskjermen helt foran i Big Room er i følge leverandøren Europas bredeste touchskjerm, med en bredde på 10,5 meter.

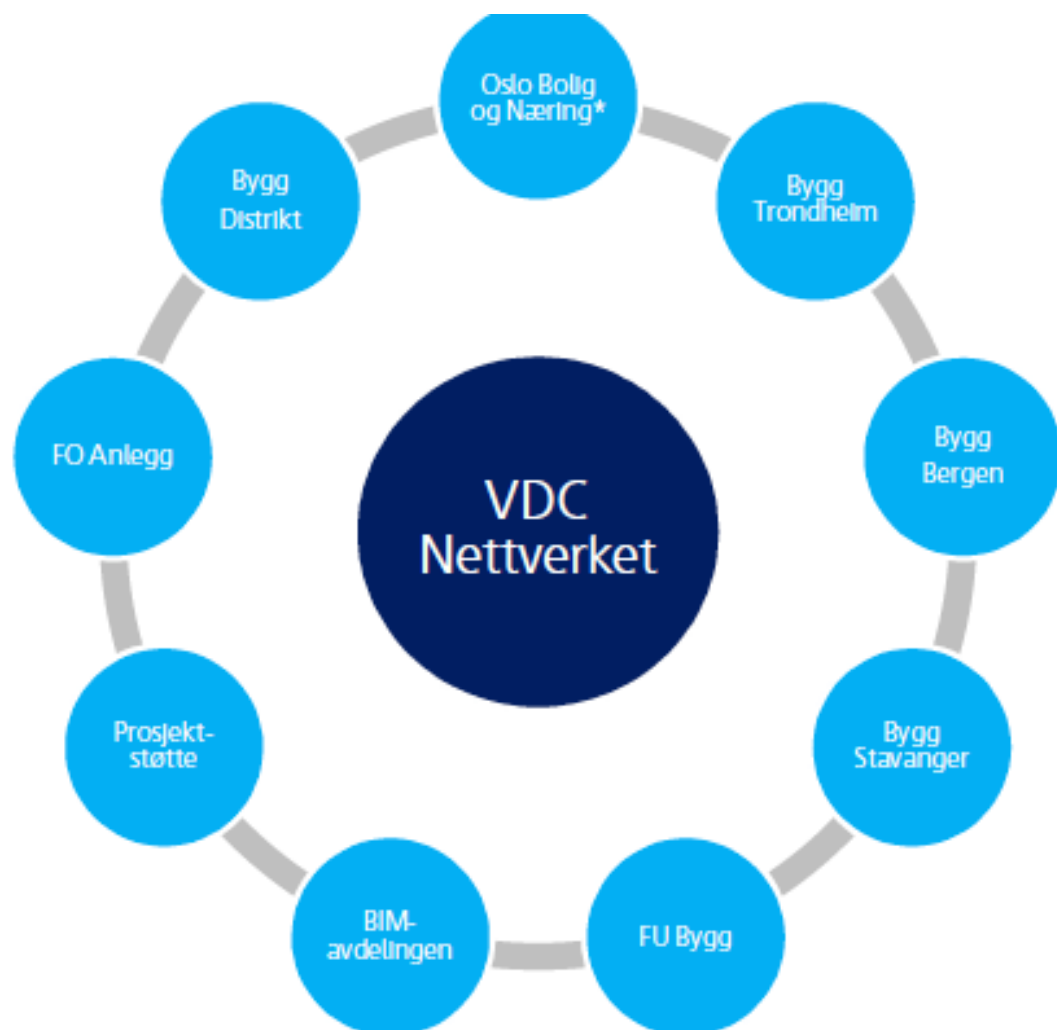


Figur 9: Big Room Tønsbergprosjektet (Grindland 2017)

4.3 Implementering av VDC

Skanska har vært veldig bevisst på implementeringsstrategi, og å gradvis innføre VDC i flere og flere prosjekter, slik at ting blir gjort på korrekt måte. Implementeringen skjer nedenfra og opp, og med støtte ovenfra og ned: VDC-initiativet er utviklet som følge av at personer innad i organisasjonen og ute på prosjektene har kommet med nye tanker og ideer på bakgrunn av sin erfaring og kompetanse. Fokuset ligger på de som jobber ute på prosjektene, og det viktigste med VDC-satsingen er å få med seg de som faktisk skal benytte dette i praksis. En strategi har vært å aktivt se etter medarbeidere som har vært positive og nysgjerrige på VDC. Folk vil da se verdien i konseptet, og prøve det ut på sine egne prosjekter.

Det første målet ved implementeringen av VDC var å kartlegge Skanskas helhetlige, grunnleggende VDC-konsept. Deretter var det å etablere et VDC-nettverk. Dette nettverket består av alle Skanskas regioner, og hver region har en person som er ansvarlig for VDC i regionen. Hva som inngår i VDC-nettverket er fremstilt i Figur 10.



Figur 10: VDC-nettverket i Skanska (Dæhlie og Fosse 2016)

Nettverket har et eget budsjett og det er blitt frigjort ressurser til å lede det. Dette gjelder både menneskelige og økonomiske ressurser. Det blir også frigjort midler til ulike kurs, seminarer og nye pilotprosjekter. Dette gjelder blant annet et VDC-sertifiseringskurs i regi av CIFE, som blir gjennomført i juni 2017.

Skanska har så vidt begynt med VDC, og de ser for seg at det bare kan bli bedre. Foreløpig drives metodikken mest i prosjekteringen, men tanken er at dette også skal benyttes mer og mer i produksjonsfasen, og også på tvers av fasene. Et eksempel på dette kan være å gjennomføre flere strukturerte ICE-sesjoner med prosjektering og produksjon involvert, hvor for eksempel en arkitekt og en formann sitter og ser på løsninger sammen.

VDC i Skanska handler mye om kontinuerlig forbedring, og å prøve ut nye ting. Det er et stort forbedringspotensial, og mange nye verktøy og metoder som kan implementeres i Skanskas VDC-rammeverk. Tegningsløs armering og 4D-planlegging, 5D-planlegging, og VR-briller er noen av det Skanska prøver ut i sine prosjekter. De har blant annet ansatt folk med erfaring innen spillutvikling som lager interaktive modeller av bygninger for Skanska.

4.3.1 Foyn-taket

I følge prosjekteringsleder på Foyn-taket, Britt Thomassen, ble VDC implementert i dette prosjektet som følge av at hun tidligere hadde deltatt på et liknende prosjekt som aldri kom i mål med prosjekteringen. Tanken var at det måtte finnes andre måter å gjennomføre prosjekteringen på. På dette tidspunktet hadde Skanska implementert VDC i en del prosjekter. Prosjekteringslederen besøkte noen av disse prosjektene og så blant annet på hvordan de gjennomførte ICE-møter, og tenkte at dette var nettopp det hun hadde lett etter. I starten av implementeringen fikk de god hjelp i fra Roar Fosse, og han fungerte som en fasilitator ved gjennomføring av ICE-møtene frem til de på prosjektet kunne utføre fasilitatorjobben på egenhånd.

Prosjekteringslederen føler at det er full støtte i fra DK Drammen, og hovedkontoret i Oslo. De ser gevinsten ved å benytte VDC, og det har kommet for å bli. I fremtiden handler det om å føre VDC videre inn i produksjonsfasen, men dette må tas steg for steg. Det er viktig å beherske det godt nok i prosjekteringen før man tar det videre nedstrøms i byggeprosessen.

4.3.2 Gjønneshagen

Prosjektleder på Gjønneshagen, Arnulf Gausereide om implementering av VDC i Skanska:

“Det går mye på at folk er nysgjerrige. Noen kan noe om noe, og forslag kommer opp. Pilotprosjekter blir satt i gang, man gjør seg erfaringer og evaluerer kontinuerlig. Man finner da ut av hva som er bra og som kan tas med videre, og hva som ikke var så bra, og som må forbedres eller droppes. Det er stor interesse og villighet ute i organisasjonen når det gjelder å forbedre måten å gjøre ting på. Ingenting blir pålagt, men man kan for eksempel høre at man skal fokusere på enkelte ting. Dersom ansatte har interesse for det, så vil de kunne få opplæring og kursing slik at de oppnår de ferdighetene som trengs for å mestre de nye metodene og verktøyene.”

