

BIM og dokumentasjon

Bruk av BIM som en samlende plattform for dokumentasjon av produkt og material

Kristian Ytterdal Smoge

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2015

Hovedveileder: Rolf André Bohne, BAT

Medveileder: Eirik Kristensen, Veidekke

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



Oppgavens tittel: Bruk av BIM som en samlende plattform for dokumentasjon av produkt og material	Dato: 10.06.2015		
	Antall sider (inkl. bilag): 128		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Stud.techn.: Kristian Smoge			
Faglærer/veileder: Rolf André Bohne			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Eirik Kristensen, Veidekke ASA			
Ekstrakt: Generelt i bygge- og anleggsbransjen er det i dag et økende krav om dokumentasjon av produkt og material i byggeprosjekt. Dette er knyttet til prosjekteringsfasen og produksjonsfasen så vel som ettertidsfasen. Prosjekterende og utførende ser fordeler av en mer arbeidssparende prosess med hensyn til dokumentasjon av produkter og materialer i byggeprosjekt ettersom dette i stor grad blir håndtert manuelt. Ved å legge til rette for bruk av Bygnings Informasjons Modelling (BIM) for de ulike byggefasene er det mulig å knytte dokumentasjon opp mot bygningsdeler og bygningselementer. Gjennom en kvalitativ metodetilnærming har oppgaven tatt for seg casestudier i Veidekke, intervju og analyse av plattformen <i>bimsync</i> for å undersøke om bruk av BIM som verktøy kan bidra til å bedre dokumentasjon av produkt og material i byggeprosjekt. Oppgavens empiriske datagrunnlag viser en sterk indikasjon på at bruk av BIM som verktøy i byggeprosjekt fortsatt har forbedringspotensial. Hovedsakelig er utfordringene knyttet til tidsbruk og treghet ved bruk. Sett fra Veidekkes perspektiv kan og vil bruk av BIM-verktøy bedre dokumentasjonshåndteringen i bedriftens byggeprosjekt, men det bør først fokuseres på å nå ut med breddebruken til organisasjonens ansatte for så å fortsette med en gradvis opptrapping av bruksområder i BIM. Derimot burde muligheten for bruk av BIM som verktøy undersøkes nærmere. Sett fra byggebransjen som helhet er det klare positive virkninger av å lagre og tilegne dokumentasjon til BIM-elementer enn som et oppramset dokument. Krav satt fra byggherre spiller en stor rolle, og er muligens den største bidragsyteren til hvordan entreprenører i byggeprosjekter forholder seg til nyskapninger i bransjen.			

Stikkord:

1. BIM
2. Interoperabilitet
3. Dokumentasjonshåndtering
4. Veidekke Entreprenør AS

Forord


Denne masteroppgaven er utarbeidet ved Institutt for bygg, anlegg og transport ved Norges teknisk-vitenskapelige universitet (NTNU) våren 2015. Oppgaven inngår som en avsluttende del av en sivilingeniørgrad ved NTNU, og legger karaktergrunnlag i faget TBA4910 Prosjektledelse Masteroppgave – som innebærer 30 studiepoeng. Oppgaven er utført som et individuelt, veiledet arbeid.

Temaet i oppgaven ble valgt som en kombinasjon av egen interesse for BIM og etter ønske fra Veidekke Entreprenør Distrikt Oslo. Ettersom BIM er en av det mest lovende utviklingene i bygge- og anleggsbransjen, har jeg fått inntrykk av at BIM vil spille en større rolle for den tverrfaglige bygningsprosessen i fremtiden. Jeg tror at riktig implementering av BIM i byggeprosjekter kan bidra til å få bukt i noen av dagens og kommende utfordringer i bransjen.

Rapporten har som formål å undersøke om bruk av BIM kan bidra til å bedre dokumentasjon av produkt og material i byggeprosjekt. Ved å belyse ulike utfordringer knyttet til dokumentasjonshåndtering i byggeprosjekt og forslag til funksjonsforbedringer for BIM-verktøy, fremstilles en praktisk utførelsestilnærming med utviklingen som utgangspunkt. Først og fremst er det nødvendig å kartlegge dagens bruk av BIM og undersøke muligheten for å anvende BIM-verktøy i byggeprosjekt.

Jeg vil takke alle som har bidratt med veiledning underveis. Først vil jeg takke min veileder ved instituttet, førsteamanuensis Rolf André Bohne, for innspill og konstruktive tilbakemeldinger. I tillegg vil jeg takke min eksterne veileder, Eirik Kristensen, i Veidekke Entreprenør Distrikt Oslo for faglig input og impulser til oppgaven. En stor takk rettes også til ressurspersoner i coBuilder AS og Catenda AS, hvor Jørgen Merkesdal, Lars Chr. Fredenlund, Christer Grønvold, Dag Fjeld Edvardsen og Håvard Bell med sine engasjement har vært svært hjelpelig. Jeg vil takke øvrig familie hvor min far, Lars Kjell, takkes for god hjelp med korrekturlesing. Til slutt vil jeg takke alle som lot seg intervju, og andre i Veidekke for assistanse underveis.

Trondheim, 10. juni 2015



Kristian Smoge

Sammendrag

Generelt i bygge- og anleggsbransjen er det i dag et økende krav om dokumentasjon av produkt og material i byggeprosjekt. Dette er knyttet til prosjekteringsfasen og produksjonsfasen så vel som ettertidsfasen. Prosjekterende og utførende ser fordeler av en mer arbeidsbesparende prosess med hensyn til dokumentasjon av produkter og materialer ettersom dette i stor grad blir håndtert manuelt. Ved å legge til rette for bruk av Bygnings Informasjons Modelling (BIM) for de ulike byggefasene er det mulig å knytte dokumentasjon opp mot bygningsdeler og bygningselementer.

BIM er bare en av mange verktøy tilgjengelig, og blir sett på som en av de mest lovende utviklingene i bygge- og anleggsbransjen. I BIM kan informasjon lettere koordineres og kontrolleres enn tidligere som følge av en digitalisert og inkorporert database som er tilgjengelig for aktørene. På den måten blir informasjon transparent, informasjonshåndteringen lettes, samt at interaksjonsproblemer kan løses på et tidligere tidspunkt mellom prosjektaktører. I tillegg kan modellen benyttes til å demonstrere hele prosjektets livssyklus.

Gjennom en kvalitativ metodetilnærming ved bruk av beskrivende, fler-case studium og intervju, er tre ulike prosjekter i Veidekke studert. På bakgrunn av intervjuene og en omfattende testing av plattformen *bimsync* med prosjektenes IFC-filer, er muligheten for å tilegne dokumentasjon av produkt og material til BIM-elementer undersøkt. Med utgangspunkt i oppgavens fire forskningsspørsmål ble flere momenter oppdaget og diskutert i veien mot besvarelsen:

Kan bruk av BIM som verktøy bidra til å bedre dokumentasjon av produkt og material i byggeprosjekt?

Det er flere forutsetninger som bør ligge til grunn for at bruk av BIM som verktøy kan bidra til å bedre dokumentasjon av produkt og material i byggeprosjekt. Det første er at det eksisterer en kultur for BIM i bedriften, og at kulturen i stor grad gjennomsyrrer hvordan byggeprosesser styres internt så vel som eksternt. Det andre er at det eksisterer krav til leverandører og produsenter om å levere i BIM, samt legge opp til en konsekvent bruk av åpne standarder, som *buildingSMART*, i byggeprosjekt og i byggebransjen generelt. Samtidig bør visse forutsetninger og funksjoner i BIM-verktøyet være tilstede, blant annet hurtig dokumentasjonstilegnelse, liten treghet i programvaren, mangfold av dokumentasjonsdatabaser, søkemotor som inneholder filteringsmuligheter og til slutt en funksjon som foreslår hvilke produkter eller materialer som kan tilegnes et valgt element med bakgrunn i prinsippet om *tagging*. Ulike effekter som bruk av et BIM-verktøy kan tilføre dokumentasjonsprosessen av produkt og material er blant annet at dokumentasjon tilegnes og lagres i BIM-modellen, bedre oversikt over hvilke bygningsdeler som har hvilken dokumentasjon, mer dynamisk forvaltningsprosess av prosjektdokumentasjonen i ettertidsfasen og bedre kvalitetssikring med mer automatikk. De ulike effektene må derimot ses i sammenheng med byggherrens krav og prosjektmålsetninger med en digital BIM-dokumentasjonstilegnelse.

Oppgavens empiriske datagrunnlag viser en sterk indikasjon på at bruk av BIM som verktøy i byggeprosjekt fortsatt har forbedringspotensial. Hovedsakelig er utfordringene knyttet til tidsbruk og treghet ved bruk, og i en gitt prosjektsammenheng er tid penger. Sett fra Veidekkes perspektiv kan og vil bruk av et BIM-verktøy bedre dokumentasjon av produkt og material i byggeprosjekt. Det anbefales derimot ikke å ta i bruk et verktøy for hele organisasjonen i dag, ettersom det først bør fokuseres på å nå ut med breddebruken til organisasjonens ansatte for så å fortsette med en gradvis opptrapping av bruksområder i BIM. Det andre er at byggebransjen bør modnes, både med tanke på bruk av åpne standarder og utvikling av programvarer. Selv om bruk av BIM-verktøy for å tilegne dokumentasjon til produkter og materialer er forholdsvis nytt, og åpenbare utfordringer er tilstede, burde likevel muligheten undersøkes nærmere.

Sett fra byggebransjen som helhet, og tatt i betraktning all prosjektdokumentasjon og ikke bare produkt- og materialdokumentasjon, er det klare positive virkninger av å lagre og tilegne dokumentasjon til BIM-elementer enn som et oppramset dokument. Bruk av åpne standarder muliggjør forvaltningsprosesser som ikke tidligere har vært mulig eller blitt prioritert. Men det forutsetter interoperabelt, tverrfaglig samarbeid og implementering angående åpen standardbruk og BIM for bedrifter og leverandører, noe som historisk sett har vist seg vanskelig i en fagoppdelt byggebransje. I tillegg spiller krav satt fra byggherre en stor rolle, og er muligens den største bidragsyteren til hvordan entreprenører i byggeprosjekter forholder seg til nyskapninger i bransjen.

Abstract

Generally the construction industry is experiencing increasing demands for documentation of products and materials in projects, especially in the design, production as well as the completion phase. Designers and executives value the streamlining of the documentation processes which until recently has been manually handled. The use of Building Information Modeling (BIM) platform in the various construction phases will facilitate the transition towards a system where essential information about building components and elements can be stored within the model.

BIM is just one of many tools available, and is seen as one of the most promising developments in the construction industry. In BIM, information can easily be coordinated and controlled as a result of a digitalized and incorporated database which is available among key actors. This leads to information transparency, simplifies information management facilitation and solves interaction challenges at an earlier stage between project participants. In addition, the model can be used to demonstrate the entire project lifecycle.

Through a qualitative approach using descriptive, multi-case studies and interviews, this report will examine three different construction projects in Veidekke. Using interviews and a comprehensive analysis of the tool *bimsync* to examine the projects IFC-files, the feasibility of obtaining documentation of products and materials to BIM-elements will be investigated. Based on the thesis' four research questions, multiple factors were discovered and discussed to ultimately answer:

Can BIM help improve product- and material documentation in construction projects?

There are several conditions which should underpin the use of BIM as a tool to help improve documentation of products and materials in construction projects. The first is the existence of a BIM-culture in enterprises, which in turn ought to permeate how construction processes are managed internally as well as externally. The second is requirement-demands for suppliers and manufacturers to deliver in BIM, as well as facilitate a consistent use of open standards, like *buildingSMART*, in building projects and in the construction industry in general. Simultaneously, certain assumptions and operations in the BIM-tool should be present, including instantaneous data acquisition, little inertia in the software, diversity of documentation databases, a search engine containing filtering capabilities and a function which suggest relevant products or materials that can be assigned to selected elements based on the principle of *tagging*. Various advantages BIM-tools provide are: storage of project files within the BIM-model, improved overview with better documentation, dynamic management process after completion and improved quality assurance through automated testing. The above advantages form the digital documentation approach must also have direct benefits for the client and the project objectives.

The thesis's empirical data basis shows a strong indication that usage of BIM as a tool in construction projects still has potential for improvement. Time spent on using the tool is the biggest challenge, and in any given project, time is money. From Veidekkes perspective, BIM-tools can and will improve documentation of products and materials in construction projects. However, implementation of BIM-tool within the organization is not recommended as Veidekke should first focus on the initial implementation amongst employees before proceeding with a gradual escalation of applications in BIM. The second challenge pertains to the construction industry, which is still in its infancy in terms of the usage of open standards and software development. Although the use of tools to obtain and attach documentation of products and materials to BIM-elements are relatively new, and obvious challenges are present, further tests should be investigated to ensure their quality.

From the building industry's perspective, considering all project documentation and not only product and material documentation, obvious and positive effects are present when using BIM-tools rather than manual documentation. The usage of open standards enables management processes that previously have not been possible or prioritized. However, this presupposes interoperable, multidisciplinary collaboration and implementation regarding open standards and use of BIM among companies and suppliers, which historically has proved difficult in a divided construction industry. In addition, requirements set by the client plays a big role, and is possibly the biggest contributor to how contractors in construction projects relate to innovations in the industry.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	iii
Abstract.....	v
Innholdsfortegnelse	vii
Figurliste.....	ix
Forkortelser og ordforklaringer	xi
Kapittel 1: Innledning	
1.1 Bakgrunn.....	1
1.1.1 Hvorfor BIM?.....	2
1.2 Formål	3
1.3 Omfang og begrensninger.....	4
1.4 Tidligere arbeid.....	5
1.5 Oppgavens oppbygning	5
Kapittel 2: Teori	
2.1 BIMs utvikling.....	7
2.2 Hva er BIM?	9
2.2.1 LOD og LOI.....	11
2.3 Virtual Design and Construction	13
2.3 Interoperabilitet.....	15
2.3.1 buildingSMART.....	15
2.4 BIMs bruksområder	23
2.4.1 Visualisere.....	24
2.4.2 Koordinere.....	24
2.4.3 Simulere	25
2.4.4 Estimere.....	25
2.4.5 Analysere.....	26
2.4.6 Kontrollere	27
2.4.7 Dokumentere	28
2.4.9 BIMs potensiale	29
2.5 Dokumentasjon i byggeprosjekter	31
2.5.1 Dagens status.....	32
2.5.2 Dokumentere i åpenBIM.....	32
2.5.3 Databaser for byggevareområdet	33
2.5.4 BIM-verktøy for dokumentasjonshåndtering.....	33
2.6 Plattformen bimsync	35
2.6.1 Hva er bimsync?.....	35
2.6.2 Detaljert beskrivelse av bimsync	35
Kapittel 3: Metode	
3.1 Hva er en metode?	47
3.2 Forskningsmetode.....	47
3.3 Forskningstilnærming	48
3.4 Forskningsstrategi.....	49
3.5 Casestudie	50
3.6 Intervju.....	51
3.7 Litteraturstudie.....	52
3.8 Fremgangsmåte.....	53
3.9 Oppgavens troverdighet.....	53

Kapittel 4: Resultat	
4.1 Veidekke	55
4.1.1 Kort om Veidekke	55
4.1.2 BIM og VDC i Veidekke	55
4.2 Casestudie: Portalen.....	59
4.2.1 Dokumentasjonsinnsamling og -håndtering.....	60
4.2.2 Bruk av BIM i Portalen	61
4.2.3 Bruk av bimsync på Portalen	62
4.3 Casestudie: Sørengstranda	65
4.3.1 Dokumentasjonsinnsamling og -håndtering.....	66
4.3.2 Bruk av BIM på Sørengstranda.....	67
4.3.3 Bruk av bimsync på Sørengstranda.....	68
4.4 Casestudie: Hagebyen.....	71
4.4.1 Dokumentasjonsinnsamling og -håndtering.....	72
4.4.2 Bruk av BIM i Hagebyen	73
4.4.3 Bruk av bimsync på Hagebyen	74
4.5 Undersøkelse av bimsync	77
4.5.1 Begrensninger og forutsetninger	77
4.5.2 Resultat fra undersøkelsen	78
Kapittel 5: Drøfting	
5.1 Fullstendig drøfting.....	83
5.1.1 BIM i Veidekke i dag	83
5.1.2 Dokumentasjon av produkt og material i Veidekke.....	85
5.1.3 Funksjoner i BIM-verktøy.....	87
5.1.4 Effekter ved bruk av BIM som verktøy i byggeprosjekt.....	91
5.2 Oppsummering av drøfting.....	92
Kapittel 6: Konklusjon	
6.1 Konklusjon.....	93
Kapittel 7: Veien videre	
7.1 Forslag til veien videre	95
Kildehenvisning.....	97
Vedlegg.....	103

