



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET
MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering:

Vårsemesteret, 2011

Konstruksjoner og Materialer
Maskinkonstruksjoner

Åpen / Konfidensiell

Forfatter: **Stig Harald H. Hermansen**

Stig H.H. Hermansen

.....
(signatur forfatter)

Fagansvarlig: **Hirpa L. Gelgele**

Veileder: **Sven Kristian Goa (Multiconsult)**

Tittel på masteroppgaven:

Den virtuelle byggeprosess: Planlegging og gjennomføring

Engelsk tittel:

The virtual building process: Planning and implementation

Studiepoeng: 30 studiepoeng

Emneord:

Sidetall: 87

Virtual Design and Construction
VDC

+ vedlegg: 17

Virtuell byggeprosess

Stavanger, 10.juni 2011

Masteroppgave



Den virtuelle byggeprosess: Planlegging og gjennomføring

Stig Hermansen

Universitetet i Stavanger

10.juni 2011

Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet i forbindelse med avslutningen av masterstudiet mitt ved Universitetet i Stavanger. Masteroppgaven er på 30 studiepoeng og er blitt skrevet i vårsemesteret 2011. Dette semesteret er det siste halvåret av utdannelsen min innen Master i ingeniørfag – Konstruksjoner og Materialer med spesialisering i Maskinkonstruksjoner. Masteroppgaven består av en skriftlig rapport.

Opgaveteksten er blitt utformet i samarbeid med konsultantselskapet Multiconsult. Faglig ansvarlig ved Universitet i Stavanger har vært Hirpa L. Gelgele. Veileder ved Multiconsult har vært Sven Kristian Goa.

Jeg ønsker å takke Hirpa L. Gelgele for diskusjoner og støtte underveis i arbeidet med oppgaven. Jeg vil også takke veilederen min Sven Kristian Goa for interessante og nyttige samtaler og diskusjoner i forbindelse med utformingen og arbeidet med oppgaven. Det rettes også en stor takk til Multiconsult som ordnet et kontor til meg som kunne nyttes til oppgaveskriving hele semesteret og ga meg muligheten til å være med på de innledende møtene til prosjektet Hestholmen hotell. I tillegg vil jeg takke Egil Vestbø fra Block Berge Bygg som ga meg mye god informasjon og tips tidlig i arbeidsprosessen.

I februar 2011 var Einar Fossan og jeg på besøk til Tekla sitt hovedkontor i Finland. Tekla produserer dataprogrammet Tekla Structures som Multiconsult bruker i sitt daglige arbeid. Einar Fossan er en medstudent ved UiS som tar en mastergrad på deltid samtidig som han arbeider hos Multiconsult. En ekstra takk må rettes til Multiconsult som lot meg få denne muligheten i forbindelse med masteroppgaven min.

10.juni 2011

Stig H.H. Hermansen

Stig Harald Helberg Hermansen

Innholdsfortegnelse

1 INNLEDNING	1
1.1 MASTEROPPGAVE - ARBEIDSTITTEL	1
1.2 OMFANG	1
1.3 FORMÅL	2
1.4 BEGREPSFORKLARING.....	2
1.4.1 <i>Virtual Design and Construction</i>	2
1.4.2 <i>Byggeprosess</i>	4
1.5 UTVIKLING.....	6
1.5.1 <i>Byggebransjen</i>	6
1.5.2 <i>3D i samfunnet</i>	6
1.5.3 <i>Modelleringsverktøy</i>	8
1.5.4 <i>VDC og BIM</i>	10
1.6 RAPPORTSTRUKTUR.....	12
2 HJELPEMIDLER	14
2.1 GENERELT	14
2.2 BIM – BUILDING INFORMATION MODELING	14
2.3 VISUELLE HJELPEMIDLER	16
2.3.1 <i>Utvalgte hjelpemidler</i>	16
2.3.2 <i>Tekla Structures</i>	17
2.3.3 <i>Tekla BIMsight</i>	20
2.3.4 <i>Google SketchUp</i>	21
2.3.5 <i>Augmented reality</i>	23
2.4 INTEGRATED CONCURRENT ENGINEERING	26
2.5 PROSJEKTSTYRING	30
2.5.1 <i>Struktur</i>	30
2.5.2 <i>Prosjektmøter og møtekultur</i>	31
2.5.3 <i>Kommunikasjon utenom møter</i>	32
2.5.4 <i>Sjekklister</i>	33
2.5.5 <i>Referat</i>	34

3 HVORFOR BRUKE VDC?	35
3.1 GENERELT	35
3.2 FORDELER	35
3.2.1 <i>Midtbygda skole</i>	35
3.2.2 <i>Bella Sky Hotel</i>	38
3.2.3 <i>Veidekke</i>	40
3.2.4 <i>Statsbygg</i>	41
3.3 ULEMPER OG BEGRENSNINGER	42
4 HVORDAN BRUKE VDC?	46
4.1 IMPLEMENTERING AV VDC I EN BEDRIFT	46
4.2 BRUKERE AV VDC	47
5 PRAKTISK PROSJEKTEKSEMPEL - HESTHOLMEN HOTELL.....	48
6 I DAG OG I MORGEN	53
6.1 BYGGINDUSTRIEN I DAG.....	53
6.2 CAVE AUTOMATIC VIRTUAL ENVIRONMENT I BILINDUSTRIEN.....	57
6.3 BYGGINDUSTRIEN I FREMTIDEN	62
7 DISKUSJON.....	66
7.1 ARBEIDSMETODEN VDC.....	66
7.2 MÅLSETNING FOR VDC	67
7.3 HJELPEMIDLER INNEN VDC	68
7.4 BYGGEBRANSJEN OG VDC	68
7.5 MULTICONSULT OG VDC	69
8 KONKLUSJON	71
9 VIDERE ARBEID	73
10 LITTERATURLISTE	74
VEDLEGG	76
VEDLEGG 1: FORSTUDIERAPPORT	76

Figurliste

Figurer

Figur forside:

Tekla BIMsight. Tilgjengelig fra: <http://www.tekla.com/international/solutions/building-construction/Documents/tekla-structures-17/images/tekla-bimsight-b.png> [Lastet ned: 28.januar 2011]

Figur 1-1:

Ivan Sutherland og Sketchpad. Tilgjengelig fra: <http://design.osu.edu/carlson/history/images/ivan-sutherland.jpg> [Lastet ned: 1.juni 2011]

Figur 1-2:

3D-brille og 3D-effekt. Tilgjengelig fra: <http://static.howstuffworks.com/gif/3-d-glasses-traditional.gif> [Lastet ned: 1.juni 2011]

Figur 2-1:

BIM: en felles datamodell. Tilgjengelig fra: <http://www.scia-online.com/eNews/Images/bim.jpg> [Lastet ned: 1.juni 2011]

Figur 2-2:

Tekla Structures 17.0. Tilgjengelig fra: <http://www.tekla.com/SiteCollectionImages/Tekla-News-BC/2011/TS17-general-UI-image-web.jpg> [Lastet ned: 1.juni 2011]

Figur 2-3:

Tekla BIMsight. Tilgjengelig fra: <http://www.tekla.com/SiteCollectionImages/Tekla-News-BC/2011/TeklaBIMsight-model-cut-web.jpg> [Lastet ned: 1.juni 2011]

Figur 2-4:

Google SketchUp. Tilgjengelig fra: <http://cybernetnews.com/wp-content/uploads/2006/04/GoogleSketchUp.jpg> [Lastet ned: 1.juni 2011]

Figur 2-5:

Head-up display i bil. Tilgjengelig fra: http://www2.dupont.com/Automotive/en_US/assets/images/newsEvents/article20050606_high.jpg [Lastet ned: 1.juni 2011]

Figur 2-6:

Augmented reality markør. Tilgjengelig fra: <http://www.ikeafans.com/images/wordpress/uploads/2009/10/ikea-billy-augmented-reality-marker.gif> [Lastet ned: 1.juni 2011]

Figur 2-7:

Augmented reality brukt på en bygning. Tilgjengelig fra: <http://www.augmentedplanet.com/wp-content/uploads/2010/08/worldslargest.jpg> [Lastet ned: 1.juni 2011]

Figur 2-8:

ICE-rom. Tilgjengelig fra: http://www.stanford.edu/group/CIFE/bulletin/2008May/IMG_0100.jpg [Lastet ned: 1.juni 2011]

Figur 2-9:

Smartboard. Tilgjengelig fra: <http://lubna85.wikispaces.com/file/view/smart-board-600i-interactive-whiteboard-photo.jpg/114471057/smart-board-600i-interactive-whiteboard-photo.jpg> [Lastet ned: 1.juni 2011]

Figur 2-10:

Referat. Tilgjengelig fra: Prosjekteringsmøte 11.mars 2011 i forbindelse med prosjektet Hestholmen hotell.

Figur 3-1:

Midtbygda skole [Teknisk Ukeblad, 2010]

Figur 3-2:

Bella Sky Hotel. Tilgjengelig fra: <http://www.evolo.us/wp-content/uploads/2011/05/bellasky-3xn-interior-1.jpg> [Lastet ned: 1.juni 2011]

Figur 5-1:

Hestholmen hotell. Tilgjengelig fra: Arkitekttegning fra prosjektet Hestholmen hotell laget av arkitekt Terje Topnesvåg fra Block Berge.

Figur 6-1:

Byggeplass. Tilgjengelig fra:

http://blogs.msdn.com/blogfiles/dotnetinterop/122207_1252_GatesCenter2.jpg

[Lastet ned: 1.juni 2011]

Figur 6-2:

CAVE. Tilgjengelig fra: <http://djsand.files.wordpress.com/2007/03/cave2.qif> [Lastet ned: 1.juni 2011]

Figur 6-3:

En bil i CAVE. Tilgjengelig fra:

http://www.emercedesbenz.com/Images/Apr06/18DesignOfTheMercedesSClass/Designers_are_a-IMG_525.jpg [Lastet ned: 1,juni 2011]

Figur 6-4:

Stav og briller til CAVE. Tilgjengelig fra: http://www.automotivecouncil.co.uk/wp-content/uploads/2010/11/Copy-of-Virtual-Reality-Centre_2_news-post2.jpg [Lastet ned: 1.juni 2011]

Tabell

Tabell 1-1:

Larvik kommune sin oppdeling av byggeprosessen [Larvik kommune].

Sammendrag

Tittelen på denne masteroppgaven er:

Den virtuelle byggeprosess:

Planlegging og gjennomføring

I denne rapporten vil arbeidsmetoden Virtual Design and Construction, forkortet til VDC, bli brukt for å forklare og eksemplifisere arbeidstittelen som ble utarbeidet i samarbeid med Multiconsult. Multiconsult ønsket å få nærmere belyst VDC og å få påpekt fordeler og ulemper ved å implementere metoden.

I rapporten blir det sett på flere hjelpemidler som brukes innen VDC. I tillegg blir det belyst noen hjelpemidler som brukes innen andre bransjer og om bruken av disse kan overføres til byggebransjen.

Målet med VDC er å redusere tids- og kostnadsforbruket i et prosjekt. Dette blir forsøkt gjort ved å minimere feil og uklarheter i prosjektet så tidlig som mulig i byggeprosessen. I utgangspunktet virker det som det ikke kreves mye kostbart utstyr for å implementere metoden. Store deler av implementeringen av VDC kan utføres ved hjelp av *endringsevne* og *endringsevne*. Selv om det sannsynligvis ikke er nødvendig, kan nye og moderne teknologiske hjelpemidler brukes for å gjøre arbeidet med metoden så effektiv som mulig.

Det er ikke sikkert at VDC kommer til å være tilstede i byggebransjen i fremtiden, men det er likevel en mulighet for at metoden vil slå igjennom og være dominerende og ledende innen byggebransjen i fremtiden. Det er mange tilfeldigheter som spiller inn for å avgjøre om en slik arbeidsmetode har livets rett. I byggebransjen er det hos totalentreprenører at det kan se ut som om VDC har størst mulighet for å slå igjennom. Mange underleverandører og samarbeidspartnerne kan måtte forholde seg til metoden hvis en totalentreprenør tar i bruk VDC.

Bedrifter som vurderer å ta i bruk VDC, kan tjene på å gjøre seg kjent med hvordan metoden fungerer i praksis i Norge. Etter at det eventuelt er besluttet å ta i bruk metoden, kan bedriften måtte investere i utstyr og opplæring av ansatte.

Visuelle hjelpemidler og 3D-teknologier er kommet for å bli, både generelt i samfunnet og i byggebransjen. Skal man bruke metoden VDC, er det både ressurseffektivt og fornuftig å ta i bruk teknologiske hjelpemidler for å få best mulig effekt av metoden.

Totalentreprenørfirmaet Block Berge Bygg har i en viss grad tatt i bruk *involverende prosjektering* og *involverende planlegging* som norske betegnelser på VDC.

Multiconsult samarbeider tett med Block Berge Bygg ved flere prosjekter. Selv om Multiconsult selv ikke tar i bruk og bruker VDC, kan de komme i kontakt med metoden via blant annet Block Berge Bygg. En ny arbeidsmetode som blir tatt i bruk av en totalentreprenør, vil høyst sannsynlig ha innvirkning på aktørene som samarbeider med denne totalentreprenøren.

1 Innledning

1.1 Masteroppgave - arbeidstittel

Arbeidstittelen på masteroppgaven er:

Den virtuelle byggeprosess:

Planlegging og gjennomføring

I oppgaven vil metoden Virtual Design and Construction, forkortet til VDC, bli brukt for å forklare og eksemplifisere begrepet *den virtuelle byggeprosess*.

Masteroppgaven sin arbeidstittel ble satt i et samarbeid med Multiconsult på bakgrunn av å få nærmere belyst metoden VDC i forhold til nåværende veletablerte arbeidsmetoder i byggebransjen og fordeler og ulemper ved å implementere VDC.

Multiconsult er et av Norges og Nordens ledende firma innenfor rådgivning og prosjektering og arbeider innen bygg og eiendom, industri, olje og gass, energi og miljø og samferdsel. Multiconsult har 19 kontorer i Norge og omtrent 1200 ansatte.

I Multiconsult sin årsrapport fra 2010 nevnes det at selskapet har investert betydelige beløp i utviklingen av *Bygningsinformasjonsmodellering*, BIM. Dette er gjort for at Multiconsult skal opprettholde sin posisjon som ett av de ledende selskapene på dette området. Målet er at selskapet skal være rådgiverbransjens markedsledende bruker av BIM.

1.2 Omfang

I begrepet *den virtuelle byggeprosess* er ordet virtuell ment å henvise til all bruk av hjelpemidler som bidrar til å synliggjøre den konkrete konstruksjonen som skal bygges, enten ved å vise hele konstruksjonen eller mindre individuelle deler av

denne. Disse hjelpemidlene kan være alt fra en skisse på et ark til et fullskala hologram av den ferdige konstruksjonen.

Arbeidstittelen er videre formulert slik at det i oppgaven tas sikte på å dekke byggeprosessen, fra de første innledende møtene etter at det er bestemt at en konstruksjon skal bygges og til konstruksjonen er ferdig og klar til bruk. I oppgaven er det spesielt studert et utvalg av ulike hjelpemidler som brukes eller kan brukes i metoden VDC.

1.3 Formål

Formålet med oppgaven er å studere ulike virtuelle hjelpemidler som finnes og brukes i byggeprosessen i byggebransjen i dag generelt, og metoden VDC spesielt.

I tillegg skal det ses på noen hjelpemidler som brukes innen andre bransjer og se om bruken av disse kan overføres og nyttes i VDC i byggebransjen. Det vil også bli referert til hvordan bruken av diverse hjelpemidler kan påvirke, og da helst redusere, tids- og kostnadsforbruket i et prosjekt.

1.4 Begrepsforklaring

1.4.1 Virtual Design and Construction

Ved Stanford University i USA, avdeling Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), har man følgende målsetning:

The CIFE mission is to be the world's premier academic research center for Virtual Design and Construction of Architecture - Engineering - Construction (AEC) industry projects [Stanford University].

Stanford University bruker følgende definisjon på VDC:

VDC is the use of multi-disciplinary performance models of design-construction projects, including the Product (i.e., facilities), Work Processes and Organization of the design - construction - operation team in order to support business objectives [Stanford University].

Egil Vestbø er ansatt i entreprenørfirmaet Block Berge Bygg og har deltatt på et av Stanford University sine kurs om VDC. I arbeidet med å implementere VDC i Block Berge Bygg har Vestbø definert VDC som ”en metode som ved hjelp av teknologi bidrar til å integrere informasjon og styrke samarbeidet i prosjekteringsfasen” [Vestbø, 2010, s.10].

De to definisjonene på VDC ovenfor gir ikke nødvendigvis et helt klart bilde på hva VDC er. Det er derfor nedenfor satt opp noen korte og enkle punkter angående VDC for å gi en litt mer utfyllende forklaring.

- *Hva er VDC?*
En arbeidsmetode.
- *Hva er målet ved bruk av VDC?*
Ved å bruke VDC som arbeidsmetode ønsker man å redusere kostnadene og tidsforbruket og å øke kvaliteten, ved å avdekke feil og uklare punkter tidlig i et prosjekt.
- *Hva er spesielt med VDC?*
I VDC involveres alle aktørene i et prosjekt, for eksempel arkitekt, rådgivende ingeniører, leverandør av tekniske løsninger og kunden, aktivt i prosjekteringsfasen.

- *Krever VDC nye hjelpemidler eller kan eksisterende hjelpemidler brukes?*
VDC er en metode hvor konkrete hjelpemidler ikke står direkte i fokus. Det kan likevel brukes både nye og eksisterende hjelpemidler for å effektivisere bruken av metoden.
- *Krever VDC at man arbeider annerledes?*
Ja. Alle aktørene i et prosjekt er involvert tidlig i prosessen. Metoden krever fokus på teknikk, metodikk, prosess og organisasjon, på en og samme gang.
- *Kan man få bedre og billigere bygg på kortere tid ved å bruke VDC?*
Det er vanskelig å måle dette direkte i et prosjekt. Målet med metoden er likevel at man ønsker å oppnå bedre og billigere bygg på kortere tid.

1.4.2 Byggeprosess

En prosess vil bestå av en serie arbeidsoperasjoner hvor formålet normalt er å komme frem til et gitt resultat.

En byggeprosess vil på samme måte inneholde mange ulike faser. Det er valgt å belyse begrepet byggeprosess ved å ta et eksempel fra hvordan Larvik kommune har valgt å beskrive en slik prosess når det skal bygges et nytt bygg.

Tabell 1-1 viser hvordan kommunen har valgt å dele opp byggeprosessen i ulike faser. Disse fasene er satt opp i adskilte bolker. I praksis vil en del av fasene gli over i hverandre og flere ulike aktører vil også være involvert i hver fase.

Produksjonsfasen kan i stor grad dekke begrepet byggeprosess som er brukt i oppgaven. VDC som metode vil bli sett nærmere på ut fra produksjonsfasen.

Produksjonsfasen i tabell 1-1 består av tre deler: *ide*, *prosjektering* og *utførelse*. Idebolken er igjen delt opp i *programmering* og *forprosjekt*. I programmeringsfasen skal det utredes og beskrives hvilke funksjoner og kvaliteter en konstruksjon skal ha.

Tabell 1-1: Larvik kommune sin oppdeling av byggeprosessen i adskilte faser.

Produksjon 3 – 5 år					Bruk 60+ år	
Ide		Prosjektering	Utførelse		Drift og vedlikehold	
Programmering	Forprosjekt	Detaljprosjektering	Montasje	Overtakelse	Garantitid	Vanlig drift

Det er i denne fasen at arkitekten lager de første skissene av bygget. Skal man for eksempel bygge en skole, må man ha en plan som viser hvor store arealer det trengs til ulike aktiviteter, hvor mange og hvor store klasserom man trenger og hvor mye areal som skal brukes til for eksempel grupperom. Den andre delen av idebolken kalles forprosjekt. På dette stadiet kan det blant annet lages flere tegninger og utføres beregninger av blant annet ventilasjonsluftmengder og energibruk.

I prosjekteringsbolken finner man *detaljprosjekteringsfasen*. Her lages det detaljerte tegninger til bruk for de som skal bygge selve konstruksjonen. Materialet som produseres i detaljprosjekteringen, er grunnlaget for eventuelle anbud eller tilbud som ulike entreprenører kan komme med. En entreprenør er en som påtar seg oppdraget med å utføre selve byggearbeidet.

Den neste bolken kalles utførelse og denne har Larvik kommune valgt å dele opp i *montasje* og *overtakelse*. Montasje beskriver fasen hvor konstruksjonen reises og tekniske installasjoner monteres. Ved overtakelse går risikoen for bygget over fra entreprenøren til kunden. Kunden kan her være en privatperson hvis det er et snakk om et bolighus, men det kan også være en kommune som har bestilt et nytt bygg.

Bruksfasen i tabell 1-1 består av en bolk, *drift og vedlikehold*. Denne bolken er videre delt opp i to deler, *garantitid* og *vanlig drift*. Garantitid innebærer her at kunden overvåker og følger opp eventuelle feil og mangler slik at disse kan utbedres før garantitiden utløper. Under punktet vanlig drift har Larvik kommune satt opp at det

med intervaller på tre til fem år bør utføres en mer detaljert tilstandsvurdering av bygningen og de tekniske installasjonene i tilknytning til bygget.

1.5 Utvikling

1.5.1 Byggebransjen

Byggebransjen er en bransje i stadig utvikling. Markedet og etterspørselen endrer seg og produktene utvikles. Lover, forskrifter og kvalitetskrav har endret seg for hver generasjon som har gått. I tidligere tider var håndverksarbeidet og byggebransjen basert på gode håndverkstradisjoner og erfaring. Dagens byggebransje må forholde seg til både erfaringsbasert kunnskap og kompetanse samtidig som man må holde seg oppdatert på den konstante utviklingen og møte nye utfordringer.

Mange prosesser som tidligere var manuelle og tidkrevende, er i dag erstattet av automatiserte prosesser. Disse bidrar til både å forstå og å løse komplekse problemstillinger, gi bedre ressursutnyttelse, bedre kommunikasjon, færre feil og dermed muligheten for billigere bygg, samtidig som kvaliteten opprettholdes eller forbedres.

1.5.2 3D i samfunnet

Før man hadde tilgang på modelleringsverktøy i byggebransjen som kunne vise konstruksjoner på en dataskjerm, måtte man klare seg med flate tegninger og fysiske modeller.

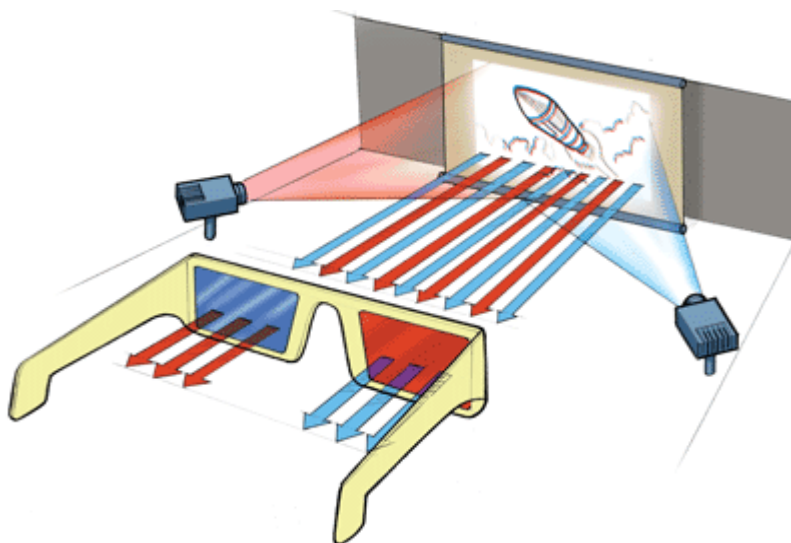
I 1963 laget Ivan Sutherland dataprogrammet Sketchpad som ble forløperen til dagens moderne modelleringsverktøy. Dette viste seg å være et stort gjennombrudd i utviklingen av datagrafikk. I figur 1-1 ser man Ivan Sutherland som arbeider med Sketchpad. Programmet virker enkelt, men det var definitivt revolusjonerende på 1960-tallet.



Figur 1-1: Sketchpad i bruk av Ivan Sutherland. Programmet får input og kommandoer fra brukeren via en spesiell penn og et panel med en rekke knapper.

I årene som fulgte ble det stadig utviklet nye og forbedrede modelleringsverktøy som blant annet kunne vise bygg og andre konstruksjoner i 3D.