4.4 Effekter som følge av VDC

Tabell 12 gir en oversikt over noen av effektene Skanska har opplevd som følge av en implementering av VDC.

Tabell 12: Effekter som følge av implementering av VDC i Skanska

Effekt	Beskrivelse
Mindre tidsbruk	<ul style="list-style-type: none">• Alle som ble intervjuet var samstemte i at mindre tidsbruk i ulike prosesser var en av de mest merkbare effektene• En prosjekteringsleder anslo at hun brukte rundt 20% på flere av sine arbeidsoppgaver, i forhold til tiden hun brukte ved tradisjonell prosjektering• Bedre produksjonsunderlag førte til en bedre innkjøpsprosess• ICE-sesjon i stedet for tradisjonelle prosjekteringsmøter• En anleggsleder anslo at de sparte rundt 80% av tiden i forbindelse med blant annet HMS-arbeid, KS-arbeid, og vernerunder ved å benytte BIM 360 Field.• På et prosjekt målte de på det laveste en PPU på 20% før implementeringen av VDC. Etter implementeringen hadde prosjektet til tider en PPU på over 90%.
Økt kontroll	<ul style="list-style-type: none">• BIM 360 Field gav økt kontroll i flere av prosessene under produksjon. Riktig informasjon blir gitt til riktige personer til riktig tid.• ICE-sesjoner gir en mye større kontroll over prosjekteringsprosessen, potensielle problemer oppdages lenge før de oppstår.• Bruk av OneNote har ført til at det ikke er behov for møtereferater lengre. Man kan heller ta utsnitt fra Solibri, som fungerer som logging, referat og juridisk dokument. Alt som blir loggført kan sendes ut til alle umiddelbart etter at ICE-sesjonen er ferdig.
Mindre feil	<ul style="list-style-type: none">• Tidlig involvering av folk i fra produksjon fører til løsninger som lettere lot seg utføre i praksis. Fører til færre feil og omarbeider under produksjon.• Prosjekteringen ble i større grad gjort riktig den første gangen. Førte til stor nedgang av endringskostnader.

Mindre grensesnittsproblematikk	<ul style="list-style-type: none"> • Sørger for god byggbarhet i prosjekteringen, kommer frem til løsninger som lot seg utføre på en god måte i praksis • Bedre link i mellom prosjektering og produksjon, og bedre overgang i mellom fasene. Tradisjonelt sett vært knyttet store kostnader til denne overgangen. • Færre kollisjoner i mellom ulike fag, både i prosjektering og produksjon.
Bedre HMS	<ul style="list-style-type: none"> • Det var lett å identifisere kritiske punkter og områder i prosjektet. • De prosjekterende ble mer oppmerksomme og klare over HMS-problematikk, da ting ble synliggjort og visualisert i gjennom 3D-modellen. • Muligheten for å plukke BIMen i fra hverandre og simulere ulike arbeidsoperasjoner, blant annet oppsett av stillas og kranløft.
Bedre utnyttelse av BIM	<ul style="list-style-type: none"> • Kombinasjonen av ICE-sesjoner, LPS og BIM førte til en mye bedre utnyttelse av BIMens egenskaper, ytelser og funksjoner.
Økt konkurransekraft	<ul style="list-style-type: none"> • Skanska konkurrerer aktivt på at de benytter VDC i gjennomføring av prosjekter i tilbudsprosessen, og opplever at det fungerer.

)

5. Resultater fra Veidekke

I dette kapitlet presenteres resultatene fra Veidekke.

5.1 Generelt om Veidekke

Veidekke ASA er et skandinavisk firma (veidekke.no u.d). Firmaet har hovedkontor i Oslo og driver under tre virksomhetsområder, entreprenør, eiendomsutvikling og industri. Bygg- og anleggsvirksomheten i Norge drives i gjennom Veidekke Entreprenør AS, og de har avdelinger over hele landet.

5.2 Involverende planlegging

Involverende planlegging (IP) er Veidekkes metodikk og konsept for styring av prosjekterings og produksjonsprosessen i deres prosjekter. Metodikkens hensikt er å skape flyt i og optimalisere hele byggeprosessen.

5.2.1 Generelt

Det var Veidekkes avdeling i Trondheim som satte i gang det som etter hvert skulle bli til Involverende planlegging i Veidekke. De var på besøk hos en dansk entreprenør som benyttet The Last Planner System i sine byggeprosjekter. Veidekke syntes dette virket som et godt verktøy, og en god metode for planlegging av byggeprosjekter, så de bestemte seg for å prøve ut LPS på noen av sine prosjekter i Trondheim. Det viste seg å fungere så bra, at Veidekke bestemte seg for å kjøre LPS fullt ut i seks såkalte pilotprosjekter som ble fulgt opp svært tett. Denne oppfølgingen gikk ut på kontinuerlige evalueringer og god og detaljert dokumentasjon av resultatene det gav. Dette førte til at de fikk en oversikt over blant annet hva som fungerte bra, og hvilke utfordringer som oppstod. Etter at disse seks pilotprosjektene var ferdige, implementerte Veidekke LPS i tjuesyv læringsprosjekter rundt om i hele Norge. Også disse prosjektene ble evaluert kontinuerlig, men ikke i så stor grad og så omfattende som de seks opprinnelige pilotprosjektene. I etterkant av læringsprosjektene ble det den første av totalt tre versjoner av en veileder for Involverende planlegging i produksjon (IP) laget. Etter hvert kom også veilederen for Involverende planlegging i prosjektering (IPP). Den baserer seg på de viktigste erfaringene Veidekke har gjort med IP i produksjon, supplert med teori og kunnskap om prosjekteringsledelse i fra et kompendium utarbeidet i samarbeid mellom NTNU og Veidekke.

IP startet altså med The Last Planner System, og det har litt etter litt kommet flere og flere elementer inn i IP, dersom de har vist seg å passe inn. Veidekke har vært veldig opptatt av det å lage et helt eget konsept som bygger på det de mener er de beste metodene og verktøyene for at de skal kunne utføre sine prosjekter på best mulig måte, med en grunnleggende teori i bunn basert på Lean Construction.

5.2.2 Hovedelementene i Involverende planlegging i prosjektering

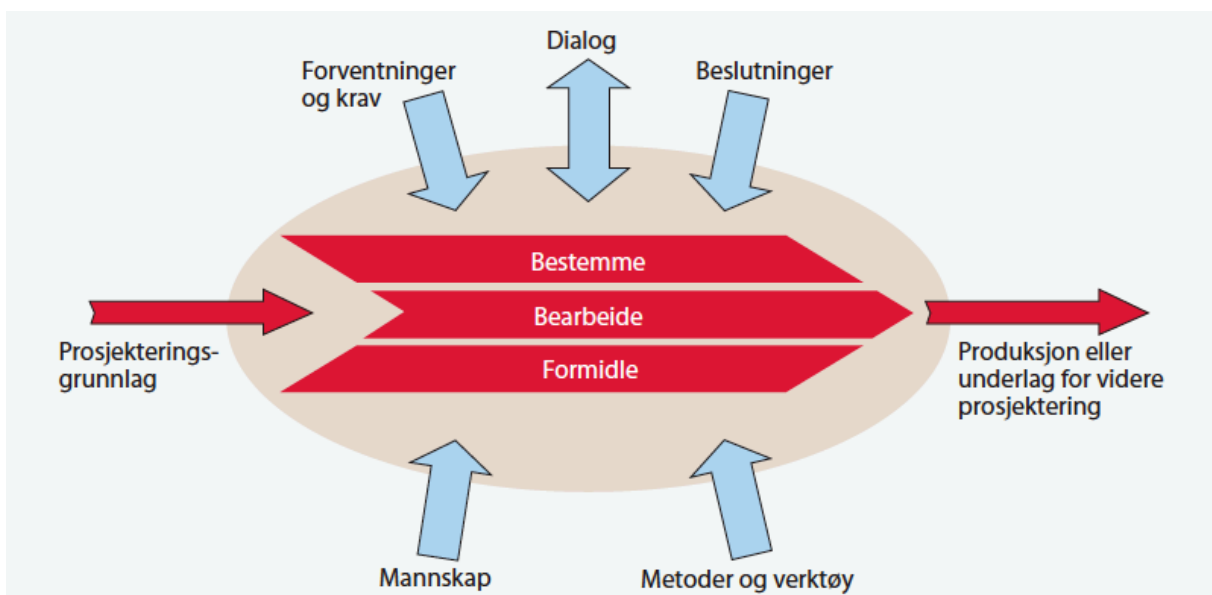
Hovedelementene i Involverende Planlegging i Prosjektering er vist i Figur 6. Videre følger en kort beskrivelse av hva hvert enkelt element.