Figurliste

Figur 1:	Flyt av informasjon i byggeprosjekt	1
Figur 2:	Tradisjonell arbeidsflyt kontra arbeidsflyten i BIM	2
Figur 3:	Rapportens oppbygging	5
Figur 4:	Den historiske utviklingen til CAD og BIM	8
Figur 5:	Allmenne konnotasjoner av BIM	10
Figur 6:	Grafisk fremstilling av detaljnivåene	11
Figur 7:	buildingSMART-trekanten	16
Figur 8:	Oppbygningen av et IFC-skjema	17
Figur 9:	Koblingen av en vegg i IFC	18
Figur 10:	Grafisk fremstilling av en IDM	19
Figur 11:	Illustrasjon av en MVD	20
Figur 12:	Sammenhengen mellom IFC, IDM og bSDD	21
Figur 13:	Mulighet for tilegnelse av kontekster i bSDD	22
Figur 14:	BIM kan omhandle hele eller deler av byggeprosessen	23
Figur 15:	Forbindelsen mellom BIM og estimeringsprogramvare	26
Figur 16:	Koblinger og rammeverk mellom prosjektkomponenter i BIM	28
Figur 17:	BIMs potensiale	29
Figur 18:	Ulike aktører i omsetningskjeden	31
Figur 19:	bimsync – Innlogging	35
Figur 20:	bimsync – Meny	36
Figur 21:	bimsync – Oversikt	36
Figur 22:	bimsync – Databaser	37
Figur 23:	bimsync – Ulike databaser	37
Figur 24:	bimsync – Modeller	38
Figur 25:	bimsync – ARK	38
Figur 26:	bimsync – RIB, RIE og RIV	38
Figur 27:	bimsync – Beskrivelse av viewer	38
Figur 28:	bimsync – Valgt element	40
Figur 29:	bimsync – Vertikale og horisontale snitt	40
Figur 30:	bimsync – Opprette en Issue	41
Figur 31:	bimsync – Ny Issue	41
Figur 32:	bimsync – Åpne en Issue	42
Figur 33:	bimsync – Uløst Issue	42
Figur 34:	bimsync – Libraries	43
Figur 35:	bimsync – Tilegne dokumentasjon til objekter	43
Figur 36:	bimsync – coBuilderPRO-dokumentasjon	44
Figur 37:	bimsync – PDF-dokumentasjon (1)	44
Figur 38:	bimsync – PDF-dokumentasjon (2)	45
Figur 39:	bimsync – Portalen (1)	62
Figur 40:	bimsync – Portalen (2)	62
Figur 41:	bimsync – coBuilderPRO-databasen for Portalen	63
Figur 42:	bimsync – Test-databasen for Portalen	63
Figur 43:	bimsync – Søringstranda (1)	68
Figur 44:	bimsync – Søringstranda (2)	68
Figur 45:	bimsync – coBuilderPRO-databasen for Søringstranda	69
Figur 46:	bimsync – Test-databasen for Søringstranda	69
Figur 47:	bimsync – Hagebyen (1)	74
Figur 48:	bimsync – Hagebyen (2)	74

Figur 49: bimsync – coBuilderPRO-databasen for Hagebyen	75
Figur 50: bimsync – Test-databasen for Hagebyen	75
Figur 51: bimsync – Laste felles egenskaper.....	79
Figur 52: bimsync – Programvareutfordringer	80
Figur 53: bimsync – Tilgjengelighetsmuligheter.....	87
Figur 54: bimsync – Tredimensjonal fremstilling	88
Figur 55: bimsync – Oppkoblingsmuligheter til ulike databaser	88
Figur 56: bimsync – Hurtig opplastingstid ved dokumentasjonstilegnelse	89
Figur 57: bimsync – Mulighet for filtrering og søking.....	89
Figur 58: bimsync – Suggest-funksjon.....	90
Figur 59: bimsync – Mulighet for å tilegne flere dokumenter per trykk	90

Forkortelser og ordforklaringer

BIM	Building Information <i>Model/Modeling/Management</i>
bSDD	buildingSMART Data Dictionary
IDM	Information Delivery Manual
ICE	Integrated Concurrent Engineering
IFC	Industry Foundation Classes
GIS	Geographic Information System
SMC	Solibri Model Checker
SJA	Sikker Jobb Analyse
IP	Involverende Planlegging
MVD	Model View Definition
VDC	Virtual Design and Construction
PDF	Portable Document Format
ARK	Arkitekt
LARK	Landskapsarkitekt
RIB	Rådgivende ingeniør bygg
RIE	Rådgivende ingeniør elektro
RIR	Rådgivende ingeniør rør
RIV	Rådgivende ingeniør ventilasjon-, varme- og sanitæranlegg
GEO	Forkortelse for <i>Geodesi</i>
Prefab	Forkortelse for prefabrikasjon
2D	Konstruksjonen er representert med 2D-tegninger
3D	Konstruksjonen er representert i en grafisk tredimensjonal digital fremstilling
4D	Tidsdimensjonen er tilknyttet objektene i BIM. Visualisering av byggeprosessen
5D	Kostnad er kombinert med både 3D-modell og 4D-fremdrift
6D	Fasilitetsstyring med hjelp av 3D-visualisering, 4D-planlegging og 5D-kostnad

BREEAM	En metode som klassifiserer grad av bærekraft for bygg.
buildingSMART	Internasjonal organisasjon som utvikler åpne BIM-standarder.
Som-bygget	Modellen representerer bygget slik som det er bygget.
Lean Construction	Basert på Toyotas produksjonssystem, og er en ledelsesfilosofi bestående av ulike prinsipper og metoder. Ved å minimere sløsing av materialer, tid og krefter optimaliseres verdiskapning for kunde.
Level of Detail	Refererer til grad av detaljnivå for bygningselementer. Generelt øker detaljnivået underveis i prosjekt.
Level of Development	Beskriver tilstanden av utviklingsgrad til ulike systemer, sammenstillinger og komponenter innenfor en BIM.
Level of Information	Beskriver informasjonskrav til detaljnivåene.
GUID	Globally Unique Identifier. Unik identifiseringsnøkkel til produkt, egenskap, element osv. for gjenkjenning i filformatet IFC.
LCA	Life Cycle Assessment. Norsk: Livssyklusanalyse.
EPD	Kortfattet dokument som oppsummerer miljøprofilen til et produkt basert på en livssyklusanalyse.
Geodesi	Avdeling i Veidekke som lager terrengmodeller i BIM.
.dwg	Proprietært og binært filformat som brukes til lagring av to- og tredimensjonale konstruksjonsdata og metadata.
CSV	Comma-separated values. Filformat som lagrer data i tabellstrukturert form.

Byggeweb	Prosjektweb innenfor digitale verktøy til prosjekt- og eiendomshåndtering med mer enn 140.000 bruker. Byggeweb er i dag den ledende markedslederen og plattformen i Norden innenfor prosjekt- og eiendomshåndtering.
BIM2share	Portal mot eksisterende BIM-løsninger og prosjekthotell, og en verktøykasse med løsninger for utveksling, konvertering og sammenstilling av data på tvers av formater og plattformer. BIM2share har blant annet et felles brukergrensesnitt mot <i>Byggeweb</i> (filer).
SharePoint	Nettbasert applikasjonsplattform fra Microsoft for å lagre, organisere, dele og ha tilgang til prosjektinformasjon for samtlige maskinvarer. Sharepoint er Veidekkes interne og digitale system for lagring av prosjektinformasjon.

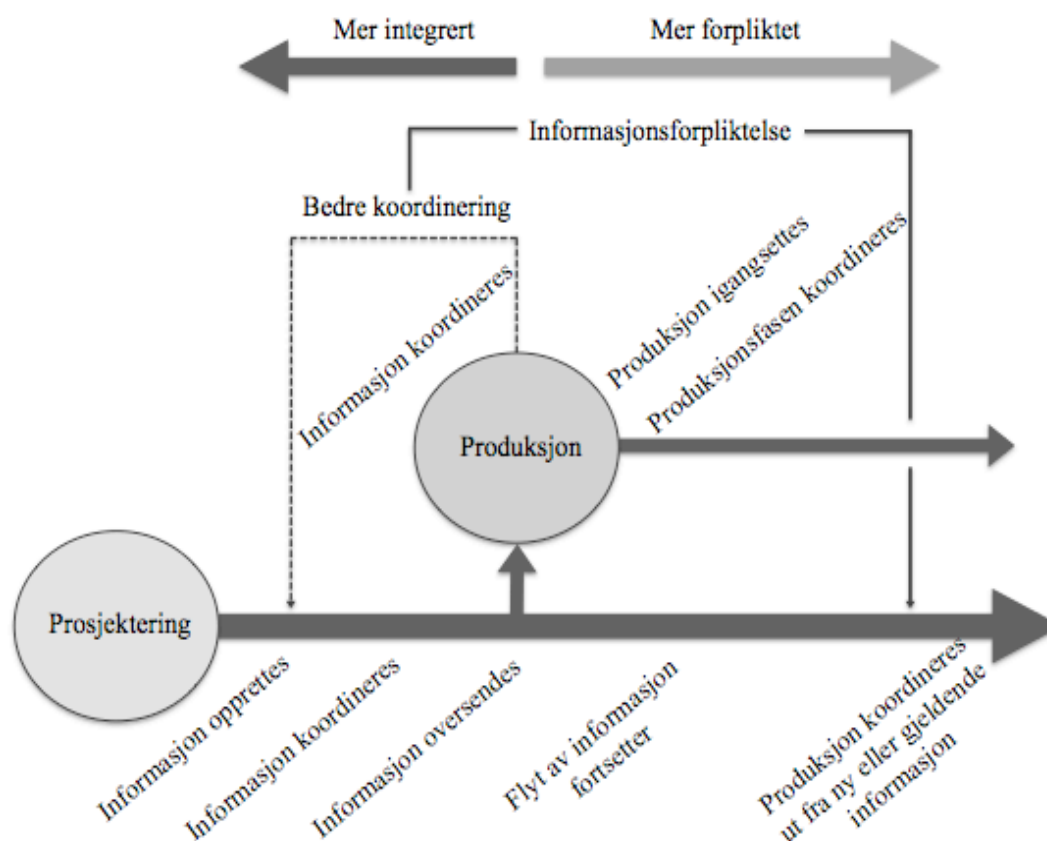
ArchiCAD	Prosjekteringsverktøy kompatibel med BIM for 3D-modellering, utviklet av Graphisoft.
Atlantis	BIM-visualiseringsplattform, utviklet av Arcat.
Microsoft Project	Programvare innenfor prosjektstyring, utviklet av Microsoft.
Navisworks	BIM-kompatibel programvare og analyseverktøy for blant annet 3D-visualisering og 4D-planlegging, utviklet av Autodesk.
Gemini	<i>Gemini 3D Terreng og Entreprenør</i> . BIM-kompatibelt modelleringsverktøy, utviklet av Powel.
Revit	BIM-programvare for prosjektmodellering, utviklet av AutoCAD.
Solibri Model Checker	BIM-programvare og verktøy innenfor blant annet kvalitetssikring, designevaluering og analyser, utviklet av Graphisoft.
Tekla Structures	BIM-programvare for 3D-modellering, utviklet av Tekla Corporation.
VAP	BIM-verktøy innenfor kalkulasjon (økonomi) i Veidekke.

Innledning

I innledningskapittelet introduseres bakgrunnen for dagens dokumentasjons-håndtering i byggeprosjekt og hvorfor bruk av BIM kan være en fornuftig tilnærming. Videre presenteres oppgavens formål, omfang, begrensninger, tidligere arbeid og til slutt oppgavens oppbygging.

1.1 Bakgrunn

I Veidekke og bygge- og anleggsbransjen generelt er det et økende krav om dokumentasjon av produkter og materialer i byggeprosjekt. Dette er knyttet til prosjekteringsfasen og produksjonsfasen så vel som ettertidsfasen. Prosjekterende ser fordeler av en mer arbeidsbesparende prosess med hensyn til dokumentasjon av produkter og materialer ettersom dette i stor grad blir håndtert manuelt i bedrifter i dag. Ved å legge til rette for bruk av Bygnings Informasjons Modellering (BIM) for de ulike byggefasene er det mulig å knytte dokumentasjon opp mot bygningsdeler og elementer. For Veidekke og byggebransjen er det et aspekt som er lite utprøvd og implementert. Figur 1 viser typisk informasjonsflyt i byggeprosjekt.

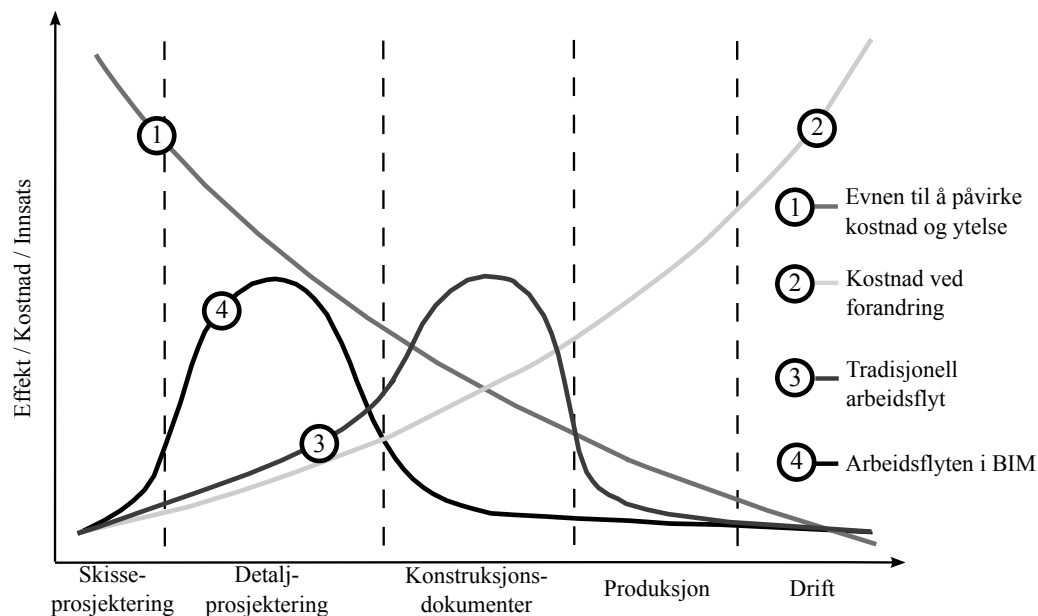


Figur 1: Flyt av informasjon i byggeprosjekt (Adaptert fra Hardin, 2009)

1.1.1 Hvorfor BIM?

Et byggeprosjekt har høy kompleksitet og består av en mengde informasjon med mange involverende aktører. I følge Krygiel & Nies (2008) har bygninger blitt mye mer komplekse med flere beslektede og integrerte systemer de siste 100 årene. Dette kan ses i sammenheng med strengere krav til dokumentasjon, mer fokus på miljømessige aspekter og økning blant spesialiserte fagområder. Som følge av økende kompleksitet, stiller byggeprosjekter større krav til prosjektorganisasjonen i form av informasjonskoordinering og kommunikasjon blant prosjektaktørene. Det kan bedres ved å implementere BIM.

BIM er bare en av mange verktøy tilgjengelig, og blir sett på som en av de mest lovende utviklingene i bygge- og anleggsbransjen (Eastman et al., 2011). BIM-teknologien søker å digitalisere all tilgjengelig informasjon for å lette samhandlingen og kommunikasjonen mellom prosjektaktørene, samt tilby nye metoder innenfor informasjonsutveksling. En av de største fordelene er visualiseringsegenskapene BIM tilbyr hvor bygget blir fremstilt eksakt i en virtuell modell. Den virtuelle modellen bidrar til å kunne kontrollere byggbarheten ved hjelp av analyser før den virkelige bygningen konstrueres. For prosjekteringsfasen blir miljøkonsekvensene i stor grad bestemt som følge av bygningsutforming. Beslutninger som valg av materialer og løsninger innvirker begge på energikonsekvensen og effekten av CO₂-fotsporet. BIM kan støtte for en informasjonsinkorporasjon som gir prosjekterende anledning til å optimalisere for miljøeffekter på et tidlig tidspunkt.