3D-effekten har i de siste årene blitt brukt i en rekke underholdningsmedier man tidligere kun kunne se i flat 2D visning. Kino i 3D ved hjelp av briller med et rødt og et blått glass var tilgjengelig i sin enkleste form allerede på 1950-tallet. På figur 1-2 ser man et eksempel på en slik enkel brille. I dagens kinovisning i 3D må man fortsatt bruke briller selv om disse ser noe annerledes ut enn de gamle papirbrillene. Hovedprinsippet er det samme. På lerretet vises det to bilder og brillerglassene filtrerer ut de ulike bildene til hvert øye og man kan dermed få en 3D-effekt ved hjelp av brillene. I figur 1-2 sendes det to bilder, symbolisert med rødt og blått, mot et lerret. Glassene i brillene filtrer så ut de ulike bildene, symbolisert med ulike farger i figur 1-2, til hvert sitt øye.



Figur 1-2: Enkel forklaring av 3D-effekt ved hjelp av briller med et rødt og et blått glass. To bilder vises på lerretet og brillene filtrerer de to bildene til hvert sitt øye. Dette gir en 3D-effekt for brukeren.

I dag reklameres det i tillegg til 3D kino for blant annet 3D TV'er, 3D spillkonsoller og 3D lyd. 3D lyd er kun et annet navn for *surround sound*, men brukes til tider i reklamen for å la det se ut som det er noe nytt og spennende. Begrepet 3D brukes også innen en rekke andre felt, selv om det ikke alltid får like stor reklameplass som de største underholdningsprodusentene sine produkter.

I ingeniørverdenen har man 3D-modelleringsverktøy som brukes daglig innen flere fagfelt. De første enkle modelleringsverktøyene ble tatt i bruk av fly- og bilindustrien på 1960-tallet. De er blitt et hjelpemiddel som har forenklet arbeidsoppgavene og er en nyttig og effektiv måte å vise og visualisere nye og gamle konstruksjoner på.

1.5.3 Modelleringsverktøy

Bruk av modelleringsverktøy i byggebransjen kan spores tilbake til 1963 og Ivan Sutherland sitt arbeid med Sketchpad. Dette enkle dataprogrammet, sett ut fra dagens standard, ble forløperen til de moderne modelleringsverktøyene som brukes innen byggebransjen i dag.

På 1980-tallet ble behovet for tegnere i byggebransjen redusert fordi modelleringsverktøy på denne tiden til en viss grad kunne utføre samme jobben. Tegneprogram var blitt både billigere og lettere tilgjengelige og ingeniørene kunne nå utføre store deler av tegnearbeidet selv på datamaskiner.

I dag kan man som student fullføre en mastergrad innen ingeniørfag uten å måtte tegne en tegning for hånd. Det er likevel slik at tegning og tegneteknikk fortsatt har en sentral posisjon blant annet innen enkelte fag i et arkitektstudium. Håndtegninger som sluttprodukt er også i stor grad på vei ut av byggebransjen. Nå utføres mer og mer av tegnearbeidet på datamaskiner.

Utviklingen av modelleringsverktøy innen byggebransjen har i grove trekk gått fra tradisjonelle tegnebrett via enkle flate 2D-programmer og til programmer som kan vise 3D-modeller på en dataskjerm. 3D-modeller som vises på en flat dataskjerm er en form for falsk 3D, siden man ser modellen på en flat skjerm. Det neste i utviklingen kan bli at man får en fullverdig 3D-visning av modellen man har laget. En slik moderne 3D-visning har man begynt å ta i bruk blant annet i deler av bilindustrien.

Et av de viktigste aspektene ved et modelleringsverktøy er at det bør kunne gi en god kommunikasjon mellom menneske og maskin. Man ønsker å ha et godt og enkelt grensesnitt for brukeren.

Generelt kan man si at det er to måter å bruke et modelleringsverktøy på. Man kan enten plote inn tall og koordinater og få ut en tegning på skjermen eller så kan man lage eller endre en tegning på skjermen og tallene og verdiene til linjene og punktene kommer ut fra dette. Den første måten kan kalles en programmeringsmåte og gir rette verdier siden disse legges inn direkte. Det er da ikke sikkert at det synlige bildet alltid blir helt som forventet, fordi man ikke har tegnet dette direkte. Den andre måten kan kalles en tegneteknikk eller en manuell metode. Her lager man figuren slik man ønsker og datamaskinen regner ut hvilke verdier som skal lagres for ulike linjer og punkter. Det er her ikke nødvendigvis sikkert at tallmaterialet blir helt som forventet fordi dette er basert på brukerens tegning av figuren.

Den manuelle tegnemåten er ofte den enkleste og raskeste å bruke. Man bruker blant annet datamusen til å klikke på objekter og få disse til å plassere seg hvor man ønsker det. Dette er en metode de aller fleste er vant med gjennom brukervennlige operativsystemer hvor det meste kan gjøres ved å klikke og dra på synlige objekter på skjermen.

I fremtiden er det sannsynligvis en brukervennlig og effektiv versjon av denne manuelle tegnemåten som kommer til å dominere. Man kan også tenke seg at det et tegnebrett hvor hele tegneflaten er en stor *touch screen* hvor man kan trykke, dra og flytte på alt man vil.

1.5.4 VDC og BIM

I de siste årene har det i Norge vært et sterkt fokus for å bruke dataprogrammer for å bedre grunnlaget for å ta raske og kostnadseffektive avgjørelser i byggeprosesser. Dette behovet har blitt forsøkt dekket både i undervisningssammenheng ved læresteder og blant bedrifter ved å sette fokus på Bygningsinformasjonsmodellering. Uttrykket Bygningsinformasjonsmodellering kommer fra det engelske uttrykket *Building Information Modeling* og både det norske og det engelske uttrykket forkortes med BIM.

BIM er en måte å digitalisere informasjon på. Hver aktør i byggeprosessen kan sitte med sin egen digitale modell hvor all nødvendig informasjon fra sitt fagområde er lagret, men for at et arbeid med BIM skal være effektivt, er det nødvendig å kunne dele informasjon med de andre aktørene.

VDC og BIM kan i første omgang se ut til å være to sider av samme sak, men det er et vesentlig skille. BIM er et hjelpemiddel innen VDC. Det vil si at hjelpemiddelet BIM kan brukes som en del av arbeidsmetoden VDC.

Bedrifter innen byggebransjen som opererer i Norge, har i ulik grad brukt BIM ved flere anledninger i ulike prosjekter. Noen bedrifter reklamerer med at de bruker BIM på hjemmesidene sine. Det finnes også flere artikler om vellykkede prosjekter hvor

bruken av BIM er en viktig faktor. Begrepet VDC er også mulig å finne i både omtale på bedrifters hjemmesider og i faglige artikler, men det er betydelig færre bedrifter som bruker betegnelsen VDC aktivt utad i forhold til BIM.

Ved Stanford University i USA er det mulig for studenter og andre interesserte å ta egne kurs om VDC og bruken av denne metoden i praksis.

De siste 10 årene er det gitt ut flere publikasjoner fra personer tilknyttet Stanford som omhandler VDC. Det er også utført flere spørreundersøkelser i forbindelse med noen av disse publikasjonene. Spørreundersøkelsene var rettet mot aktører i bygg og anleggsbransjen i USA angående deres bruk av og tanker rundt VDC og BIM.

I desember 2007 ble rapporten "VDC Use in 2007" publisert av Brian Gilligan og John Kunz for Stanford University [Gilligan, B. og Kunz J., 2007]. I forbindelse med denne rapporten ble det utført to spørreundersøkelser om bruken av VDC og BIM, en i 2006 og en i 2007. Da rapporten ble publisert hadde Gilligan og Kunz fått tilbakemelding fra 171 aktører med tilknytning til bygg og anleggsbransjen i USA.

Over halvparten av de som svarte på undersøkelsen i 2007 sa at de ikke brukte VDC/BIM på noen prosjekter. Majoriteten av de som ikke brukte VDC/BIM, nevnte ikke markant behov, lite etterspørsel og mangel på kvalifiserte tilbydere som de mest betydningsfulle grunnene for ikke å implementere VDC/BIM. Den samme gruppen sa at de ville brukt disse mulighetene hvis det kunne forbedret effektiviteten i bedriften.

Av deltakerne i undersøkelsen hadde noen prosjekter kun i USA, mens flere av bedriftene var delaktige i prosjekter både i og utenfor USA. Alle deltakerne utførte jevnlig ulike arbeidsoppgaver i forskjellige design og konstruksjonsprosesser.

Undersøkelsen fra 2007 omfattet betydelig flere deltakere enn den første undersøkelsen fra 2006. Av rapporten kommer det frem at det totale antall brukere av VDC har økt fra 2006 til 2007.

I forbindelse med bruken av VDC ble det spurt om i hvilke deler av et prosjekt denne metoden ble anvendt. Majoriteten av de som svarte sa at det var en tydelig og klar

bruk av VDC i den tidlige planleggingen, i designfasen og i konstruksjonsfasen. Kun under 15 % brukte VDC betydelig i vedlikeholdsfasen. Tilsvarende ble det registrert hvor mange som laget 3D-modeller i de ulike fasene. Her var svarene omtrent den samme som for den generelle bruken av VDC.

1.6 Rapportstruktur

I kapittel 2 vil det i denne rapporten bli sett på noen av hjelpemidlene man kan ta i bruk innen VDC. De hjelpemidlene som det vil bli sett på er BIM, visuelle hjelpemidler, Integrated Concurrent Engineering og prosjektstyring. Dette kapitlet har som hensikt å få belyst disse hjelpemidlene for å gi en bedre forståelse av arbeidsmetoden VDC.

Kapittel 3 tar for seg fordeler og ulemper og begrensninger i forbindelse med VDC. Det vil bli sett nærmere på noen prosjekter og hvordan VDC eller hjelpemidler innen VDC ble brukt i de ulike prosjektene. Formålet ved kapittel 3 er å forsøke å få frem de viktigste og tydeligste fordelene med VDC, samtidig som ulemper og eventuelle begrensninger med arbeidsmetoden vil bli belyst.

I kapittel 4 vil det bli sett på hvordan en aktør som er involvert i byggeprosessen, kan starte med å ta i bruk VDC. I tillegg vil det bli belyst kort noen bransjer og aktører arbeidsmetoden kan passe for. Kapittel 4 er ment å skulle vise hvordan VDC kan implementeres i en bedrift og hvilke aktører som kan ha størst nytte av metoden.

Kapittel 5 omhandler prosjektet Hestholmen hotell hvor Block Berge Bygg AS var totalentreprenør. Prosjektet var et hybel- eller leilighetshotell på fem etasjer i Sola kommune. Dette prosjektet er tatt med i oppgaven for å forsøke å gi et kort innblikk i arbeidet med et reelt prosjekt. Arbeidet er hovedsakelig sett ut fra Multiconsult sitt synspunkt. Det er videre sett på bruken av digitale hjelpemidler i noen situasjoner i arbeidsprosessen med prosjektet.

I kapittel 6 vil det bli beskrevet noe om hvor byggindustrien står i dag og hvordan den kan se ut i fremtiden. Det vil bli sett på eksempler på bruk av ulike teknologi i dag og utviklingsmuligheter ved noen av disse. I tillegg vil det bli belyst et konsept eller en teknologi som kalles Cave Automatic Virtual Environment. Dette konseptet brukes i deler av bilindustrien.

2 Hjelpemidler

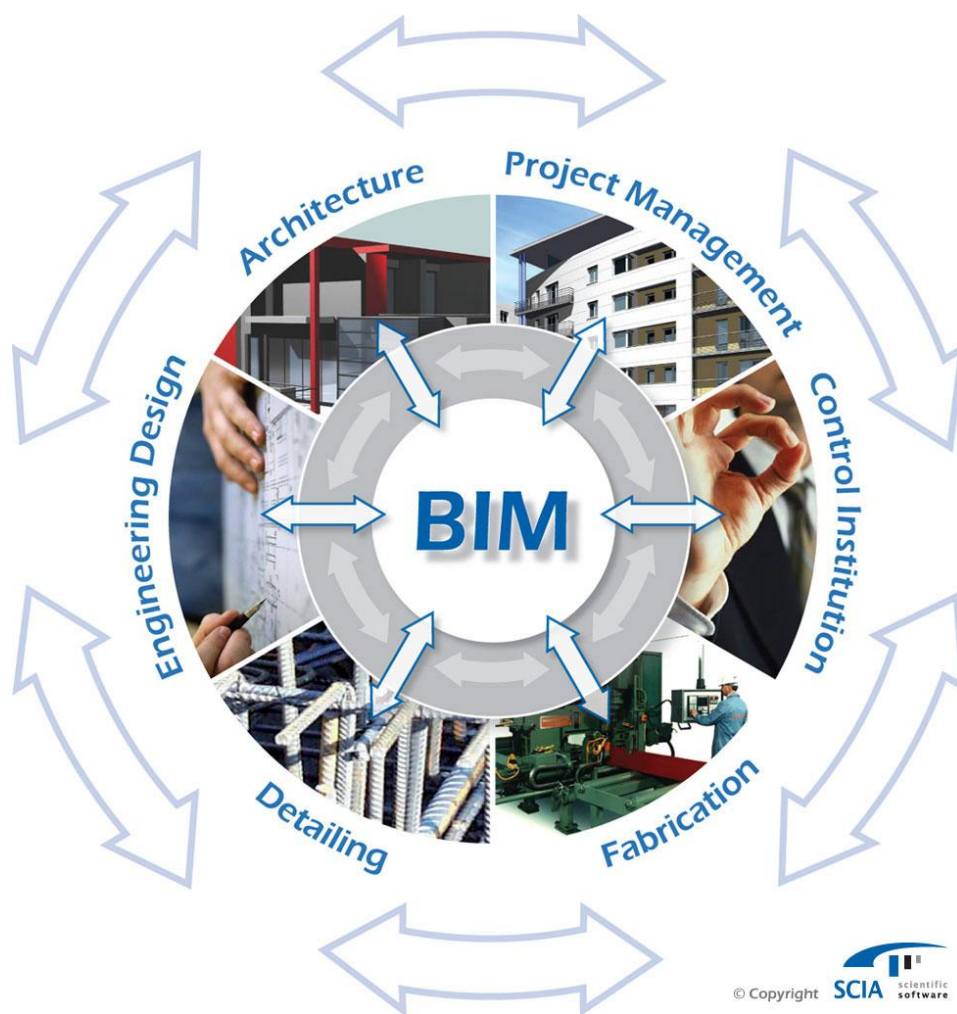
2.1 Generelt

Innen arbeidsmetoden VDC finnes det en rekke hjelpemidler man kan ta i bruk. Nedenfor vil følgende hjelpemidler bli belyst: BIM, visuelle hjelpemidler, Integrated Concurrent Engineering og prosjektstyring.

2.2 BIM – *Building Information Modeling*

Det finnes ofte egne BIM for ulike fagområder i et prosjekt. Prinsippet med BIM er at alle de ulike involverte aktørene kommuniserer inn mot en felles datamodell. Figur 2-1 viser dette prinsippet. Ulike aktører både legger inn og henter informasjon fra en felles datamodell. BIM er en digital 1:1 modell av konstruksjonen i prosjektet. All relevant informasjon samles da i denne ene datamodellen. Dette krever at alle bruker en felles åpen filstandard, ofte omtalt som IFC. IFC står for *Industry Foundation Classes* og er et filformat for BIM-filer. De fleste moderne programmer som brukes innen bygningsindustrien støtter dette filformatet. IFC er en viktig del av BuildingSMART filosofien. BuildingSMART er et internasjonalt initiativ for å få bedre kvalitet til en lavere pris i byggebransjen.

Bruk av BIM medfører en digitalisering av de ulike fasene i byggeprosessen. Dette fører til at informasjonen i et prosjekt kan behandles mer effektivt. Det er ikke lenger nødvendig å sitte med tegningene i den ene hånden og spesifikasjonene i den andre. Både ”tegningen” og all informasjonen er samlet i datamodellen. BIM hjelper til med å koordinere, skaffe oversikt og forenkle samarbeidet på tvers av fagområdene i et prosjekt. BIM gjør at dagens 2D-tegninger, som består av streker og symboler, kan helt eller delvis erstattes av 3D-, 4D- eller 5D-informasjonsmodeller som inneholder objekter med all nødvendig informasjon. I et 3D-verktøy kan man legge inn *tiden* som en ekstra dimensjon og dermed gjøre dette verktøyet om til et 4D-verktøy. Noen moderne modelleringsprogrammer har mulighet for å legge inn enda en dimensjon, nemlig *kostnad* og da få en såkalt 5D-effekt.



Figur 2-1: Ved bruk av BIM arbeider de ulike aktørene i et prosjekt inn mot en felles datamodell.

I BIM blir de delene man modellerer opprettet som objekter som tildeles egenskaper og som har relasjoner til hverandre. I en modell kan man for eksempel opprette en dør som tildeles en brannklasseegenskap og ha en relasjon slik at branddøren tilhører en vegg som er med på å avgrense et bestemt rom. Når man modellerer i BIM, er det sentrale hva slags informasjon man legger inn, for eksempel at det er en dør med en spesiell brannklasse, og ikke hvordan noe rent visuelt ser ut på en 2D tegning.

Innen bruk av BIM har Norge og Norden en ledende posisjon internasjonalt. Bruk av BIM og åpne filstandarder har i de siste årene begynt å bli stilt som et krav i nye byggeprosjekter. I 2007 ble det i Finland påkrevd at alle prosjekter skulle utveksle

informasjon via IFC-format. I 2008 signerte representanter fra USA, Danmark, Finland og Norge et "BIM-statement" som tilsa at man skulle kreve BIM og åpne standarder. I tillegg skulle det samarbeides for å øke utbredelsen av BuildingSMART i byggindustrien.

I Norge ble 21.april 2008 en merkedag for Statsbygg og norsk byggenæring. Da ble det for første gang lagt ut en anbudsinnbydelse hvor det var spesifisert krav om å bruke BIM. Prosjektet hvor det var krav om BIM, var et bygg tilknyttet samfunnsvitenskapelig fakultet og Studenthuset ved Universitet i Stavanger. Statsbygg har lenge signalisert at BIM er fremtiden, og da anbudet til de to nybyggene ved UiS ble lyst ut, var kravet om bruk av BIM noe arkitekter og rådgivende ingeniører måtte forholde seg til.

2.3 Visuelle hjelpemidler

2.3.1 Utvalgte hjelpemidler

Visuelle hjelpemidler omfatter et relativt vidt begrep. De mest opplagte og brukte hjelpemidlene av denne typen er papirtegninger og 3D-modeller laget ved hjelp av et modelleringsverktøy.

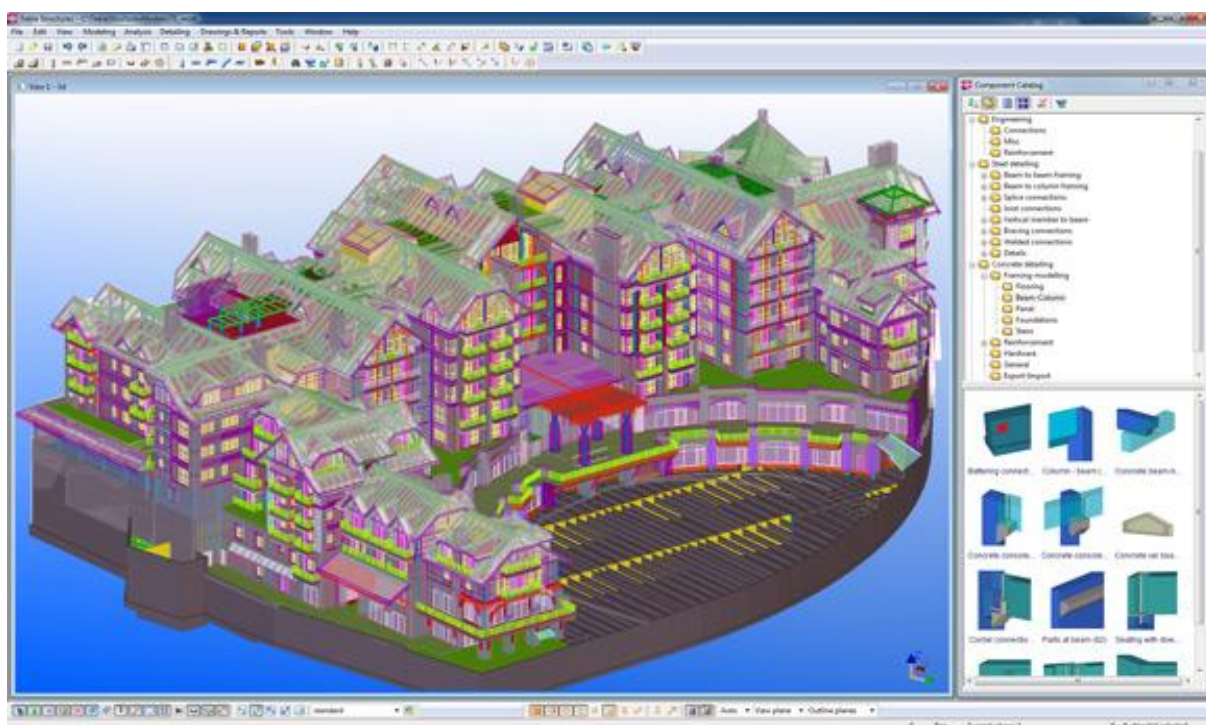
I punktene som følger under er det valgt å se på databaserte visuelle hjelpemidler og blant disse er det plukket ut fire stykker som vil bli belyst nærmere. De hjelpemidlene det er valgt å legge vekt på er Tekla Structures, Tekla BIMsight, Google SketchUp og augmented reality. De tre første er dataprogrammer, mens augmented reality er en teknologi.

Tekla Structures er valgt fordi det er dette modelleringsprogrammet Multiconsult bruker i sin daglige drift. Det finnes en rekke andre tilsvarende modelleringsprogrammer fra andre produsenter som brukes hos andre ingeniørselskaper. De ulike programmene har i hovedsak samme bruksområder, men har noen forskjellige funksjoner og ulikt grensesnitt. Tekla BIMsight er en

enklere utgave av Tekla Structures og er valgt fordi den blant annet er beregnet brukt ute på byggeplassen. Google SketchUp er tatt med i denne sammenhengen for å vise at det finnes rimelige og enkle alternative modelleringshjelpemidler som kan brukes når prosjektene tillater dette. Det siste hjelpemiddelet som er tatt med er augmented reality. Denne teknologien kan nå brukes i en rekke daglige situasjoner i tillegg til at augmented reality har begynt å finne sin vei inn i byggebransjen.

2.3.2 Tekla Structures

Tekla Corporation er et software selskap som spesialiserer seg på modellbasert programvare for bygg- og anleggsindustrien. Selskapet ble stiftet i 1966 og hovedkontoret ligger i Espoo i Finland. Selskapet har også andre kontorer spredt over hele verden. Tekla Corporation har blant annet laget programvaren Tekla Structures.



Figur 2-2: Skjermdump fra Tekla Structures 17.0.

Tekla Structures er et 3D-modelleringsverktøy som brukes innen bygg og anleggsindustrien hovedsaklig i forbindelse med stål- og betongdetaljer. Denne programvaren gir nøyaktige, detaljerte og informasjonsrike 3D-modeller som kan deles mellom de ulike aktørene i byggeprosessen. I selve modellen har man mulighet for å legge inn mye informasjon om hver del eller element av konstruksjonen. Dette gjør at nyttig informasjon samles i modellen og hvis denne teknologien brukes riktig, kan det øke produktiviteten og redusere sløsing av tid og ressurser. Tekla Structures kan samkjøres og integreres med diverse andre modeller fra andre programmer, blant annet egne arkitektmodeller.

Den nyeste utgaven av Tekla Structures er versjon 17.0. Figur 2-2 viser et skjermdump fra denne versjonen. De nyeste endringene og forbedringene er blant annet at små hjelpeprogrammer har fått bedre tilgjengelighet, flere fargemuligheter som gjør det enklere å skille og representere ulike objekter og snappingverktøyet er gjort mer nøyaktig og mer intuitivt. Snappingverktøyet kan la musepekeren hoppe til hjørner, linjer eller punkter når brukeren flytter pekeren nær slike punkt i modellen på skjermen. I tegningsdelen av programmet er det også kommet noen forbedringer. Her er blant annet kloneverktøyet gjort mer pålitelig og nøyaktig og det er lagt inn en tyngdepunktfunksjon i selve tegningsdelen, noe som det ikke var tidligere. Kloneverktøyet er et verktøy som lar brukeren kopiere oppsettet for tegninger og mål som er plassert i tegningen og la dette gjelde for et nytt element. Dette gjør at brukeren slipper å legge inn alle målene på ny for hver tegning, selv om han eller hun fortsatt må sjekke alle tegningene da denne funksjonen ikke alltid gjør slik brukeren hadde tenkt.