Oppstartsamling

Formålet med å gjennomføre en oppstartsamling for prosjekteringen er å skape en felles forståelse for oppgaven som skal gjennomføres, bli bedre kjent med de andre deltakerne og aktørene som skal være med på prosjektet, samt å gi deltakerne økt forståelse for hvordan IP fungerer som arbeidsform (Veidekke 2013). Blant deltakerne på oppstartsamlingen vil man finne de prosjekterende, ulike spesialrådgivere, byggherre, de viktigste underentreprenørene, i tillegg til prosjektleder, prosjekteringsleder, anleggsleder og formenn i fra Veidekke.

Hindringsanalysen

Hindringsanalysen går ut på det å sørge for at aktivitetene som skal utføres i prosjekteringen er "sunne". En prosjekteringsaktivitet er sunn dersom den kan bli utført uten noen form for hindringer.



Figur 11: Hindringsanalyse i involverende planlegging (Veidekke 2013)

For at en aktivitet skal være sunn, og uten noen form for hindringer, må seks forutsetninger være tilstede. Disse forutsetningene er vist i Figur 11.

1. Prosjekteringsgrunnlag

- Foregående aktivitet må være avsluttet og med riktig kvalitet.

2. Forventninger og krav

- Kontraktens krav må være ivaretatt og kundens forventninger avklart.
- Produksjonens krav til byggbarhet må være ivaretatt.
- Offentlige regler og krav må være ivaretatt.

3. Mannskap

- Rådgivere og egne ansatte som skal stå for selve utførelsen av aktiviteten må ha kapasitet og kompetanse nok til å gjøre dette.
- Den/de som skal utføre aktiviteten må ha beslutningsmyndighet og være løsningsorienterte.

4. Metoder og verktøy

- Må være tilpasset aktivitetens omfang, kompleksitet og deltakere.
- Må være samordnet mellom deltakerne

5. Beslutninger

- Nødvendige beslutninger må være tatt

6. Dialog

- Det må være tilrettelagt for gode arenaer for kommunikasjon
- Kommunikasjonsform og –arenaer må til enhver tid være tilpasset det problemet som skal løses.
- Alle som har behov for dialog eller avklaringer må ta initiativ til dette.

Plansystemet

I IPP er det to hovednivåer på planene som benyttes, strategiske planer og operative planer. De strategiske planene utarbeides i utgangspunktet kun én gang, mens de operative planene er rullerende og oppdateres hver uke.

Strategiske planer

1. Hovedfremdriftsplan

- Overordnet plan for hele prosjektet
- Gir en oversikt over prosjektets hovedfaser med milepæler

2. Innkjøpsplan

- Utgangspunkt i hovedfremdriftsplan
- Viser prosjektets prioriteringer med tanke på innkjøp

3. Faseplan

- Tar utgangspunkt i hovedfremdriftsplan og innkjøpsplan.
- Skal sikre at prosjekteringen skjer i god nok tid før produksjonen, og med korrekt detaljeringsgrad.
- Deler prosjekteringen inn i forskjellige faser
- Utarbeides ved hjelp av lappeteknikk
- Inneholder de viktigste aktivitetene som inngår i prosjekteringen, med tidsangivelser.

Operative planer

4. Beslutningsplan

- Tar utgangspunkt i faseplanen.
- Beskriver beslutningstidspunkt, -prosessen og justerer for beslutningsunderlag og beslutninger.

5. Utkikksplan

- Et vindu tatt ut av faseplanen
- Fokuserer på hva som skal brukes av tegninger og øvrige prosjekteringsdokumenter i produksjonen.
- Avdekke hvilke underlag som mangler.
- Identifiserer og fjerner hindringer ved hjelp av en hindringsanalyse
- Utarbeides ved hjelp av lappeteknikk.
- Inneholder aktivitetene i prosjekteringsarbeidet med tidsangivelser.

6. Ukeplan

- Omfatter tegninger og prosjekteringsdokumenter
- Skal avdekke hvilke underlag som mangler før leveranse
- Identifiserer og fjerner hindringer ved hjelp av en hindringsanalyse
- Kun sunne aktiviteter slipper inn på uke 5 i ukeplanen, altså den kommende ukes leveranser.

Møtestrukturen

Møtestrukturen i prosjekteringen er litt forskjellig fra møtestrukturen i produksjon. I prosjekteringen håndteres flere plannivåer i ett og samme møte, i stedet for at hvert plannivå har hvert sitt (Veidekke 2013). I tillegg vil møtene i prosjektering omhandle koordinering gjennom gjensidige tilpasninger ved at det i møtene skjer en tverrfaglig, samtidig prosjektering, i tillegg til koordinering gjennom planlegging. Møtestrukturen vil variere avhengig av blant annet hva slags type prosjekt det er snakk om, og størrelsen på prosjektet. Møteplanene for prosjektering utarbeides av prosjekteringsleder i samarbeid med de prosjekterende, og omfatter blant annet rekkefølge på møtene, planleggingshorisont osv.

1. Oppstartsamling (Lappemøte)
2. Fremdriftsmøte prosjektering
3. ICE-møte
4. Særmøte/temamøte
5. Evalueringsmøte
6. RIB-Drift og ARK-Drift

5.2.3 BIM og ICE

BIM og ICE er en del av Involverende Planlegging i Prosjektering, og det står mye om dette i veilederen. Begge to er sentrale i Veidekkes IPP.

Hyppheten av ICE-møter avhenger av prosjektets størrelse. ICE-møtene har en fast agenda, og starter alltid opp i fellesskap, hvor man gjør opp status i fra forrige uke. Prosjekteringen foregår også i utgangspunktet i fellesskap, men muligheten for å prosjektere i såkalte særgrupper, i egne, mindre rom. På den måten kan man gå ut og inn fra hovedrommet. I gjennom hele ICE-møtet etterstreber man å ta beslutninger og avgjørelser på ulike prosjekterings spørsmål. Den nye teknologien som er tilgjengelig, ved blant annet BIM og touch-skjermer gjør at dette fungerer på en god måte.

5.3 Involverende Planlegging i Prosjektering og VDC

Under følger en rekke direkte sitater som sier noe om forbindelsen i mellom IPP og VDC.

“Vi har en diskusjon gående internt hos Veidekke angående Involverende Planlegging og VDC. Slik VDC er blitt lagt opp etter og definert etter hvert, så er Involverende planlegging og LPS noe som hører inn under VDC. Men for oss i Veidekke som startet med IP lenge før vi hadde ført om VDC, så er IP mye mer enn et planverktøy. For oss har bruken av IP handlet vel så mye som det å forstå prosjektbasert produksjon som en egen type produksjon. Den teoretiske biten har vært vel så viktig som metodikken. Felles for VDC og IPP er oppfatningen om prosjekteringen som en svært sammenvevd øvelse der aktørene er gjensidig avhengige av hverandres arbeid. Dette står i kontrast til produksjon som i større grad er en serie av operasjoner som må utføres i en bestemt rekkefølge. VDC er veldig fokusert på samlokalisering og samtidighet i prosjekteringen, for å legge til rette for raske beslutninger ved at deltakerne prosjekterer og beslutter sammen.”

(Sigmund Aslesen 2017)

“Mens IP er Veidekkes metodikk for å effektivisere prosjekterings- og produksjonsprosessen, finnes det flere konsepter med åpenbare paralleller til denne måten å gjøre det på. VDC er en samling metoder for effektivisering av prosjektering og produksjon i byggeprosjekter. Flere av disse er allerede omtalt, herunder ICE, BIM og Involverende planlegging i prosjektering og produksjon. I tillegg fokuserer VDC på målrettet kostnadsstyring, dvs. at det gjennomføres ulike analyser for å identifisere hva som tilfører prosjektet verdi og for å vurdere hvordan de verdiskapende aktivitetene kan optimaliseres. I den grad VDC representerer noe genuint vil dette kunne knyttes til den aktive bruken av BIM, som et nav i informasjonshåndteringen og i formidlingen av de kritiske faktorene i et byggeprosjekt.”