Figur 2: Tradisjonell arbeidsflyt kontra arbeidsflyten i BIM (Adaptert fra CENews, 2008)

BIM er et verktøy og en prosess som kan bidra til å lettere dokumentere produkter og materialer. Informasjonen i en BIM er parametrisk og sammenkoblet; det vil si at informasjonen består av intelligente elementer med tilhørende fysiske og logiske egenskaper. Gitt tverrfaglig samarbeid mellom aktører og leverandører, kan en BIM som verktøy tildele bygningselementer enhver informasjon. Ved riktig implementering, kan dokumentasjon av produkter og materialer i prosjekteringsstadiet og byggefasen håndteres på en mer brukervennlig og tidsbesparende metode ved bruk av BIM.

1.2 Formål

Formålet med oppgaven er først å kartlegge hvordan dagens dokumentasjons-håndtering utføres i Veidekke, for så å undersøke muligheten og prosessen av å dokumentere produkt og material ved hjelp av BIM som verktøy for byggeprosjekter. Casestudiene og bruk av tredjepartsprogrammet *bimsync* skal bidra til å svare på spørsmålet:

Kan bruk av BIM som verktøy bidra til å bedre dokumentasjon av produkt og material i byggeprosjekt?

Verktøyet *bimsync* er en nettbasert plattform som håndterer åpne BIM-filer, og kan blant annet tilegne prosjektinformasjon til BIM-elementer.

Forskningsspørsmål

For å gi en besvarelse av oppgaven er fire forskningsspørsmål lagt til grunn. Forskningsspørsmålene er veiledende for oppgaven og vil fungere som delmål mot å besvare viktige momenter innenfor emnet.

1. På hvilket nivå benyttes BIM i Veidekke i dag?

Her er det ønskelig å undersøke og kartlegge bruken av BIM i organisasjonen gjennom kvalitative intervjuer, både blant utførende på byggeplass og sentrale personer i Veidekkes BIM-avdeling.

2. Hvordan utføres dokumentasjon av produkt og material i byggeprosjekt i Veidekke?

For dette forskningsspørsmålet er det ønskelig å innhente informasjon om innsamling og overlevering av produkt- og materialdokumentasjon i prosjekt gjennom casestudier og intervju. Er dagens dokumenteringsprosess av produkt og material i byggeprosjekt en hensiktsmessig tilnærming, eller finnes det andre metoder å håndtere prosjektinformasjonen? Dette er viktig i forhold til å sammenligne bruk av tradisjonell dokumentasjonshåndtering opp mot nyskapende teknologi, som bruk av BIM-verktøy.

3. Hvilke funksjoner bør ligge til grunn i BIM-verktøy for å gi en verdiskapende dokumentasjonshåndtering av produkt og material i byggeprosjekt?

Her er det ønskelig å analysere plattformen *bimsync*, og komme med forslag til funksjonsforbedringer eller alternative tilnærminger gjennom empirisk testing for BIM-verktøy. Programmet *bimsync* vil bli brukt som visuelt utgangspunkt for å demonstrere ulike aspekter.

4. Hvilke effekter kan bruk av BIM som verktøy tilføre prosessen med å dokumentere produkt og material i byggeprosjekt?

Til slutt er det ønskelig å undersøke potensielle effekter dersom verktøyet implementeres i byggeprosjekt. Hvilke utfordringer må overkommes og hvilke forutsetninger bør ligge til grunn for at verktøyet skal gi effekt i prosjekt-sammenheng? Dette vil være sentrale spørsmål i veien mot å besvare forskningsspørsmålet.

1.3 Omfang og begrensninger

Omfang

Oppgaven ønsker å undersøke muligheten og prosessen med å bruk BIM som verktøy for å tilegne produkter og materialer dokumentasjon. Som eksempel på BIM-verktøy vil plattformen *bimsync* analyseres, og funksjoner som kan eller bør ligge til grunn for en hensiktsmessig dokumentasjonshåndtering diskuteres. I tillegg er reelle IFC-filer fra byggeprosjekt i Veidekke anvendt for å demonstrere faktiske forhold. Litteratur som omhandler BIM, VDC og interoperabilitet, samt dagens dokumentasjons-håndtering i prosjekt vil også belyses. Omfanget er beskrevet punktvis nedenfor.

- **BIM**
- **Virtual Design and Construction**
- **Interoperabilitet**
- **Dokumentasjonshåndtering av produkter og materialer i prosjekt**
- **Casestudie av tre prosjekter i Veidekke**
- **Bruk av IFC-filer fra prosjekt**
- **BIM-verktøyet bimsync**

Begrensninger

Oppgavens begrensninger er knyttet til tre prosjekter i Veidekke Entreprenør Distrikt Oslo: to pågående og ett ferdigstilt prosjekt. Det ble i denne oppgaven utført totalt åtte intervjuer – fem for prosjektene, to innenfor Veidekkes BIM-Avdeling og til slutt én kandidat for programmet *bimsync*. Plattformen *bimsync* vil beskrives i detalj, mens programvare- og analyseverktøydetaljer innenfor BIM utelates. Videre er det prosessen med å tilegne BIM-elementer produkt- og materialdokumentasjon med BIM som verktøy som er undersøkt. Verktøyet *bimsync* er av den grunn i denne oppgaven brukt som utgangspunkt for hvordan dokumentasjon av produkt og material ved bruk av BIM som verktøy kan utføres. Begrensningene er oppsummert punktvis nedenfor.

- **Fra en utførende aktørs synsvinkel**
- **Veidekke Entreprenør Distrikt Oslo**
- **Intervjuobjektens informasjonsmengde**
- **Mulighetsanalyse for dokumentasjon av produkter og materialer i BIM med bimsync som utgangspunkt**
- **Tilegnelse av produkt- og materialdokumentasjon til BIM-elementer**
- **Tekniske programvare- og analyseverktøydetaljer er utelatt**

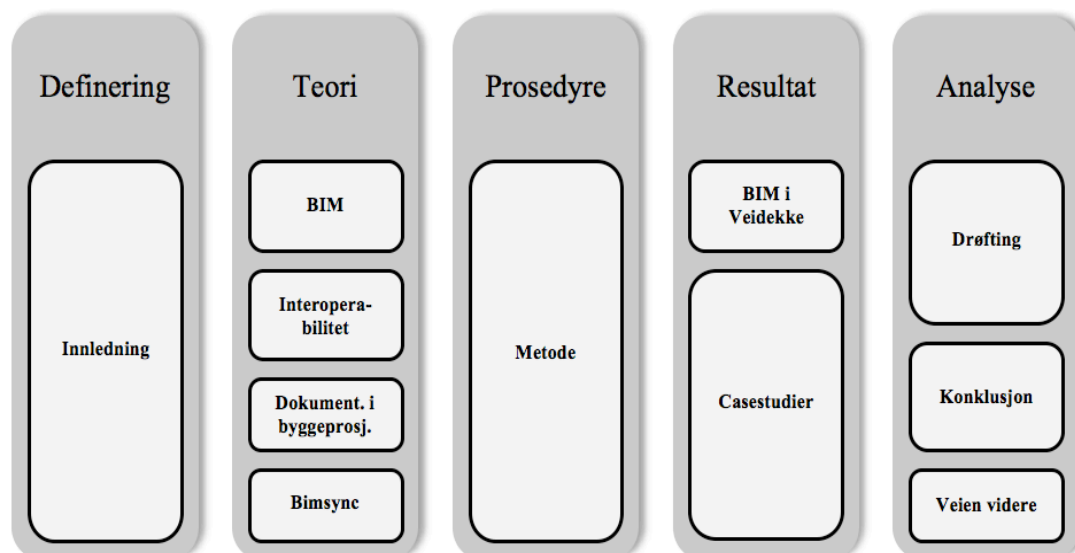
1.4 Tidligere arbeid

Masteroppgaven vil delvis bygge videre på arbeidet fra prosjektoppgaven som ble skrevet høsten 2014. I prosjektoppgaven var temaet *bruk av BIM i prosjekteringsfasen for å fremme bærekraft*, og det vil nå være interessant å se hvordan bruk av BIM som verktøy kan dokumentere produkter og materialer i byggeprosjekt.

Prosjektoppgavens hensikt var å synliggjøre aspekter som bruk av BIM i prosjekteringsfasen kan tilføre byggeprosjekter i form av miljømessige effekter. Gjennom en kvalitativ metodetilnærming ble informasjon hentet fra tidligere skrevet litteratur, og diskutert utfra et politisk ståsted. Utarbeidelsen av prosjektoppgaven la et godt grunnlag for forståelsen av BIM.

1.5 Oppgavens oppbygning

Oppgaven er delt i fem hoveddeler fordelt på totalt sju kapitler, vist grafisk med sentrale punkter i Figur 3. Første del av oppgaven beskriver innledningsvise momenter, før teorikapittelet tar for seg BIM, VDC, interoperabilitet og dokumentasjon i byggeprosjekt. I tillegg vil plattformen bimsync gjennomgå og fremstilles i detalj. I metodekapittelet illustreres aspekter innenfor metodelære og metodebruk, og oppgavens metodetilnærming beskrives i sin helhet. For resultatkapittelet presenteres bruk av BIM i Veidekke, samt det empiriske datagrunnlaget gjennom intervju, observasjoner og testing. I analysen drøftes oppgavens fire forskningsspørsmål utfra resultat og teori, og med utgangspunkt i drøftingen gis det en besvarelse av oppgaven i konklusjonskapittelet. Avslutningsvis presenteres forslag til videre arbeid.



Figur 3: Rapportens oppbygning

Kapittel 1: Innledning

Formålet med dette kapittelet er å gi en kort beskrivelse av dagens dokumentasjons-håndtering i byggeprosjekt og hvordan bruk av BIM kan bidra til å bedre prosessen. I tillegg introduseres oppgavens formål, omfang, begrensninger og tidligere arbeid. Til slutt presenteres oppgavens oppbygning.

Kapittel 2: Teori

I teorikapittelet beskrives først BIMs utvikling, for deretter å utdype om BIM og VDC. Videre beskrives interoperabilitet representert med buildingSMART-standardene, en grundig teoretisk gjennomgang av BIMs bruksområder samt om dokumentasjon i byggeprosjekt. Avslutningsvis presenteres BIM-verktøyet bimsync i detalj.

Kapittel 3: Metode

I metodekapittelet begrunnes uttrykket metode og hvilken forskningsmetode oppgaven legger til grunn. Oppgavens forskningstilnærming er videre beskrevet, før oppgavens forskningsstrategi, valgt casestudiebruk og intervju fremstilles. I tillegg er fremgangsmåten for rapportprosessen kort oppsummert, samt oppgavens litteraturstudium og troverdighet. Formålet med dette kapittelet er at leser skal kunne vurdere troverdigheten til konklusjonen, og for eventuell videreføring eller forbedring av arbeidet.

Kapittel 4: Resultat

I resultatkapittelet presenteres oppgavens tre casestudier og empiriske data fra henholdsvis prosjektene, intervjuene og undersøkelsen av verktøyet bimsync. Hensikten med dette kapittelet er å tilføre oppgaven relevante data som legger grunnlag for drøfting.

Kapittel 5: Drøfting

I dette kapittelet drøftes teori og resultat fra de foregående kapitlene utfra valgt problemstilling, og legger grunnlag for videre konklusjon og besvarelse av oppgaven.

Kapittel 6: Konklusjon

I dette kapittelet oppsummeres de viktigste punktene under drøftingen som munner ut i en konklusjon og besvarelse av oppgaven.

Kapittel 7: Veien videre

I siste kapittel drøftes aspekter som kan jobbes videre med. Hensikten er å belyse oppgavevinklinger som kan undersøkes nærmere.

2

Teori

I teorikapittelet presenteres først BIMs utvikling og en utdypning av nyskapingene BIM og VDC. Videre beskrives interoperabilitet i detalj med utgangspunkt i buildingSMARTs standarder, samt en grundig, teoretisk fremstilling av BIMs bruksområder. Avslutningsvis nevnes dokumentasjon i byggeprosjekter og en gjennomgang av BIM-verktøyet bimsync.

2.1 BIMs utvikling

Overgangen fra tegnebrettet for prosjekterende til mer moderne metoder skjedde som følge av en iterativ, teknologisk utvikling fra 60-tallet. Først på tidlig 80-tallet ble prosessen digitalisert gjennom bruken av geometribasert CAD (Computer-Aided Design), men den fundamentale metoden forble den samme (Woo, 2007). Utviklingen fortsatte, men det var ikke før begynnelsen av 90-tallet objekt-orientert CAD oppstod. Objekt-orientert CAD skiller seg ut fra den tradisjonelle CAD ved å tilegne elementer parametriske egenskaper, og på den måten utføre mer kompleks bygningsmodellering (Eastman et al., 2011). Bruken av BIM ble ikke kommersielt tilgjengelig før på begynnelsen av 2000-tallet (Aryani et al., 2014), og er en utvikling bygge- og anleggsbransjen veier stadig større oppmerksomhet.

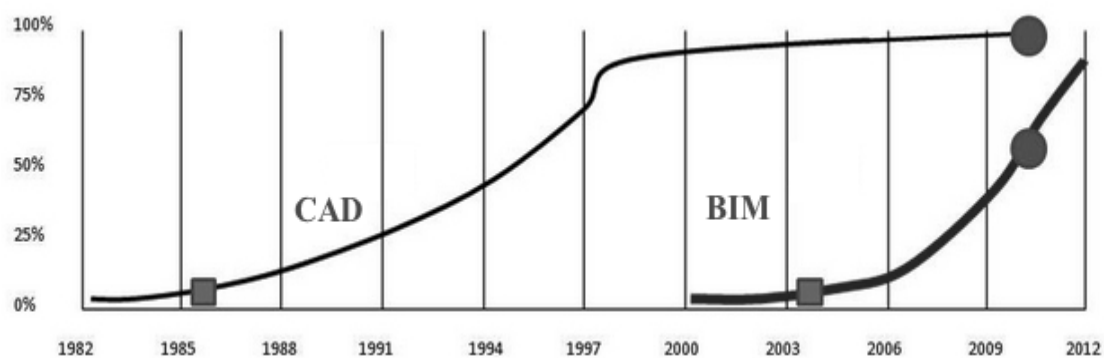
Bygningsmodellering ved bruk av 3D-geometri ble ikke et forskningsområde før på 60-tallet, og har siden den gang gjennomgått flere ansiktsløft. Den første utviklingen la til rette for visuelle komposisjoner av polyeder med begrensede egenskaper som kunne brukes til å manipulere, utarbeide og analysere bygningselementer. I prosjekteringsammenheng var ikke fremveksten av programvarene eller metodene avanserte nok for aktørene som stilte store krav til enkel redigering og modifisering av komplekse former (Eastman et al., 2011).

Først på begynnelsen av 70-tallet oppstod en mer brukervennlig nyvinning av 3D-modellering, kalt *solid modeling*, som la til rette for å modellere vilkårlige 3D-former. Solid modeling blir ansett som første generasjons, praktisk 3D-modelleringsverktøy, og besto i utgangspunktet av to former: *The boundary representation approach* (B-rep) og *Constructive Solid Geometry* (CSG). Hovedforskjellen mellom dem var at CSG lagret en algebraisk formel for å definere en form, mens B-rep lagret resultatene av formen som et sett av operasjoner og objekt-argumenter (Eastman et al., 2011). Forskjellene var enorme ettersom det var kun elementer ved bruk av CSG som kunne redigeres og genereres ved behov. Valget falt til slutt på en kombinasjon av begge tilnærmingene; CSG-basert redigeringsmetode kombinert med B-rep for visualisering. Den valgte kombinasjonen la grunnlaget for utviklingen av det som i dag regnes som moderne modelleringsverktøy.

Først sent på 70-tallet og tidlig 80-tallet ble det utviklet bygningsmodellering basert på 3D. Virksomheter innenfor mekanikk, bygg, elektronikk og produktdesign samarbeidet ved å dele konsepter og teknikker, samt utføre integrerte analyser og simuleringer innenfor produktmodellering ved bruk av CAD. Systemet var på mange måter forut sin tid og ukjent for prosjekterende (Aryani et al., 2014), samt at tidlig CAD i all hovedsak var fraskilt fra bygningsanalyser (Kensek & Noble, 2014). Dette kombinert med en stor økonomisk startutgift for å implementere systemet, var det fortsatt bruk av 2D-tegninger som dominerte i bransjene.

Den neste store utviklingen innenfor bygningsmodellering ble lagt gjennom 90-tallet mot det som nå kjennetegnes som parametrisk modellering. Til nå hadde ikke prosjekterende vært i stand til å la forskjellige objekter i modellen dele parametere, som for eksempel mellom en vilkårlig vegg i modellen og himlingen. Det nye nå var at de logiske grensene mellom objektene tillot forplantingsforandringer mellom tilkoblingene, både lokalt og globalt (Eastman et al., 2011). Senere ga programvarene mulighet til å analysere og modifisere endringer, samt angi i rekkefølge de mest effektfulle endringene. Evnen til å støtte automatiske oppdateringer representerer det mest avanserte for dagens BIM og parametrisk modellering.