En av problemstillingene som dukket opp da de digitale modelleringsverktøyene ble tatt i bruk, var muligheten for ulike personer å arbeide med den samme modellen samtidig. I Tekla Structures er det lagt inn to måter å løse dette problemet på. Den første er en multiuser-løsning som lar flere brukere arbeide med samme modell samtidig. Det andre alternativet er at alle brukerne arbeider med hver sin individuelle kopi av hovedmodellen og synkroniserer sin private modell opp mot hovedmodellen med jevne mellomrom. Selv om det ser ut som Tekla Structures har funnet flere mulige løsninger på denne problemstillingen, er det likevel flere spørsmål som blir stilt fra ingeniørene som arbeider med modellene. Ingeniøren kan ønske seg en

felles modell å arbeide med, men kan likevel i noen tilfeller ønske å ha sin egen private modell å gjøre endringer i. Når det snakkes om en felles modell må man både ta hensyn til en mulig felles modell mellom ulike avdelinger og ulike firma som arbeider med samme prosjekt. Noen av spørsmålene som dukker opp i forbindelse med en felles modell er følgende:

- Hvem kan gjøre hva?
- Hvem gjør og har gjort hva?
- Hvem har ansvar for å gjøre hva?
- Hvem kan endre hva i modellen?

Ideelt sett burde et prosjekt være tilgjengelig overalt for alle som har behov for det til enhver tid.

Tekla Structures kan ved å koble seg opp mot andre programmer utføre analyse av spenning og nedbøying i 3D-modellen. Normalt sett fungerer analysedelen av Tekla Structures slik at man velger å analysere modellen eller deler av denne og analyseprogrammet gir ut de svarene man søker. Det er likevel ikke alltid så enkelt fordi Tekla Structures ikke alltid klarer å gjenkjenne alle situasjonene som brukeren har modellert. Hvis man for eksempel har slike spesielle tilfeller i modellen, kan man måtte manuelt definere enkelte grensebetingelser som at enkelte punkter eller plan skal være fastlåste og ikke kunne forflytte seg. Det er også mulig å legge inn noder eller punkter på steder det ikke nødvendigvis var logisk å ha noder når man laget modellen, men at man likevel ønsker å vite nedbøyingen i et gitt punkt og derfor trenger en node her.

Slik Tekla Structures er per i dag, må man inn i analyseprogrammet, eksportere 3D-modellen og så importere filen tilbake til Tekla Structures. Grunnen til at det er gjort slik at Tekla Structures ikke utfører analysedelen selv, er fordi programmet selges og brukes i en rekke ulike land med forskjellige krav, regler og standarder. Det er da enklere og mer fornuftig å ha et brukervennlig og godt grensesnitt som virker opp mot lokale og nasjonale analyseprogrammer.

2.3.3 Tekla BIMsight

Tekla BIMsight er et softwareprogram som er beregnet for å bli brukt på byggeplassen. Konseptet ble lansert tidlig i januar 2011 og var klar til bruk i februar 2011. I en promoteringsvideo om Tekla BIMsight blir det sagt at programmet kan brukes til å kombinere, studere, dele og kommentere modeller. Det er i tillegg mulig å kjøre kollisjonstester for å se om noen deler fra ulike modeller treffer hverandre eller sjekke om det er for lite avstand mellom enkelte deler. Man har også mulighet til å filtrere bort ulike elementer slik at kun det som er interessant i en gitt sammenheng er synlig. Produsenten Tekla reklamerer med at Tekla BIMsight kan redusere kostnaden, sløsing av tid og materialer og dyre tilbakeslag på grunn av endringer man oppdager for sent. Tekla BIMsight er tilgjengelig som lovlig gratis nedlasting fra internett. Man må registrere seg etter å ha brukt programmet 10 ganger, men også registreringen er gratis og skjer via internett.

Tekla BIMsight har mange likhetstrekk med Tekla Structures, men har mindre funksjoner og fremstår som et noe enklere program. Figur 2-3 viser et skjermdump av Tekla BIMsight og man ser at programmet har et relativt rent og enkelt grensesnitt. Det at programmet er enkelt er også en fordel når det skal brukes på byggeplassen. Hele programmet er designet for å kunne bli brukt ved hjelp av en datamus og all navigasjon rundt i modellen kan skje ved hjelp av en slik helt vanlig datamus. Oversiktlige plan som kutter hele modellen kan legges inn slik at man får enda bedre oversikt over det man ønsker. Når man har funnet en visning av det man er ute etter, kan denne konkrete visningen lagres og hentes opp av andre brukere ved en senere anledning. Det er enkelt å måle avstander i modellen ved å velge to ulike punkt eller plan. Brukere kan legge inn kommentarer til visninger eller på konkrete elementer. Det vil være registrert av hvem og når kommentarene ble lagt inn på samme måte som på nettsamfunnet Facebook. Det er da lett å vite *hvem* som har kommentert for eksempel en kritisk endring som må gjøres og *når* dette er gjort.



Figur 2-3: Skjermdump fra Tekla BIMsight.

BIM-avdelingen i Skanska har valgt å ta i bruk Solibri Checker. Dette er et program som i bruksområde ligner på Tekla BIMsight. Bruken av Solibri Checker gjør at 3D-modellene blir brukt aktivt på Skanska sine byggeplasser. Ved bruk av Solibri Checker kan fagarbeiderne studere en 3D-modell på en egen datamaskin på byggeplassen og lagre bilder av konkrete detaljer de har sett på ved konstruksjonen. Det er tilrettelagt for at de ansatte skal kunne skrive ut bildene de ønsker slik at de raskt og enkelt kan ta disse med seg ut på byggeplassen hvor jobben skal utføres.

2.3.4 Google SketchUp

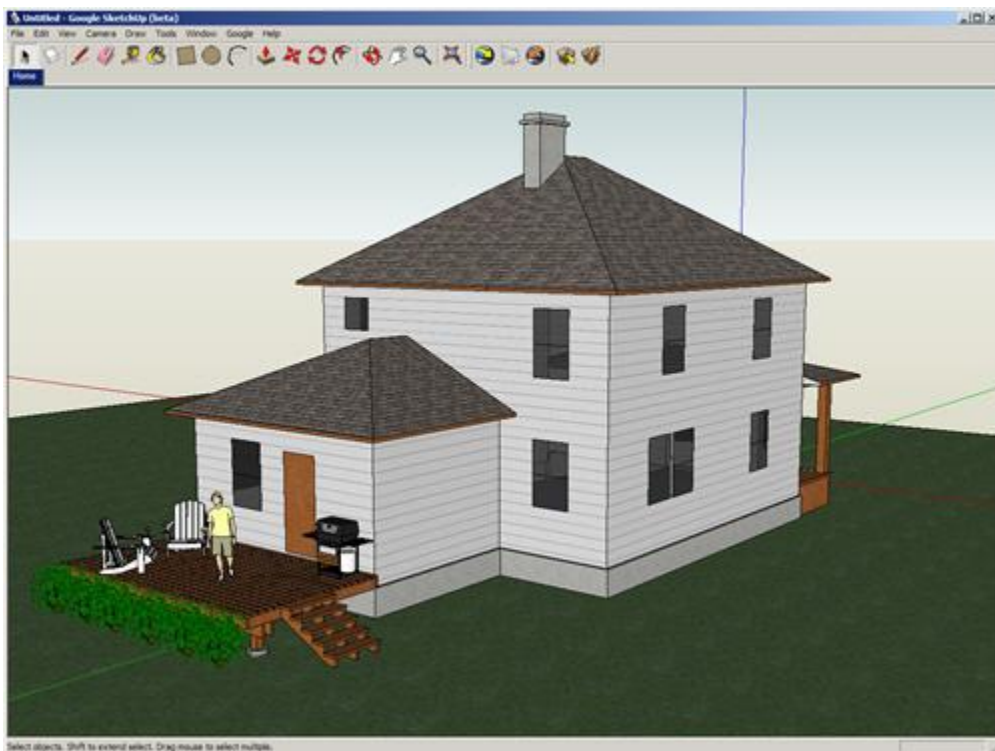
Det finnes flere eksempler på relativt enkle og intuitive tegneprogrammer som kan produsere modeller i 3D. Google SketchUp er et slikt program.

SketchUp kom ut i sin opprinnelige form i 2000. Den gang var programmet rettet mot blant annet arkitekter, ingeniører, filmprodusenter og spillutviklere. I 2006 ble programmet kjøpt opp av Google som ønsket å bruke det som en mulighet til å lage 3D-modeller av bygninger i Google Earth. Etter at Google tok over, kom modelleringsprogrammet ut i to ulike varianter. I dag er det disse to variantene som eksisterer. Den første heter SketchUp og er en gratis tjeneste med litt reduserte

muligheter blant annet innenfor kompatible filtyper i forhold til den andre varianten som krever betaling. Betalingsversjonen heter SketchUp Pro og her følger det med et tilleggsprogram som blir kalt LayOut. Dette er et 2D dokumentasjons- og presentasjonsverktøy. Google selv beskriver SketchUp Pro slik:

Google SketchUp Pro is a simple but powerful tool for exploring and presenting your ideas in 3D. SketchUp Pro is everything traditional CAD software isn't -- quick to learn and intuitive to use [Google SketchUp, 2011].

Programmer av denne typen kan for eksempel brukes til å lage enkle modeller raskt og effektivt tidlig i et prosjekt. I figur 2-4 ser man en modell et hus som er laget i Google SketchUp. Hvis man er kjent med programmet, tar det ikke lang tid å lage en slik modell. De enkleste av slike programmer vil nok kun bli brukt i en tidlig fase hvor det er ønskelig å få opp en grov og enkel modell så raskt som mulig. Etter hvert som prosjektet tar form, vil det være behov for en 3D-modell basert på et kraftigere program med flere muligheter, men dette avhenger av hvor komplisert og stort prosjektet er.



Figur 2-4: Skjermdump fra Google SketchUp.

2.3.5 Augmented reality

Augmented reality er en teknologi som fletter virtuelle objekter inn sammen i brukerens syn på den virkelige verden. De virtuelle objektene vil bli et ekstra lag med informasjon. På norsk er denne teknologien oversatt til *utvidet virkelighet*. Den ekstra informasjonen vil ikke erstatte virkeligheten, men utvide denne, og dermed kommer oversettelsen utvidet virkelighet.

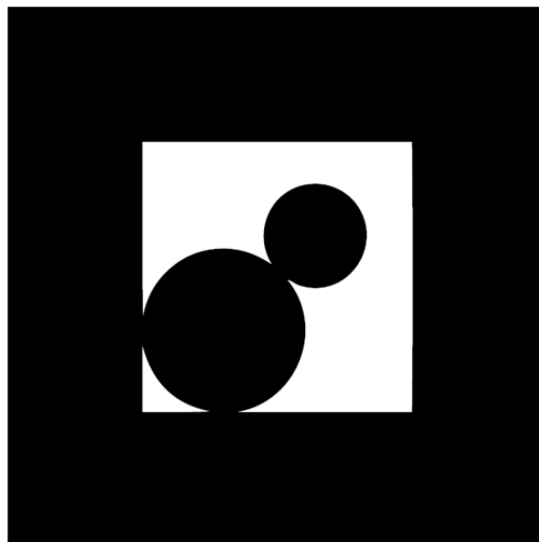
Augmented reality kan brukes i ulik grad i flere forskjellige sammenhenger. På TV brukes en såkalt *green screen* for å plassere en person i et annet miljø. Dette kan være alt fra at man ser værkartet bak meteorologen når meteorologen egentlig står og peker mot en tom grønn skjerm, til store show hvor det kun er programlederne av det man ser på TV-skjermen, som er ekte. I sportsendinger er det populært å bruke augmented reality. I starten av fotballkamper vises ofte logoen til de to lagene på hver sin banehalvdel. I hopprenn kan det bli lagt inn en virtuell linje som viser hvor langt den neste utøveren må hoppe for å ta ledelsen. På lange distanser innen skøyting og løp i friidrett er det ikke uvanlig å legge inn en linje som beveger seg i den hastigheten utøverne må skøyte eller løpe, for å sette verdensrekord.



Figur 2-5: Eksempel på bruk av Head-up display i en bil. Sjåføren kan holde øynene på veien samtidig som han kan se nødvendig informasjon som blant annet bilens hastighet og turtall.

Våpenindustrien bruker augmented reality i kampfly slik at pilotene skal kunne holde blikket rettet fremover og slippe å måtte se ned på ulike instrumenter. Etter at militæret tok i bruk denne teknologien er det blitt vanlig også i sivil luftfart. Til og med i moderne biler ser man bruk av såkalt *Head-up display*, som forkortes med HUD. Figur 2-5 viser et eksempel på bruk av HUD i bil. Man ser at blant annet hastigheten til bilen vises i synsfeltet til sjåføren når han ser på veien.

I stadig flere mobilapplikasjoner ser man i dag bruk av augmented reality. Et eksempel er Gule Sider sin applikasjon fra 2009, Gule Sider Live. Denne applikasjonen lar brukeren bruke kameraet på mobiltelefonen til å se virkeligheten på skjermen samtidig som det kan legges på ulike lag med informasjon på skjermen. Mobiltelefonen bruker GPS og kompass for å vite hvor brukeren er og hvor kameraet peker. Inne i applikasjonen kan man søke opp alt som finnes i Gule Sider sin vanlige database og blant annet velge "ta meg dit" for et spesifikt søk. Da vil denne plassen bli markert på skjermen, en pil med retning vil vise vei og man kan se hvor langt det er til man er fremme. Gule Sider Live har vunnet flere priser og ble blant annet kåret til Norges beste mobile løsning på Gulltaggen 2010. Gulltaggen er en kommunikasjonskonferanse som i løpet av de siste 11 årene har etablert seg som Norges og Nordens største markeds- og kommunikasjonsarrangement. På konferansen deles det ut en rekke priser, blant annet for beste mobile løsning for inneværende år.



Figur 2-6: Eksempel på en markør som kan brukes innen augmented reality. Markørene kan ha ulik utforming, men er ofte enkle slik at kameraet enkelt kan orientere hvilken vei markøren er posisjonert.

Innen barneunderholdning har det også dukket opp bruk av augmented reality. Dibidogs er en samling av figurer som man kan se på TV og i en egen barnebok. Det som er spesielt med denne barneboken, er at på hver side er det i tillegg til litt tekst, en liten markør. Når man bruker et webcam koblet til en datamaskin med rett type programvare, vil man kunne se figurer på dataskjermen som kommer ut av en flat side i boken.

Noen interiørarkitekter og møbelforetninger bruker samme prinsipp for å la potensielle kjøpere se for seg for eksempel en sofa i sin egen stue, før man kjøper den. Man får da med seg en markør, gjerne på størrelse med et A4-ark, til å legge på gulvet hvor man kunne tenke seg å ha sofaen. Figur 2-6 viser et eksempel på hvordan en slik markør kan se ut. Så bruker man en datamaskin med webcam eller en smartphone med nødvendig programvare for å studere hvordan sofaen vil se ut og hvordan den passer inn før man eventuelt kjøper den.

I Tyskland har BMW enkelte delvis selvbetjente servicehaller eller verksteder. Her kan den enkelte kjøre inn bilen og registrere eventuelle problem. Deretter tar man på seg spesielle briller som viser, ved hjelp av augmented reality, hva som skal gjøres dersom man for eksempel skal bytte kjølevifta i motorrommet. Det blir vist hvilket verktøy man trenger, hvor det skal brukes og hva som skal fjernes i korte og enkle trinn for trinn visninger.



Figur 2-7: En modell av en bygning satt inn i virkeligheten ved hjelp av augmented reality.

I byggebransjen kan augmented reality brukes i stor skala på byggeplassen. Det er mulig ved hjelp av denne teknologien å se hvordan den ferdige konstruksjonen vil se ut før man har begynt arbeidet på den gitte tomte. Denne teknologien kan også brukes når man skal utvide en eksisterende konstruksjon.

I dag fungerer teknologien ved overblikk på store bygg. Figur 2-7 viser en hel modell av en bygning plassert inn hvor bygningen er tenkt å stå. Bildet er tatt fra luften ved hjelp av et helikopter. Står man derimot for nær inntil for eksempel en søyle, er det mulig at den flimrer noe fordi GPS-målingene ikke er nøyaktige nok. Det er vanskelig å få modellene nøyaktig plassert hvis det er få holdepunkter for programvaren som for eksempel ved en flat tomt som er klargjort for byggearbeid. Man kan få et mer stabilt og presist bilde av modellen hvis utstyret får flere faste referansepunkt å forholde seg til. For at augmented reality skal fungere, trenger utstyret å vite hvor man er og hvor man ser. I en praktisk arbeidssituasjon er det ønskelig å kunne oppnå god nøyaktighet ved bruk av små og lette mobile enheter.

2.4 Integrated Concurrent Engineering

Innen arbeidsmetoden VDC er et av hjelpemidlene man kan ta i bruk et såkalt ICE-rom. ICE er en forkortelse for Integrated Concurrent Engineering og er en metode som har som mål å lage et foreløpig design for et komplekst system. Dette gjøres ved å samle fagkyndige personer og la dem, ved hjelp av visualiserings- og analyseverktøy, ta avgjørelsene som er nødvendige, raskt og effektivt. ICE-rom er et navn som brukes på et rom som er tilpasset til å gjennomføre Integrated Concurrent Engineering.

Målet med og begrunnelsen for å bruke såkalte ICE-rom, er å redusere tiden man bruker på å komme frem til beslutninger og å redusere kostnaden som er nødvendig for å komme frem til disse.

I en artikkel skrevet av John Chachere, John Kunz og Raymond Levitt [Chachere, J. et al., 2004] for Stanford University blir det hevdet at romfart, fly og bilindustrien er

pionerer innen ICE. Det nevnes videre at disse industriene bruker en rekke beslektede metoder med ulike navn: *ICE*, *Extreme Collaboration*, *Concurrent Design Engineering*, og *Radical Collocation*. Dette viser at selv om ikke det nøyaktige begrepet ICE eller ICE-rom blir brukt, er det mulig at bedrifter har integrert dette hjelpemiddelet i arbeidsprosessen sin under et annet navn.

Et ICE-rom brukes som regel tidlig i VDC-prosessen for et gitt prosjekt. Hovedpoenget er å få avklart viktige detaljer raskt og tidlig. For å få til dette innkalles det til et møte som legges til et ICE-rom. Møtedeltakerne må være beslutningsdyktige personer innenfor sitt fagområde. Det er viktig at alle nødvendige fagområder er representert når store avgjørelser som angår dem blir tatt, for å unngå dyre og tidskrevende konflikter. Alle deltakerne på møtet vil dermed ha samme forutsetninger for å ha fått med seg informasjonen som er gitt og de beslutninger man har kommet frem til.

En av de viktigste grunnene til at man bruker et ICE-rom, er som nevnt tidligere, at man har mulighet til å få avklart detaljer raskt og effektivt. Man har som mål å holde "response latency" til et minimum. På norsk kan dette uttrykket forklares med tiden som går fra et spørsmål er stilt til man har fått et fornuftig svar. Ved å redusere denne ventetiden eller dødtiden hvor man ikke får gjort noe fordi man venter, er det mulig å redusere tidsforbruket i et prosjekt.

Alle deltakerne i et ICE-rom er likeverdige i den forstand at man forsøket å ha en flat struktur. Med dette menes at det er ønskelig at alle har lik mulighet til å komme med forslag og ideer. Møtedeltakerne skal kunne arbeide i et ICE-rom uten at man har en sjef "hengende" over seg. Selv om man ønsker å ha en flat struktur, må det likevel være en leder som har et overordnet ansvar og kan ta de endelige avgjørelsene når alle forslagene er kommet frem og diskutert. Denne lederen passer på at prosessen ikke sporer av og at man holder kursen man har satt for møtet. Etter møtet kan hver deltaker gå tilbake til sitt eller sin gruppe og arbeide på en mer tradisjonell måte ut fra den informasjonen og de svarene de fikk under møtet.

En klar fordel med å samle møtedeltakerne i et ICE-rom er at de da har mulighet for å fokusere på det ene aktuelle prosjektet og de jobber kun med dette under møtet.

Alle deltakerne skal jobbe mot et felles mål som skal være satt på forhånd. ICE-møter kan ofte bli intense og hektiske fordi man ønsker å ta de riktige avgjørelsene raskt og effektivt. NASA sitt mest erfarne ICE-team, *Jet Propulsion Laboratory Advanced Project Development Team*, begrenser derfor sine møter til å vare i maksimalt 3 timer [Chachere, J. et al., 2004, s. 5].

I et stort ICE-rom med mange deltakere, som er en mulighet hvis man har fasiliteter til det og prosjektet er stort nok, kan man jobbe med flere mindre problemstillinger parallelt. I figur 2-8 ser man et eksempel på et slikt stort ICE-rom. Her har man tilgang på en rekke datamaskiner og lerreter. De store hovedpunktene bør tas i plenum, men etter hvert kan detaljer som kun angår relativt få aktører løses i mindre grupper. Alle trenger for eksempel ikke være med for å løse praktiske problemstillinger som kun angår de som skal støpe betongen i et nybygg.



Figur 2-8: Et eksempel på et stort ICE-rom. Dette rommet finnes ved Stanford University og har plass til omtrent 100 personer.

I et spesialtilpasset ICE-rom finner man ofte en rekke datamaskiner som er koblet opp mot 3 store lerret. Disse lerretene kan ofte være såkalte *smartboards*, eller *interaktive tavler*, som det egentlig er korrekt å kalle dem siden Smartboard er et merkenavn. Videre i teksten velges det likevel å omtale tavlene som smartboards siden det er dette navnet som brukes i dagligtale om slike tavler.

Smartboard er i bunn og grunn en mellomting av en projektor, et whiteboard og en touch screen i stort format. Når det vises et bilde, kan man skrive direkte på lerretet med spesielle penner eller fingrene. Figur 2-9 viser et eksempel på et oppsett av et smartboard. Nederst på bildet ser man fire slike spesielle penner brukeren kan bruke til å tegne på lerretet med. Det som blir tegnet på bildet, kan lagres som en datafil og hentes opp ved en senere anledning.



Figur 2-9: En variant av et smartboard. Projektoren er festet høyt og relativt nært lerretet for å unngå at brukeren kaster skygge på lerretet. Lerretet fungerer som en dataskjerm, et whiteboard og en touch screen.

På skjermene kan man få vist alt man kan se på en av dataskjermene i rommet. I artikkelen skrevet av John Chachere og hans kollegaer i 2004 er det forklart at i forbindelse med et prosjekt som skal produsere et kjøretøy, hva som er vanlig å vise på et system med tre skjermer. ICE-rommet som ble brukt i dette prosjektet og innholdet på skjermene ble beskrevet på følgende måte:

Three large screens cover one wall and typically monitor top-level design conformance measures (such as cost, mass, and volume), the mission trajectory, and the designed vehicle's physical configuration [Chachere, J. et al., 2004, s. 7].

Et vanlig møterom kan relativt lett utstyres med et smartboard og man kan få utnyttet noen av fordelene ved denne teknologien uten å måtte ta kostnaden med å få et fullverdig spesialtilpasset ICE-rom.

2.5 Prosjektstyring

2.5.1 Struktur

Både i et prosjekt hvor arbeidsmetoden VDC brukes og i et tradisjonelt prosjekt, er prosjektstyring viktig. Nedenfor er noen av poengene vinklet inn direkte mot VDC, mens andre er mer generelle poeng som gjelder for alle typer prosjekter, uavhengig av arbeidsmetode. Disse er likevel også tatt med i denne sammenhengen for å få et mer helhetlig bilde.

Et utgangspunkt for et prosjekt kan være at en person ønsker å bygge et nytt bygg på en tomt. Han kan ta kontakt med et entreprenørfirma som da kan stå for arbeidet i denne prosessen. Personen som bestiller bygget blir kalt en kunde. Kunden kan være en privatperson som ønsker å bygge et bolighus på en tomt han eller hun har kjøpt, en investor som for eksempel skal bygge et nytt hotell eller en kommune som skal bygge en ny skole. Hos entreprenørfirmaet vil det bli valgt en person som er

prosjektleder for det gitte prosjektet og som vil samkjøre arbeidet med eventuelle underleverandører og deres tjenester.