(Veileder Involverende Planlegging i Prosjektering 2013).

“Som konsept anses VDC i hovedsak å være et rammeverk av metoder, verktøy og teknikker som skal benyttes i lys av å medvirke til måloppnåelse. IP kan betraktes mer som en filosofi basert på Lean Construction og en planleggingsmetodikk bestående av enklere hjelpemidler. I lys av dette konkluderes det derfor med at VDC vil være en tilrettelegger for IP. Sammen har de to tilnærmingene et potensial til å utgjøre utgangspunktet for et helhetlig konsept som vil forberede gjennomføringen av byggeprosjekter og gi flyt og optimalisering av produktet.”

(Venås 2011).

6. Diskusjon og drøfting

6.1 Hva er VDC?

6.1.1 VDC i følge CIFE

I kapittel 3.2 kom det frem at CIFE har følgende definisjon for hva VDC er:

“Bruken av integrerte multidisiplinære modeller til bruk i design, prosjektering og produksjon i byggeprosjekter, inkludert produktet, organiseringen av prosjekterings- og produksjonsteamet, og arbeidsprosessene som kreves for å støtte opp under det å nå prosjektets mål”

Denne definisjonen er åpen for tolkning, og det finnes endelig fasit på for hva som inngår og ikke inngår i VDC-begrepet. I litteraturen som omhandler VDC ser man at de digitale hjelpemidler som har vært mye brukt og omtalt er BIM.. BIM innehar de egenskapene som gjør at den utgjør den integrerte, multidisiplinære modellen som kan benyttes i alt fra design og prosjektering, til praktisk bruk ute på byggeplass. I bransjen og i mye av litteraturen kan man få inntrykk av at VDC og BIM brukes om hverandre, og går for det samme, i den betydning at VDC kun går ut på bruk av digitale verktøy og hjelpemidler. Dette er en misforståelse, og en feiltolkning av konseptet. BIM er riktignok en viktig del av VDC, da det representerer produktet/fasiliteten som skal bygges, men det utgjør bare én liten del av VDC.

For å få en bedre forståelse av hva CIFE legger i VDC, mener undertegnede at det er hensiktsmessig å ta utgangspunkt i POP-modellen (Produkt, organisasjon, prosess). I denne oppgaven er begrepet direkte oversatt fra det engelske navnet, *POP-model*. Dette kan være med på å gjøre hele begrepet misvisende, da det er fort gjort å få inntrykk av at det er kun er snakk om datamodeller/dataverktøy. Det ville være lettere å forstå dersom man så på POP-modellen som et POP-rammeverk der det handler minst like mye om prosessen og organisasjonen som står bak selve bruken av modellene og verktøyene. BIM utgjør som tidligere forklart Produkt-modellen. Organisasjonsmodellen tolkes av forfatter som en modell eller et rammeverk for hvordan man skal tilrettelegge for et godt samarbeid og god samhandling i mellom de ulike aktører og interessenter som er involvert i et prosjekt, blant annet byggherre, prosjekteier, de rådgivende ingeniørene (prosjekterende), entreprenør, underentreprenører, leverandører og brukere av produktet som skal bygges. Det er her ICE kommer inn i bildet. Hovedtanken bak ICE er å samle de relevante aktørene slik at man kan jobbe i fellesskap. Prosessmodellen handler da om hvordan alle disse aktørene skal jobbe for å utføre prosjektet. Det handler om planlegging, kontroll og styring av prosjektet, og mange ulike metoder, verktøy og teorier kan gå inn under prosessmodellen. BIM, ulike planleggingsverktøy, målinger og evalueringer benyttes alle som en del av denne prosessen. Dette er forsøkt framstilt i Tabell 13.

Tabell 13: Produkt, Organisasjon og Prosess i VDC

POP	Produkt	Organisasjon	Prosess
Forklaring	Produktet som skal prosjekteres og bygges	Organiseringen av prosjektets involverte	Prosesen bak prosjektering og produksjon
Eksempel	BIM	ICE	BIM, målinger, evalueringer, planleggingsverktøy og -metoder

6.1.2 VDC i Skanska

VDC i Skanska innebærer bruk av BIM, ICE-sesjoner og The Last Planner System sammen, i et felles system. Grunntanken bak bygger på Trimmet Bygging, som er Skanskas tolkning av prinsippene og teorien i fra Lean Construction. Digital byggeplass, som blant annet innebærer bruk av ulike BIM-applikasjoner, droner og andre teknologiske hjelpemidler, anses også av flere av deres ansatte som en del av Skanskas VDC-konsept. Skanska tenker veldig prinsipielt når det gjelder VDC, og de anser det som et åpent konsept. Det handler i bunn og grunn om å sette de riktige menneskene sammen og tilrettelegge for godt samarbeid og god kommunikasjon i mellom disse, for å på en best mulig måte nå prosjektets og kundens mål. På den måten ønsker de å legge til rette for et miljø hvor gode og gjennomtenkte beslutninger og avgjørelser kan tas raskere. De er opptatt av å bruke de verktøyene og metodene som fungerer best for dette formålet. Hvilke metoder og verktøy som benyttes er ikke det viktigste, så lenge det er de som løser oppgavene og driver prosessen fremover på en best mulig måte.

Kontinuerlig forbedring

Skanska snakker også mye om kontinuerlig forbedring når det gjelder VDC. De er helt i startfasen av satsingen, og nye ting vil komme inn under VDC-paraplyen i fremtiden. Pilotprosjekter med bruk av 4D-planlegging er allerede satt i gang, det samme gjelder for bruk av tegningsløs armering, bruk av droner og bruk av Virtual Reality.

Det Skanska kunne ha vurdert er en enda større bruk av målinger og evalueringer. De benytter PPU mye og på en god måte, men det finnes veldig mange flere aspekter ved en prosjektgjennomføring som kan måles. Dette kan være gunstig for å få en enda større kontroll på hvor godt VDC fungerer i virksomheten, og kan gi en god pekepinn på utviklingen og effekten av VDC i Skanska. Eksempler på ulike målinger som kan gjennomføres, hentet i fra oppgavens teoridel:

- Ventetid før avgjørelse tas
- Møteeffektivitet
- Passende møteagenda
- Involvering av aktører
- Detaljeringsgrad på kostnader
- Antall omarbeider under produksjon

I resultatene i fra Skanska kommer det frem at de kjører en evaluering av ICE-sesjonen på slutten av hver økt, hvor det måles anonymt i hvor stor grad deltakerne føler ICE-sesjonen var effektiv, om de selv bidro godt og om de følte at de andre var forberedt, samt en pluss/delta, hvor man samler inn tre momenter som var bra ved ICE-sesjonen og tre forbedringsforslag til neste gang. I denne evalueringen kunne det ha vært en ide å kjøre en såkalt DEEPAND-evaluering i tillegg. Man ville da kunne oppnå en enda større grad av kontroll over utviklingen av ICE-sesjonene, og om de blir bedre og mer effektive fra gang til gang, ved at sesjonene går i fra å benytte tid på beskrivelser og forklaringer, til mer verdiskapende aktiviteter hvor avgjørelser og beslutninger blir tatt.

Sammenliknet med CIFEs VDC

Sammenliknet med POP-modellen som ble diskutert i starten av diskusjonskapittelet, så kan man se av Tabell 14 at Skanskas VDC passer godt inn i denne.

Tabell 14: Skanskas VDC konsept i POP-rammeverket

Produkt	Organisasjon	Prosess
BIM	ICE	BIM 4D The Last Planner System Målinger

VDC i Skanska og Lean Construction

Bruk av LPS og kontinuerlig forbedring er viktige deler av Skanskas VDC-konsept, og det er noe vi finner igjen i teorikapittelet om Lean Construction.

6.1.3 VDC i Veidekke

I Veidekke er IPP og VDC to ulike konsepter, og de har implementert begge i sin virksomhet. IPP er et konsept som baserer seg i stor grad på prosessen mot å nå prosjektets mål, med en grunnleggende filosofi basert på prinsippene i fra Lean Construction.