Selv om fremgangen mot det som kjennetegner BIM i all hovedsak først var begrenset av kostnader knyttet til digitale verktøy på 70- og 80-tallet, og senere den vellykkede, utbredte bruken av CAD, er BIM fortsatt bare en videreutvikling av CAD. Den største forskjellen er muligheten for simuleringer og analyser i flere dimensjoner, som for eksempel 4D-fremdrift og 5D-kostnad. Som vist i Figur 4 har BIM et betydelig brattere historisk forløp enn forgjengeren CAD, og det er ventet at BIM vil spille en stadig viktigere rolle for den fagoppdelte bygge- og anleggsbransjen.



Figur 4: Den historiske utviklingen til CAD og BIM (Deutsch, 2011)

2.2 Hva er BIM?

I bygge- og anleggsbransjen er det nå vidt akseptert at BIM vil kunne endre hvordan prosessene i byggeprosjekter gjennomføres (Eastman et al., 2011). Ønsker som økt produktivitet og bedre bygningsmessig kvalitet, samt minimering av miljøpåvirkning og redusert kostnad, kan alle oppnås ved riktig implementering av BIM. Til tross for fordelene BIM tilbyr, er det fortsatt manglende kunnskap i bransjen hva BIM faktisk er.

BIM er et akronym for Bygnings Informasjons Modell når det er snakk om produktet eller Bygnings Informasjons Modellering dersom det er snakk om prosessen (Statsbygg, n.d). Produktet er den genererte, virtuelle modellen som kan utføre analyser, simuleringer og estimer, mens prosessen representerer forbedrede, tverrfaglige arbeidsmetoder for å angripe byggeprosessen. I noen tilfeller kan BIM også referere til Building Information Management (Bygnings Informasjons Ledelse). Abbreviasjonen representerer organisatoriske momenter og kontroll på virksomhetsprosesser ved å utnytte informasjonen i de digitale prototypene. Utnyttelsen skal bidra til å påvirke informasjonsdeling over livssyklusperspektivet for byggeprosjekt.

National Building Information Modeling Standard – United States (NBIMS-US) bruker følgende ord for å beskrive BIM:

”Building Information Modeling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing for earliest conception to demolition.”

(NBIMS-US, n.d.) (s.1)

Med dette menes det at BIM er en digital fremstilling av fysiske og funksjonelle egenskaper om en bygning som skal fungere som en kunnskapsressurs for felles deling av informasjon for å danne grunnlag for pålitelige beslutninger gjennom hele bygningens livssyklus. En vanlig misoppfatning er at BIM kun er en programvare for å designe en bygning i 3D, for så å benytte modeller til å konstruere bygningen (Eastman et al., 2011). Modellene og programvarene benyttet vil kun representere en liten del av det totale bildet. Det viktige er å fokusere på bruken av bokstaven *I* i ordet BIM – som står for informasjon. Informasjonen kan eksempelvis være hvilken U-verdi materialene besitter, brannklassifisering for de ulike materialene, egenlast, dimensjon og annen relevant materialkunnskap. Slik type informasjon er essensiell i BIM og viser med det hvor revolusjonerende teknologien kan være i forhold til mer tradisjonell metodikk. De tradisjonelle 3D-modellene inneholder ofte begrenset informasjon som spiller mer på det visuelle aspektet, mens BIM inneholder detaljert informasjon oppbygd av intelligente elementer. Anvendelsen av BIM betyr ikke bare å bruke tredimensjonale, intelligente modeller, men også å gjøre vesentlige endringer i arbeidsflyten og for prosjektleveranseprosesser (Hardin, 2009).

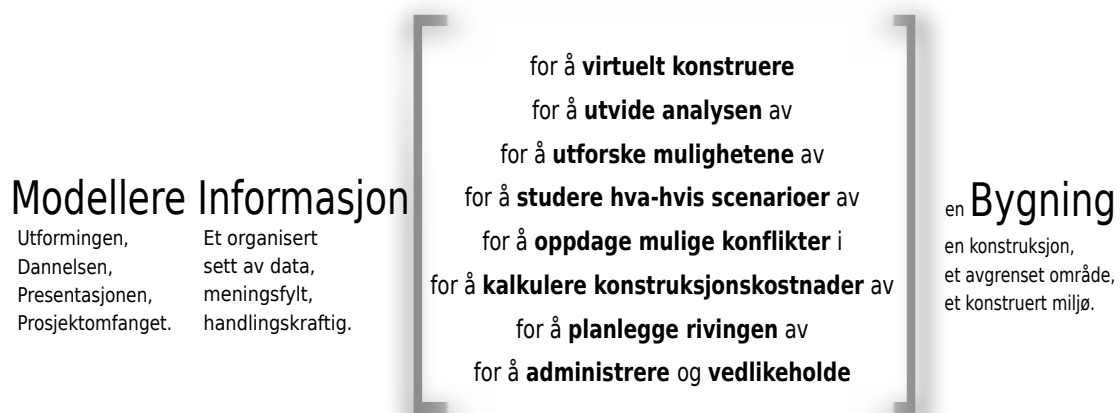
Videre definerer Krygiel & Nies (2008) BIM på følgende måte:

”BIM is defined as the creation and use of coordinated, consistent, computable information about a building project in design-parametric information used for design decision making, production of high-quality construction documents, prediction of building performance, cost estimating, and construction planning.”

(s. 27)

Med dette menes det at BIM er fremstillingen og bruken av koordinert, konsistent og beregnelig informasjon om byggeprosjekts utforming, hvor den parametriske informasjonen kan brukes til å utføre prosjekteringsbeslutninger, produksjon av høykvalitets bygningsdokumenter, beregning av bygningsytelse, kostnadsestimering og planlegging av byggeprosessen. Felles for definisjonene er at BIM samler all informasjon om bygget i en digitalisert og inkorporert database som er tilgjengelig for aktører.

BIM er den virtuelle representasjonen av en bygning som inneholder intelligente objekter i én enkelt fil som, når delt mellom prosjektdeltagerne, bedrer kommunikasjon og samarbeid (Hardin, 2009). Informasjonen er parametriske og sammenkoblet, og består av intelligente elementer med tilhørende fysiske og logiske egenskaper (Eastman et al., 2011; Krygiel & Nies, 2008). En endring i elementene vil umiddelbart reflekteres gjennom alle aspektene og synsvinklene i modellen. Som følge av at informasjonen er transparent og interaktiv, lettes informasjons-håndteringen og prosjektkommunikasjonen betraktelig, samt at interaksjonsproblemer løses på et tidligere tidspunkt mellom aktørene. Det som før ble sett på som tungvint og arbeidskrevende, som revidering av arbeidstegninger og utstrakt møteaktivitet mellom aktørene, kan nå enkelt koordineres. Samlet kan BIM-modellen brukes til å simulere og manipulere det faktiske bygget for å håndtere det bygningsmessige miljøet innenfor faktabaserte, repeterbare og verifiserbare beslutningsprosesser som reduserer risiko, og forbedrer de bygningsmessige handlingene og produktene (Eastman et al., 2011). BIM-modellen gir dermed en bredere forståelse av oppførselen av bygget før byggingen faktisk starter, og kan brukes til å demonstrere hele prosjektets livssyklus (Azhar et al., 2008).

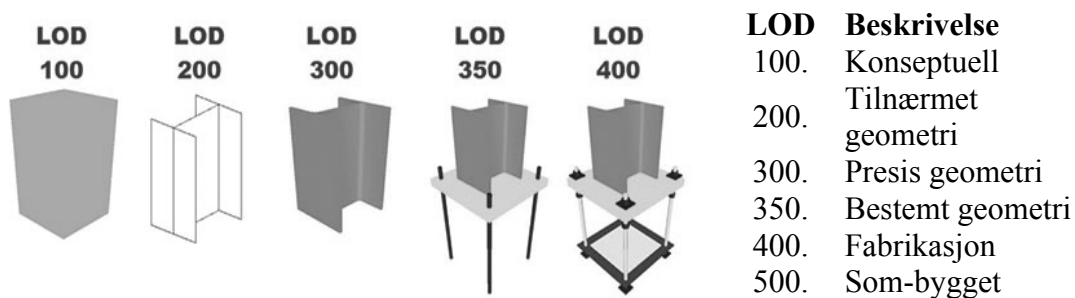


Figur 5: Allmenne konnotasjoner av BIM (Adaptert fra Succar, 2009)

2.2.1 LOD og LOI

Level of Detail (LOD) står for detaljnivå og beskriver hvor detaljerte modelleringselementene skal være. De siste årene har det imidlertid blitt mer vanlig å knytte LOD til *Level of Development* – utviklingsnivå –, det vil si i hvilken grad geometrien og den tilknyttede informasjonen kan stoles på når prosjektmedlemmene bruker modellen (Bedrick, 2008). Hensikten med å innføre utviklingsnivå er i følge Bedrick (2013) å standardisere informasjonstilførselen til BIM-modellen for å bedre kommunikasjonen mellom aktørene og for å få et klarere bilde av hva som skal inngå i leveransen.

Under prosjekteringsfasen vil detaljnivået øke i takt med informasjonstilførselen. Totalt er det seks grader av detaljnivå som vist i Figur 6, hvor nivåene er grafisk fremstilt.



Figur 6: Grafisk fremstilling av detaljnivåene. Merk at LOD 500 ikke er grafisk fremstilt her

Detaljnivået identifiserer hvor mye informasjon som er kjent om et modellelement på et gitt tidspunkt. I løpet av prosjekteringsprosessen er det viktig at detaljnivået samsvarer med behovene til prosjektaktørene. Det kan derfor være hensiktsmessig å bestemme hvilket nivå elementene i BIM-modellen skal ha tidlig i prosjekteringsfasen. Valg av detaljnivå vil gi utslag i form av hvor korrekte og presise de ulike analysene blir.

Level of Information (LOI) – informasjonsnivå – definerer hvor detaljert informasjonskravene skal være for hvert enkelt detaljnivå. Informasjonen kan enten være romlige forhold, ytelse, standardkrav eller utførelse og sertifisering.

2.3 Virtual Design and Construction

Virtual Design and Construction (VDC) er en metode for å skape prosessorientert samarbeid hvor bruk av åpenBIM utgjør en sentral rolle. Det anerkjente universitetet Stanford i USA gjennom CIFE (Center for Integrated Facility Engineering) definerer VDC på følgende måte:

“Virtual Design and Construction (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, n.d.) (s.1)

Med dette menes at VDC er bruken av flerfaglige ytelsesmodeller i byggeprosjekt som inkluderer produktet (eksempelvis bygget), arbeidsprosesser og prosjektorganisasjonen. Samlet skal ytelsesmodellene bidra til å støtte forretningsmessige mål. Bruk av VDC tillater utførende å lage symbolske og virtuelle modeller av produktet, organisasjonen og prosessen tidlig før innsats eller utbetaling av penger virkeliggjøres. På den måten støtter bruk av VDC i byggeprosjekt beskrivelsen, forklaringen, evalueringen, prediksjonen, alternative utforminger, forhandlinger og beslutninger om prosjektmålsetninger (Khanzode et al., 2006).

Fra Veidekkes intranett er VDC inndelt i fire hovedelementer som skal bidra til å optimalisere byggeprosessen (Veidekke, 2015):

- **ICE** – Samhandlende tverrfaglig prosjektering
- **BIM** – Bygningsinformasjonsmodell
- **IP** - Involverende planlegging
- **Målrettet kostnadsstyring**

Integrated Concurrent Engineering (ICE)

Samhandlende, tverrfaglig prosjektering er en forretningsstrategi for å angripe en byggeprosess, og søker å korte ned og forbedre beslutningsprosesser i prosjekt gjennom samarbeid. ICE-prosessen kjennetegnes ved samlokalisering av aktørene, flat organisasjonsstruktur, felles mål, faglig kompetanse og beslutningsdyktighet (Veidekke, 2015). Konseptet og formålet med ICE er å samle relevante aktører med beslutningsmyndighet på ett felles sted for å enklere forhindre grensesnittproblematikk i prosjekt. Metodikken forøker å fjerne de fleste ikke-verdiskapende tilnærmingene fra de ulike aktørene i prosjekt (Kunz & Fisher, 2009), og kan sis å ha fellestrekk med ledelsesfilosofien *Lean Construction*.

BIM

Bygningsinformasjonsmodell som gjennom digital, objektbasert modellering fremstiller et byggeprosjekt. Styrken med bruk av en BIM er muligheten for felles tverrfaglig koordinering og kommunikasjon med en tredimensjonal, fotorealistisk presentasjon som utgangspunkt.

Involverende planlegging (IP)

Involverende planlegging er en metodikk og ledelsesfilosofi hvor alle prosjektaktørene blir involvert tidlig i prosjektplanleggingen. Formålet med IP er å skape flyt i byggeprosesser gjennom verdiskapende aktiviteter som utføres i en tett og samkjørt rekkefølge. Av den grunn identifiseres og fjernes alle trinn, aktiviteter og praksis som ikke bidrar til verdiskapning for kunde. Bruk av involverende planlegging benyttes både i prosjekteringsfasen så vel som produksjonsfasen, og vil forsøke å redusere usikkerhet i prosjekt ved å bryte arbeidsoppgavene ned til håndterbare oppgaver, samt involvere hele verdikjeden i prosessen (Veidekke, 2015).

Målrettet kostnadsstyring

Med en målrettet kostnadsstyring i byggeprosjekt menes en prosess for å identifisere hva som tilfører verdi i prosjektet, og evaluere ulike alternativer for å optimalisere disse (Veidekke, 2015). Målrettet kostnadsstyring gjennom og som et strategisk verktøy har større potensielle og fremtidsrettede effekter enn å realisere kortsiktige, taktiske kostnadskutt i prosjekt.

Samlet bidrar de fire verktøyene ICE, BIM, målrettet kostnadsstyring og IP til en arbeidsmetodikk for bruk og håndtering av tverrfaglige, digitale modeller for å fremme og støtte prosjektets mål og suksesskriterier.

2.3 Interoperabilitet

Det er ingen tvil om at BIM vil spille en større rolle i bygge- og anleggsbransjen i de kommende årene. For å utnytte fordelen BIM representerer er det sentralt med god kommunikasjon og interoperabilitet på tvers av fagområder og programvarer. En av faktorene som påvirker verdiskapningen av BIM i industrien er effektiviteten av interoperable løsninger som gir feilfri og strømlinjeformet informasjonsflyt mellom ulike disipliner i prosjekt (Venugopal et al., 2012). Med interoperabilitet menes muligheten for å utveksle data på tvers av fagfelter og applikasjoner, som er viktig for jevn arbeidsflyt og tilrettelegging for automatiske oppdateringer (Eastman et al., 2011).

Tradisjonelt har interoperabilitet begrenset seg til deling av filbaserte utvekslingsformat knyttet til geometri mellom prosjektaktører. Ved fremveksten av objekt-basert modellering og i det siste, BIM, stilles det større krav til interoperable løsninger grunnet objektenes relasjonstilknytninger og –egenskaper, samt mer avanserte geometri. Sammenlignet med tidligere har informasjonsmengden som puttes inn i modellen økt betraktelig med BIM. Den teknologiske utviklingen krever derfor nye metoder og standarder for å organisere informasjonen på en hensiktsmessig måte. For at nye metoder og standarder skal være tilfelle bør det ligge en felles forståelse i bunn for hvordan byggeprosesser utføres, hvilken informasjon som er nødvendig i de ulike stadiene, samt hvordan informasjon deles internt og eksternt mellom prosjektaktører.