2.5.2 Prosjektmøter og møtekultur

Oppstarten er spesielt viktig i et prosjekt. Først må man bestemme hovedpremissene og størrelsene i konstruksjonen som skal bygges. Allerede i startfasen må ressurseffektive hensyn tas hensyn til. Hvis man blir værende for lenge i oppstartsfasen, kan dette føre til at byggestarten blir utsatt og dette kan videre gjøre at ferdigstillelsen blir forsinket. Det er ikke uvanlig at kunden, arkitekten og prosjektleder går frem og tilbake noen runder innledningsvis før de endelige tegningene er ferdigstilte. Problemet i forhold til tidsbruken kan spesielt komme hvis det blir for mange runder mellom partene. På et gitt tidspunkt må prosjektlederen kreve en avgjørelse fra både kunden og arkitekten, og han eller hun må ta en avgjørelse slik at man har mulighet til å gå videre i byggeprosessen.

Det er forskjell på vanlige regelmessige prosjektmøter og såkalte ICE-møter. ICE-møter holdes ofte i starten av et prosjekt for å få klarlagt ulike betingelser og unngå misforståelser. Regelmessige prosjektmøter holdes gjerne jevnt gjennom hele prosjektet og kan ha en kortere varighet enn ICE-møter, da det ofte er mindre som må avklares jevnlig underveis, enn i oppstarten.

Alle møter bør være godt planlagt og ha en konkret og planlagt agenda. Det er ikke nødvendig å ha møter kun for å ha møter. Man må ha en grunn for å ha et møte. Under selve møtene er det viktig med en tydelig møteleder som kan lede møtet effektivt og sørge for at møtedeltakerne ikke sporer av.

Generelle punkter som er viktige i alle møter, gjelder også for møter i byggebransjen. Å møte presis og å starte et møte når det er planlagt, hindrer at man binder opp nøkkelpersoner og andre deltakere fordi man bruker unødvendig tid. Dersom møtet krever noe forarbeid, må dette være gjort før møtet. Hvis det ikke er noe konkret forarbeid som skal utføres, bør møtedeltakerne uansett være klar for møtet og ha satt seg inn i eventuelle sakspapirer og problemstillinger.

Språk og kulturforskjeller er utfordringer som kan dukke opp når ulike aktører skal delta på samme møte. Det er da viktig at alle føler seg velkomne og likeverdige. Et møte som foregår på norsk er lite nyttig for en aktør som ikke forstår språket. Under et møte kan forskjellige forventninger og normer på grunn av ulike kulturer hindre fremgangen og effektiviteten. For å hindre slike potensielle problemer er det viktig for prosjektleder å vite hvem som kommer på de ulike møtene og å være godt forberedt på eventuelle problemstillinger som kan oppstå, så langt det er mulig.

2.5.3 Kommunikasjon utenom møter

Spørsmål og uklare punkter som dukker opp mellom prosjektmøter og som man trenger svar på før neste møte, blir ofte forsøkt løst ved å sende en e-post eller ta en telefon til en annen aktør i det aktuelle prosjektet. Hvis problemet krever svar raskt er det en telefonsamtale som er det vanligste. Problemet med dette kan bli at lista for å ta en telefon for å finne ut av diverse mindre problemstillinger, blir senket. Aktøren man ringer til trenger ikke nødvendigvis sitte og arbeide med det samme prosjektet man har spørsmål om. Det fører til at den andre aktøren, for å gi et fornuftig svar, kanskje må finne frem datamodellen eller tegningene til prosjektet og omstille seg for å sette seg inn i det aktuelle prosjektet. Denne formen for prosjektering kan kalles revolverprosjektering. Man trekker revolveren eller griper etter telefonen med en gang man støter på et problem.

Hvis problemet man kommer over ikke er et kritisk og alvorlig problem som haster, kan det være mer fornuftig og hensiktsmessig, både med tanke på tid og ressurser, å samle opp flere spørsmål og problemstillinger før man tar kontakt med den aktuelle aktøren. Det kan også være fornuftig å gi den som skal svare på spørsmålene mulighet til å se over tegninger og andre dokumenter på forhånd slik at personen har de beste forutsetningene til å kunne svare raskt og rett på første henvendelse. Hvis man samler opp noen spørsmål i en e-post, kan man legge ved de aktuelle tegningene eller beskrive hvilke tegninger det er snakk om, hvis begge parter har tilgang på de samme dokumentene.

Et alternativ til å sende e-post kunne vært om de to som ønsket å avklare et problem eller uklarhet, kunne "snakket" sammen i 3D-modellen mens de satt ved hver sin datamaskin. Hvis begge var inne i samme modell og kunne se den andres bevegelser i sanntid, kunne man enkelt vise direkte i modellen hva man mente. Kombinerte man dette med en tradisjonell telefonsamtale eller for eksempel en IP-telefon som gikk over samme nettverket, kunne man fått svar på en effektiv måte.

2.5.4 Sjekklist

Et hvert prosjekt bør ha en milepælsplan. En milepælsplan kan betraktes som en avtale mellom prosjektet og de berørte aktørene. Av en slik plan kan det fremgå hvilke oppgaver som skal gjøres og av hvem. Planen kan ses på som et hjelpemiddel i forhold til både tidsplan og ansvarsforhold. Den blir dermed et styringsredskap i prosjektet og vil være den styringsmessige sjekklisten.

Sjekklist

er finnes likevel i flere ulike varianter. Det finnes sjekklist

er som brukes mens et arbeid pågår for å sikre at det som skal gjøres blir gjort i rett rekkefølge og sjekklist

er som brukes i forbindelse med kontroller på at arbeidet er korrekt utført. Ved vedlikehold av maskiner og utstyr er det vanlig å ha en oversikt over hva som skal sjekkes. Man kan også ha sjekklist

er med start- og stopprutiner for diverse utstyr. Noen av de enkleste faglige sjekklistene man kan finne i jobbsammenheng, kan være basert på daglige arbeidsoperasjoner. Disse kan i noen sammenhenger etter hvert bli rutine og listene blir sånn sett overflødige.

Sjekklist

er kan også ses på som en form for algoritme. Innen matematikk er en algoritme en nøyaktig beskrivelse av en serie med operasjoner som skal utføres for å løse et gitt problem. I denne sammenhengen kan sjekklistene mer ses på som hjelpelister eller huskelister når en ingeniør skal tegne for eksempel en dør i en 3D-modell.

Gode referater kan i noen tilfeller også brukes som sjekklist

er. Hvis det i referatene er tydelig hvem som har ansvar for hva, er det lett for de ulike deltakerne å se dette ut fra referatet.

2.5.5 Referat

Et referat er et sammendrag av noe som er lest, hørt eller opplevd. Ved å skrive referat etter hvert møte i et prosjekt sikrer man at man får et skriftlig dokument som deltakerne kan forholde seg til. Gode referater får frem *hva* som er blitt bestemt, *hvem* som har ansvar for dette og *når* det skal utføres. I figur 2-10 ser man et eksempel på et godt referat. Dette referatet er oversiktlig og strukturert. Ved noen av sakene ser man er det satt opp hvem som har ansvaret og når fristen er. I etterkant av et møte er det fornuftig å formidle referatet til alle møtedeltakerne og eventuelt andre som har behov for det. Da kan alle som var tilstede gå gjennom referatet og sjekke om det er korrekt.

Ved innføring eller endring av arbeidsmetode kan det i tillegg til et referat fra hvert møte, være en fordel å evaluere de enkelte møtene. Dette kan gjøres ved at møtedeltakerne fyller ut et kort tilbakemeldingsskjema hvor denne evalueringen kommer frem, for å kunne forbedre eller endre fremtidige møter.

REFERAT PROSJEKTERINGSMØTE



BLOCK BERGE BYGG AS
Bedriftsv. 6, 4353 Klepp st.
Telefon: 51 78 99 00
Telefax: 51 76 99 01

Prosjekt: Hestholmen Hotell - 55404
Kunde: Hestholmen AS
Møte: Prosjektering 02
Dato: 11. Mars 2011

Møtedeltakere	Firma	E-post/Telefaks
Rune Jørgensen	Block Berge Bygg AS	
Egil Vestbø	Block Berge Bygg AS	
Nils Arvid Tveit	Block Berge Bygg AS	
Sven Kristian Goa	Multiconsult	
Fridtjov Holm	Energi & Miljø	
Tor Jakob Dysjaland	Sig Halvorsen	
Rolf Arne Lorentzen	Sig Halvorsen	
Jan Magne Alsвик	Rønning Elektro	

Kopi sendt

Møtedeltakerne	Firma
Martin B. Brunnes	Block Berge Bygg AS
Rune Skeie	Block Berge Bygg AS
Terje Topnesvåg	Block Berge Bygg AS
Paal Håvard Aase	Block Berge Bygg AS
Pål Dahl	Skansen Consult
Erling Andreassen	Sinus
Kjell Egil Ellingsen	Rønning Elektro
Bjørn Solvig	TS

Neste møte: Torsdag 17. Mars 2011, Kl 12:30
Sted: BBB, Klepp Stasjon.

Klepp, 11. mars 2011
for BLOCK BERGE BYGG AS

Rune Jørgensen
Telefon 926 35 176

Sak nr.	Tekst	Ansv.	Frist
	HMS		
Nr 02	ingen saker		
	Framdrift		
Nr 01	Fremdrift for prosjekteringsarbeider gjennomgått i prisnipp/overordnet. Se vedlagt plan med datoer ifm underlag leveranser fra MC.	INFO	
	Forrige referat		
01,01	BBB ønsker at MC er ansvarlig for alle fagområder ifm element/betong i gøteteknikk.	MC	
01,06	MC sjekker ifm tidligere rapporter fra prøveboringer på tomten. Element - fasader: problem med det som er beskrevet fra BBB salg. 1 et antas svart slipt betong 2-5 et antas hvit slipt betong Vertikale felter mellom vinduer 2-5 et lages som hvit ubehandlet For skjøt mellom svart og hvit slipt benyttes Forus Tech Arena detalj. (metallprofil mellom svart og hvit betong) Må avklares mot BH	BBB Rune J /Terje T	
01,07	Fasadefelter: Fasadefelter prosjekteres basert på bruk av element i innersjøkt og isolasjon, yttersjøkt fjernes og erstattes av kaldfasade	INFO	
01,11	Fundamentering. Antatt betongpeler type 270.	MC	
01,13	BBB arkitekt lager snitt som viser høyder.	Terje T	uke 11
01,14	BBB arkitekt lager sender søknad til sivforsvaret for disp om tilfluktsrom	Terje T	uke 11
01,15	BBB arkitekt lager underlag for søknad til arbeidstilsyn	Terje T	uke 11
01,18	Fast prosjekteringsmøte hver torsdag ettermiddag kl 1230, hos BBB - Klepp Stasjon.	INFO	
	Nye saker		
02,01	Tekn fag deltok på møte.	INFO	
02,02	Styring ventilasjon må avklares, forslag mottatt fra Tekn UE. BBB tar videre mot BH.	BBB Rune J	uke 12
02,03	Lyse leveransen. BBB tar kontakt med Lyse for å få oppstarts/koordineringsmøte ifm strøm og fjernvarme leveransen.	BBB Rune J	Uke 12
02,04	Rørarbeider. TS har inkludert rørarbeider på tomt, inkludert spillvann og vannliførsel. TS merker opp utendørsplan med tenkte traseer for rør/ utkast for videre prosjektering.	Sig H	

C:\Users\jorm\AppData\Local\Microsoft\Windows\Temporary Internet Files\Content.I58\60\BBB\CD\UT\Health_Materi_Prosjektering 02.doc

side 2 av 5

Figur 2-10: Deler av referatet fra et prosjekteringsmøte i forbindelse med prosjektet Hestholmen hotell.

3 Hvorfor bruke VDC?

3.1 Generelt

I de følgende kapitlene vil det bli diskutert fordeler og ulemper og begrensninger i forbindelse med arbeidsmetoden VDC. Dette vil blant annet bli gjort ved å se på diverse prosjekter og bruken av VDC i disse. Noen av eksemplene som brukes tar for seg BIM og bruk av 3D-modeller. Disse er likevel valgt å bli tatt med i denne delen fordi dette er hjelpemidler som kan brukes i metoden VDC.

3.2 Fordeler

3.2.1 Midtbygda skole

Våren 2010 begynte arbeidet med en utbedring og utvidelse av Midtbygda skole i Telemark. Figur 3-1 viser byggearbeidet ved skolen ikke lenge etter oppstart. Skanska er hovedentreprenøren for arbeidet som skal være ferdig til skolestart høsten 2011. Multiconsult samarbeider med Skanska på flere prosjekter, blant annet Midtbygda skole, og de bestemte seg for å gjøre dette prosjektet til et BIM-prosjekt. Thor Ørjan Holt, BIM-ansvarlig hos Multiconsult, forklarer to viktige målsetninger ved et BIM-prosjekt:

Rundt 20 prosent av alle feil og mangler ved et bygg kan føres tilbake til prosjekteringen. Mål én er å redusere dette. Det materialet vi sender til entreprenøren er nesten aldri helt komplett. Mål to er å redusere gapet mellom hva vi leverer og hva entreprenøren trenger [Teknisk Ukeblad, 2010].



Figur 3-1: Midtbygda skole skal utbedres og utvides til skolestart høsten 2011.

Det ble tidlig satt i gang en tett dialog mellom Skanska og Multiconsult i forbindelse med dette prosjektet. Skanska ønsket å motta en 3D-modell allerede ved oppstart av prosjekteringen. Dette ble gjort for å kunne ha muligheten for å studere effekten av ulike løsninger på et tidlig tidspunkt, og i tillegg avdekke eventuelle behov for omprosjektering. Et potensielt problem var varmesentralen i kjelleren som ble prosjektert relativt sent i prosessen. Det ble oppdaget at det ikke ville være mulig å få inn varmesentralen uten å demontere den. I stedet for å måtte demontere denne, valgte Skanska å endre veggene i det tekniske rommet hvor varmesentralen skulle stå. Siden dette problemet ble oppdaget tidlig, sparte man både tid og penger. I et tradisjonelt prosjekt ville det vært mulig at en slik problemstilling ikke hadde blitt oppdaget før det var for sent.

I et tradisjonelt byggeprosjekt av en slik størrelse som Midtbygda skole, er det ikke uvanlig at det prosjekterende ingeniørfirmaet sender over 500 sider dokumentasjon til entreprenøren. Dette må gjennomgås for å sjekke om man finner eventuelle feil og

mangler. Noen slike feil, mangler eller uklarheter vil alltid være tilstede. I forbindelse med Midtbygda skole ble det ikke oversendt mangfoldige sider med dokumentasjon i den grad man vanligvis ville gjort. Thor Ørjan Holt forklarer hva som ble gjort som et alternativ:

I stedet kalte vi inn alle partene til et møte der vi gikk gjennom modellen på storskjerm. Allerede etter en time fant vi det første uavklarte forholdet, og det viste seg at en dag var nok. Opprinnelig hadde vi satt av fire dager [Teknisk Ukeblad, 2010].

Dette eksempelet viser en av hovedfordelene med BIM og dermed VDC. Man kan spare tid og redusere kostnadene ved å avdekke potensielle feil og uavklarte forhold på et tidlig tidspunkt i byggeprosessen.

Skanska og Multiconsult ønsket å tilrettelegge for aktiv bruk av 3D-modeller i arbeidet med Midtbygda skole. Ved hjelp av disse modellene ønsket de blant annet å finne ut hvilke deler av bygget som kunne produseres på fabrikk, såkalt prefabrikkerte elementer, og hvilke deler som måtte lages på selve byggeplassen. 3D-modellen skulle være et tillegg til de vanlige arbeidstegningene.

Det ble investert i opplæring i bruk av 3D-modellen til de involverte arbeiderne som hadde behov for dette. Skanska tilrettela det slik at fagarbeiderne på arbeidsplassen kunne bruke modellen i tillegg til arbeidstegningene. Det ble blant annet satt opp en datamaskin på pauserommet slik at modellen alltid var lett tilgjengelig for alle som arbeidet med prosjektet. Bruk av 3D-modeller på byggeplassen ga arbeiderne tilgang på mer enn de vanlige papirtegningene man er vant til i et tradisjonelt prosjekt.

Skanska bruker 3D-modellen for å gå gjennom den aktuelle konstruksjonen med ulike aktører i BIM-prosjektene sine. Dette gjøres fordi de mener at det tar kortere tid å forstå komplekse detaljer ved å se på en 3D-modell enn det vil ta ved kun å se på tradisjonelle arbeidstegninger. Når Skanska får nye underentreprenører, brukes modellen aktivt for å sette disse inn i det konkrete prosjektet og konstruksjonen. Prosjekteringsleder for Midtbygda skole, Bjørn Erik Haugmo forklarer det slik:

Det tar tre timer kontra tre uker å lære seg å kjenne bygget når en får se i modellen kontra å se på en haug med arbeidstegninger. Det er fortsatt arbeidstegningene som gjelder, men det er mye enklere å bli kjent med bygget med en 3D modell [BuildingSMART Norge, 2011].

Formann på Midtbygda skole, Thorstein Thorud, sier at det i enkelte tilfeller er mye lettere å forstå en 3D-modell enn å se på arbeidstegninger. Han nevner [BuildingSMART Norge, 2011] en situasjon der det var flere innstøpningsgods som skulle settes inn ovenfor hverandre. Det var vanskelig å se alle disse platene ut fra en vanlig arbeidstegning. På 3D-modellen kom det tydelig frem hva som skulle hvor og uten 3D-modellen ville det sannsynligvis blitt montert for få innstøpningsplater i dette tilfellet.

I eksempelet ovenfor er det lagt vekt på fordeler ved bruken av 3D-modeller på byggeplassen og når man skal presentere bygget for en ny underleverandør. Ved bruk av VDC-metoden tilstreber man å ta i bruk visuelle hjelpemidler som 3D-modeller så tidlig i prosessen som det er hensiktsmessig og fornuftig å gjøre.

3.2.2 Bella Sky Hotel

Bella Sky Hotel er et spektakulært nytt hotell i København som åpnet i mai 2011. Hotellet består av to tårn, som begge heller 15 grader. Til sammenligning heller det skjeve tårn i Pisa med kun 4 grader. I figur 3-2 ser man tydelig hvor mye de to tårnene faktisk heller. Modelleringsverktøyet Tekla Structures ble brukt som et viktig hjelpemiddel i forbindelse med planleggingen og oppføringen av Bella Sky Hotel. Prosjektleder Kaare K. B. Dahl sier følgende: "Vi kunne ikke have opført denne meget komplekse bygning uten Tekla Structures" [Tekla – Danmark, 2011]. Dahl forklarer videre at det er umulig å få et godt overblikk over en slik bygning uten å ha en 3D-modell.



Figur 3-2: Bella Sky Hotel i København. De to tårnene som hotellet består av heller med 15 grader.

En av Danmarks største betongelementfabrikker, Tinglev Elementfabrik, stod for leveransen av de prefabrikkerte elementene til hotellet. Kristian T. Knudsen, som er sjef for utviklingsavdelingen hos Tinglev, forklarer at fabrikken sannsynligvis har unngått flere potensielle feil fordi de har brukt Tekla Structures:

Det har været en stor fordel for os at have Tekla-modellen. Det har været meget lettere at forstå denne yderst komplekse bygning, og vi har formentlig undgået mange fejl ved at anvende denne teknologi [Tekla – Danmark, 2011].

Hovedentreprenøren for prosjektet var NCC. De gikk inn for å bruke 3D-modellen aktivt ute på arbeidsplassen og ikke bli begrenset til kun å bli brukt inne på kontorene. Kommunikasjonen mellom ulike aktører som var med i prosjektet i

forskjellig grad, er både enklere og går raskere ved bruk av 3D-modeller. Kommunikasjon og hjelpemidler som bidrar til dette, er viktig i byggeprosessen og det får Dahl tydelig frem når han sier: "Byggeri handler om kommunikation, og Tekla Structures er et fantastisk værktøj til det" [Tekla – Danmark, 2011].

Eksempelet fra arbeidet med Bella Sky Hotel viser mye av det samme som eksempelet fra Midtbygda skole, nemlig at modelleringsverktøy kan bidra til forbedret kommunikasjon og styrke samarbeidet i prosjektet. Tekla Structures ble brukt i forbindelse med Bella Sky Hotel. Hvilket modelleringsverktøy som brukes avhenger av hvem som lager 3D-modellen. Det er den generelle bruken av modelleringsverktøy som er det essensielle, ikke hvilket program som brukes.

3.2.3 Veidekke

Veidekke i Trondheim vant nylig fire byggekontrakter på til sammen over en halv milliard kroner på utvikling og bygging av lavenergibygg. I anbudskonkurransene ble det vektlagt flere faktorer enn pris. Noen av de andre faktorene var kompetanse og gjennomføringsplan. Veidekke var den eneste tilbydereren som beskrev bruk av VDC i tilbudsdokumentene. Torgeir Wiig fra Veidekke sier følgende om VDC og hjelpemidler innen denne metoden:

Et poeng med VDC er ICE som kan forklares med samtidig prosjektering, og forutsetningen for å drive denne prosessen er blant annet å sitte sammen. Derfor har vi designet et eget I-rom med to smartskjermer, whiteboards og tavler for dialogmatriser. Vi har i det hele tatt satset stort på kompetanse for å konkurrere om jobben [Veidekke, 2010a].

I gjennomføringsplanen blir det lagt vekt på bruk av VDC. Alle rådgivere og byggherren er samlet en hel dag for å få til raske beslutninger og effektiv prosjektering.

Veidekke var ikke lavest på pris blant de som leverte tilbud, men vant likevel anbudskonkurransen fordi de hadde den beste totalpakken. At Veidekke beskrev

bruken av metoden VDC i tilbudet sitt, bidro nok til at de fikk vist sin kompetanse og kvalitet. I tillegg til å vise at VDC er et begrep som er på vei inn i Norge, viser det at man sannsynligvis kan få en ekstra fordel av å bruke metoden i anbudskonkurranser slik som Veidekke gjorde.

Veidekke har kontorer flere steder i Skandinavia, blant annet flere i Sverige. Veidekke Entreprenad AB begynte i 2010 å bygge 90 blokkleiligheter i Sollentua i Sverige. Etter planen skal prosjektet være ferdigstilt våren 2012. Dette prosjektet var det første eksterne prosjektet hvor Veidekke benyttet seg av VDC i prosjekteringsfasen. Siden denne metoden ble brukt, ble prosjekttegningene utformet raskere enn vanlig fordi alle de berørte partene deltok i utformingen på et tidlig tidspunkt. En av aktørene som var involvert i dette prosjektet var Andreas Arkling fra Panorama Development AB. Arkling sa følgende etter å ha brukt VDC i prosjektet: "VDC-prosjektering har vært spennende og givende. Det gir bestilleren full innsikt og et godt bilde av sluttproduktet på et tidlig stadium" [Veidekke, 2010b].

3.2.4 Statsbygg

I Norge er Statsbygg en bedrift som er tydelig i sin satsing på BIM. Fordelene som nevnes nedenfor i forbindelse med BIM, kan også overføres til å omfatte arbeidsmetoden VDC.

Tidlig i prosjekteringen i et prosjekt vil det være interessant å sjekke kollisjoner mellom ulike fagområder som er delaktige i prosjektet. Et konkret eksempel kan være muligheten for å oppdage ventilasjonskanaler som er planlagt å gå gjennom bærende søyler. På Statsbygg sin hjemmeside finner man et enkelt, men viktig prinsipp: "Det er billigere å gjøre feilene med bits and bytes enn med stål og betong" [Statsbygg_a]. Samspillet mellom de ulike fagområdene sine deler i modellen kan også brukes til forskjellige simuleringer, kontroll av tilgjengelighet og tilgang og test av energiforbruk på et tidlig tidspunkt.

Når Statsbygg skal beskrive effekten og nytteverdien av BIM, kommer de med følgende oppsummering:

Vi kjenner ikke alle svarene pr i dag, men for Statsbygg vil bare en beskjeden besparelse på 1 % i virksomheten bety i størrelsesorden 30 – 50 millioner kroner i årlig besparelse, så potensialet er stort [Statsbygg_a].