Som vist i resultatene, så er det ikke noe gitt svar på hva forholdet i mellom konseptene er, og de har en diskusjon gående internt i Veidekke på nettopp dette. Dette viser også de tre sitatene som er fremstilt i resultatene. Man kan si at det er to forskjellige måter å forklare forholdet på. Den ene er at IPP og VDC er to ulike konsepter, hvor VDC er et rammeverk bestående av en del teknologiske verktøy og metoder, som tilrettelegger for IPP, eller at IPP tilrettelegger for VDC. Den andre er at IPP og VDC er to forskjellige, men veldig like konsepter som egentlig går ut på det samme.

Dersom en sammenlikner IPP med hvordan CIFE legger frem VDC, kan man se at konseptene er så like at de kan gå inn under ett samlet, felles konsept. Ved å sammenlikne ulike elementer og verktøy som inngår i IPP, med den omtalte POP-modellen, vil man se at IPP og VDC går hånd i hånd. Dette er forsøkt fremstilt i Tabell 15. I tillegg så viser resultatene at BIM og ICE inngår i Veidekkes IPP. Begge disse elementene er en del av VDC-teorien til CIFE, og understøtter påstanden om at IPP og VDC kan gå for det samme.

Tabell 15: IPP i POP-modellen

Produkt	Organisasjon	Prosess
BIM	Møtestrukturen <ul style="list-style-type: none">• Oppstartsamling• Fremdriftsmøte• Særmøte• ICE• Særmøte• Evalueringsmøte• RIB-drift og ARK-drift	BIM 4D Plansystemet/LPS <ul style="list-style-type: none">• Hovedfremdriftsplan• Innkjøpsplan• Faseplan• Beslutningsplan• Utkikksplan• Ukeplan• Hindringsanalyse

IPP og Lean Construction

Man kan spesielt se at *Plansystemet* og *Hindringsanalysen* som utgjør to av hovedelementene i IPP i stor grad er basert på The Last Planner System som, er utdypet i teorien. Plansystemet i Veidekke består av planer vi kjenner igjen fra LPS: Hovedfremdriftsplanen, faseplanen, utviklingsplanen og ukeplanen. Hindringsanalysen er også beskrevet i teori-kapittelet. Veidekke sin hindringsanalyse for IPP ligner på denne og den fokuserer også på det at en aktivitet må være *sunn* for at den skal kunne bli utført, men de har utarbeidet en egen versjon med forutsetninger som er gjeldende for prosjektering.

6.1.4 Likheter mellom Skanskas VDC og Veidekkes IPP

Dersom en sammenlikner VDC-konseptet i Skanska med IPP-konseptet til Veidekke vil man oppdage at det er mange likheter i mellom de to. Begge startet med et konsept for å forbedre produksjonen i form av henholdsvis Trimmet Bygging og Involverende Planlegging i Produksjon, og de var begg i stor grad basert på teoriene i fra Lean Construction, med et ekstra fokus på bruk av The Last Planner System. Deretter utviklet de begge konsepter til bruk i prosjekteringen i form av VDC (Skanska) og IPP (Veidekke) ut i fra metodene de allerede var kjent med i fra produksjonen.

Både Skanskas VDC-konsept og Veidekkes IPP innebefatter bruk av ICE og BIM, og begge legger stor vekt på møtестruktur, samhandling og prosessen. Det virker som om at begge konseptene er mest fokusert på at den grunnleggende teorien skal utgjøre grunnlaget, og at ulike teknologiske verktøy fungerer som hjelpemidler.

Undertegnede føler at en av de største forskjellene i mellom de to konseptene er hva de velger å kalle det, og som nevnt tidligere i diskusjonen så er det ikke hva konseptet kalles som er det viktige, men hva som ligger i det.

6.2 Implementering av VDC i Skanska

I teorikapittelet ble det skrevet om to ulike tilnærminger til implementering. Den ene tilnærmingen handler om at det er to sentrale forståelser for implementering, en institusjonell forståelse, og en instrumentell forståelse. Den andre tilnærmingen handler om at det å få til en endring i en organisasjon, som ved en implementering av noe nytt, krever at fem grunnleggende elementer må være på plass for at det skal bli en suksess.

6.2.1 Instrumentell vs. Institusjonell implementering

Implementeringen av VDC i Skanska kan i stor grad betegnes som en institusjonell implementering. For det første, så viser resultatene og diskusjonen tidligere i oppgaven at VDC-konseptet i Skanska er en oversettelse av en idé eller et konsept. De har tilpasset VDC til sin egen virksomhet. Skanska startet med den grunnleggende Lean-teorien i form av Trimmet Bygging, før de etter hvert implementerte andre verktøy og metoder som de hadde god erfaring med fra før, og som de så kunne fungere sammen som et samlet konsept. De hadde allerede noen byggeklosser i form av en helhetlig grunnleggende Lean-teori, suksessfull bruk av involverende planlegging med bruk av Last Planner, samt bred erfaring med BIM. Kombinert med ICE ble VDC-konseptet i Skanska etablert. VDC-implementeringen er ikke et initiativ som har blitt utviklet og bestemt i toppen av organisasjonen og deretter blitt dyttet med tvang inn i prosjektene, men mer et initiativ som har vokst frem som følge av at personer på alle nivåer i organisasjonen og ute på prosjektene har kommet med ideer og tanker på bakgrunn av sin erfaring og kompetanse. Folk har vært nysgjerrige og etterspurt nye metoder å jobbe etter, og vært villige til å lære.

6.2.2 De fem elementene for suksessfull implementering

De fem elementene som må være tilstede for at en organisasjon skal kunne utføre en suksessfull implementering er: Visjon, Ferdigheter, Ressurser, Insentiver og en Handlingsplan. Under følger en gjennomgang av disse elementene sett i lys av Skanskas implementering av VDC.

- 1) **Visjon:** Skanskas visjon er ikke hogd ut i stein, men den handler om å nå et punkt hvor hele byggeprosessen kan utføres virtuelt og hvor så mange delprosesser som mulig kan automatiseres. Det første målet for implementeringen var å kartlegge hva Skanskas VDC-konseptet i Skanska innebar LPS, BIM til et basis-nivå, og ICE-møter. Dette målet ble nådd. Det neste målet er å etablere et VDC-nettverk for på landsbasis. Dette er de i ferd med å gjøre.
- 2) **Ferdigheter:** I Skanska har det vist seg at praktisk læring har fungert bra, *learning by doing*. De har vært flinke på å utnytte de prosjektene som har erfart vellykket bruk av VDC, ved at folk innad i organisasjonen har kunnet dra ut på disse prosjektene, og se på hvordan ting blir gjort der. Deretter kan de ta med seg kunnskapen tilbake til sitt eget prosjekt, og implementere metodene og tankegangen der. Dersom det er behov kan de også få støtte fra organisasjonen ved at en person med kompetanse om VDC er med i startprosessen av implementeringen, og for eksempel fungerer som en fasilitator i de første ICE-møtene, før personer på det aktuelle prosjektet tar over denne rollen selv etter hvert som de blir trygge på metodene og verktøyene. Skanska er også i gang med et VDC-sertifiseringskurs i regi av CIFE ved Stanford, og de har sin egen utdanning innenfor organisasjonen i form av Gnistprogrammene.
- 3) **Insentiver:** Av resultatene kommer det godt frem at alle av intervjuobjektene er svært positive til denne nye måten å jobbe på. Blant annet prosjekteringslederen på Foyn-taket, som sa at hun brukte 20% av tiden på enkelte av sine arbeidsoppgaver, i forhold til hva hun gjorde ved tradisjonell prosjektering, eller anleggslederen på Gjønneshagen som mente at prosjektet sparte 80% av tiden i forhold til den tradisjonelle måten å gjøre ting på, ved å benytte BIM 360 Field.
- 4) **Ressurser:** VDC-satsingen er etablert som et eget nettverk, hvor de opererer med et eget budsjett. Det er egne folk i hver region som kan jobbe med implementeringen ute på prosjektene. Både det menneskelige og det økonomiske er på plass. Touch-skjermer til bruk i ICE-møter og fremstilling av BIM, både på hovedkontoret og ute på anleggskontorene, iPader ute på byggeplassen, bruk av droner, egne folk som jobber med utvikling av Virtual Reality.
- 5) **Handlingsplan:** Det første målet ved implementeringen av VDC var å kartlegge Skanskas helhetlige, grunnleggende VDC-konsept. Deretter var det å etablere et VDC-nettverk, som består av alle Skanskas regioner. Hver region har en person som står som ansvarlig for VDC i den aktuelle regionen.