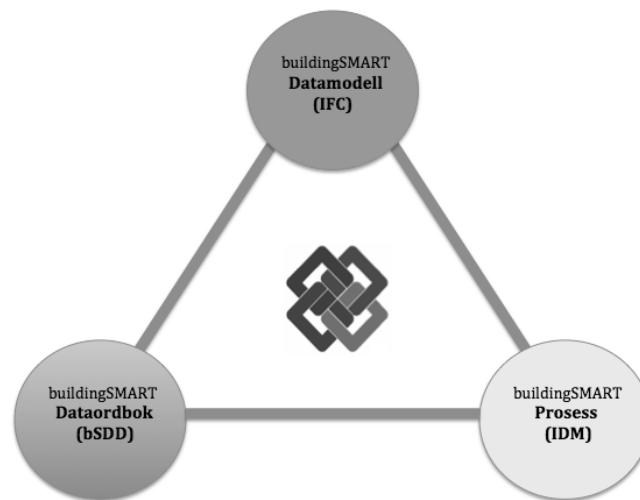
2.3.1 buildingSMART

buildingSMART (tidligere International Alliance for Interoperability) er en internasjonal, non-profit organisasjon opprettet for å støtte bedrifter innenfor bygge- og anleggsbransjen for å legge rette til integrert samarbeid på tvers av fagfelter. Visjonen til buildingSMART er å gi et universelt grunnlag til forbedring i prosesser og informasjonsdeling for prosjekterings-, produksjons- og ettertidsfasen i byggeprosjekter (buildingSMART a). For å oppnå visjonen legges det stor vekt på åpne, internasjonale standarder, interoperabilitet og bruk av åpenBIM for medlemmer og mellom næringer.

buildingSMART-alliansen er inndelt i *Kapitler* og *Medlemmer*. Kapitler er lokale medlemsorganisasjoner i bestemte land som er ansvarlig for implementeringen av åpenBIM i det aktuelle landet. Kapitlene er ledet av medlemmer i det overordnede organet i buildingSMART International (bSI). Til nå består buildingSMART-alliansen av totalt 16 kapitler, hvorav Norge, Sverige, Finland og USA, samt Singapore og Storbritannia blant annet er representert.

Kjerneaktiviteten til buildingSMART har siden oppstarten i 1995 vært utviklingen av et åpent og globalt filformat for informasjonsdeling og –veksling, kalt IFC (buildingSMART a). For å effektivt utnytte filformatet IFC mellom og i de ulike Kapitlene ved bruk av BIM, er standarder nødvendig – både for kommunikasjon og for å håndtere prosesser. Av den grunn er tre faktorer nødvendige for å muliggjøre for effektiv og reell flyt av informasjon i byggeprosjekter (Bell & Bjørkhaug, 2006):

- Åpent, internasjonalt format for utveksling av informasjon (**IFC**).
- En spesifisering av hvilken informasjon som skal utveksles og når informasjonen skal utveksles (**IDM**).
- En standardisert forståelse av hva den utvekslede informasjonen faktisk er (**bSDD**).



Figur 7: buildingSMART-trekanten (Adaptert fra buildingSMART b)

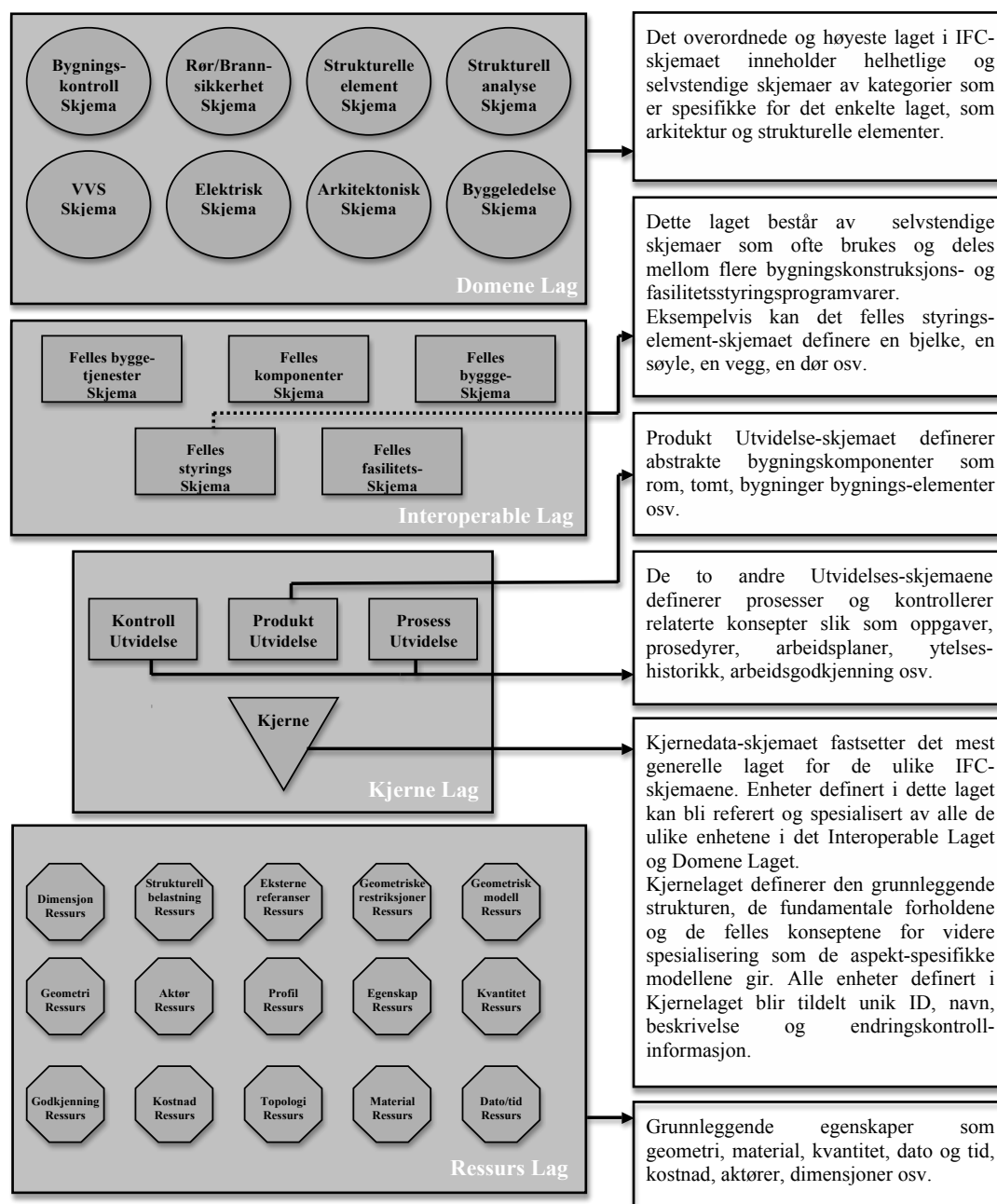
Implementering av buildingSMART-trekanten muliggjør bruk av åpenBIM. Med åpenBIM kan aktørene benytte og utveksle 3D-modeller med essensiell informasjon, og gi entydige beskrivelser av bygningsobjekter og støtteprosesser som kvalitetssikrer prosjekt (buildingSMART c).

buildingSMART Datamodell (IFC)

Den åpne, internasjonale ISO-standarden *Industry Foundation Classes* (IFC) definerer et utvekslingsformat for informasjon knyttet til objektene i BIM-modellen, og brukes til å åpent utveksle og dele informasjon på tvers av forskjellige programvarer (buildingSMART d). Filformatet IFC er av den grunn utformet for å håndtere all informasjon for et prosjekts livssyklus; fra tidlig programmeringsfase og planlegging, gjennom prosjekteringsfasen (inkludert analyser og simuleringer), til produksjon og til slutt drift og vedlikehold (Khemlani, 2004). En kritisk suksessfaktor for å håndtere all informasjonen er utvekslingskrav til oppgaver og arbeidsflyt ved eksport eller import, kalt *oppgaverelaterte utvekslinger* eller *IDM/Model Views* (Eastman et al., 2011). Dette for å identifisere hvilke utvekslinger som må støttes, for deretter å spesifisere hvilken informasjon som skal inngå og hvordan informasjonen skal vises. IDM/Model Views vil bli nærmere beskrevet senere.

I korte trekk definerer filformatet IFC hvordan informasjon skal distribueres eller lagres, og gir en omfattende referanse til informasjonstotaliteten for alle stadier i et prosjekts livssyklus. Formatet går helt ned til minste egenskap for det enkelte objekt, og kan derfor inneholde alt fra svært lite informasjon til all informasjon. Implementering av IFC trenger derimot klare retningslinjer for spesifikke formål og prosjekter.

IFC er strukturert i fire konseptuelle lag som totalt inneholder over 800 uavhengige definisjoner, tusenvis av attributter og enda flere standardiserte egenskaper (Zhang, Beetz & Weisen, 2015). Hvert enkelt lag er oppbygd av skjemaer hvor hvert enkelt skjema vanligvis representerer en samlet, konsistent idé (for eksempel strukturell analyse, VVS, pris, geometri osv.). Ved ferdigstilling samles alle lag-skjemaene til et enkelt skjema som er den autoriserte versjonen. En detaljert beskrivelse av IFC kan ses i Figur 8.

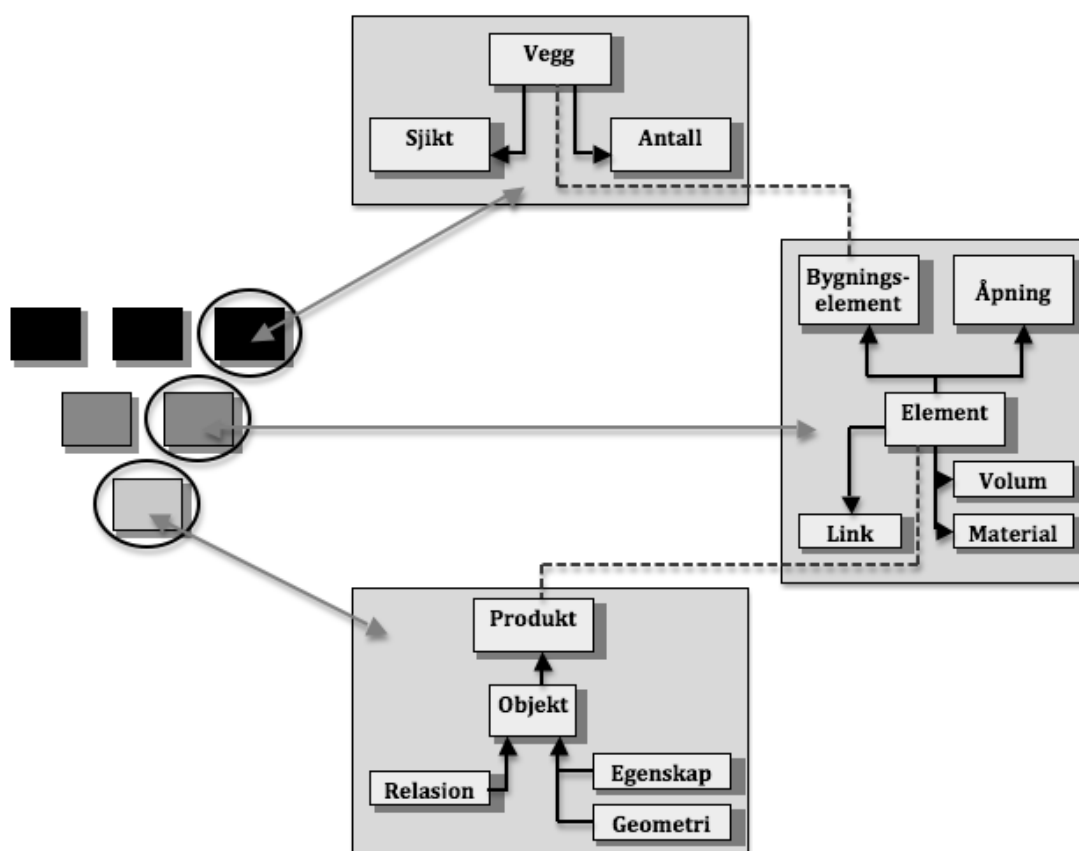


Figur 8: Oppbygningen av et IFC-skjema (Adaptert fra buildingSMART-Tech a)

Filformatet IFC opererer som et *stige system*; det vil si at hvert enkelt skjema kan referere til et skjema på samme eller lavere lag, men det kan ikke referere til et skjema fra et høyere lag. De ulike skjemaene har i tillegg ulik verdi basert på informasjonsviktigheten i lagene, og ved referanser mellom lag i samme nivå, bør utformingen utføres med stor nøysomhet (buildingSMART e).

En av de mest hensiktsmessige skjemaene ved IFC er Kjernedata-skjemaet som bidrar til en felles, semantisk forståelse av objekt-modellene, og skjemaet inneholder blant annet klassen *IfcRoot*. Klassen tildeler global og unik ID, samt eieforhold og historisk informasjon til objektene (buildingSMART-Tech b). Ved at objekter tilegnes særegen identifikasjon muliggjør for forståelse og arbeid mellom programvarer og på tvers av land.

Figur 9 viser hvordan informasjonsrelasjonene mellom en vegg i IFC kan være oppbygd. Merk at veggen vil ha lag og skjemaer av høyere rang over seg, og bestå av langt flere koblinger enn vist i figuren. Relasjonene mellom objektene i IFC legger opp til effektiv samhandling, samt konsistent informasjonsutveksling og –redigering internt og mellom programvarer.

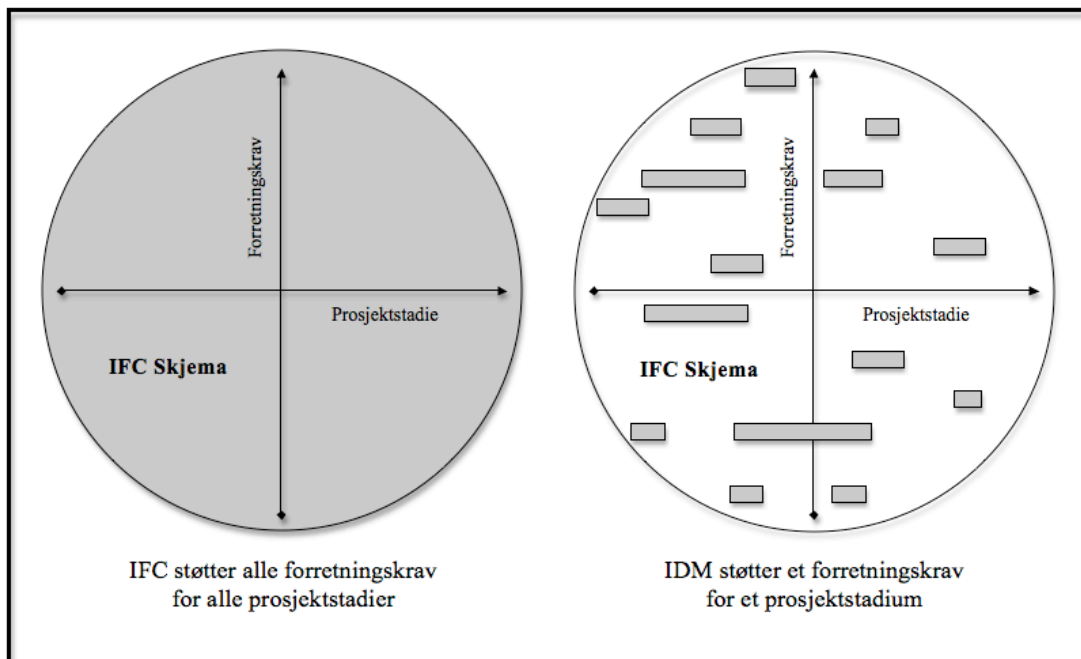


Figur 9: Koblingen av en vegg i IFC (Adaptert fra buildingSMART e)

buildingSMART Prosess (IDM)

buildingSMARTs *Information Delivery Manual* (IDM) er en standardisert prosess og leveransespesifikasjon som beskriver aktører, prosesser og krav til leveranser i prosjekter (buildingSMART f). Beskrivelsene er viktige for å få alle fag tilknyttet et prosjekt til å jobbe effektivt sammen, og definerer ytelsene fra og grensesnittet mellom fagene i prosjektet.

Filformatet IFC er som nevnt oppbygd for å støtte alle utvekslinger av forretningskrav for de ulike prosjektstadiene. I et byggeprosjekt blir skjemaet fort stort og komplekst grunnet informasjonsinnsamling fra alle prosesser. Det bidrar til mengder av data og usikkerhet med hensyn til hva som skal inngå i de ulike prosessene i prosjektet. For å lette oversikten og hvilken informasjon som skal inngå i prosessene, kan IDM benyttes. IDM bidrar til å gi integrerte henvisninger for prosess og data som kreves for å fullt utnytte en BIM (IFCWiki, 2008), og definerer når nødvendig data skal inngå og mengden av data som er nødvendig for etablere effektiv kommunikasjon mellom ulike prosjektaktører. På den måten gir IDM retningslinjer for hvordan prosessene skal gjennomføres, hvilken informasjon som skal implementeres for å gjennomføre prosessen, samt resultatene av utførelsen.