Statsbygg antar at BIM vil være til stor praktisk hjelp i det daglige arbeidet. Det satses her betydelige ressurser på dette. Statsbygg ønsker at BIM skal bli standarden i bransjen. Dette vil kunne stille en del nye krav til Statsbygg sine leverandører, men det er ingen åpenbar konflikt i disse kravene og leverandørene vil også oppleve flere fordeler enn ulemper, forklarer direktøren for Strategi og utvikling i Statsbygg, May Balkøy [Statsbygg_b]. All informasjon man trenger om et prosjekt vil kunne være samlet på ett sted i en modell. Balkøy sier følgende om denne samlingen av informasjon: ”Man trenger ikke lenger sitte med tegningene i den ene hånda og spesifikasjonene i den andre” [Statsbygg_b]. Det blir et digitalt samspill der alle aktørene arbeider med samme informasjon i en og samme modell. Dermed er det mulig å redusere potensielle feiltolkninger og konflikter.

3.3 Ulemper og begrensninger

Økonomien styrer mange av avgjørelsene i dagens bygg og anleggsbransje. Et av problemene man kan møte er å måtte forsvare investeringer i utstyr og kompetanseutvikling som skal til for å ta i bruk arbeidsmetoden VDC i en bedrift. Det er vanskelig å nøyaktig kalkulere eller måle hvor mye man kan tjene eller spare på slike investeringer. Dette gjør at det kan være en utfordring med å få gjennomslag for forslag om slike investeringer hos ledelsen som tar den endelige avgjørelsen. Problemstillingen kan også ses på fra ledelsen sitt synspunkt. Det kan være vanskelig for ledelsen å se de tydelige økonomiske og ressursmessige fordelene som tilsier at investeringene knyttet til VDC, er noe å satse på.

Investeringer i en bedrift gjort på grunnlag av et økonomisk valg har som mål å øke inntektene eller å redusere kostnadene eller begge deler. Et av hovedpoengene ved VDC er at man forsøker å minimere feil og misforståelser som kan føre til

unødvendig dobbeltarbeid og økte kostnader. Det finnes to hovedveier å gå for å oppnå dette. Man kan:

- 1) Ha en målsetning om å ha null feil og misforståelser når konstruksjonen skal bygges.
- 2) Godta at det kanskje er noen feil og mangler i prosjektering.

I det første tilfellet er det en relativt stor mulighet for at det aller meste kan gå smertefritt på byggeplassen, mens i det andre tilfellet er det en større sannsynlighet for at det dukker opp noen problemstillinger mens bygget eller konstruksjonen reises. Disse problemstillingene må man da forholde seg til og ta hensyn til når disse eventuelt er et faktum.

Spørsmålet som dukker opp i denne sammenhengen er hvorfor man skulle ønske å gjøre noe annet enn å satse på null feil i prosjekteringen. For å finne alle feilene og oppklare alle eventuelle misforståelser som er mulige å oppdage, kreves det tid og tid er penger. Regnestykket ender opp i en risikoanalyse som vil være forskjellig fra prosjekt til prosjekt. Hovedpoenget er likevel det samme. Det er ikke gitt at man reduserer kostnadene ved å satse på null feil. Det kan være mer kostnadseffektivt å oppdage noen feil som fikses på byggeplassen når man står ovenfor problemstillingen, enn å bruke mye ressurser på å oppnå null feil tidlig i byggeprosessen. Man kan aldri bli 100 % sikker på at alle feil og potensielle misforståelser er lukket bort, men man kan forsøke å komme dit. I tillegg er det ikke sikkert at det dukker opp betydelige problemer underveis i byggingen selv om man ikke har satset på å fjerne alle disse. Feil kan oppstå, men man vet ikke om det vil skje. Hadde man visst om en feil, ville man selvfølgelig gjort endringer såfremt feilen var nødvendig å gjøre noe med. Risikoanalysen vil være å sammenligne kostnaden for tilnærmet null feil tidlig i prosjekteringen, i forhold til å rette potensielle feil på byggeplassen og ta kostnaden av dette da.

I et prosjekt er det ofte tre hovedpunkter man må forholde seg til. Disse er:

- Økonomi
- Utseende
- Ferdigstilling

Dette kan ses på som fyrtårn prosjektet skal styre etter. I et vanlig prosjekt vil alle disse tre punktene være viktige, og prosjektet vil følge en gylden middelvei som tar hensyn til alle tre. VDC fungerer godt ved slike prosjekter fordi de tre fyrtårnene som regel drar prosjektet i litt ulik retning og kompromisser og fornuftige løsninger må bestemmes. Hvis derimot et eller to av fyrtårnene i et prosjekt er tilnærmet uvesentlige, kan man få problemer med å bruke VDC på metodens tiltenkte form. Med dette menes at noen aktører kan bli overkjørt og innvendingene deres sett bort fra, fordi de retter fokus på ett fyrtårn som ikke er så viktig i prosjektet. VDC kan likevel brukes, men man må da være tydelig i forkant om hvordan premissene for prosjektet er. Det er essensielt å vite hvilke fyrtårn man skal styre etter.

Da Operahuset i Oslo ble bygd var rekkefølgen av fokuset på de ulike fyrtårnene slik prosjektet ble fremstilt i media, som følger:

- 1) Utseende
- 2) Ferdigstilling
- 3) Økonomi

Ved dette prosjektet kunne man ha redusert kostnadene, men på grunn av at hovedfokuset lå på utseende så ble økonomien gitt mindre oppmerksomhet.

Ettersom bruken av arbeidsmetoden VDC foreløpig er forholdsvis ny, brukes mye ressurser på tekniske problemer. Ved flere brukere vil innsatsen måtte knyttes mer opp mot opplæring og tilgang på kvalifisert personell.

Opplæring og tilgjengelighet på kvalifisert personell var i følge undersøkelsen foretatt i forbindelse med rapporten "VDC Use in 2007" av Brian Gilligan og John Kunz,

flaskehalsen dette året [Gilligan, B. og Kunz J., 2007]. Det antydes i rapporten at de bedriftene som implementerte VDC tidlig, ville ha mulighet for verdiøkning til en lavere kostnad enn konkurrentene som kanskje må rekruttere personell, investere i utstyr og konkurrere i et marked hvor VDC allerede er eller vil bli etablert. Bedrifter som tilvenner seg og tar i bruk VDC senere enn sine konkurrenter, kan få en konkurransemessig ulempe. De kan være nødt til å tilby lavere priser enn sine konkurrenter, fordi at konkurrentene som har tatt i bruk VDC, vil ha et teknologisk fortrinn de kan bruke til sin fordel.

Et generelt problem ved en del nye teknologier er at forventningene er høye. Slike høye forventninger var det og er det til BIM i dagens byggebransje. Både BIM og VDC er relativt nye begrep innen byggebransjen, selv om det virker som om BIM har begynt å få et godt fotfeste. Hovedproblemet med skyhøye forventninger til nye teknologier, metoder eller konsepter, er at man kan forvente for mye og å se for seg at dette skal revolusjonere bransjen. Alt nytt som kommer vil i en eller annen form oppleve noen barnesykdommer før man ser det fulle potensialet. Nye teknologier, metoder eller konsepter trenger ofte tid før de får tilpasse seg byggebransjen. Poenget er at det kan være urimelig å forvente at store deler av byggebransjen skal revolusjoneres og forbedres kun ved å innføre arbeidsmetoden VDC.

4 Hvordan bruke VDC?

4.1 Implementering av VDC i en bedrift

I de påfølgende avsnittene skal det bli forsøkt å belyse hvordan en aktør, som på en eller flere måter er involvert i byggeprosessen, kan starte opp med å ta i bruk VDC. Det første som igjen må poengteres er at VDC er en arbeidsmetode, altså en arbeidsmåte. Det er ikke slik at man kan gå på butikken å kjøpe en konkret gjenstand for så si at nå bruker man VDC.

Den norske definisjonen som er brukt i denne oppgaven er at "VDC er en metode som ved hjelp av teknologi bidrar til å integrere informasjon og styrke samarbeidet i prosjekteringsfasen" [Vestbø, 2010, s.10]. For å implementere VDC kreves det altså teknologi som skal hjelpe med å integrere informasjon og styrke samarbeidet. Et velbrukt og effektivt hjelpemiddel for å integrere informasjon er å bruke et modelleringsverktøy. Det er høyst sannsynlig at alle de store ingeniørselskapene innen bygg og anlegg har en eller annen form for dataprogram med modelleringsmuligheter som brukes i det daglige arbeidet. Dette modelleringsverktøyet kan brukes som teknologien som samler inn og håndterer all informasjon i et prosjekt.

I tillegg til informasjonsinnsamlingen, trenger man noe som styrker samarbeidet. Denne delen kan i den enkleste formen håndteres uten bruk av fysiske hjelpemidler. Samarbeidet kan styrkes ved å ta organisatoriske grep, blant annet i en vurdering av hvordan møter planlegges og ledes. Det er likevel fullt mulig å investere i utstyr for å forsøke å forbedre og styrke samarbeidet.

Under kapitlet *2.4 Integrated Concurrent Engineering* tidligere i oppgaven ble det omtalt et såkalt ICE-rom. Et slikt rom kan brukes til å avholde møter i, og kan ved rett bruk hjelpe til med å forbedre samarbeidet i prosjektet. De aller fleste bedrifter har et møterom. Et ICE-rom er i prinsippet kun et møterom som kan ha fått litt ekstra utstyr installert. Det er ikke noe som tilsier at man skal ha tre smartboards i et slikt rom, men dette er en mulig løsning. På grunn av at VDC er en arbeidsmåte, kan man ha

et møterom med både datamaskiner og smartboards uten å bruke VDC som metode, og likevel ha gevinst av hjelpemidlene man bruker.

4.2 Brukere av VDC

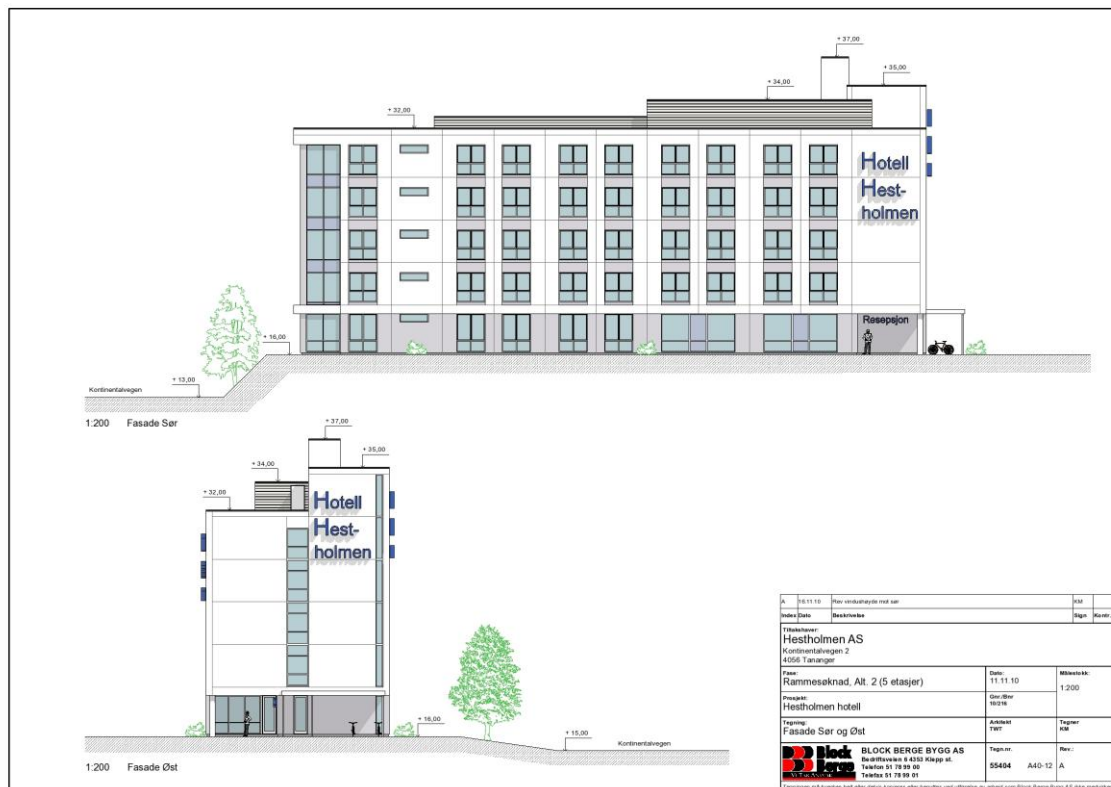
Bruken av VDC i full skala er ikke nødvendigvis tilpasset alle bransjer og aktører. VDC kan være fornuftig å bruke for aktører som har ansvar for produksjon av og styrer arbeid med en konkret gjenstand eller konstruksjon. Her vil det være vesentlig at alle aktørene i prosjektet deltar tidlig i prosjekteringsfasen. Metoden trenger ikke være ideell for en underleverandør som kun arbeider med en mindre del av et prosjekt. Når en underleverandør får en oppgave å utføre, er ofte de fleste spesifikasjonene og detaljene bestemt og klarlagt på forhånd. Hvis oppgaven som skal utføres er av en viss størrelse, kan det være mulig å kjøre denne som et eget lite prosjekt og bruke VDC-metoden her.

NASA, bilprodusenter og totalentreprenører innen bygg og anlegg er eksempler på aktører som ut fra argumentasjonen ovenfor kan bruke VDC på en fornuftig måte i flere av sine prosjekter. Underleverandører som er med tidlig i prosjektet, kan delta i VDC-prosessen og bidra med sine tanker og ideer, men de har ikke nødvendigvis det samme behovet for å bruke metoden når de går tilbake til sitt med sine arbeidsoppgaver.

5 Praktisk prosjekteksempel - Hestholmen hotell

Hestholmen hotell var et prosjekt hvor Block Berge Bygg AS var totalentreprenør. Dette prosjektet besto i å bygge et hybel- eller leilighetshotell på fem etasjer i Tananger, Sola. Figur 5-1 viser en arkitekttegning av to av fasadene til hotellet. I begynnelsen av 2011 ble arbeidet med prosjektet startet. Det ble avholdt flere prosjektmøter. Prosjektet ble midlertidig stanset i april 2011. Det var, grunnet diverse omstendigheter, uklart om og når prosjektet ville bli realisert i sin nåværende form.

Nedenfor vil deler av prosessen i prosjektet bli kort beskrevet, hovedsaklig sett ut fra Multiconsult sitt ståsted. Multiconsult var innleid som rådgivende ingeniør for store deler av betongarbeidet i forbindelse med dette prosjektet.



Figur 5-1: Arkitekttegning av fasade sør og øst til prosjektet Hestholmen hotell.

Prosjektmøtene ble innkalt til og avholdt hos Block Berge. Før det første formelle prosjektmøtet sendte Block Berge ut en tegningspakke via e-post til møtedeltakerne. Denne pakken inneholdt plantegninger over alle de fem etasjene, fasadetegninger fra arkitekten, en situasjonsplan over byggeområdet, noen snitt og utsnitt, samt en takplan. Arkitekten i prosjektet var fra Block Berge. Det er ikke uvanlig at arkitekttjenestene blir leid inn av entreprenøren, men ved dette prosjektet var det altså en intern arkitekt fra totalentreprenøren.

På det første møtet var det kun deltakere fra Block Berge og Multiconsult. Til dette møtet hadde de fleste med seg ut utskrifter av alle tegningene i tegningspakken som var blitt sendt ut. Det var likevel noen deltakere som ikke hadde med seg kopier og som derfor måtte se sammen med andre eller låne deres tegninger. Møtet gikk i hovedsak ut på å bestemme og avklare en del grove detaljer og størrelser. Litt tid gikk også med på å snakke om hverdagslige ting for at møtedeltakerne skulle bli bedre kjent med hverandre. Faglige detaljer og størrelser som ble bestemt under møtet ble, av Multiconsult sin representant, notert direkte på utskriften av tegningene. Disse tegningene med notater på ble så scannet på kontoret etter møtet og lagret i en egen mappe for prosjektet på Multiconsult sitt datanettverk. Multiconsult kaller denne måten å jobbe på for *Concurrent Design*, CCD. Noe av det siste som skjedde i møtet var å se på fremdriften og tidsplanen videre i prosjektet. Det ble blant annet detaljplanlagt ned til uke for uke når enkelte tegninger skulle være klar. Videre ble det foreslått og bestemt at det skulle avholdes ukentlige møter i forbindelse med prosjektet.

Noe av det første Multiconsult gjorde da de fikk vite at de fikk oppdraget med Hestholmen hotell, var å sjekke om de hadde noen andre prosjekter som kunne brukes som utgangspunkt eller referanseprosjekt. Dette gjøres for å slippe å lage hele 3D-modellen av bygget fra bunn av for hvert eneste nye prosjekt. Det er ofte mulig å finne i alle fall noen deler som kan brukes på ny og spesielt hvis det er samme arkitekt som har tegnet det nye prosjektet og referanseprosjektet. Det er likevel veldig viktig å ikke ukritisk ta med seg detaljer og løsninger fra et tidligere prosjekt. Man kan da risikere å videreføre uheldige løsninger. På Hestholmen hotell fikk Multiconsult også ansvar for de geotekniske undersøkelsene av grunnforholdene på tomten. Det viste seg at det tidligere hadde vært gjort noen undersøkelser på

denne tomte i forbindelse med et annet prosjekt og at disse målingene kanskje kunne brukes. Dette viser at man kan spare både tid og penger på å ha god kontroll og oversikt over hva som er gjort i tidligere prosjekter.

Hos Multiconsult ble det holdt flere interne møter angående Hestholmen hotell uten at møtene kan betegnes som formelle møter. Mange av disse var mer av typen daglige diskusjoner vedrørende uavklarte spørsmål. Noen viktige punkter som ble nevnt i et av disse interne møtene var tidsforbruk, dokumenthåndtering, referanseprosjektet og arkivsystem.

Fra og med det andre prosjektmøtet var det flere aktører som deltok. Innholdet i møtene var omtrent som før. Det ble bestemt generelle hovedpunkter i plenum slik at de ulike aktørene kunne arbeide videre med sine detaljer hver for seg etter møtet. Etter hvert formelle møte hos Block Berge ble det skrevet et nøyaktig og oversiktlig referat som ble distribuert til alle aktørene i prosjektet. Det var også flere småmøter mellom de ukentlige fellesmøtene hvor kun representanter fra Block Berge og Multiconsult deltok. Her ble det blant annet avklart spørsmål rundt betongelementene. Dette ble tatt utenom hovedmøtene fordi det var lite behov for de andre deltakerne å få med seg det som ble gjennomgått på disse småmøtene og da slapp de å bruke unødvendig tid på dette. Block Berge hadde også egne møter med andre aktører i prosjektet utenom Multiconsult.

Etter det fjerde fellesmøtet kom beskjeden om at prosjektet ble stanset midlertidig. Dette skjer fra tid til annen. Alle prosjekter lar seg ikke gjennomføre som planlagt av ulike grunner.

Det kan ut fra deler av prosjektarbeidet i forbindelse med Hestholmen hotell nevnes noen situasjoner hvor digitale hjelpemidler kunne vært utnyttet bedre.

Ingen av møtedeltakerne hadde med seg bærbare datamaskiner til prosjektmøtene, men prosjektleder hadde med seg en slik de gangene det ble brukt projektor og storskjermvisning. Under det første prosjektmøtet i forbindelse med Hestholmen hotell kom det et spørsmål fra en av deltakerne om hvor den aktuelle tomte var. Ut fra situasjonsplanen var det ikke direkte enkelt å plassere tomte. Etter litt forklaring

fra et par andre deltakere forstod alle hvor tomta lå. Her hadde det vært fullt mulig å bruke en datamaskin tilkoblet en projektor til å vise plasseringen. Dette var ikke et stort problem, men det viser godt hvordan digitale hjelpemidler kan brukes under et møte. Dette kunne vært planlagt og gjort klart i forkant.

Ved en senere anledning kom en lignende problemstilling frem. En detalj på et betongelement var noe uklar. Her ble det også tatt frem penn og papir og detaljen ble tegnet for hånd. Det må her poengteres at det ikke er sikkert at man har laget en operativ og fullverdig 3D-modell så tidlig i et prosjekt, men hvis man har, da er det mulig å bruke denne til å studere ulike detaljer på en storskjerm.

I det andre prosjektmøtet ble det brukt projektor for å vise tegninger på storskjerm. Dette fungerte godt. Når noen ønsket å kommentere en detalj, pekte og forklarte de på skjermen. Denne gangen ble det kun brukt et vanlig lerret. Hadde lerretet vært et smartboard, kunne man i tillegg til å ha pekt og forklart, også ha tegnet direkte på tegningen og fått lagret denne som en datafil. Generelt på prosjektmøtene hadde så og si alle deltakerne med seg papirkopier av tegningene i A3 format og noen også i større format enn dette. Ofte ble store tegninger vridd og snudd på eller sendt over bordet for at alle skulle få sett nøye på ulike detaljer. Et problem med papirkopier er også at hvis alle tar med seg sin kopi og disse kopiene ikke er av samme versjon eller revisjon, kan det raskt oppstå problemer og misforståelser når disse skal sammenlignes. Deltakerne kan ha med seg sine kopier og anta og tro at disse er de nyeste utgavene av tegningene. Dette argumentet kan også nevnes i forbindelse med databruk. Når mange datafiler endres og sendes frem og tilbake via e-post er det mulig at to uavhengige aktører gjør viktige endringer i en modell som er basert på ulike versjoner. Uavhengig av om man bruker papirkopier eller modeller og tegninger på data, er det viktig å holde kontroll på hvilken versjon eller revisjon man arbeider med.

Det finnes flere eksempler på nyttig bruk av papir i dagens moderne datasamfunn. Et eksempel er når Multiconsult skal få godkjent prototypetegninger. En prototypetegning er kort forklart et første utkast av en detaljert tegning av for eksempel et fasadeelement. Når entreprenøren eller fabrikken som skal ha tegningene, er fornøyd med disse, ønsker Multiconsult at mottakeren fysisk skriver

under på at de godkjenner tegningene. Dette har nok mer en psykologisk faktor ved seg enn at det er bruken av papir i den forstand. Det er lettere for mottakeren å si at tegningene er OK, enn å måtte signere på at de er godkjente. Man tar da ofte en ekstra runde og sjekker tegningene en gang til før man signerer. Til og med bruk av e-post kan bli noe uformelt til tider, men e-poster kan lett og raskt brukes til å få en godkjenning fra mottakeren.

Det er flere grunner til at papirtegnene fortsatt står så sterkt som de gjør i byggebransjen. En av de viktigste grunnene er nok at "det alltid har blitt gjort slik". De fleste er vant med å ha en papirtegning foran seg og føler nok at dette gir en økt trygghet. Det er sannsynligvis også slik at noen av de eldre og erfarne ingeniørene ikke er så komfortable med bruk av datamaskiner og digitale hjelpemidler som en del av de unge nyutdannede kan være.

6 I dag og i morgen

6.1 Byggindustrien i dag

Teknologien i byggebransjen er i dag i stadig utvikling. I dette kapittelet vil det bli sett på enkelte eksempler på dagens bruk av ulike teknologi, samt utviklingsmuligheter ved noen av disse.

I dag fører bruken av e-post og fildeling til at informasjonsstrømmen går stadig raskere. Selv om det til tider kan være nyttig å møte et menneske ansikt til ansikt i forbindelse med et prosjekt og samle seg rundt en papirtegning, foregår mye av kommunikasjonen via internett, e-post og telefoni. Man har i dag god nok kommunikasjonsteknologi til at det ville vært mulig å gjennomføre et byggeprosjekt uten å fysisk treffe noen av de andre aktørene i prosjektet. Faren med å fjerne den personlige kontakten mellom aktørene er at man da ville mistet mye av den menneskelige kommunikasjonen og kontakten i prosjektet. Datamaskiner brukes i større og større grad i flere ledd i byggeprosessene, men de er fortsatt kun et verktøy for aktørene i prosjektene.