Tabell 16: Skanskas suksessfaktorer for implementering

Suksessfaktor	I Skanska
Visjon	<ul style="list-style-type: none"> • Et punkt hvor man kan oppnå full visualisering av prosjektet før det fysiske arbeidet begynner, og hvor så mye som mulig av prosessen er automatisert.
+ Ferdigheter	<ul style="list-style-type: none"> • Learning by doing • Gnist • VDC-sertifiseringskurs, CIFE
+ Incentiver	<ul style="list-style-type: none"> • Gjør arbeidet lettere. • Sparer 80% av tiden på enkelte arbeidsoppgaver
+ Ressurser	<ul style="list-style-type: none"> • Økonomisk: Eget budsjett • Menneskelig: Ansatte som jobber med dette på fulltid • Verktøy og utstyr: Touch-skjermer, iPader, VR, droner
+ Handlingsplan	<ul style="list-style-type: none"> • Det første målet: Kartlegge det grunnleggende VDC-konseptet. • Etablere VDC-nettverk bestående av alle Skanskas regioner. • Hver region har en person som står ansvarlig for VDC i den aktuelle regionen.
= Endring	

6.2.3 Vurdering av implementeringen

På bakgrunn av diskusjonen over kan en fastslå at Skanskas VDC implementering har vært god og vellykket. Implementeringen kan sies å være institusjonell, og alle de fem elementene som kreves for en suksessfull implementering er tilstede, om noe varierende på enkelte punkter. Dette stemmer også overens med inntrykket undertegnede fikk under alle intervjuer og observasjoner som ble gjort i arbeidet med oppgaven. Alle intervjuobjekter var samstemte i at VDC var fremtiden og at dette var måten å gjennomføre prosjekter på. Det å gå tilbake til den gamle måten å gjennomføre prosjekter på var utenkelig. Dette viser at de som benytter seg av VDC.

6.3 Effekter som følge av VDC-implementering

6.3.1 Resultater

I resultatene blir det fremstilt en rekke positive effekter som følge av en implementering av VDC. Mindre tidsbruk i både prosjektering og produksjon, økt kontroll over prosjektet, mindre feilprosjektering og feil gjort i produksjon, mindre grensesnittproblematikk, bedre HMS, bedre utnyttelse av BIM og økt konkurransekraft var de effektene som kom tydeligst frem på bakgrunn av intervjuene som ble gjennomført.

Tid

ICE-møtene legger til rette for at avgjørelser og beslutninger kan tas mye raskere enn ved tidligere benyttet praksis. Slike møter virker å være mye mer effektive enn tradisjonelle prosjekteringsmøter. En viktig årsak til dette er det at det brukes mye tid på å fastsette en god møteagenda som er relevant for alle de som deltar, og at denne møteagendaen følges slavisk. Ved å ha klare tidsfrister for de ulike delene av ICE-sesjonen unngår man at mye tid går tapt i prat og aktiviteter som ikke omhandler prosjekteringen, det blir ikke lenger holdt møter kun for å ha et møte.

Grensesnitt

Før hadde kanskje hvert fag med sine egne tegninger og modeller i prosjekteringsmøtene, og man ville forsøke å samkjøre disse tegningene, og kjøre kollisjonskontroll i mellom fagene ved å sammenlikne tegninger. Nå er i stedet alle fagenes tegninger og modeller samlet i en og samme modell, og man slipper å bruke masse tid på å sammenlikne ulike prosjekteringstegninger og -modeller i fra ulike fag. Med bruk av BIM kan man sette sammen alle modeller fra de ulike fagene til en samlet, felles modell, noe som legger til rette for en god koordinering og kontroll. BIMen har også automatisk kollisjonskontroll, og mye tid blir spart da man slipper å gjøre dette manuelt.

Kontroll

Under ICE-møtene er det også mye mer synlig dersom man ikke har gjort den leveransen man hadde planlagt å gjøre. Under plansjekken i starten av møtet går man i fellesskap i gjennom alle leveranser som i følge planen skal være utført. Dersom for eksempel RIB ikke har utført en planlagt oppgave e.l., blir dette synlig for alle, og RIB må forklare hvorfor oppgaven ikke er blitt gjort. En slik enkel prosess er med på å fungere som et insentiv for å fullføre oppgavene i tide, man ønsker ikke å sitte i et møte og måtte forklare hvorfor man ikke har gjort det man lovet. Dette er også med på å gi prosjektteamet en mye større grad av kontroll.

HMS

HMS på prosjektene vil også kunne bli bedre. BIMen vil kunne synliggjøre flere aspekter vedrørende HMS som ikke var mulig ved bruk av tradisjonelle 2D-tegninger. BIMen gjør det mulig å simulere ulike arbeidsoperasjoner, og man kan på den måten utforske og synliggjøre deler av operasjonene som kan utgjøre en sikkerhetsrisiko.

Økt konkurransekraft

Byggeprosjekter blir mer og mer komplekse, og krever nye måter å gjennomføre prosjektene på. Skanska konkurrerer aktivt på at de har implementert VDC, og det skal blant annet ha vært en stor grunn til at de ble tildelt totalentreprenørrollen på Tønsbergprosjektet.

6.3.2 VDC maksimerer verdien

VDC vil kunne bidra til økt verdi for kunden. En stor grad av visualisering i form av BIM gjør det lettere for en byggherre eller prosjekteier å få en god forståelse av prosjektet. I fremtiden vil denne visualiseringen kunne bli enda bedre i form av Virtual Reality (VR).

Ved å delta i ICE-sesjoner, og få muligheten til å snakke med alle de ulike aktørene som er med i prosjektet og å legge frem sine ønsker, vil sjansen for at kunden får akkurat det han/hun er ute være større enn ved tradisjonell prosjektgjennomføring.

6.3.3 VDC reduserer sløsing

Et viktig prinsipp innen Lean Construction er minimering av sløsing. Tabell 17 gir en oversikt over de åtte formene for sløsing som ble fremstilt i oppgavens teorikapittel, med eksempler på hvordan VDC kan bidra til dette.

Tabell 17: Sløsing og VDC

Sløsing	Eksempler på hvordan VDC minimerer sløsing
Transport	<ul style="list-style-type: none"> LPS i produksjon gir større kontroll over prosessen i produksjonen, slik at det blir enklere å organisere byggeplassen. Filformatet IFC til bruk i BIM sørger for rask filoverføring i mellom de ulike fagene, uavhengig av hvilken programvare de benytter, informasjonen flyter raskt.
Inventar	<ul style="list-style-type: none"> LPS under produksjon legger til rette for at riktig arbeid blir gjort til riktig tid ICE-sesjoner tilrettelegger for og etterstreber det å ta avgjørelser og beslutninger til riktig tid.
Bevegelse	<ul style="list-style-type: none"> BIM 360 Field legger blant annet til rette for papirløse befaringer og vernerunder. Brukeren slipper å føre alt inn i et excel-ark, alt av informasjon går direkte fra iPad og ut til riktige personer.
Venting	<ul style="list-style-type: none"> LPS under ICE-sesjoner legger til rette for at riktige aktiviteter blir gjort til riktig tid, ved at de involverte aktørene snakker sammen og samarbeider om planleggingen.
Over-prosessering	<ul style="list-style-type: none"> ICE-sesjoner med involvering av kunden, for eks. byggherre legger til rette for at han/hun kan kommunisere akkurat det som er ønsket til prosjektteamet. BIMen gir god kontroll på hele bygget, blant annet dimensjoner på ulike bygningsdeler.
Over-produsering	<ul style="list-style-type: none"> ICE-sesjoner tilrettelegger for og etterstreber det å ta avgjørelser og beslutninger til riktig tid.
Defekter	<ul style="list-style-type: none"> Tidlig involvering av folk i fra produksjon fører til løsninger som lettere lar seg utføre i praksis. Fører til færre feil og omarbeider under produksjon. VDC gir bedre produksjonsunderlag enn ved tradisjonell prosjektering.
Ferdigheter	<ul style="list-style-type: none"> VDC legger til rette for økt samhandling i mellom alle de involverte aktører i prosjektet. Under ICE-sesjoner etterstrebes det at alle de involverte kommer med forslag og ideer. VDC sørger for bedre utnyttelse av BIM.