Figur 10: Grafisk fremstilling av en IDM (Adaptert fra buildingSMART, 2010)

Bruk av IDM er en nødvendighet for at aktører skal kunne jobbe effektivt sammen, og har fordeler for både BIM-brukere og programvareleverandører.

- For **BIM-brukere** bidrar prosessen med et enkelt, forståelig og tydelig språk som beskriver byggeprosesser, informasjonskrav for gjennomføring og forventet resultat av gjennomføring. Dette vil bidra til å:
 - Forbedre informasjonskvalitet
 - Forbedre beslutningsprosesser
 - Legge opp til å gjøre BIM-prosjekt mer effektivt

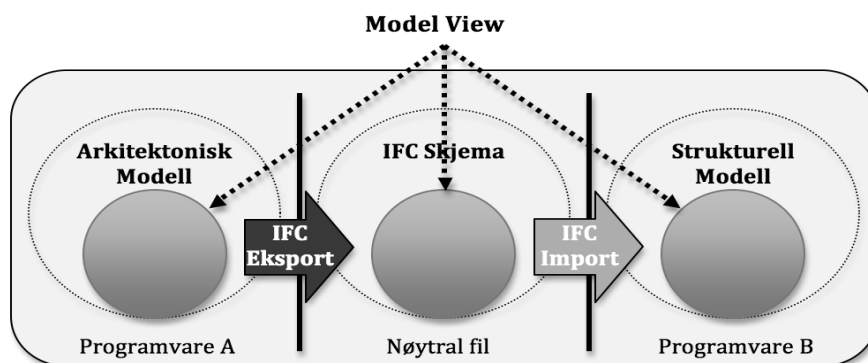
- For **BIM-programvareleverandører** identifiserer og beskriver IDM detaljerte, funksjonelle nedbrytninger av prosesser, samt hvilke funksjoner som må oppfylles og støttes for å kunne benytte seg av formatet IFC. Dette vil bidra til å:
 - Respondere bedre til brukernes behov
 - Forsikre god kvalitet for informasjonsutveksling
 - Sørge for duplisering og gjenbruk av programvarekomponenter

(Venugopal et al., 2012)

Prosesen IDM fungerer som den totale kravspesifikasjonen ved datautveksling. For at aktører skal kunne forstå hverandre er det nødvendig med **Model View Definitions (MVD)** som identifiserer hva som forventes av en utveksling for at den skal være effektiv (Eastman et al., 2011). Følgelig er MVD en sammenfatning med informasjon fra en BIM som kan støttes av et bestemt program for å utføre en eller flere forretningsprosesser – eksempelvis simulering av energianalyser. Det hjelper både eksporterende som vet hva som forventes, og mottakeren som vet hva han skal forvente. Det viktigste er at MVD beskriver for implementerende hva som skal gjennomføres, slik at både eksport og import stemmer overens. På den måten eliminerer MVD uoverensstemmelser angående forventninger. Det er en nær sammenheng mellom utvekslingskravene i IDM og hvordan informasjonen fremstår og vises i MVD slik at begge metodene harmoniserer til en konsekvent tilnærming.

Som vist i Figur 10, dekker hele IFC-skjemaet langt flere detaljer enn nødvendig for å utføre tverrfaglige koordinering. For å redusere størrelsen på modellen og forenkle gjennomføringen er MVD definert. MVD kategoriseres og defineres videre som en undergruppe av IFC-skjemaet som er i stand til å oppfylle kravene til et sett med relaterte datautvekslinger (Hausknecht et al., 2015). Den avledede IFC-undergruppen er mindre kraftig, men likevel fullt kompatibel med hele IFC-skjemaet. Eksempelvis kan følgende scenarier identifiseres og spesifiseres i MVD:

- Eksport av arkitektonisk modell
- Eksport av mekanisk modell
- Eksport av strukturell modell
- Import av disse modellene



Figur 11: Illustrasjon av en MVD (Adaptert fra Venugopal et al., 2012)

Undergruppen definerer ikke bare alle relevant deler i IFC-skjemaet, men brukes også for syntaktisk og semantisk kontroll av filer i IFC. Utvekslingsscenariene og den avledede IFC-undergruppen gir derfor grunnlag for utarbeidelse av en programvare-sertifiseringsprosess.

buildingSMART Dataordbok (bSDD)

buildingSMART Dataordbok (bSDD), tidligere kalt IFD Library (International Framework for Dictionaries), gir grunnlag for felles terminologi i bruken av åpenBIM slik at alle modeller tolkes entydig av aktører og forhandlere (buildingSMART g). Dataordboken kan beskrives som en mekanisme som legger opp til bruken av språkuavhengige ordbøker eller uttrykk som muliggjør for global interoperabilitet.



Figur 12: Sammenhengen mellom IFC, IDM og bSDD (Chapman 2012)

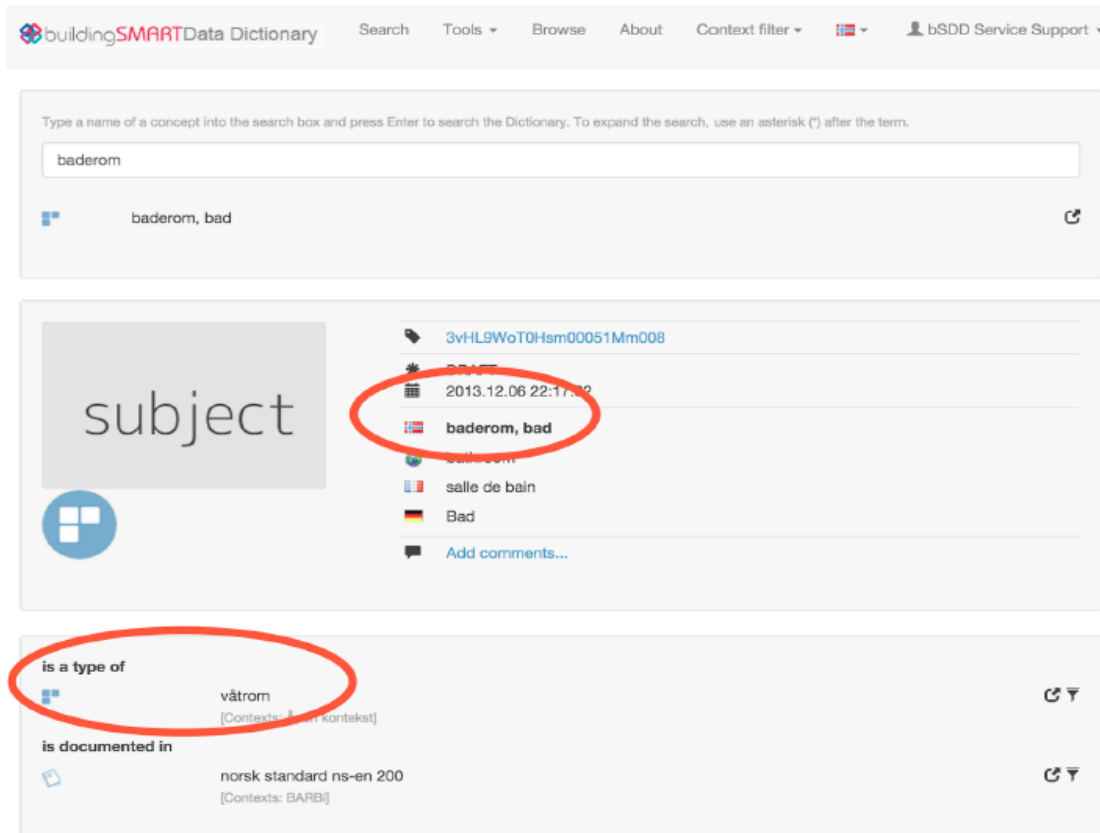
Det viktigste å merke seg er at bruk av bSDD ikke er et klassifikasjonssystem eller et alternativ til IFC, men en nødvendighet for å forstå informasjon som puttes inn i IFC-filer for at den skal gi mening.

Siden definisjoner og begreper i byggebransjen kan variere fra prosjekt til prosjekt og fra aktør til aktør, er bSDDs hensikt å knytte disse begrepene til konsepter som kan identifiseres. Av den grunn er ordboken oppbygd på en slik måte at sammenhenger tolkes, eksempelvis ved at en dør som fungerer som en rømningsdør faktisk blir oppfattet som en rømningsdør, og ikke bare en dør. Dataordboken bSDD er den semantiske delen av buildingSMART standardene, og håndterer definisjoner og relasjoner mellom begreper på lokalt og globalt nivå. Det er ikke en definert struktur som verden skal følge, men en koblingsboks for alle informasjonsstrukturer som verden har behov for (Bell, 2015).

For å ta et tenkt eksempel kan forskjellige ord assosieres til et bad (hovedbad, baderom, spabad, våtrom, rom med sluk osv.). En datamaskin tolker ordet bad ordrett, og med engang flere begreper kan forbindes med ordet bad, kan utfordringer oppstå. Derfor, for å få bukt i slike utfordringer, må regelsjekkning implementeres. Bell (2015) sier at det er tre ulike begrepsverdener i en regelsjekk situasjon:

- Den første verden lager digitale modeller og har ulike kommunikasjonsbehov (*Her er et bad. Her er ditt hovedbad. Her er ditt spabad osv.*)
- Den andre verden lager regler og må bruke begreper som er presise, godt definerte og omforente i næringen for tydelig å kommunisere hva en regel betyr.
- Den tredje og siste verden sjekker at den digitale modellen tilfredsstillter regler.

Dersom den digitale modellen beskriver verden på en måte, mens reglene beskriver verdenen på en annen måte, vil det naturlig nok aldri bli treff. Og det er her bSDD kommer inn som koblingsboksen mellom å beskrive, tilegne og tolke regler.



Figur 13: Mulighet for tilegning av kontekster i bSDD (Bell, 2015)

Ved bSDD kan altså ordet våtrom tilegnes til et bad eller baderom, noe som fører til enklere gjenkjenning og mer intuitiv forståelse blant aktører og programvarer. Innholdet i Figur 13 kan utvides og foredles alt etter behov og utvikling. Bell (2015) beskriver videre at bruk av bSDD kan forenkle regelsjekk og regelutvikling på flere områder:

- Gjenbruk av definisjoner som finnes i bSDD
- Entydig forståelse av begreper, definert i en internasjonal sammenheng
- Tilgang på systemleverandører fra Norge og utlandet grunnet at bSDD er en internasjonal standard
- Gjenbruk av implisitt kunnskap i koblingen mellom begreper i bSDD (*bad* er et *våtrom*)
- Begrepsplukklister for regelskrivere forenkler og gjør regelverket med konsistent (plukklister kan utvides ved behov)

Et annet aspekt er opprettelse av en unik identifiseringsnøkkel, kalt *GUID*, vist som første linje i Figur 13. Hensikten med GUID er å gi en unik måte å identifisere objekt (buildingSMART-Tech c).

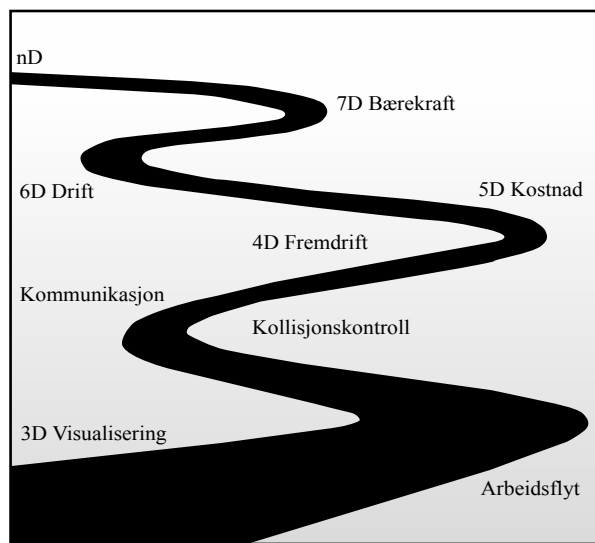
2.4 BIMs bruksområder

Utnyttelsen av Bygnings Informasjons Modellering (BIM) har vokst betydelig det siste tiåret i bygge- og anleggsbransjen, og i Norge er det krav fra mange av de store aktørene, som Statsbygg, Veidekke og Skanska, at bruk av BIM inngår i deres prosjekter. Som følge av utviklingen er det mange og ulike, interne bedriftstilnæringer til hvordan best utnytte dimensjonene av informasjonsflyt for BIM-modellen. Per i dag har hver virksomhet sin egen BIM-veileder, og det kan derfor være forskjeller i hvordan prosjekter ledes ved hjelp av verktøyet og prosessen BIM. Fellesnevneren er at bruk av BIM legger opp til kollektivt samarbeid mellom interessenter som kan hente og generere informasjon fra én og samme modell.

En BIM vil bestå av en rekke modeller produsert av forskjellige aktører, muligens med forskjellig detaljnivå og med ulike programvareverktøy. Nedenfor er eksempler på modeller som kan produseres til å bli en del av BIM (Eastman et al., 2011):

- Modell av tomt (omgivelser, bygninger, landskap, osv.)
- Arkitektonisk modell (vegger, gulv, tak, spesielle objekter, osv.)
- Strukturell modell (strukturelle systemer)
- Brann modell (beskyttelse mot brann)
- Miljø modell (*BREEAM* eller lignende)
- Modell av tekniske system (mekanisk, elektrisk, rør)
- Spesielle modeller (utstyr, overflater, stillas, forskaling, grøfting, osv.)

Anvendelsen av BIM kan beskrives som en prosess som utvider data gitt i 3D til en nD informasjonsmodell (Ding et al., 2014). Den samlede BIM-modellen kan i teorien tillate dynamisk og virtuell 4D-planlegging (fremdrift), eksakt og presis 5D-kostnad, samt 6D-drift; det vil si prosjektinformasjon angående garantier, spesifikasjoner, vedlikeholdsplaner og annen verdifull informasjon (Bryde et al., 2013). I prinsippet kan BIM benyttes for og til alle aspekter i et prosjekt, inkludert bærekraftsvurderinger, HMS-planlegging og evakuerings simulering. I praksis gjenstår det fortsatt mye ubrukt potensial med tanke på bruk av BIM i byggeprosjekt.



Figur 14: BIM kan omhandle hele eller deler av byggeprosessen (Adaptert fra Deutsch, 2011)

2.4.1 Visualisere

Utarbeidelsen av en intelligent, geometrisk 3D-modell for visualisering representerer bærebjelken i en BIM, og er en nødvendighet som må ligge til grunn for å videre arbeid. Som nevnt tidligere er BIM en prosess som kan utnytte modellbasert prosjektering gjennom prosjektets livssyklus. Visualisering inngår som en viktig del av denne prosessen, hvor eksempelvis nøyaktige, fotorealistiske gjengivelser samt animerte, flyvende simuleringer kan brukes til å utforske designalternativ hurtig og bestemt. Alternativene valideres forløpende og feil kan oppdages før produksjon tiltar. Samtlige prosjektaktører, inkludert eier, vil være opptatt av å skape den virtuelle modellen samlet for å finne den beste måten å bygge på. Ideelt sett bør det skje på et så tidlig tidspunkt som mulig for å utvikle en plan for å implementere BIM.

Visualisering er derimot ikke bare begrenset til tidligfasen og gjennom prosjekteringsfasen i prosjekt. BIM-modellen kan blant annet kobles opp mot en ukentlig fremdriftsplan i produksjonsfasen for å optimalisere den sekvensielle visualiseringen, forbedre produktivitet og nøyaktighet gjennom høy detaljgrad i modellen på byggeplass og optimere for prefabrikasjon og anskaffelse av materialer (Khazode, 2014). En av de viktigste egenskapene en BIM symboliserer er den virtuelle, samlede datalagringen av prosjektinformasjon som kan kombineres til å visualisere fysiske og organisatoriske aspekter. Visualisering er essensielt for å få ulike fag og applikasjoner til å jobbe effektivt sammen.

Samtidig er og vil modellen gjennom visualisering være mer inkluderende og forståelig for alle aktører. Det vil blant annet ha en positiv effekt med tanke på risikovurderinger og sikker jobb analyse for å forstå farer og risikomomenter på en bedre måte. Et annet moment er at den visuelle fremstillingen bidrar til bedre fysisk, reell forståelse av byggets geometri og fysikk for utførende aktører (snekker, elektriker, rørlegger osv.). Gjennom bedre visuell forståelse av prosjektutfordringer er det lettere for aktører å forstå konsekvenser og foreslå forslag til forbedring.