Det er ikke alltid slik at alle aktørene i et prosjekt befinner seg i samme by. Ved slike tilfeller kan det være både kostbart og tidkrevende for alle aktørene å delta på et prosjektmøte. Hvis det ikke er spesielle behov som tilsier at alle aktørene må være fysisk tilstede på møtet, kan man holde møtet ved hjelp av videokonferanse. Et alternativ som kan kreve noe mindre utstyr, er å bruke telefonkonferanse. Den tydeligste forskjellen på disse to alternativene er at ved en videokonferanse vil man få en større følelse av tilstedeværelse fordi man ser de andre deltakerne på en eller flere skjermer, i motsetning til kun å høre dem via telefon. Hos Multiconsult besluttet konsernledelsen i januar 2011 å anskaffe videokonferanseutstyr til de fleste kontorene i selskapet. Videokonferanseutstyret ble ferdig installert i april 2011 og utstyret kan nå brukes til både interne og eksterne konferanser for ansatte i bedriften. Hovedargumentene for å anskaffe dette utstyret var å bidra til en god og direkte dialog med andre kolleger og samarbeidspartnere, samt det økonomiske aspektet med å redusere reiseutgiftene.

I en rekke land har det tradisjonelt vært og er fortsatt vanlig praksis at lederstrukturen er styrt av et strengt hierarki. I en ingeniørbedrift kan dette føre til en tidkrevende og møysommelig prosess for å få gjennomført en endring. En ingeniør som ønsker å gjøre en endring på for eksempel en praktisk løsning på en stålarmering i en bjelke, kan måtte fremme forslaget til sin leder som igjen kanskje må sende spørsmålet videre til sin overordnede. Et potensielt problem er at lederne eller avdelingslederne kan få for mange spørsmål som man kanskje kunne ha avklart på et lavere nivå. Unødvendige spørsmål binder opp kostbar tid og ressurser og er ikke ønskelige. Mentaliteten og kulturen kan være at slik skal det gjøres og hierarkiet skal følges. I Norge og Skandinavia finner man i hovedsak ikke denne strenge hierarkimentaliteten. Dette gjør at en del tid kan spares ved at spørsmålet ikke alltid trenger gå gjennom flere ledd før man får et svar på problemstillingen.



Figur 6-1: Eksempel på en byggeplass hvor det er begrenset med plass tilgjengelig.

På byggeplassene i dag er det fortsatt en mengde papirtegnninger i omløp når et bygg skal reises. Digitale hjelpemidler vil sannsynligvis i større og større grad få innpass på byggeplassene i årene som kommer. Et effektivt og enkelt 4D BIM-program spesialtilpasset for bruk på byggeplassen vil kunne være til stor hjelp for byggelederen som er sjef på byggeplassen og har oversikt over hva som skjer der. Et slikt 4D BIM-program kan gjøre at alle som trenger det, kan finne ut hvor langt selve byggingen er kommet i forhold til den oppsatte tidsplanen. Ved bruk av augmented reality kombinert med et slikt BIM-verktøy, vil man kunne se på et halvferdig bygg og se hvordan dette ser ut i forhold til hva som er planlagt. Dette kan også brukes til å få et godt visuelt overblikk over hvilken del av bygget som skal bygges og dermed lett se om noe utstyr eller maskiner må flyttes.

En byggeplass er som regel et relativt lite avgrenset område i forhold til hva byggelederen kunne ønske seg. Dette medfører at det ofte ikke er plass til alle materialene og alt utstyret samtidig. Figur 6-1 viser en byggeplass hvor plassen er begrenset blant annet på grunn av eksisterende bygg og behov for en midlertidig vei til maskiner og utstyr. På bygg som settes sammen av mange forhåndsfabrikkerte betongelementer, fraktes ofte de ferdige elementene til byggeplassen etter hvert som de skal monteres på sin gitte plass. I slike tilfeller er det helt nødvendig at man har kontroll og oversikt over hvilke og når ulike elementer ankommer byggeplassen. På en byggeplass i Finland opplevde man at man ikke hadde kontroll på dette. På byggeplassen lurte arbeiderne på om det skulle bli levert noen prefabrikkerte elementer en dag. Ingen på byggeplassen visste om det kom noen elementer. Byggelederen forsøkte så å ta noen telefoner til sine overordnede for å høre om disse visste noe. Heller ikke her var det mulig å få et konkret svar. Byggelederen fikk så kontakt med lastebilsjåføren som kjørte med et betongelement på tilhengeren, og han kunne da bekrefte at leveransen kom den dagen. I dette tilfellet måtte man altså helt ned til sjåføren som faktisk kjørte lastebilen, for å få et sikkert svar. Dette eksempelet viser hvor viktig det er at noen har hjelpemidler som kan gi oversikt over, og dermed kunne koordinere når materiell og utstyr kommer og forlater byggeplassen. Da kan man unngå at det blir produksjonsstopp på byggeplassen.

En teknologi som brukes blant annet i USA og Danmark i dag for å unngå tilfeller som eksempelet fra Finland, er å merke leveranser ved hjelp av *Radio Frequency*

Identification, forkortet til RFID. På norsk kalles denne teknologien *radiofrekvensidentifikasjon*. RFID er en metode for å registrere data ved hjelp av små enheter eller brikker som kan festes til eller bygges inn i produkter, dyr eller mennesker. Disse brikkene inneholder antenner som gjør at de kan motta og svare på radiofrekvenssignaler fra en spesiell mottaker. Bruksområdene til RFID i dag er blant annet sporing, logistikk, klær, pass, Autopass, varesikring, adgangskontroll og identifisering. I byggebransjen er det mulig å plassere slike brikker ved hver forsendelse fra fabrikk. Man kan dermed registrere når disse forlater fabrikkområdet i et datasystem og ha tilgang til denne informasjonen på byggeplassen. I det siste året er det i USA installert slike små vaskbare brikker i håndklær, badekåper og sengetøy på enkelte hoteller for å hindre at gjester fyller koffertene sine med slike produkter når de sjekker ut. Systemet fungerer slik at det utløses en alarm hvis man forsøket å ta med seg en gjenstand med en slik brikke ut av hotellet. I fremtiden kan man se for seg at store viktige deler, som for eksempel et betongelement, kan bli sporet i sanntid slik at byggelederen alltid til en hver tid vet nøyaktig hvor en viktig del er og når den forventes å ankomme byggeplassen.

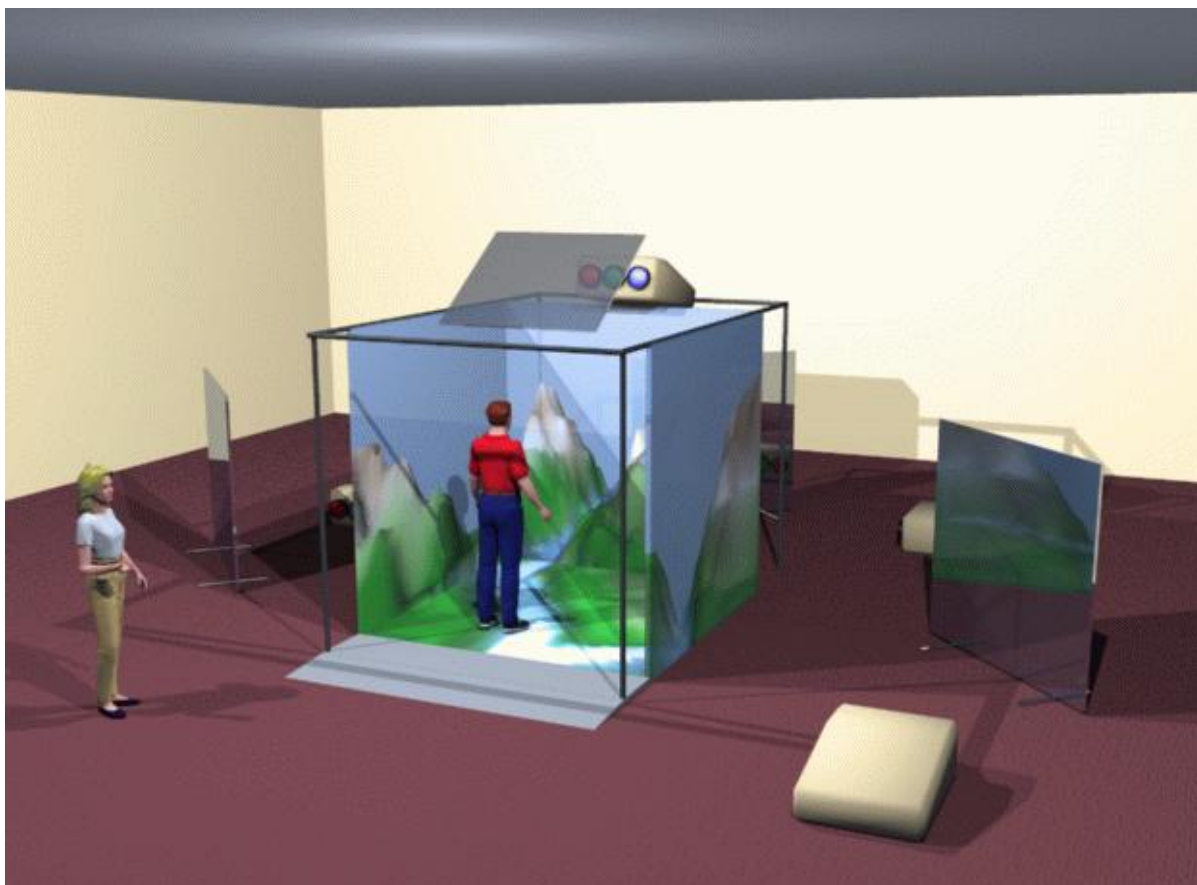
I dag finnes det GPS-systemer som kan spore både biler og båter. Etter hvert som denne teknologien utvikler seg og blir billigere, er det fullt mulig å se for seg at dette blir implementert i transporten til og fra byggeplassen for å øke muligheten for planlegging, kontroll og ressurseffektivitet.

En av problemstillingene i forbindelse med 3D-modeller er i dag at flere aktører arbeider med samme modell, men i ulike versjoner. Dette er mulig å løse hvis de ulike modelleringsprogrammene som de forskjellige aktørene bruker, kan kommunisere med hverandre slik at modellene kan samkjøres. Man kan se for seg at flere aktører kan arbeide i samme modell i sanntid, slik at det er mulig å se endringene en annen aktør gjør akkurat når endringen blir gjort ved en annen datamaskin et annet sted. Slike muligheter er lett å se for seg, men det er ikke sikkert at det er denne løsningen som er den mest effektive for brukerne. Det som blir gjort til en viss grad i dag er å synkronisere modeller som ulike aktører arbeider med, hvert døgn mens prosjektet pågår. Det er likevel fortsatt en betydelig problemstilling per i dag at man ikke får samkjørt arbeidet og endringer en bruker gjør i sin modell på sin datamaskin opp mot hovedmodellen for det gitte prosjektet.

Dagens modelleringsverktøy er begrenset til å være, i hovedsak som navnet tilsier, et modelleringsverktøy. Med dette menes at disse programmene i utgangspunktet kun brukes til å fremstille 3D-modeller og til å lage 2D tegninger. De fleste slike programmer har også en mulighet for selv, eller ved hjelp av importering og eksportering til andre programmer, å beregne nedbøyinger og spenninger. I dag finnes det også egne modelleringsprogrammer som er spesialisert for bruk av arkitekter. Ved å ha et program som kan håndtere både arkitektdelen og den vanlige ingeniørdelen kan man få redusert antall programmer som kreves internt hos en bedrift. Problemet med dette er at produsentene av slike programmer ofte ønsker å spesialisere seg inn mot et bestemt felt. Et program som kombinerer flere slike deler kan i et tenkt tilfelle bli brukt som et informasjonssenter og det eneste programmet man trenger å bruke i arbeidet med et byggeprosjekt. Man kan se for seg at når man kommer på jobb, så logger man seg inn i et program som styrer og organiserer alle prosjektene som bedriften er involvert i. Da kan man få tilgang til dataverktøy som kan brukes i de delene av byggeprosessen hvor det er praktisk gjennomførbart og fornuftig. Et slikt program kan ha likhetstrekk med nettsamfunnet Facebook. Man kan ha oversikt over hvilke prosjekter man til en hver tid er delaktig i og hvilke andre aktører som er involvert i prosjektene. Det kan gis tilgang til modeller og tegninger av en prosjektleder til aktører som trenger det.

6.2 Cave Automatic Virtual Environment i bilindustrien

Cave Automatic Virtual Environment blir ofte omtalt med akronymet CAVE. Dette konseptet danner en virtuell virkelighet for den som bruker systemet. CAVE består av flere store lerret som er satt sammen til å danne deler av eller en hel kube. Disse lerretene som i seg selv kan danne et rom, er plassert i et enda større rom. Dette er fordi lerretene bruker såkalte bakprojektorer, som sender bilde på baksiden av lerretene, til å produsere et synlig bilde på fremsiden. I figur 6-2 ser man et CAVE-system som viser bilder på fem flater i en kube. Bakprojektorerne som brukes for å vise bildene, bruker en høy oppløsning slik at kvaliteten på bildene blir meget god.



Figur 6-2: Eksempel på et mulig oppsett for et CAVE-system. I dette oppsettet vises det bilder på fem flater i en kube.

Ved bruk av spesielle briller og rette innstillinger på oppsettet, kan man utnytte en stor fordel med dette konseptet, nemlig 3D. Med 3D-effekten kan man se objekter som svever i luften og til og med gå rundt dem for å få full oversikt. Dette er mulig fordi man genererer bilder på mer enn en vegg og man kan da få følelsen av å gå rundt objekter. Bildene på lerretene endrer seg ut fra hvor brukeren befinner seg. Det er også mulig å stå inne i en modell og "gå" gjennom vegger for å få studert det man er ute etter. En av fordelene med et slikt CAVE-system er at man har mulighet til å få studert en modell av det man ønsker, både utvendig og innvendig i målestokk 1:1.

HoloVis er et selskap som utvikler og produserer spesielle og høyteknologiske måter å vise informasjon på. Dette innebærer blant annet videokonferanser, store reklameskjermer og ApolloCAVE. ApolloCAVE er HoloVis sin utgave av CAVE konseptet.

Selv om det er mange fordeler med CAVE konseptet er det viktig å påpeke noen åpenbare ulemper eller begrensninger med teknologien slik den fremstår i dag. En begrensning kan være kostnaden. Dette er en relativt ny teknologi med eksklusive komponenter og dermed er prisen tilsvarende høy. Det man også raskt ser er at CAVE-systemene krever stor fysisk plass. Man kan bruke speil for å redusere avstanden som er nødvendig mellom bakprojektorene og lerretene, men likevel kreves det at CAVE-systemet blir som er lite rom inne i et større rom. I figur 6-2 ser man bruken av slike speil som står mellom projektøren og lerretet.

HoloVis reklamerer selv for produktet ApolloCAVE slik:

Experience a new sports car before it's been physically prototyped. Explore an urban regeneration project even before a single stone is laid. Understand and test a new factory layout, first hand, without compromising productivity. Save time and money by making strategic decisions early, with confidence and authority [HoloVis International, 2010].



Figur 6-3: To designere studerer interiøret i en Mercedes S-klasse ved Mercedes-Benz Design Center.

I 2007 bestilte Jaguar Land Rover et CAVE-system av HoloVis International til teknologisenteret sitt i Storbritannia. Dette systemet var klart og ble tatt i bruk i 2008. Systemet var og er et av de mest moderne og høyteknologiske bilindustrien har sett.

Systemet består av et tre kubikkmeter stort rom hvor bilder dannes på tre vegger og i taket. Rommet kan minne om *Star Trek* sitt legendariske *Holodeck*. Midt i rommet kan det plasseres et sjåførsete som tilsvarer den bilmodellen man ønsker å studere. I figur 6-3 ser man et slikt sete og to designere som inne i en Mercedes. Ingeniørene kan, ved å ta på seg spesielle briller som også registrerer posisjonen til hodet og dermed hvor man ser, bruke systemet til å studere innsiden av en bil uten at man behøver en fysisk prototype. Når brukeren snur hodet sitt, registreres dette av datamaskinene som styrer systemet og man ser det man ville sett i en ekte bil. Brukeren har også mulighet til å trykke på knapper i bilen, selv om disse ikke er ekte og vil være svevende i luften på grunn av 3D-effekten. Instrumentene i bilen kan opereres ved bruk av en liten spesiellaget stav. Dette er gjort mulig ved hjelp av sensorer som registrerer bevegelsene til hodet og staven i hånda til brukeren i seks ulike frihetsgrader. I figur 6-4 ser man et eksempel på et sett briller og en stav som brukes i Jaguar Land Rover sitt CAVE-system.



Figur 6-4: Briller som er nødvendig for å utnytte 3D-effekten og en spesiell stav som kreves for å kunne bruke flere av funksjonene i et CAVE-system.

Ved bruk av den spesiellagede staven kan brukeren nytte et hjelpemiddel som kalles *cross-section tool*. Dette verktøyet virker tilsvarende som å klippe og forskyve hele plan i vanlige 3D-modelleringsverktøy på en datamaskin. Brukeren velger hvilket plan det skal kuttes i og hvor langt inn i bilen det er ønskelig å se.

En annen nyttig funksjon i ApolloCAVE-systemet er å sjekke for kollisjoner. Den vanlige formen for kollisjonskontroll er å sjekke om noen av delene i en konstruksjon treffer hverandre. Problemstillinger med kollisjoner kan oppstå når det ikke har vært god nok kommunikasjon mellom de ulike aktørene som er involvert i prosjektet. Kollisjonsverktøyet i ApolloCAVE-systemet inneholder også et annet nyttig bruksområde. Det er mulig å sjekke om det er fysisk mulig å fjerne for eksempel startmotoren fra motorrommet uten å måtte demontere hele fronten på bilen. Ian Anderton er ansvarlig for ApolloCAVE-systemet til Jaguar Land Rover og han forklarer bruksområdene til kollisjonskontrollen slik:

The system allows you to instantly see if something will work – such as putting in a different exhaust unit or fitting brake lines. But it's also useful for checking if items will fit in the car, such as a set of golf clubs or even cups in cup holders [Automotive Council UK, 2010].

Et slikt verktøy er også nyttig til områder i tillegg til selve konstruksjonen av bilen. Det er blant annet nyttig for å se hvordan vedlikehold og reparasjoner av bilen kan utføres enkelt og effektivt når 3D-modellen er blitt til en virkelig bil.

Ved å utføre tester og andre gjøremål på 3D-modellen av bilen, reduseres antallet fysiske prototyper bedriften trenger å produsere under utviklingen av en ny bil. Prototypene er dyre å produsere og i tillegg bruker man en god del tid på å faktisk lage en prototype og dermed tar det lang tid før man får se effekten av den endringen eller løsningen man gjorde. Samtidig som kostnadene reduseres ved å produsere færre prototyper, sparer bedriften tid og får levert bilen til markedet raskere.

Kontrollene for å bruke og å utnytte CAVE-systemet er enkle. I en artikkel fra Automotive Council UK er det forklart at man kan lære seg det grunnleggende på 20 minutter. Dette skal være nok til å kunne lede et møte eller ha en presentasjon ved

hjelp av CAVE-systemet. Det blir videre sagt at 2 timer skal være nok til å lære seg de mer komplekse delene av systemet [Automotive Council UK, 2010].

CAVE-systemet er et kraftig og fleksibelt system som ikke er begrenset kun til biler. Så lenge man har kompatible 3D-modeller, kan man bruke dette hjelpemiddelet til å vise hva som helst. Det vil derfor, som en sammenligning, i prinsippet være mulig å bruke dette i byggebransjen. Brukeren vil kunne stå inne i et rom i en bygning som skal bygges og studere ulike detaljer i full størrelse.

6.3 Byggindustrien i fremtiden

Datamaskiner og digitale hjelpemidler er helt nødvendige hjelpemidler i byggindustrien i dag og brukes daglig av forskjellige aktører. I byggeprosessen er det ute på byggeplassen at datamaskinen virker å være minst i bruk. I fremtiden vil sannsynligvis datamaskiner, i form av digitale hjelpemidler, få en stadig større rolle også her.

Enkle tegninger og små fysiske modeller var de første visuelle hjelpemidlene som ble tatt i bruk i byggebransjen. Siden dette har man gått videre og tatt i bruk datamaskiner og modelleringsprogrammer, men håndtegnninger og fysiske modeller spiller fortsatt en viktig rolle i mange sammenhenger. Nå som digitale 3D-modeller er så utbredt som det er i byggebransjen, kan man tenke seg at de gamle teknikkene med håndtegnninger og modellbygging er blitt unødvendige. Det er likevel slik at begge disse teknikkene fortsatt holdes i live. Dette kan forklares med at når man fysisk tegner en skisse eller lager en modell, får man et annet forhold til det man skal bygge enn ved kun å "programmere" en modell på en datamaskin. Det er likevel også slik at i fremtiden er det fullt mulig at disse teknikkene blir utdaterte og blir helt eller delvis erstattet med digitale hjelpemidler, spesielt når dagens ungdom i prinsippet vokser opp med en datamaskin i fanget.

Det er mulig å se for seg fremtidige hjelpemidler på byggeplassen ved å modifisere og tilpasse teknologi som allerede finnes tilgjengelig. Følgende eksempel fra en

fremtidig byggeplass kan være en mulighet. Når arbeiderne kommer på jobb på byggeplassen går de inn i en av brakkene som er satt opp der. Her har man flere lesebrett, for eksempel iPad eller tilsvarende, stående ferdig oppladet og klar for dagens bruk. Lesebrettene er godt beskyttet og tilpasset bruk i tøffe omgivelser. Man har lesebrett i ulike størrelser etter hvilken oppgave man trenger dem til. Det mest praktiske er om de er såpass små at arbeiderne får plass til dem i lommen. På lesebrettene vil arbeiderne ha tilgang på 3D-modellen av bygget de skal bygge og denne blir kontinuerlig oppdatert via et trådløst nettverk eller liknende på byggeplassen. Ved hjelp av 3D-modellen og et kamera på baksiden av lesebrettet, kan man bruke augmented reality til å sammenligne den virkelige fremdriften med den planlagte. Lesebrettene kan i tillegg fungere som kommunikasjonsmiddel mellom byggelederen og arbeiderne. Når man velger seg et lesebrett i starten av dagen, blir det registrert hvem som tar hvilket og dermed er dette lesebrettet knyttet til en bestemt person for denne dagen. Logistikk og kontroll av materiell kan forenkles og enkelt registreres på lesebrettene slik at alle får den samme oversikten. På denne måten kan man få implementert digitale hjelpemidler på selve byggeplassen. Ved å ta i bruk visuelle hjelpemidler på byggeplassen mer enn i dag, kan begrepet den virtuelle byggeprosessen i større grad også omfatte arbeidet på byggeplassen. Effekten av å bruke nye hjelpemidler på byggeplassen kan både bety en større grad av involvering av alle som jobber med prosjektet og en bedre ressursutnyttelse.

Virtuelle hjelpemidler er kommet for å bli, både i samfunnet generelt og i byggebransjen. Skal man bruke metoden VDC, er det både ressurseffektivt og fornuftig å ta i bruk visuelle og virtuelle hjelpemidler for å få best mulig effekt av metoden.

Teknologi som brukes innen bil-, fly- og romfartsbransjen er sammen med teknologi innen våpen- og legemiddelindustrien kjent for å være høyt utviklet og moderne. I dag brukes CAVE-systemer blant annet i bilindustrien. CAVE-systemer er en teknologi man kan se for seg at også kan brukes i byggebransjen. Ved å ta i bruk en lukket kube med bildevisning på alle seks flatene, kan man ha muligheten til å stå inne i et rom i et bygg som kun er i prosjekteringsfasen. Dette kan være nyttig for arkitekter som ønsker å se for seg hvordan visuelle løsninger vil se ut, men også for rådgivende ingeniører som må sjekke ut for eksempel hvilke veggtykkelser som

kreves og se hvordan dette vil fungere i praksis i modellen. Ved å ta i bruk en spesiallaget stav eller en hanske med sensorer kan man tenke seg at brukeren kan stå i modellen og endre på størrelser og plassering av objekter. Disse endringene kan da bli registrert og 3D-modellen blir oppdatert med de gitte endringene. En samkjøring med et analyseprogram ville gjort det mulig for brukeren som sto i rommet å se fargekoder for spenninger i vegger og søyler. Hvis brukeren da forandret en størrelse ville fargen som tilsvarte en godkjent eller for høy spenning, endre seg og gi beskjed om at veggen eller søylen nå var for tynn etter forandringen.