6.3.4 VDC og IPD

Som nevnt i resultatene, så er Tønsbergprosjektet det første prosjektet i Norge som benytter IPD som kontraktsmodell. Både prosjektdirektøren for Tønsbergprosjektet, og Roar Fosse i Skanska er klare på at IPD og VDC er to konsepter som i stor grad legger til rette for hverandre. IPD-prosjekter innebærer stor grad av samarbeid i mellom kunden, de rådgivende ingeniørene, arkitekt og entreprenør helt i fra starten av prosjektet og frem til overlevering og bruk. Tidligere i diskusjonen så kom det frem at VDC i Skanska i bunn og grunn handler om å sette de riktige menneskene sammen og tilrettelegge for godt samarbeid og god kommunikasjon i mellom disse menneskene for å på en best mulig måte nå prosjektets og kundens mål. Det å benytte IPD ved gjennomføring av store byggeprosjekter er noe som trolig vil komme mer og mer inn i norsk byggebransje.

7. Konklusjon

7.1 Hva er VDC i følge CIFE?

VDC er et rammeverk og et konsept, åpent for tolkning, som skal tilrettelegge for optimal tverrfaglig samhandling og kommunikasjon mellom prosjektets deltakere og interessenter. Byggeprosessen, i prosjektering og produksjon, optimaliseres ved hjelp av digitale visualiserings-/ modelleringsverktøy og modelleringsmetoder for optimal planlegging, styring og kontroll av prosjektet. På denne måten oppnås prosjektets og kundens mål på en optimal måte. Veidekke og Skanska er to eksempler på norske firmaer som har implementert VDC i sin virksomhet

7.2 Hva er VDC i Skanska?

VDC i Skanska innebærer bruk av BIM, ICE-sesjoner og The Last Planner System sammen, i et felles system. Grunntanken bak bygger på Trimmet Bygging, som er Skanskas tolkning av prinsippene og teorien i fra Lean Construction. Digital byggeplass, som blant annet innebærer bruk av ulike BIM-applikasjoner, droner og andre teknologiske hjelpemidler, anses også av flere av deres ansatte som en del av Skanskas VDC-konsept. Skanska tenker veldig prinsipielt når det gjelder VDC, og de anser det som et åpent konsept. Det handler i bunn og grunn om å sette de riktige menneskene sammen og tilrettelegge for godt samarbeid og god kommunikasjon i mellom disse, for å på en best mulig måte nå prosjektets og kundens mål. På den måten ønsker de å legge til rette for et miljø hvor gode og gjennomtenkte beslutninger og avgjørelser kan tas raskere. De er opptatt av å bruke de verktøyene og metodene som fungerer best for dette formålet. Hvilke metoder og verktøy som benyttes er ikke det viktigste, så lenge det er de som løser oppgavene og driver prosessen fremover på en best mulig måte.

7.3 Hva er VDC Veidekke?

Veidekkes Involverende Planlegging i Prosjektering har mange likheter med CIFEs VDC-konsept, og det er ikke nødvendig å skille i mellom disse. Om det kalles IPP eller VDC er ikke så farlig, så lenge prinsippene, metodene og verktøyene som benyttes er de som gjør jobben på en best mulig måte er der. IPP-konseptet bygger på Lean Construction tankegang består i hovedsak av fire hovedelementer; Oppstartsprosessen, Hindringsanalysen, Plansystemet og Møtestrukturen. I tillegg består konseptet av utstrakt bruk av ICE-metodikk og BIM.

7.4 Hvordan er VDC blitt implementert i Skanska?

Implementeringen av VDC i Skanska kan i stor grad betegnes som en institusjonell implementering. For det første, så viser resultatene og diskusjonen tidligere i oppgaven at VDC-konseptet i Skanska er en oversettelse av en idé eller et konsept. De har tilpasset VDC til sin egen virksomhet. Skanska startet med den grunnleggende Lean-teorien i form av Trimmet Bygging, før de etter hvert implementerte andre verktøy og metoder som de hadde god erfaring med fra før, og som de så kunne fungere sammen som et samlet konsept. De hadde allerede noen byggeklosser i form av en helhetlig grunnleggende Lean-teori, suksessfull bruk av involverende planlegging med bruk av Last Planner, samt bred erfaring med BIM. Kombinert med ICE ble VDC-konseptet i Skanska etablert. VDC-implementeringen er ikke et initiativ som har blitt utviklet og bestemt i toppen av organisasjonen og deretter blitt dyttet med tvang inn i prosjektene, men mer et initiativ som har vokst frem som følge av at personer på alle nivåer i organisasjonen og ute på prosjektene har kommet med ideer og tanker på bakgrunn av sin erfaring og kompetanse. Folk har vært nysgjerrige og etterspurt nye metoder å jobbe etter, og vært villige til å lære.

7.5 Hvor god har implementeringen av VDC vært i Skanska?

Skanskas VDC implementering har vært god og vellykket. Implementeringen kan sies å være institusjonell, og alle de fem elementene som kreves for en suksessfull implementering er tilstede, om noe varierende på enkelte punkter. Dette stemmer også overens med inntrykket undertegnede fikk under alle intervjuer og observasjoner som ble gjort i arbeidet med oppgaven. Alle intervjuobjekter var samstemte i at VDC var fremtiden og at dette var måten å gjennomføre prosjekter på. Det å gå tilbake til den gamle måten å gjennomføre prosjekter på var utenkelig. Dette viser at de som benytter seg av VDC.

7.6 Hva er effektene av implementeringen av VDC i Skanska?

Mindre tidsbruk i både prosjektering og produksjon, økt kontroll over prosjektet, mindre feilprosjektering og feil gjort i produksjon, mindre grensesnittproblematikk, bedre HMS, bedre utnyttelse av BIM og økt konkurransekraft var de effektene som kom tydeligst frem på bakgrunn av intervjuene som ble gjennomført. I tillegg ser man at VDC kan sørge for økt verdi for prosjektet, mindre sløsing, samt at det har potensiale for å fungere godt i prosjekter som gjennomføres ved bruk av en IPD-kontrakt.

8. Videre arbeider

Denne oppgaven er begrenset i omfang ved at den kun ser på hva VDC er i to norske virksomheter. For å få en virkelig innsikt i hva VDC er i norsk byggebransje vil det være hensiktsmessig å undersøke hva VDC er og hvordan det blir tolket i flere av firmaene som bruker VDC, deriblant Kruse-Smith, NCC og AF-gruppen. Dette vil kunne gi en oversikt over tilstanden til VDC i bransjen.

IPD er en kontraktsform som vil kunne komme mer og mer inn i norsk byggebransje. Det vil derfor kunne være interessant å gå mer i dybden og se nærmere på hvordan VDC og IPD kan tilrettelegge for hverandre, og hvilke effekter en slik integrert tilnærming vil kunne gi i et byggeprosjekt.

Referanser

- Atkinson, R., (2015). *Organizational Change Management: An Essential Part of the Service Management Journey*.
- Autodesk BIM360. (u.d). Tilgjengelig fra: <https://bim360.autodesk.com>. (Hentet: 15.6.2017).
- Ballard, H.G., (2000). *The last planner system of production control*. The University of Birmingham.
- Buildingsmart. (u.d). Tilgjengelig fra: <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-datamodell>. (Hentet: 20.6.2017).
- Chachere, J., (2009). *Observation, Theory, and Simulation of Integrated Concurrent Engineering: Grounded Theoretical Factors and Risk Analysis Using Formal Models*. Stanford: CIFE – Center for Integrated Facility Engineering, 2009.
- CIFE-Center for Facility Engineering (u.d) Tilgjengelig fra: cife.stanford.edu
- Dæhlie, F., Fosse, R., (2016). *Prosjektforslag: VDC i Skanska*.
- Dalland, O., (2012). *Metode og oppgaveskriving*, 5th ed. Gyldendal Akademisk.
- Dammerud, H., Mogstad, N., Aslesen, S., Bølviken, T., (2013). *Involverende Planlegging i Prosjektering - Veileder*.
- Drevland, F., (2016a). Introduction handout. Tilgjengelig fra: itslearning.no (Hentet 5.3.2017)
- Drevland, F., (2016b). Production Theory. Tilgjengelig fra: itslearning.no (Hentet 5.3.2017)
- Drevland, F., (2016c). Product, Process and Value. Tilgjengelig fra: itslearning.no (Hentet 5.3.2017)
- Drevland, F., Lohne, J., (2015). *Nine Tenets on the Nature of Value*, 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Perth, Australia 2015.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K., (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Wiley.
- Eastman, C.M., (1975). *The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design*.
Tilgjengelig fra:
https://www.researchgate.net/publication/234643558_The_Use_of_Computers_Instead_of_Drawings_in_Building_Design (Hentet: 2016)
- Eikeland, P.T., (1999). *Teoretisk analyse av byggeprosesser*.