2.4.2 Koordinere

Et typisk BIM-prosjekt består av ulike, fagdisiplinære modeller. Hver enkelt aktør, som rådgivende ingeniører og arkitekt, fremstiller sin modell som bør koordineres fra tidlig fase for å holde orden på mellom annet arbeidsflyt, tilstrekkelig dokumentasjon og tverrfaglig samarbeid i prosjekt. Bruk av BIM i prosjekter kan dermed fungere som et samlingspunkt for relasjoner og kommunikasjon mellom prosjektaktører. Modellen kan blant annet romme og visualisere en byggeplan eller inneholde fremtidsrettede idéer og praksiser basert på *Lean Construction*. Det nye nå er plattformen som informasjonen samles under og distribueres fra, og som ved riktig implementering og utførelse kan lette den interdisiplinære koordineringsprosessen.

Koordinering i BIM vil som i andre prosjekter utføres kontinuerlig gjennom prosjektets forløp. Organisering i modell kan gi en bedre kontroll over den samlede informasjonen, og mulighet for felles interaksjon både internt og eksternt mellom aktører. En av betingelsene for bedre koordineringsflyt i BIM er bruk av interoperable verktøy. BIM-verktøy vil være mest effektiv når de kan brukes parallelt - og så sømløst som mulig - av prosjekterende og underleverandører (Eastman et al., 2011). Den unisone BIM-plattformen kan derfor fungere som en felles kommunikasjonskanal for prosjektaktørene.

2.4.3 Simulere

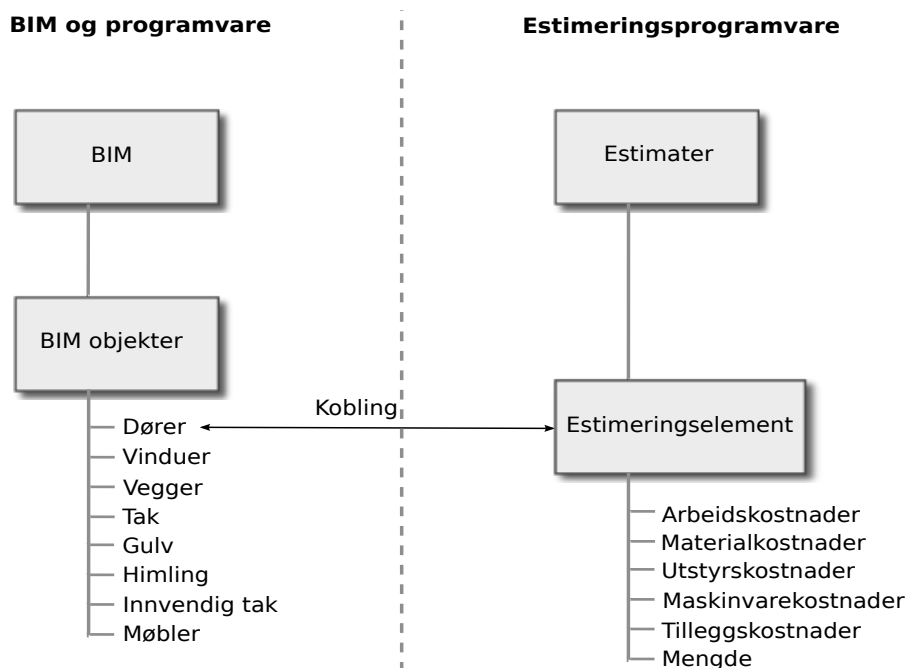
BIM muliggjør for 3D-simulering av prosjekt og dens komponenter. Simuleringen går utover det å demonstrere kombinasjoner av bygningselementer, og kan blant annet forutsi bygningsutførelser og –kollisjoner og simulere miljøvariabler for ulike byggt tekniske løsninger (Krygiel & Nies, 2008). De interaktive simuleringsoveroperasjonene kombineres best under prosjekteringsprosessen i samspill mellom byggherre, rådgivende ingeniører og arkitekt.

Gitt tilstrekkelig prosjektinformasjon og kompetanse blant aktørene, kan BIM i teorien benyttes til å simulere alle mulige scenarier. Kombinasjonen av 3D-visualisering og simulering gir anledning til en visuell planleggings- og byggeprosess som tidligere ikke var mulig, og som samtidig samhandler og integrerer fagdisiplinene på et tidligere tidspunkt enn tradisjonelle metoder.

2.4.4 Estimere

Ekstrahering av mengde, areal og volum samt beregne 4D-kostnad fra én modell, er en av de mest nyttige funksjonene BIM-teknologien tilbyr (Hardin, 2009). Avhengig av objektenes detaljeringsgrad, spenner estimasjonene vanligvis fra omtrentlige verdier tidlig i prosjekteringsfasen til mer presise verdier etter endt prosjektering. Bruksområdene er betydelige, og kan mellom annet bidra til å generere midlertidige kostnadsestimat tidlig i skisseprosjekteringsfasen, sammenligne kostnader mellom forskjellige designalternativ og/eller utføre eksakte mengdeberegninger i detaljprosjekteringen og produksjonsfasen.

Prinsippet med bruk av BIM for estimering ligger i den intelligente oppbygningen for hvert enkelt objekt, og relasjonene og informasjonstildelingen som kan adapteres til dem. I en BIM-modell reflekterer og simulerer objektene konkrete objekter, og inkluderer derfor all fysisk informasjon (Kymmell, 2008). Den fysiske informasjonen inkluderer dimensjonen av objektet, beliggenheten av objektet i forhold til andre objekter i modellen samt mengdebeskrivelser og annen innebygd informasjon angående objektet. Siden informasjonen blir lagret for hvert modelleringsobjekt, kan den enkelt dupliseres. På den måten kan nøyaktige produktbeskrivelser dokumenteres og materialmengder bestemmes eksakt. Som vist i Figur 15 blir mengder estimert på bakgrunn av BIM-objektene, men også kostnader knyttet til mengdene samt produksjon- og utstyrs-kostnader kan estimeres. Normalt vil nøyaktigheten til mengde- og kostnadsestimat være positivt korrelert med tilgjengelig og tilstrekkelig informasjon i prosjektet (Sattineni et al., 2011).



**Figur 15: Forbindelsen mellom BIM og estimeringsprogramvare
(Adaptert fra Hardin, 2009)**

Det er imidlertid viktig å påpeke at selv om bruk av BIM kan gi eksakte mengdebeskrivelser, er ikke verktøyet alene tilstrekkelig for kostnadsestimering (Eastman et al., 2011). En kvalitetssikringsprosess med hjelp av programvare utføres av aktører med spesiell kompetanse innenfor kostnad, kalt kalkulatorer. I all hovedsak vil en detaljert BIM-modell fungere som et risikoreduserende verktøy for kalkulatorer grunnet større sikkerhet angående materialmengder (Eastman et al., 2011).

2.4.5 Analyser

Fordelen med at prosjektaktører produserer BIM-modeller bidrar til å forenkle og løse prosjektutfordringer, og gjør prosjekt bedre rustet for fremtidige analyser. I følge Kymmell (2008) kan analyser deles i tre grupper for en BIM: *kvalitativ analyse*, *sekvensiell analyse* og *kvantitativ analyse*.

Kvalitativ analyse betrakter bakgrunnen for problemet og er ofte uavhengig av tilknyttede mengder. Nedenfor er det listet opp noen av de kvalitative analysene:

- *Kommunikasjon, illustrerende markedsføring og videoer* – Forbundet med visualisering eksternt
- *Byggbarhetsanalyse* – Forbundet med visualisering av nødvendige metoder eller materialer for bygging
- *Miljøanalyse* – Summere opp tall fra eksempelvis EPDer. EPD er uavhengige, verifiserbare miljødeklarasjoner for byggevarer
- *Systemkoordinering og kollisjonskontroll* – Analyserer prosjektutfordringer
- *Energi* – Analyserer prosjektet i form av energigenerering og -utslipp, samt annen nødvendig materialinformasjon

Sekvensiell analyse refererer til undersøkelser knyttet til tid, både i varighet og i rekkefølge. Analysene bygger i stor grad på det visuelle aspektet. Nedenfor er det listet opp noen av de sekvensielle analysene:

- *Montering og installasjon* – Sekvensen er forbundet med visuelle tolkninger av modellkomponenter for en gitt prosjektperiode
- *Fremdrifts- og byggeplan* – Informasjonen i modellobjektene knyttes opp mot tid og en plan over fremdrift og/eller utførelse opprettes

Kvantitativ analyse måler ulike mengder i prosjektmodellen, som ofte kombineres med annen informasjon. Majoriteten av de kvantitative analysene presenteres i enten regneark eller ulike database-format. Nedenfor er det listet opp noen av de kvantitative analysene:

- *Mengdeberegning* – Den fysiske informasjonen i modellobjektene ekstraherer materialmengder
- *Estimat av byggekostnad* – Informasjon i modellobjekter knyttes opp mot en kostnadsdatabase
- *Kontantstrømanalyse* – Analysen kombinerer estimat av byggekostnader og fremdriftsplaner for å kontrollere kontantstrømmen i prosjekt
- *Livssyklusanalyse* – Analysen kombinerer alle kostnadsposter (både pre- og postsekvensielle) og energianalyser for modellobjektene for å estimere prosjektets livssyklusprognose

Det vil naturlig nok være overlapping mellom og innad i de ulike analysegruppene i BIM, samt at de vil og kan utføres på forskjellige tidspunkt i prosjekt. Noen analyser foregår kontinuerlig gjennom hele prosjektsyklusen, mens andre kan inngå som et lite segment av delprosessen i en prosjektfase.

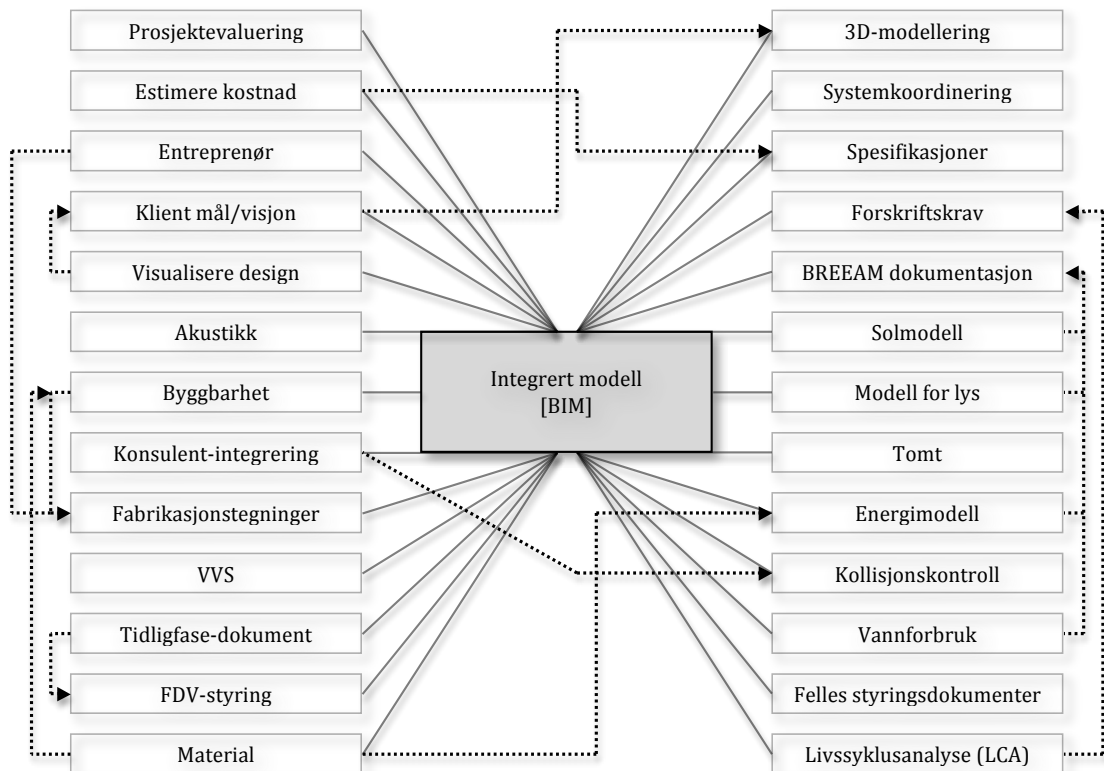
2.4.6 Kontrollere

Ettersom objektene i BIM er parametrisk og sammenkoblet, kan all informasjon i prinsippet tegnes hvert enkelt element. Informasjonen kan eksempelvis være kostnad, miljøpåvirkning, brannmotstand, produksjonssted, materialstyrke og så videre. Avhengig av objektenes detaljnivå i modellene, kan bruk av BIM bedre kontrollen av de ulike prosjektrelasjonene. Som et resultat av høyere detaljnivå kan blant annet tverrfaglige kollisjonsinteraksjoner lettere oppdages og forhindres (Hardin, 2009). Med kollisjonsinteraksjoner menes utfordringer mellom to eller flere prosjektaktører som må oppklares. I tillegg vil det være naturlig å mellom annet koble kostnad opp mot objektene for å fortløpende evaluere designalternativer i prosjekteringsfasen, planlegge og følge opp 4D-fremdriftsplaner i produksjonsfasen og forsikre seg om at kvalitet og dokumentasjon er i henhold til lovverk og standard i både produksjon- og ettertidsfasen.

2.4.7 Dokumentere

Siden BIM er strukturert som en database, koordineres byggetegninger og annen prosjektinformasjon øyeblikkelig og automatisk. Det gjøres ettersom dokumentasjonen kan tilegnes direkte til BIM-objekter eller som uavhengige dokument i BIM-databasen (Krygiel & Nies, 2008). I slutfasen av prosjekteringen kan eksempelvis tilegnet objektinformasjon legge grunnlag for fabrikkstegninger som lagres og senere benyttes av utførende på byggeplass. Informasjonen i modellen kan dessuten lokalisere samtlige modellobjekt, og brukes til prosjektforvaltning og sporing og utskifting av defekte komponenter etter endt prosjekt. Prosessen og verktøyet BIM er opprinnelig utviklet for å skape ting én gang, og en av de mest hensiktsmessige bruksområdene for en BIM er evnen til å utnytte allerede utført arbeid gjort av arkitekter og ingeniører (Hardin, 2009). Videreføring av allerede dokumentert informasjon fra tidligfase og prosjekteringsfase til produksjons- og ettertidsfasen er en stor styrke med BIM.

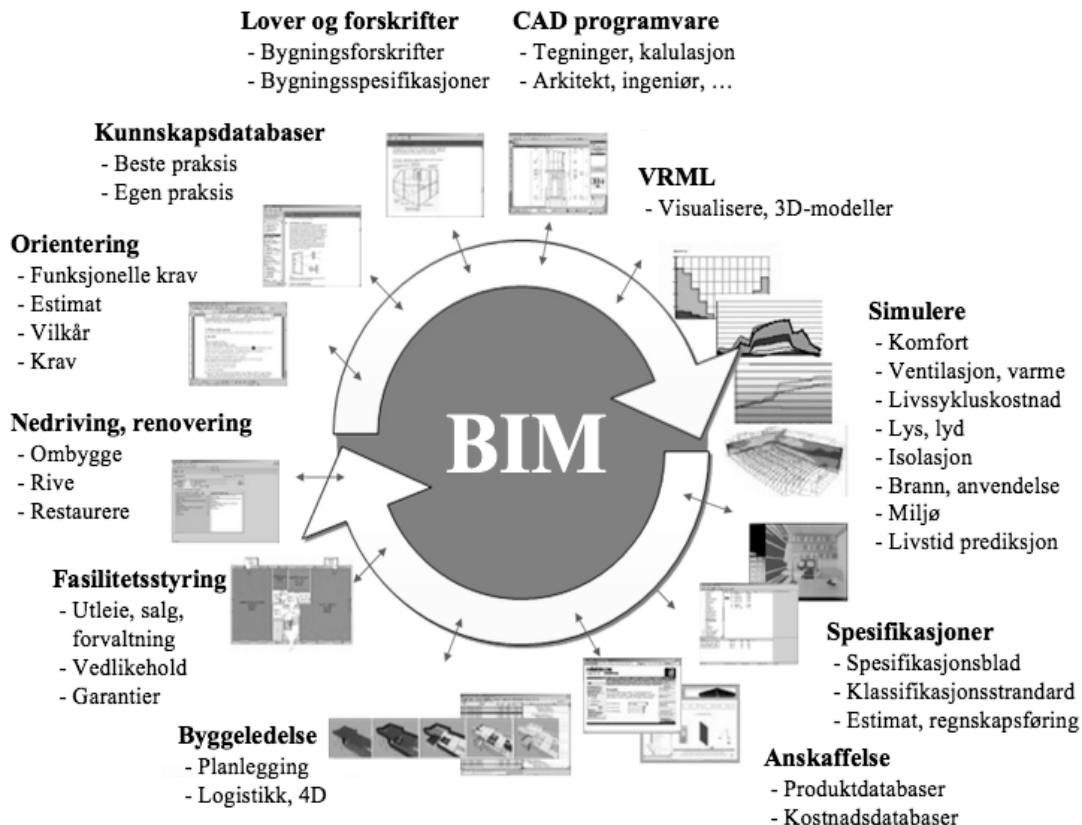
Oppsummert er BIM et verktøy og en prosess som samler all prosjektinformasjon i én inkomponert database. Samhandling kombinert med visuell fremstilling utgjør BIMs fundament, og dersom implementert riktig, integrerer BIM de tverrfaglige disiplinene på et tettere og tidligere tidspunkt. På den måten legger BIM et bedre grunnlag for å løse interaksjoner og forbedre kommunikasjon både internt og eksternt i prosjekt. Merk at koblingene i Figur 16 bare er illustrativ og et eksempel på hvordan prosesser i BIM kan være relatert – i praksis vil det være betydelig flere interaktive koblinger mellom kategoriene.