I byggebransjen er kommunikasjonen og grensesnittet mellom tegneprogram og analyseprogram ikke alltid så godt som brukeren kunne ønsket. Noen programmer har selvfølgelig et funksjonelt og tilfredsstillende grensesnitt, men dette gjelder ikke for alle programmene. Innen design og produksjon av maskindeler finnes det gode eksempler på programmer som både kommuniserer godt med hverandre og hvor grensesnittet mellom programmene er enkle og oversiktelige. Et slikt eksempel har man ved bruk av modelleringsprogrammet Solid Edge og analyseprogrammet ANSYS. Ved bruk av disse to programmene er det slik at hvis man har installert begge på samme datamaskin vil programmene registrere dette. Er man for eksempel inne i Solid Edge, vil det dukke opp en egen verktøyline som tilhører ANSYS. Slik kan man enkelt og raskt få tilgang på analyseprogrammet når man bruker modelleringsprogrammet. Man kan se for seg at byggindustrien også vil ta i bruk slike løsninger i større grad i fremtiden.

Noen bransjer har mulighet for å investere betydelige beløp i høyt utviklede og moderne teknologier. Slike investeringer vil kunne kreve betydelige kostnader i starten. Etter hvert som flere og flere begynner å bruke og å få tilgang på slike teknologier, reduseres ofte prisen og andre bransjer kan ta seg muligheten til å ta disse i bruk. Det var dette som skjedde med Head-up display. Denne teknologien kom fra våpenindustrien. I dag brukes den blant annet i sivil luftfart og i enkelte biler. Det er mulig at CAVE-systemet kan bli tatt i bruk av byggindustrien i fremtiden når investeringskostnadene reduseres og den nødvendige programvaren blir tilgjengelig.

I 2008 ble konferansen "Fremtidens byggeledelse – er du med?" arrangert i Oslo. Her var blant annet BIM et sentralt tema. Konferansen samlet flere toppledere i

byggebransjen, blant annet byggherrer, entreprenører, rådgivende ingeniører, arkitekter og bransjeforeninger. Arrangørene bak konferansen var Forsvarsbygg, Akershus universitetssykehus og Statsbygg.

Noe av det som ble diskutert på konferansen var de økte kravene til lønnsomhet og effektivisering i byggebransjen, og at dagens produksjon ofte preges av unødvendige og kostnadskrevende feil og misforståelser. Det kan argumenteres for at BIM i seg selv kan redusere disse feilene og misforståelsene, men ved bruk av VDC ønsker man å oppnå akkurat disse målene: redusere feil og misforståelser så tidlig som mulig. I fremtiden vil man kanskje se at slike konferanser har VDC som et sentralt tema.

I dag er både BIM og 3D-modeller utbredt som hjelpemidler i byggebransjen. Før disse hjelpemidlene ble tatt i bruk i full skala i byggebransjen, måtte man teste og prøve ut disse i liten skala. Slik er det også med det meste av ny teknologi og nye hjelpemidler. Før en ny teknologi blir fullt implementert i det miljøet som er tiltenkt, må det testes og prøves ut. Det er ikke alle nye teknologier og hjelpemidler som slår igjennom og som viser seg å ha livets rett. Noen av dem har gjort det, som BIM og 3D-modeller. Det er ikke gitt at arbeidsmetoden VDC kommer til å være tilstede i byggebransjen i fremtiden. Det er likevel mulig at denne metoden vil slå igjennom og være den dominerende og ledende metoden innen byggebransjen i fremtiden.

Fremtiden er vanskelig å spå. Når og eventuelt om man kan få oppleve en fullstendig virtuell byggeprosess er meget uvisst. Det som er sikkert er at man ikke er her i dag og heller ikke kommer til å være der i morgen. Det å oppfinne og å modifisere de rette hjelpemidlene tar tid. Man er i dag på vei, men en del ønsker, ideer og tanker ligger en del år frem i tid. Hjelpemidler som er ønskelige tror man gjerne er kortere frem i tid enn de virkelig er, og man håper også at de er nærmere enn de faktisk er.

Håndverk er og forblir et håndverk. Uavhengig av hvor effektivt man får tegnet eller modellert et stålstykke eller et betongelement, må dette fortsatt fysisk bli laget. Digitale hjelpemidler er effektive og smarte, men man klarer uansett ikke å unngå at det faktisk er en forskjell på en modell og virkeligheten.

7 Diskusjon

7.1 Arbeidsmetoden VDC

Virtual Design and Construction kan ved første øyekast virke som et begrep det er litt vanskelig å forstå fullt og helt. Navnet Virtual Design and Construction gir egentlig ikke en direkte tydelig pekepinn på hva arbeidsmetoden omfatter. Ut fra navnet kan det virke som om man ønsker å gjøre design og konstruksjonsfasen virtuell. Denne tolkningen er delvis korrekt, men dekker ikke hele metoden. Man kan bruke virtuelle hjelpemidler som et bidrag for å integrere informasjon og styrke samarbeidet i prosjekteringsfasen i et prosjekt.

Noe som kanskje hadde hjulpet på den umiddelbare forståelsen når man blir introdusert til navnet Virtual Design and Construction, kunne vært å ha et norsk navn eller uttrykk for denne metoden. Dette har Veidekke og datterselskapet Block Berge Bygg forsøkt seg på. Her har de begynt å ta i bruk involverende prosjektering og involverende planlegging som norske navn på metoden VDC.

Definisjonen til Egil Vestbø fra Block Berge Bygg hjelper i tillegg noe da det her blir spesifisert at VDC er en arbeidsmetode som tar i bruk teknologiske hjelpemidler.

Noe av det som i hovedsak skiller VDC fra tradisjonelle arbeidsmåter innen byggebransjen, er at alle aktørene i et prosjekt involveres aktivt tidlig i prosjekteringsfasen. Modelleringsverktøy er også en viktig del av VDC, men slike verktøy er allerede implementert og velbrukt i store deler av byggebransjen i dag. Ny og moderne teknologi kan i tillegg brukes i VDC for å effektivisere arbeidsmetoden, men det er ikke nødvendigvis dette som gjør metoden spesiell. Slik ny teknologi kunne for eksempel i mange tilfeller også blitt brukt i forbindelse med en tradisjonell arbeidsmåte i byggebransjen. Det kan virke som om VDC egentlig er satt sammen av flere eksisterende og til dels velprøvde metoder eller arbeidsmåter.

Et effektivt hjelpemiddel for å involvere alle aktørene tidlig i et prosjekt er et såkalt ICE-rom. Det er bruken av et slikt spesialtilpasset rom som virker å være det "nye" ved VDC i forhold til tradisjonelle metoder.

Informasjonsdeling og bruk av modelleringsverktøy er konsepter som er godt utbredt innen byggebransjen. For å gjøre det kort og enkelt, så kan man si at VDC er en metode satt sammen av ICE og BIM. BIM er i stor grad utbredt og i daglig bruk innen byggebransjen. I enkel forstand kan det virke som om det å ta i bruk et ICE-rom for å involvere alle aktørene tidlig i prosessen i en allerede fungerende tradisjonell arbeidsmåte, er det som skal til for å implementere VDC som arbeidsmetode.

7.2 Målsetning for VDC

Å redusere kostnadene og tidsforbruket og å øke kvaliteten er hovedmålene for VDC. Disse målene er likevel ikke mål som skiller seg ut i forhold til målsetninger for tradisjonelle metoder. Det som derimot skiller seg noe ut innen byggebransjen er måten dette er ment å gjøres på, nemlig ved å involvere alle aktørene tidlig i et prosjekt.

Ved å eventuelt ta i bruk arbeidsmetoden VDC ønsker en bedrift at dette gir et forbedret økonomisk resultat og helst så raskt som mulig. Det er vanskelig å direkte tallfeste reduserte kostnader eller økte inntekter ved bruken av VDC i forhold til å ikke bruke metoden. Det er likevel mulig å si at mindre revisjoner og en raskere prosjektering kan føre til redusert tidsforbruk, noe som i de fleste tilfeller er ønskelig. I tillegg kan man i prosjekteringsfasen oppleve en økt ressursutnyttelse og en produktivitetsøkning på grunn av at alle aktørene er med på å avdekke feil og mangler så tidlig som mulig.

7.3 Hjelpemidler innen VDC

VDC tar i bruk mange av de samme teknologiene og hjelpemidlene man finner i tradisjonelle metoder innen byggebransjen. Det er likevel bruken av ICE og ICE-rom som er det hjelpemiddelet som skiller seg klart ut. Nye og moderne hjelpemidler er ønskelige og interessante i byggebransjen blant annet for å øke effektiviteten og lønnsomheten generelt. Det er ikke sikkert eventuelle nye hjelpemidler blir introdusert på grunn av at man bruker metoden VDC. Det kan være at hjelpemiddelet blir introdusert i byggebransjen, uavhengig av arbeidsmetode.

For å implementere VDC i en bedrift, er det sannsynligvis ikke behov for så mange nye hjelpemidler, spesielt siden de aller fleste bedrifter allerede har tilgang på minst ett hensiktsmessig modelleringsverktøy. VDC er som sagt tidligere, en arbeidsmetode. I en bedrift kan det være fornuftig å tilpasse et møterom slik at den involverende delen i starten av et prosjekt går så smertefritt som mulig som for eksempel å installere et ICE-rom. Utenom dette, kan det i hovedsak være snakk om at det er tilstrekkelig med endringsvilje og endringsevne for å implementere VDC. Man innfører en ny arbeidsmetode, en arbeidsmåte, en mentalitet.

7.4 Byggebransjen og VDC

I byggebransjen virker det som om det er totalentreprenører som vil ha den største effekten av å ta i bruk VDC. Aktører som arbeider for en totalentreprenør i et prosjekt, vil kanskje kunne klare seg utmerket med tradisjonelle arbeidsmåter slik det er i byggebransjen i dag. Det kan likevel poengteres at en slik aktør kan sies å være bruker av metoden VDC hvis aktøren er deltaker i et prosjekt hvor totalentreprenøren har tatt i bruk metoden, selv om aktøren ikke har implementert metoden i sin egen bedrift.

Virtual Design and Construction er både et nytt og "tøft" navn, men også et begrep som kan være litt vanskelig å forklare kort og enkelt. Det som da er en mulighet er å gjøre som Veidekke, er å gi metoden en norsk betegnelse. Denne kan hjelpe med

forståelsen og salgbarheten av metoden utad. Et annet alternativ kan være å markedsføre bruk av ICE-rom kombinert med BIM. Et slikt rom er noe konkret som kan være enklere å forklare for nye og eksisterende kunder, og BIM er et godt og velkjent hjelpemiddel i dagens byggebransje.

Avhengig av hvilken rolle man har i byggebransjen, er det ikke sikkert at det er lønnsomt eller fornuftig å satse på VDC. Det kan kanskje være vel så smart å utvikle BIM videre og eventuelt omgjøre et vanlig møterom til et ICE-rom. Dette kan gjøres for å utnytte fordelene man kan få ved et slikt rom, uten å nødvendigvis ta i bruk arbeidsmetoden VDC direkte. Slik det ser ut i dag, er det nok totalentreprenører som kan ha det største utbytte av å ta i bruk VDC innen byggebransjen. Andre aktører vil da kunne bli "medbrukere" og ha nytte av fordelene en slik arbeidsmetode kan gi.

7.5 Multiconsult og VDC

Multiconsult sin rolle i et prosjekt er å være rådgivende ingeniør, enten alene eller som en av flere aktører. Det er som nevnt tidligere mulig at arbeidsmetoden VDC passer bedre for oppdragsgiveren til Multiconsult, enn for Multiconsult selv. Det som uansett kan gjøres for et selskap som Multiconsult, er å gå gjennom de ulike elementene innen VDC for å se om noen av disse kan forbedre enkelte deler av organisasjonen. Dette gjelder generelt for alle typer aktører når nye metoder blir introdusert, og ikke kun spesielt for VDC. Det er fullt mulig å utnytte positive sider ved en ny arbeidsmetode uten å nødvendigvis implementere hele metoden. Selv om VDC ikke innføres, er det mulig å utnytte gode tanker og ideer innen metoden.

For Multiconsult kan det virke som om det kan være like fornuftig å fortsette med bruken av BIM og Concurrent Design, CCD, i forhold til å ta i bruk VDC. Man kan eventuelt videreutvikle de allerede eksisterende metodene og teknikkene ved å implementere enkelte deler av VDC som kan synes å være fornuftige for Multiconsult å ta i bruk. Et slikt konkret eksempel kan være å omgjøre et møterom til et såkalt ICE-rom og bruke dette aktivt ved møter som holdes hos Multiconsult.

Det kan virke som om VDC ikke nødvendigvis er bedre enn alternativene som Multiconsult bruker i dag. Det må likevel poengteres at det er viktig å følge med i utviklingen, både innenfor ny teknologi og nye arbeidsmetoder. I dag er BIM i stor grad implementert i byggebransjen, men også BIM var nytt og uprøvd når det kom for første gang.

Samarbeidspartnere til Multiconsult kan komme til å ta i bruk VDC. Det vil da være nyttig for ansatte i Multiconsult å vite noe om denne arbeidsmetoden. Dette vil være ønskelig både for å forstå hvorfor metoden brukes, men også for å kunne utnytte metoden så godt som mulig når man treffer på den hos samarbeidspartnere som har tatt den i bruk. Oppmerksomhet rundt og kunnskap om VDC kan være viktig for Multiconsult, spesielt hvis denne metoden bli tatt i bruk i stor skala hos en eller flere av bedriften sine samarbeidspartnere.

Stanford University i USA har flere kurs om VDC. Det blir fort dyrt og tidkrevende å sende ansatte på kurs dit, hvis intensjonen kun er å få et innblikk i hva metoden innebærer. Universitetet i Stavanger har i dag kurs som omhandler BIM, men ikke VDC. Det kan i fremtiden være ønskelig om UiS i samarbeid med en eller flere bedrifter arrangerer kurs eller seminar om metoden.

Ny teknologi kan, i tillegg til at det er ment å gi en positiv effekt for brukeren eller brukerne, nyttes som en potensiell fordel overfor konkurrenter. Det kan være spesielt smart å være "føre var" og være tidlig ute med å implementere ny teknologi hvis denne etter hvert blir "allemannseie" i bransjen. Det samme kan man si at dersom VDC blir ledende i byggebransjen, kan det være svært uheldig å være den eneste aktøren som ikke bruker denne metoden som nå er blitt standarden i bransjen. Dette er det derimot vanskelig å forutse. Ikke alle nye teknologier eller arbeidsmetoder har livets rett og vil bli en del av byggebransjen i fremtiden.

8 Konklusjon

Virtual Design and Construction er en relativt ny arbeidsmetode. Metoden er tatt i bruk hos enkelte bedrifter innen bil-, fly- og romfartsindustrien. I Norge har noen få totalentreprenører innen byggebransjen nevnt offisielt utad at de har tatt i bruk metoden på noen konkrete prosjekter.

Målene med og ideene bak metoden VDC er fornuftige og gode. Det virker som det i utgangspunktet ikke kreves mye stort utstyr eller dyr programvare for å implementere metoden. Mye av implementeringen av VDC går ut på *endringsevne* og *endringsevne*. VDC er en måte å arbeide på. Man kan ikke gå inn i en butikk og kjøpe seg VDC. Man kan likevel ta i bruk nye og moderne teknologiske hjelpemidler for å gjøre metoden effektiv, men disse hjelpemidlene kunne høyst sannsynlig også effektivisere den tradisjonelle arbeidsmetoden man bruker.

Det er ikke sikkert at VDC kommer til å være tilstede i byggebransjen i fremtiden, men det er likevel en mulighet for at metoden vil slå igjennom og være dominerende og ledende innen byggebransjen i fremtiden. Selv om en ny teknologi eller metode virker lovende og spennende, er den ikke garantert suksess. Det er mange tilfeldigheter som spiller inn for å avgjøre om en slik teknologi eller metode slår igjennom. Blant totalentreprenører kan det se ut som om VDC har en mulighet for å gjøre akkurat dette, å slå igjennom og å bli en del av byggebransjen i fremtiden. Hvis en totalentreprenør tar i bruk VDC, vil de aller fleste samarbeidspartnerne også måtte forholde seg til metoden og i prinsippet bli "medbrukere". Det er ikke nødvendigvis sikkert at det er akkurat VDC som slår igjennom, men kanskje en "fornorsket" versjon av metoden med omtrent samme innhold og mening.

Det finnes i dag en rekke hjelpemidler tilgjengelig som aktører innen byggebransjen kan ta i bruk i den virtuelle byggeprosessen. Noen av hjelpemidlene er direkte rettet inn mot bruk i forbindelse med et ICE-rom i VDC, men de fleste kan brukes både i VDC og i tradisjonelle arbeidsmetoder. Det kan i fremtiden være mer nyttig å tilpasse arbeidsmetoden til ny eller eksisterende teknologi, enn å tilpasse teknologien til arbeidsmetoden.

Nye teknologier og modifiserte eksisterende teknologier fra andre bransjer faller ofte under kategorien at de kan brukes generelt i byggebransjen, nesten uavhengig av hvilken arbeidsmetode man bruker. En spennende teknologi fra bilindustrien er CAVE-systemet. Dette er en teknologi som kan tilpasses og modifiseres slik at den kan brukes i byggebransjen og ville passet godt inn i den virtuelle byggeprosessen.

Fremtidens arbeidsmetoder i byggebransjen vil sannsynlig være preget av at arbeidet i økende grad organiseres i prosjekt hvor involvering og informasjonsdeling vil være viktige elementer for å skape gode resultater og å nå felles målsetninger.

9 Videre arbeid

I masteroppgaven er det forsøkt å forklare hva arbeidsmetoden Virtual Design and Construction går ut på. Det er også sett på noen viktige hjelpemidler som kan nyttes i denne metoden, men som ikke nødvendigvis er spesifikt knyttet til VDC og derfor også kan brukes i tradisjonelle arbeidsmetoder.

Det kan være nyttig for bedrifter i byggebransjen som vurderer å ta i bruk VDC, å gjøre seg mer kjent med hvordan metoden fungerer i praksis i Norge. Det vil i denne sammenhengen være ønskelig og nødvendig å finne ut om de første brukerne av metoden har opplevd klare fordeler eller ulemper og begrensninger med å ta metoden i bruk. Etter å ha innhentet slik informasjon, kan man enklere og med større nøyaktighet vurdere nytteeffekten og de økonomiske aspektene ved å implementere ny arbeidsmetode.

Hvis flere av Multiconsult sine samarbeidspartnere tar i bruk VDC, må Multiconsult forholde seg til dette. Det kan da være behov for å få laget et kurs eller et seminar for de ansatte som er involvert. Et kurs eller et seminar kan ha som mål å gi en innføring i bruk av metoden VDC og hvordan denne vil kunne påvirke Multiconsult sitt arbeid.

Multiconsult samarbeider med totalentreprenør Block Berge Bygg. Veidekke som eier Block Berge Bygg, har i en viss grad tatt i bruk *involverende prosjektering* og *involverende planlegging* som er norske betegnelser på VDC. Både Multiconsult og Block Berge Bygg kan sannsynligvis ha interesse av og tjene på å samarbeide til en viss grad om å foreta undersøkelser, å utvikle og å lære opp ansatte i forbindelse med at en ny arbeidsmetode eventuelt blir tatt i bruk. En ny arbeidsmetode som blir tatt i bruk av en totalentreprenør, vil ha innvirkning på aktørene som samarbeider med denne totalentreprenøren.

10 Litteraturliste

Automotive Council UK (2010) *Jaguar Land Rover's Virtual Cave*. Tilgjengelig fra: <http://www.automotivecouncil.co.uk/2010/11/jaguar-land-rovers-virtual-cave/> [Lastet ned 29.mars 2011]

BuildingSMART Norge (2011) *Skoleeksempel på BIM på byggeplass*. Tilgjengelig fra: <http://www.buildingsmart.no/nyhetsbrev/2011-01/skoleeksempel-pa-bim-pa-byggeplass> [Lastet ned 16.februar 2011]

Chachere, J. et al. (2004) *Observation, Theory, and Simulation of Integrated Concurrent Engineering: Grounded Theoretical Factors that Enable Radical Project Acceleration*. Stanford University, California, USA.

Gilligan, B. og Kunz, J. (2007) *VDC Use in 2007: Significant Value, Dramatic Growth, and Apparent Business Opportunity*. Stanford University, California, USA.

Google SketchUp (2011) *SketchUp Pro 8*. Tilgjengelig fra: <http://sketchup.google.com/intl/en/product/gsupro.html> [Lastet ned 24.mars 2011]

HoloVis International (2010) *ApolloCAVE*. Tilgjengelig fra: http://www.holovis.com/solutions/specialist_displays/apollocave.html [Lastet ned 30.mars 2011]

Stanford University *Center for Integrated Facility Engineering*. Tilgjengelig fra: <http://cife.stanford.edu/Mission/index.html> [Lastet ned 14.februar 2011].

Statsbygg_a *Bruk og nytteverdi av BIM*. Tilgjengelig fra: <http://www.statsbygg.no/FoUprosjekter/BIM-Bygningsinformasjonsmodell/Bruk-og-nytteverdi-av-BIM> [Lastet ned 21.mars 2011]

Statsbygg_b *Statsbygg går for BIM*. Tilgjengelig fra:

<http://www.statsbygg.no/Aktuelt/Nyheter/Statsbygg-gar-for-BIM> [Lastet ned 21.mars 2011]

Tekla – Danmark (2011) *Bella Hotel af Rambøll i Danmark*. Tilgjengelig fra:

<http://www.tekla.com/dk/solutions/references/Pages/bella-hotel-denmark.aspx> [Lastet ned 4.februar 2011]

Teknisk Ukeblad (2010) *Mindre bom med BIM*. Tilgjengelig fra:

<http://www.tu.no/bygg/article245674.ece> [Lastet ned 8.mars 2011]

Veidekke (2010a) *Kompetanse vektlegges mer enn pris*. Tilgjengelig fra:

<http://no.veidekke.com/nyheter-og-media/nyheter/article65448.ece> [Lastet ned 26.januar 2011]

Veidekke (2010b) *Veidekke oppfører 90 leiligheter for Panorama i Sollentua*.

Tilgjengelig fra: <http://no.veidekke.com/nyheter-og-media/presserom/article61164.ece> [Lastet ned 26.januar 2011]

Vestbø, E. (2010) Involverende prosjektering i BBB (IPR). *Internt opplæringshefte til Block Berge*, Klepp

Vedlegg

Vedlegg 1: Forstudierapport



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE - FORSTUDIERAPPORT

Studieprogram/spesialisering:

Vårsemesteret, 2011

Konstruksjoner og Materialer
Maskinkonstruksjoner

Åpen / Konfidensiell

Forfatter: **Stig Harald H. Hermansen**

Stig H.H. Hermansen

(signatur forfatter)

Fagansvarlig: **Hirpa L. Gelgele**

Veileder: **Sven Kristian Goa (Multiconsult)**

Tittel på masteroppgaven:

Den virtuelle byggeprosess: Planlegging og gjennomføring

Engelsk tittel:

The virtual building process: Planning and implementation

Studiepoeng: 30 studiepoeng

Emneord:

Sidetall: 17

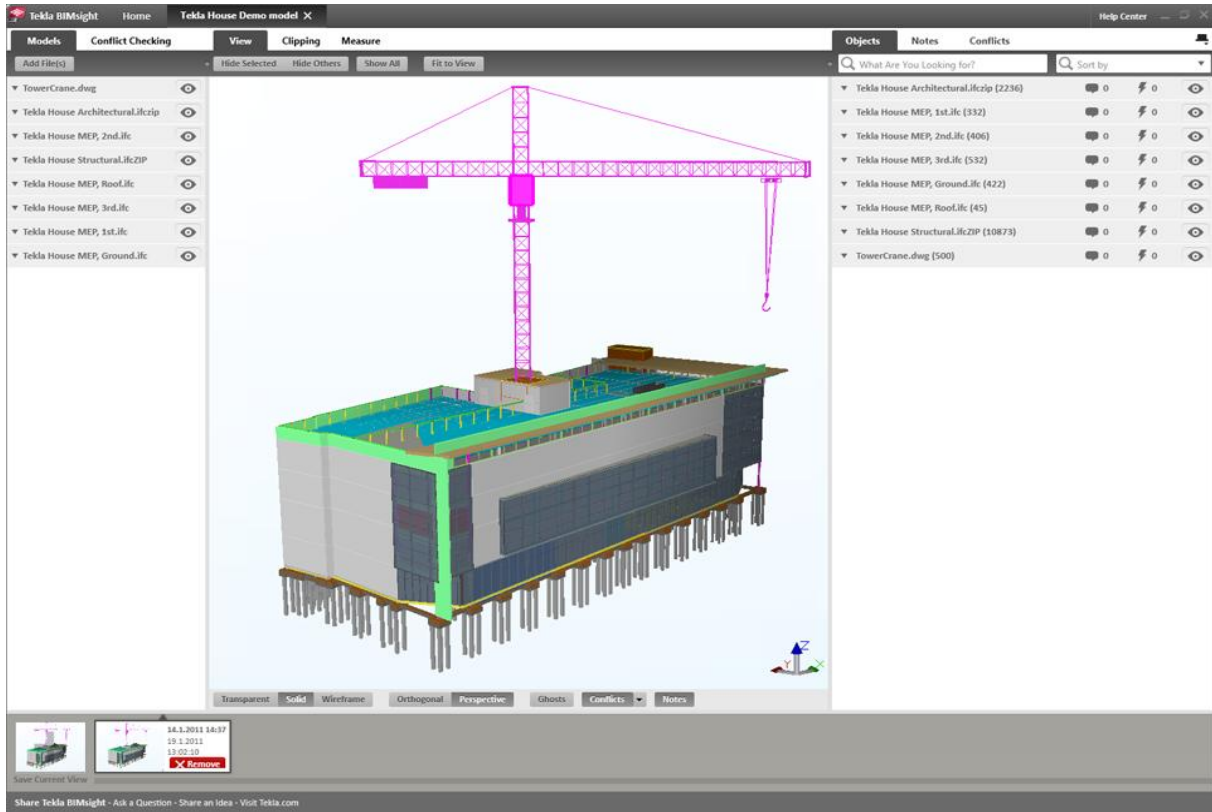
Virtual Design and Construction (VDC)

+ vedlegg: 0

Virtuell byggeprosess

Stavanger, 20.februar 2011

Masteroppgave - forstudierapport



Den virtuelle byggeprosess: Planlegging og gjennomføring

Stig Hermansen

Universitetet i Stavanger

20.februar 2011

Forord

Denne rapporten er en forstudierapport som utarbeides i forbindelse med masteroppgaven min ved Universitetet i Stavanger. Masteroppgaven er på 30 studiepoeng og skrives i vårsemesteret 2011. Dette semesteret er det siste halvåret av utdannelsen min innen Master i ingeniørfag – Konstruksjoner og Materialer med spesialisering i Maskinkonstruksjoner.