Everett, E.L., Furseth, I., 2012. *Masteroppgaven, Hvordan begynne - og fullføre*, 2nd utg. Universitetsforlaget, Oslo, Norge.

Fakta om Veidekke (2017). Tilgjengelig fra: <http://veidekke.no/om-oss/>.

Forprosjektrapport Kortversjon, 2016. Tilgjengelig fra: <https://www.helse-sorost.no/Documents/Styret/Styremøter/2017/20170202/009-2017%20Vedlegg%203%20-%20Forprosjekt%20rapport%20kortversjon.pdf> (Hentet: 1.5.2017).

Fosse, R., (n.d). *Winning projects and employees with Virtual Design and Construction*.

Google Scholar (u.d). Tilgjengelig fra: scholar.google.no.

Holme, I.M., Solvang, B., (1997). *Metodevalg og Metodebruk*, 3rd ed. Tano Aschehoug.

Howell, G.A., (1999). *WHAT IS LEAN CONSTRUCTION - 1999*. Lean Construction Insitute. Tilgjengelig fra: itslearning

International Group for Lean Construction. Tilgjengelig fra: <http://www.iglc.net> (Hentet: 2016).

Khanzode, A., Fischer, M., Reed, D., Ballard, G., (2006). *A guide to applying the principles of virtual design & construction (VDC) to the lean project delivery process*. CIFE, Stanford University, Palo Alto, CA.

Koskela, L., (2004). *MAKING-DO-THE EIGHTH CATEGORY OF WASTE*. The University of Salford, School of Construction and Property Management, UK.

Koskela, L., (2000). *An exploration towards a production theory and its applications to construction*. Technical Research Centre of Finland

Koskela, L., (1992). *Management of Production in Construction: A Theoretical View*. 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Berkeley, California, USA 1999.

Koskela, L., (1992). *Application of the New Production Philosophy*. Center for Integrated Facility Engineering.

Kunz, J., Fischer, M., (2012). *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions*. CIFE, Stanford University.

Larsen, A.K., (2012). *En enklere metode - Veiledning i samfunnsvitenskapelig forskningsmetode*. Fagbokforlaget, Bergen.

Larson, A., (2003). *Demystifying Six Sigma: A Company-Wide Approach to Continuous Improvement, 1st utg*. American Management Association.

- Mandujano, M.G., Alarcón, L.F., Kunz, J., Mourgues, C., (2015). *Identifying waste in virtual design and construction practice from a Lean Thinking perspective: A meta-analysis of the literature.*
- Matthews, O., Howell, G., (2005). *Integrated Project Delivery An Example Of Relational Contracting.* Lean Construction Journal 2.
- Moen, S.E., Moland, L.E., (2010). *BygningsInformasjonsModellering (BIM) En studie av utfordringer med å implementere BIM i Statsbygg og Skanska.*
- Olofsson, T., Lee, G., Eastman, C., Reed, D., Coordinator, L.C., (2007). *Benefits and Lessons Learned of Implementing Building Virtual Design and Construction (vdc) Technologies for Coordination of Mechanical, Electrical, and Plumbing.*
- Oria.no. Tilgjengelig fra: <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Logge+på+Oria> (Hentet: 2016).
- Rolfsen, M., (2014). *LEAN BLIR NORSK - LEAN I DEN NORSKE SAMARBEIDSMODELLEN.* Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.
- Salvatierra-Garrido, J., Pasquire, C., Miron, L., (2012). *Exploring value concept through the iglc community: Nineteen years of experience,* in: Proceedings for the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, San Diego, CA.
- Samset, K., 2014. *Prosjekt i tidligfasen, 2nd utg.* Fagbokforlaget.
- Seppänen, O., Ballard, G., Pesonen, S., (2010). *The Combination of Last Planner System and Location-Based Management System.* ResearchGate.
- Skanska I Norge. (u.d). Tilgjengelig fra: <http://www.skanska.no/hvem-vi-er/skanska-i-norge/>
- Tjell, J., (2010). *Building Information Modeling (BIM)-in Design Detailing with Focus on Interior Wall Systems.* University of California at Berkeley.
- Tjora, A., (2012). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis, 2nd utg.* Gyldendal Akademisk, Oslo.
- Veidekke, (2013). *Involverende planlegging i prosjektering - Veileder.*
- Visjon og verdier, Skanska. (2017). Tilgjengelig fra: <http://www.skanska.no/hvem-vi-er/skanska-i-norge/visjon-og-verdier/>.
- Vikos TONE-kriterier. (u.d). Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/viko/>.
- Woksepp, S., (2001). *Virtual Reality in Construction.* Luleå University of Technology, Luleå.

Womack, J., Jones, D., (2003). *LEAN THINKING: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, 2nd utg.* Simon & Schuster.

Womack, J., Jones, D., Roos, D., (2007). *The Machine That Changed the World, 3 utg.* Simon & Chuster.

Zimina, D., Ballard, G., Pasquire, C., (2012). *Target Value Design: Using Collaboration and a Lean approach to reduce construction cost.*

Vedlegg

Vedlegg

Intervjuguide, Skanska generell

1. Introduksjon.

- a. Hva er din stilling?
- b. Utdanning?
- c. Erfaring vedrørende VDC?

2. Virtual Design and Construction

- a. Hva er VDC?
- b. BIM?
- c. Last Planner?
- d. ICE?
 - Hva er ICE?
 - Hvordan foregår en ICE-sesjon?
 - Forberedelser?
 - Deltakere?
 - Touch-skjermer?
 - Hvor ofte er blir det hold ICE-sesjon?
- e. Hvorfor begynte dere med VDC i Skanska?
 - i. Hensikt?
 - ii. Hva ønskes oppnådd?
- f. Hvordan ble VDC implementert?
 - i. Pilotprosjekter?
 - ii. Tilpasset Skanska, eller en kopi av et ferdig produkt?
 - iii. 5 elementer for suksessfull implementering
 1. Visjon?
 2. Ferdigheter?
 3. Incentiver?
 4. Ressurser?
 5. Handlingsplan?
 - iv. Utfordringer?
 - v. Noe som kunne ha blitt gjort annerledes?
- g. Effekter som følge av VDC-implementeringen
 - i. Tid, kostnad, kvalitet?
 - ii. Produktivitet?
 - iii. Prosjekteringen?
 - iv. Produksjon?
 - v. HMS?
 - vi. Hva syntes de andre aktørene om VDC?
 1. Byggherre
 2. Rådgivende ingeniører
 3. Arkitekt?
 - vii. Negative effekter?

3. Annet

- a. Er det noe du ønsker å snakke om?

Vedlegg

Intervjuguide, Skanska, prosjekter

1. Introduksjon.

- a. Hva er din stilling?
- b. Utdanning?
- c. Erfaring vedrørende VDC?
- d. Kort om dette prosjektet?

2. VDC

- a. Hva er innebærer en bruk av VDC i dette prosjektet?
 - i. ICE?
 - ii. BIM?
 - iii. LPS?
 - iv. Målinger?
- b. Hvordan ble VDC innført/implementert i prosjektet?
- c. Hva er effektene av implementeringen?
 - i. Tid, kostnad, kvalitet?
 - ii. Produktivitet?
 - iii. Prosjekteringen?
 - iv. Produksjon?
 - v. HMS?
 - vi. Hva syntes de andre aktørene om VDC?
 1. Byggherre
 2. Rådgivende ingeniører
 3. Arkitekt?
 - vii. Negative effekter?

3. Annet

- a. Er det noe du ønsker å snakke om?