Forstudierapporten er en del av masteroppgaven. Forstudierapporten skal utføres i begynnelsen av arbeidet med hovedrapporten til masteroppgaven og skal leveres innen tre uker etter at det formelle uttaket av oppgaven er gjort.

Masteroppgaven min utføres i samarbeid med bedriften Multiconsult, Stavanger.

20.februar 2011

Stig H.H. Hermansen

Stig Harald Helberg Hermansen

Innhold

1 INNLEDNING	1
1.1 DEFINISJON AV OPPGAVEN.....	1
1.2 OMFANG	1
1.3 BAKGRUNN	1
2 FORMÅL	3
3 BESKRIVELSE	4
3.1 BEGREPSFORKLARING	4
4 AKTIVITETER	6
4.1 WORK BREAKDOWN STRUCTURE - WBS.....	6
4.2 PLANLAGT INNHOLDSFORTEGNELSE	7
5 TIDSFORBRUK	8
5.1 ARBEIDSTID	8
5.2 TIDSPLAN.....	9
6 LITTERATURLISTE	12

Figurliste

Forside:

Tekla BIMsight. Tilgjengelig fra: <http://www.tekla.com/international/solutions/building-construction/Documents/tekla-structures-17/images/tekla-bimsight-b.png> [Lastet ned 20.februar 2011]

Figur 1: Byggeprosessen

Figur 2: WBS oppsett for masteroppgaven

Figur 3: Tidsplan for tidsrommet 2.januar 2011 til 27.februar 2011

Figur 4: Tidsplan for tidsrommet 28.februar 2011 til 24.april 2011

Figur 5: Tidsplan for tidsrommet 25.april 2011 til 19.juni 2011

1 Innledning

1.1 Definisjon av oppgaven

Arbeidstittelen på masteroppgaven er:

Den virtuelle byggeprosess:

Planlegging og gjennomføring

Under arbeidet med oppgaven vil metoden Virtual Design and Construction, forkortet til VDC, bli brukt for å forklare og eksemplifisere begrepet "den virtuelle byggeprosess".

1.2 Omfang

I begrepet "den virtuelle byggeprosess" er ordet virtuell ment til å henvise til all bruk av hjelpemidler som bidrar til å synliggjøre den konkrete konstruksjonen som skal bygges, enten ved å vise hele konstruksjonen eller mindre individuelle deler av denne. Disse hjelpemidlene kan være alt fra en skisse på et ark til et fullskala hologram av den ferdige konstruksjonen.

Opgaveteksten er formulert slik at den tar sikte på å dekke hele byggeprosessen, fra de første innledende møtene etter at det er bestemt at en konstruksjon skal bygges og til konstruksjonen er ferdig og klar til bruk. Det vil også, i masteroppgaven, bli sett på momenter i drift og vedlikeholdsfasen etter at selve konstruksjonen er tatt i normal bruk.

1.3 Bakgrunn

Ved Stanford University i USA, avdeling Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), er det mulig for studenter å ta egne kurs om VDC og bruken av denne metoden i praksis. På nettsidene til CIFE finner man følgende målsetning:

The CIFE mission is to be the world's premier academic research center for Virtual Design and Construction of Architecture - Engineering - Construction (AEC) industry projects [Stanford University].

De siste 10 årene er det gitt ut flere publikasjoner fra personer tilknyttet Stanford som omhandler VDC. Det er også utført flere spørreundersøkelser hos bedrifter i USA angående deres bruk av og tanker rundt denne metoden.

I de siste årene har det i Norge, både i undervisningssammenheng ved læresteder og blant bedrifter, vært et fokus rundt Bygningsinformasjonsmodellering. Dette uttrykket kommer fra engelske uttrykket Building Information Modeling og både det norske og det engelske uttrykket forkortes med BIM. BIM er en måte å digitalisere informasjon på. Hver aktør i byggeprosessen kan sitte med sin egen digitale modell

hvor all nødvendig informasjon fra sitt fagområde er lagret, men for at et arbeid med BIM skal være effektivt, er det nødvendig å kunne dele informasjon med de andre aktørene. BIM og VDC kan i første omgang se ut til å være to sider av samme sak, men det er et vesentlig skille. BIM er et hjelpemiddel innen VDC. Det vil si at hjelpemiddelet BIM kan brukes som en del av metoden VDC.

Bedrifter innen byggebransjen som opererer i Norge har i ulik grad brukt BIM ved flere anledninger i ulike prosjekter. Noen bedrifter reklamerer med at de bruker BIM på hjemmesidene sine. Det finnes også flere artikler om vellykkede prosjekter hvor bruken av BIM er en viktig faktor. Begrepet VDC er også mulig å finne i både omtale på bedrifters hjemmesider og i faglige artikler, men det er færre bedrifter som bruker betegnelsen VDC aktivt utad i forhold til BIM.

2 Formål

Formålet med oppgaven er å studere ulike virtuelle hjelpemidler som finnes og brukes i byggeprosessen i byggebransjen i dag generelt, og metoden VDC spesielt. I tillegg skal det ses på hjelpemidler som brukes innen andre bransjer og se om bruken av disse kan overføres og nyttes i byggebransjen. Det vil også bli sett en del på hvordan bruken av diverse hjelpemidler kan påvirke, og da helst redusere, tids- og kostnadsforbruket i et prosjekt.

Andre faktorer som vil bli forsøkt belyst i forhold til hjelpemidlene er brukervennlighet, grensesnitt mellom bruker og programvare og inntektsøkning disse hjelpemidlene kan gi i et prosjekt.

3 Beskrivelse

3.1 Begrepsforklaring

Ved Stanford University i USA brukes følgende definisjon på VDC:

VDC is the use of multi-disciplinary performance models of design-construction projects, including the Product (i.e., facilities), Work Processes and Organization of the design - construction - operation team in order to support business objectives [Stanford University].

En norsk formulering er at "VDC er en metode som ved hjelp av teknologi bidrar til å integrere informasjon og styrke samarbeidet i prosjekteringsfasen" [Vestbø, 2010, s.10].

En prosess vil bestå av en serie arbeidsoperasjoner hvor formålet normalt er å komme frem til et gitt resultat.

En byggeprosess vil på samme måte inneholde mange ulike faser. I denne forstudierapporten er det valgt å belyse begrepet byggeprosess ved å se på hvordan Larvik kommune har valgt å beskrive en slik prosess når det skal bygges et nytt bygg i deres kommune [Larvik kommune].

Figur 1 viser hvordan Larvik kommune har valgt å dele opp byggeprosessen i ulike faser. Disse fasene er satt opp i adskilte bolker i figur 1, men i virkeligheten vil en del av fasene gli over i hverandre og flere ulike aktører er også involvert i hver fase. I Larvik kommune sin oppstilling kan produksjonsfasen i stor grad dekke begrepet byggeprosess som er brukt i oppgaveteksten. I masteroppgaven vil hovedvekten komme til å ligge på produksjonsfasen, men det vil også bli sett litt på drift og vedlikeholdsfasen.

Produksjonsfasen i figur 1 består av tre deler: Ide, Prosjektering og Utførelse. Idebolken er igjen delt opp i programmering og forprosjekt. I programmeringsfasen skal det utredes og beskrives hvilke funksjoner og kvaliteter en konstruksjon skal ha. Det er i denne fasen at arkitekten lager de første skissene av bygget. Skal man for eksempel bygge en skole, må man ha en formening om hvor store arealer det trengs til ulike aktiviteter, hvor mange og hvor store klasserom man trenger og hvor mye areal som skal brukes til for eksempel grupperom. Den andre delen av idebolken kalles forprosjekt. På dette stadiet lages det flere tegninger og beregninger av blant annet ventilasjonsluftmengder og energibruk utføres.

I prosjekteringsbolken består finner man detaljprosjekteringsfasen. Her lages det detaljerte tegninger til bruk for de som skal bygge selve konstruksjonen. Materialet som produseres i detaljprosjekteringen er grunnlaget for eventuelle anbud eller tilbud som ulike entreprenører kan komme med. En entreprenør er en som tar påtar seg oppdraget med å utføre selve byggearbeidet.

Produksjon 3 – 5 år					Bruk 60+ år	
Ide		Prosjektering	Utførelse		Drift og vedlikehold	
Programmering	Forprosjekt	Detaljprosjektering	Montasje	Overtakelse	Garantitid	Vanlig drift

Figur 1: Byggeprosessen [Larvik kommune]

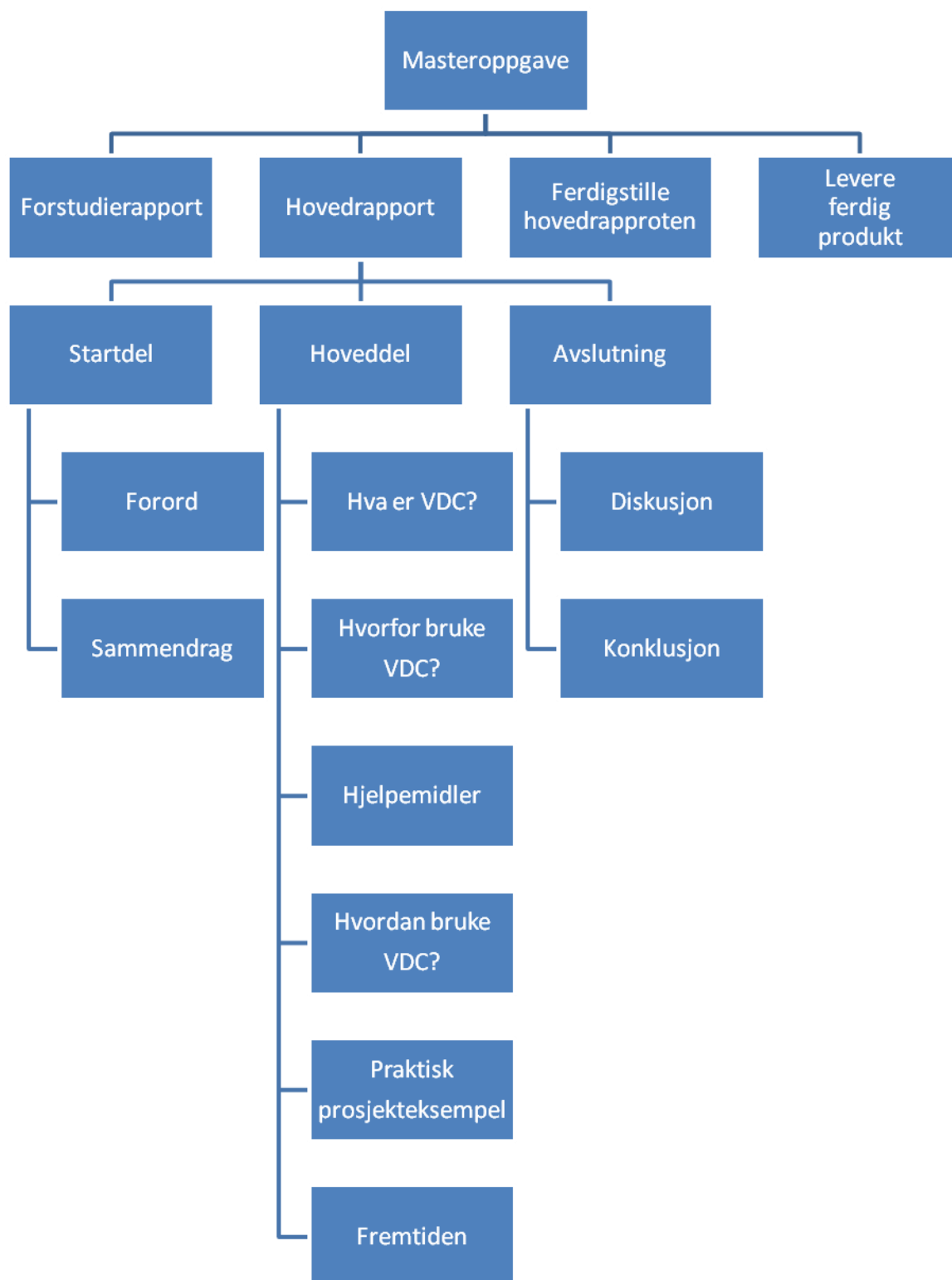
Den neste bolken kalles utførelse og denne har Larvik kommune valgt å dele opp i montasje og overtakelse. Montasje beskriver fasen hvor konstruksjonen reises og tekniske installasjoner monteres. Ved overtakelse går risikoen for bygget over fra entreprenøren til kunden. Kunden kan her være en privatperson hvis det er et snakk om et bolighus, men det kan også være en kommune som har bestilt et nytt bygg.

Bruksfasen i figur 1 består av en bolke, drift og vedlikehold. Denne bolken er videre delt opp i to deler, garantitid og vanlig drift. Garantitid innebærer her at kunden overvåker og følger opp eventuelle feil og mangler slik at disse kan utbedres før garantitiden utløper. Under punktet vanlig drift har Larvik kommune satt opp at det med intervaller på tre til fem år bør utføres en mer detaljert tilstandsvurdering av bygningen og de tekniske installasjonene i tilknytning til bygget.

4 Aktiviteter

4.1 Work Breakdown Structure - WBS

Figur 2 viser den planlagte strukturen i masteroppgaven.



Figur 2: WBS oppsett for masteroppgaven

4.2 Planlagt innholdsfortegnelse

Den planlagte innholdsfortegnelsen til hoveddelen av masteroppgaven er som følger:

- Hva er VDC?
 - Definisjon
 - Historie
 - *Hvordan er det blitt gjort / hvordan blir det gjort? (kort)*

- Hvorfor bruke VDC?
 - Fordeler
 - Ulemper og begrensninger

- Hjelpemidler
 - BIM - Building Information Modeling
 - 3D / 4D modeller
 - Autodesk Revit
 - Tekla Structures
 - Augmented reality
 - Steroscopy
 - Jaguar Land Rover Virtual Car Design
 - *Hjerneforskning (digresjon)*
 - *10.000 timers regel (digresjon)*
 - ICE-rom - Integrated Concurrent Engineering
 - Prosjektstyring
 - Referat
 - Møtekultur (referat)
 - Sjekklistor

- Hvordan bruke VDC?
 - Implementering av VDC i en bedrift

- Praktisk prosjekteksempel
 - Uten VDC
 - Med VDC

- Fremtiden
 - Hvor står byggindustrien?
 - Bilindustrien
 - Hvilken og hvor mye arbeidskraft?

5 Tidsforbruk

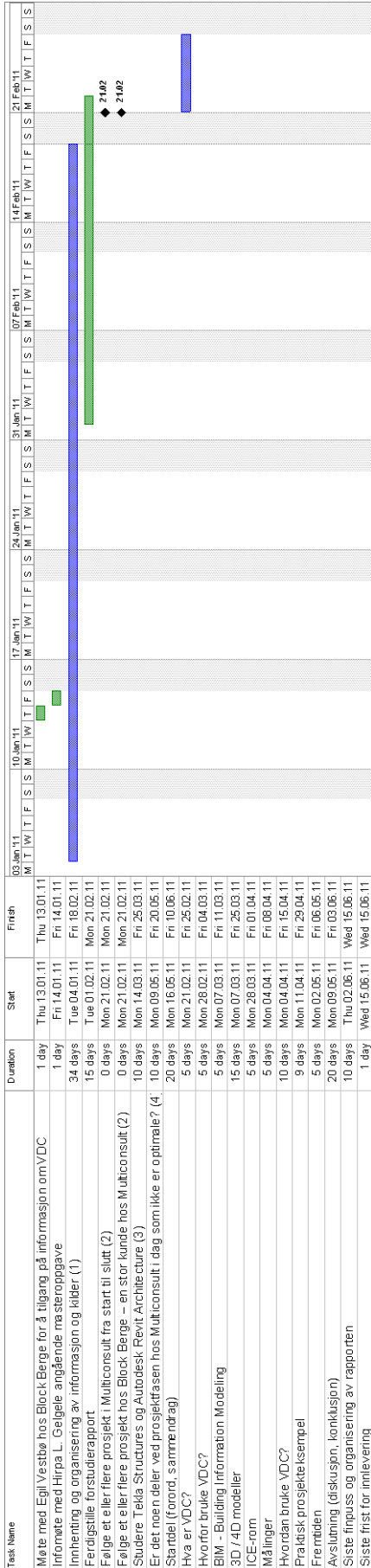
5.1 Arbeidstid

Jeg baserer tidsplanen min på en 40 timers arbeidsuke, med unntak av påsken, 18.april 2011 til 25.april 2011. Påsken kan da brukes som en buffer for eventuelt å ta igjen tapt tid. I tillegg kan helger og tid utover 40 timer per uke brukes ved behov eller på grunn av uventa hendelser.

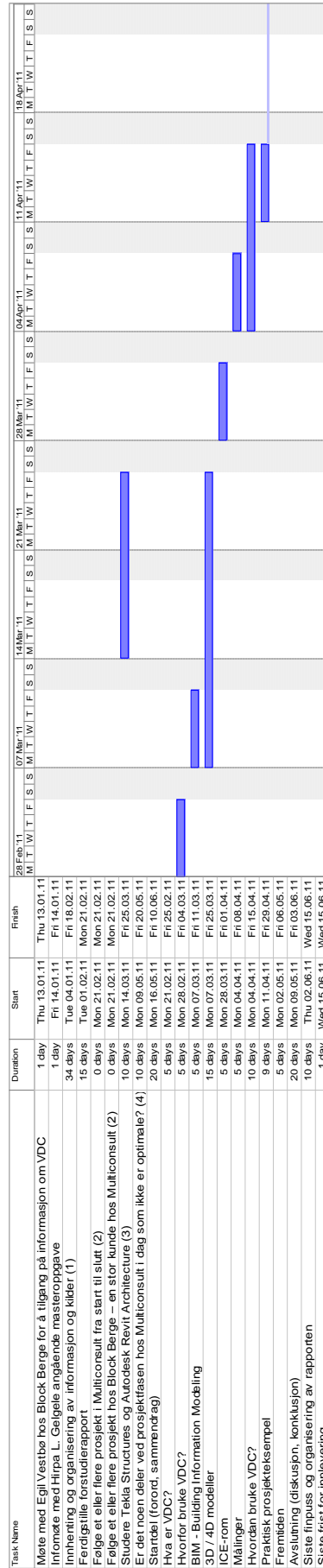
De to siste ukene før siste frist for innlevering, 15.juni 2011, er planlagt å bli brukt til siste finpuss og organisering av rapporten.

WBS'en, den planlagte innholdsfortegnelsen og tidsplanen er laget på bakgrunn av de samme hovedpunktene.

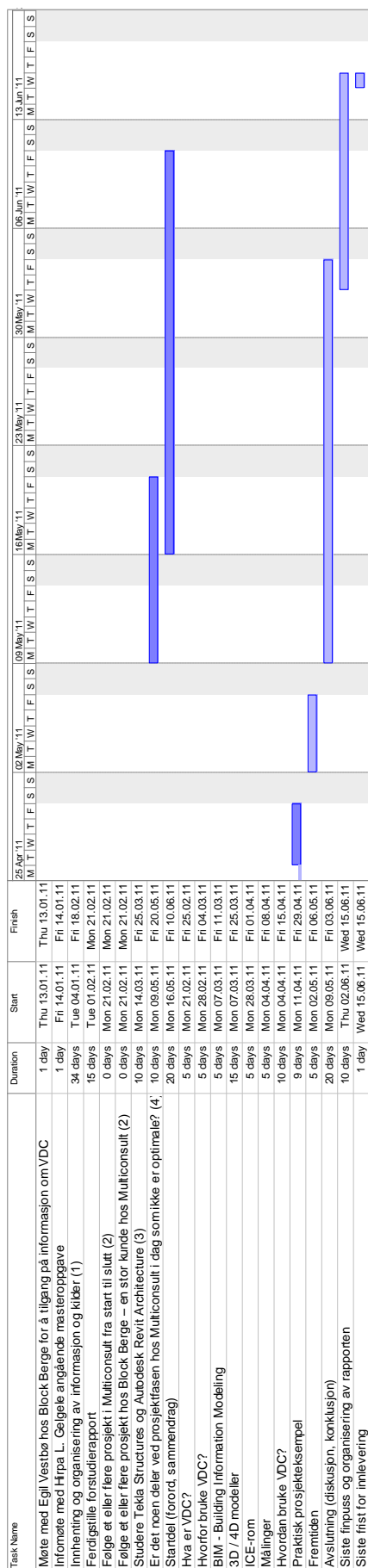
5.2 Tidsplan



Figur 3: Tidsplan for tidsrommet 2. januar 2011 til 27. februar 2011



Figur 4: Tidsplan for tidsrommet 28. februar 2011 til 24. april 2011



Figur 5: Tidsplan for tidsrommet 25.april 2011 til 19.juni 2011

Figur 3, 4 og 5 viser den planlagte tidsplanen for masteroppgaven. Det er fire punkter som er merket i de ulike aktivitetene - (1), (2), (3) og (4). Disse er forkortet for å gjøre teksten leselig. De fire punktene er forklart nedenfor.

- (1) Innhenting av informasjon går ikke over en avgrenset periode. Dette er en kontinuerlig pågående prosess.
- (2) Det å følge ulike prosjekter vil bli gjort hvis og når det er praktisk gjennomførbart. Dette avhenger naturligvis av om det er mulig for bedriften. Derfor er det ikke satt opp noen tidspunkter for disse to aktivitetene.
- (3) Tekla og Revit er to ulike design og modelleringsverktøy.
- (4) Hvis det såfall finnes noen deler som ikke er optimale, vil det også bli sett på hvilke dette er og hvordan man kan optimalisere disse.

6 Litteraturliste

Larvik Kommune *Byggeprosessen*. Tilgjengelig fra:
<http://www.aktivhms.no/Byggeprosessen/Byggeprosessen.htm> [Lastet ned 16.februar 2011].

Stanford University *Center for Integrated Facility Engineering*. Tilgjengelig fra:
<http://cife.stanford.edu/Mission/index.html> [Lastet ned 14.februar 2011].

Vestbø, E. (2010) Involverende porsjektering i BBB (IPR). *Internt opplæringshefte til Block Berge*, Klepp