Figur 16: Eksempel på koblinger og rammeverk mellom prosjektkomponenter i BIM (Adaptert fra Krygiel & Nies, 2008)

2.4.9 BIMs potensiale

I Norge og i verden generelt er BIM fortsatt i en tidlig teknologisk utvikling med et betydelig potensial. Blant landene som er ledende i BIM er Storbritannia, Singapore og Norge. En av utfordringene med implementering av BIM i byggebransjen er omvelting av prosesser og samarbeidsformer, og tidligere mangel på interoperable applikasjoner og datalagringsformat. Internasjonale standarder er på full fart på vei inn i byggebransjen, hvor blant annet buildingSMART Norge slapp mars 2015 en BIM-Guide for å styrke arbeidet rundt åpenBIM. Fortsatt er det en lang vei å gå før byggevirkksomheten kan benytte BIM til det fulle. I Figur 17 vises noen av dagens bruksområder av en BIM, samt fremtidige og potensielle anvendelser av modellen.



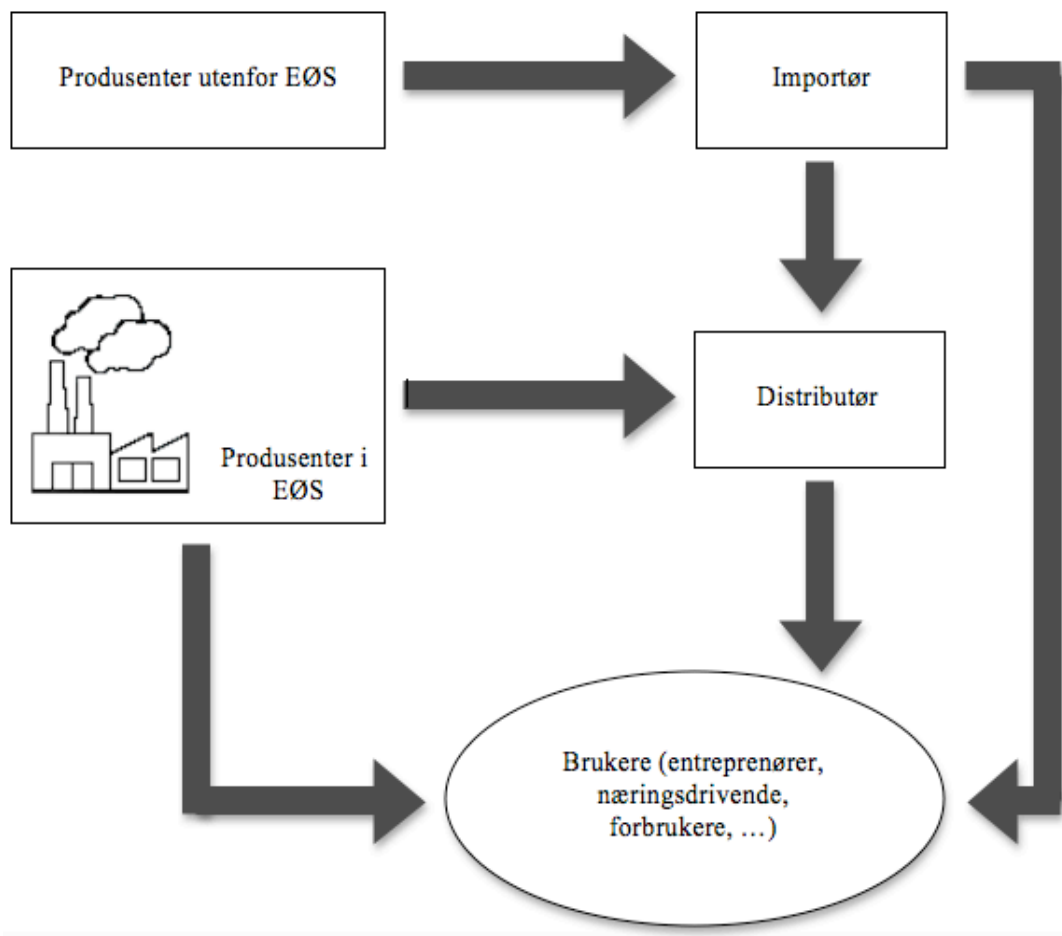
Figur 17: BIMs potensiale (Adaptert fra NIBS, 2008)

Arbeidsflyten har med BIM gått fra å være en sekvensiell tilnærming i byggeprosjekt til mer og mer parallell planlegging og utførelse. Flere, fremtidige trender er spådd, og Dowhower (2010) påpeker at energimodellering vil i fremtiden bli en standard og et nødvendig aspekt med BIM, innsamling og sporing av data på mikro (bygning) og makro (by) nivå, og i tillegg en sømløs kombinasjon av datasettene i BIM og GIS. Derimot, kanskje den største, fremtidige forandringen med utviklingen, er realisering av BIM som et fullstendig kommunikasjonsverktøy. Oppfatningen av prosjektinformasjon vil endre seg fra noe som leveres som et sluttprodukt, til prosjektinformasjon som kan utnyttes og oppdateres over en lang tidsperiode.

2.5 Dokumentasjon i byggeprosjekter

Dokumentasjon av produkt og material fremstilles av informasjon om produktets eller materialets egenskaper og ytelser. I Norge forvaltes regelverket innenfor bygningsområdet av Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) hvor Byggevareforordningen (tidligere Byggevaredirektivet) regulerer dokumentasjonskrav til byggevarer. Byggevareforordningens formål er å bidra til lik anvendelse med et sett av regler innenfor håndtering av byggevarer i Europa. Fra og med 1. juli 2013 (1. januar 2014 i Norge) stiller implementeringen krav til obligatorisk *CE-merking* og *ytelseserklæringer* av byggevarer. CE-merking innebærer å dokumentere sentrale egenskaper beskrevet i standardene eller den europeiske tekniske vurderingen (DiBK, 2013a). Et CE-merket produkt betyr at varen er vurdert og oppfyller felles EØS-krav, men sier derimot lite om produktets kvalitet. Hensikten med ytelseserklæringer er å sette kunder og brukere istand til å sammenligne ulike produkter som er tilgjengelig på markedet basert på en serie av felles veldefinerte, målbare parametre, slik at de kan identifisere hvilket produkt som er mest egnet for deres spesifikke krav (European Commission, 2014). En ytelseserklæring er et dokument som gir informasjon om produsent og byggevarerens egenskaper, beskrivelse og bruk.

I omsetningskjeden innenfor byggevareindustrien finnes det flere markedsaktører, og alle disse aktørene har et ansvar for at byggevarer er i samsvar med lover og regler. Figur 18 viser en oversikt over ulike aktører i omsetningskjeden.



Figur 18: Ulike aktører i omsetningskjeden (Adaptert fra DiBK, 2013b)

I byggeprosjekter kan dokumentasjon fra produkter eller materialer innhentes fra distributører, importører eller produsenter innenfor EØS. Det er strengere krav til importør enn distributør og produsent innenfor EØS siden importører markedsfører et produkt produsert utenfor Europa for første gang på det europeiske markedet.

I tillegg til at produkter og materialer må oppfylle visse krav og forskrifter før de kan bygges inn, er det i dag større og større krav til produkt og materialers miljøegenskaper – kalt *EPD* – i byggeprosjekt. EPD (Environmental Product Declaration) er en uavhengig, verifiserbare miljødeklarasjon som sikrer produktet eller materialets miljøinformasjon (SINTEF, 2008), som lages på grunnlag av en livsløpsanalyse (*LCA*). Miljødeklarasjonen EPD er basert på en tredjepartskontroll av egenskapskrav spesifisert i EN 15804 - *Bærekraftige byggverk - Miljødeklarasjoner - Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer*. Ettersom byggevarer representerer en miljøpåvirkning gjennom hele byggets livsløp, er formålet med innføring av EPD å kvalitetssikre at produkter ikke inneholder miljøfarlige stoffer i byggeprosjekt. En av grunnene til at krav til EPD er voksende og inngår i større grad i byggeprosjekt er en økende trend gjennom miljøsertifiseringssystemet BREEAM i bransjen. Videre kan produsenter eller leverandører sertifisere byggevarer/kjemikalier gjennom den nordiske miljømerkingen *Svane*. Svanemerket er den synlige og troverdige bekreftelsen på at produkt overholder konkrete krav og grenseverdier basert på en livssyklusvurdering (Svanemerket, 2012). I Norge benyttes i tillegg *SINTEF Teknisk Godkjenning* for å dokumentere at et byggprodukt eller en konstruktiv løsning er funnet egnet i bruk. SINTEF Teknisk Godkjenning bekrefter at produktet tilfredsstiller de krav til dokumentasjon av produktens egenskaper som Forskrift om teknisk krav til byggverk (TEK) stiller for markedsføring av produktet og omsetning av byggevarer (SINTEF, 2014).

2.5.1 Dagens status

Sett i europeisk sammenheng er den norske byggesektoren godt utrustet med systemleverandører som distribuerer prosjektdokumentasjon gjennom næringskjeden som *Norsk Byggevarebase* (NOBB) og *coBuilder*, og er slik til stor hjelp i bransjen for å kommunisere nødvendig dokumentasjon fra produsent og ut på byggeplass. Mange av de store aktørene i norsk byggebransje benytter seg av disse eller tilsvarende systemleverandører, men utfordringen er å få samtlige entreprenører, leverandører og/eller produsenter i byggebransjen om å levere og ta i bruk elektroniske systemer.

2.5.2 Dokumentere i åpenBIM

Filformatet IFC er plattformen og knyttingspunktet for kommunikasjon mellom programvarer og aktører. Dataordboken bSDD er nøkkelen for at kommunikasjon mellom programvarer og prosjektaktører, både innad og på tvers av land, effektivt kan ta plass. Med tanke på dokumentasjon av produkter og materialer i åpne, digitaliserte standarder er det svært verdiskapende og en nødvendighet å bygge opp et nytt språk som kan tilegne produkter sin personlige og karakteristiske identitet. Som nevnt i kapittel 2.3.1, gjøres dette ved å knytte en *GUID* for hvert enkelt produkt, og bygge opp relasjoner og egenskaper mot identiteten. Bruk av åpenBIM bidrar på den måten til et felles språk gjennom bSDD (ISO 12006-3) og en felles kommunikasjonsplattform gjennom IFC (ISO 16739) til at elektroniske systemer kan lese og kommunisere data.

2.5.3 Databaser for byggevareområdet

Bruk av åpenBIM til prosjektdokumentasjon i byggeprosjekt forutsetter at det eksisterer databaser som kan distribuere dokumentasjon som oppfyller krav til blant annet CE-merking, ytelseserklæringer, sikkerhetsblad og EPD, samt norske forskrifter og standarder for bruk. Nedenfor er det beskrevet to bedrifter som tilbyr akkurat dette.

coBuilder

Bedriften coBuilder tilbyr elektroniske systemer som gjør det enklere for aktører i byggebransjen å dele relevant prosjektinformasjon. Målsetningen deres er å effektivisere informasjonsflyten i bygge- og anleggsbransjen ved å tilby og distribuere alle typer relevant, digital produktinformasjon (coBuilder, 2014a). De baserer oppbygningen av databasestrukturen på buildingSMART standardene og legger med det til rette for en fremtidig kobling mot digitale informasjonsløsninger i byggebransjen. Nedenfor beskrives to av coBuilders systemer.

coBuilderPRO

coBuilderPRO tilbyr et verktøy for effektiv innsamling, opplasting og overlevering av blant annet relevant produktdokumentasjon, tegninger, FDV-dokumentasjon og bilder i byggeprosjekt. Entreprenør eller underentreprenør henter dokumentasjon fra databasen og kan eksempelvis legge inn produkter som de har brukt i prosjektet. Både entreprenør og underentreprenør har mulighet til å invitere andre entreprenører til prosjektdatabasen.

ProductXchange

ProductXchange er et elektronisk stoffkartotek for å hjelpe bedrifter til å oppfylle myndighetskrav til bruk av kjemikalier på arbeidsplassen. Systemet legger til rette for kjemisk risikovurdering, kjemisk kommunikasjon oppover og nedover i leverandørkjeden, samt kjemikaliehåndtering (coBuilder, 2014b).

Alle prosjekter, dokumentasjon og sikkerhetsdatablad som blir opprettet i coBuilderPRO ligger også i ProductXchange.

IFD SignOn

IFD SignOn er et oppslagsverk for relevant informasjon og dokumentasjon innenfor bygg, elektro og VVS. Verktøyet er laget for å fungere i et webgrensesnitt gjennom ulike innkjøpssystemer og med tilgang til BIM-modell. Formålet med IFD SignOn er å lettere finne spesifikke produkter basert på egenskaper og tekniske krav gjennom BIM og e-handel. Bruk av IFD SignOn gir tilgang til produktinformasjon for varedatabasene *NOBB* (Norsk Byggevarebase), *EFO* (Elektroforeningen) og *NRF* (Norske Rørgrossisters Forening) med totalt over 1,4 millioner ulike produkter.

2.5.4 BIM-verktøy for dokumentasjonshåndtering

De finnes mange, forskjellige BIM-verktøy for innsamling og håndtering av dokumentasjon i byggeprosjekt. I dette punktet vil fire ulike verktøy bli presentert, hvorav den ene er brukt som utgangspunkt i denne oppgaven. Felles for disse BIM-verktøyene er 3D-visualisering av prosjektinformasjon, støtte for åpne BIM-standarder, import av modeller, tilgjengelig ved bruk av nettleser og støtte for samtlige maskinvare-plattformer (PC, mobil og nettbrett). Bruksområdene til verktøyene vil til en viss grad være lik, men med noen brukstilpassede funksjoner.

Trimble Connect

Trimble Connect er en nettbasert samarbeidsplattform for prosjektering, produksjon og forvaltning av bygninger. Verktøyet støtter import av BIM-modeller over internett, og kan mellom annet brukes til kostnadsoppfølging, tverrfaglig koordinering mellom aktører samt lagring og arkivering av prosjektdokumentasjon. Trimble Connect støtter de aller fleste filformater som benyttes under byggeprosjekt.

BIM+

Det åpne, nettbaserte verktøyet BIM+ muliggjør for synkronisering og effektiv koordinering av prosjektinformasjon gjennom en felles server. Verktøyet lagrer, deler, 3D-visualiserer og kobler prosjektinformasjon for alle byggefaser.

4Projects

Verktøyet 4Projects bidrar til kollektivt samarbeid gjennom alle faser i byggeprosjekt, og kan visuelt vise prosjektinformasjonen gjennom tillegget *4BIM*.

Bimsync

Nettbasert BIM-verktøy som beskrives i detalj under 2.6.

2.6 Plattformen bimsync

I BIM-verden finnes det utallige programmer som utfører sin fagspesifikke disiplin, og ofte setter programvarene krav til opplæring og høy PC-ytelse. Det bimsync ønsker å gjøre med sin nettbaserte plattform er å tilgjengeliggjøre prosjektinformasjon på alle plattformer for alle aktører, og minske terskelen for å benytte seg av BIM-teknologien i byggeprosjekter.

2.6.1 Hva er bimsync?

Bimsync er en plattform for lagring og distribusjon av åpne BIM-modeller (IFC-filer) mellom ulike, tekniske fag i prosjekt. Plattformen er tilgjengelig over internett, og ingen installasjon av programvare er nødvendig – bimsync kjøres gjennom bruk av en nettleser (Firefox, Chrome, Safari, Opera og IE 11). Aktører har derfor tilgang til alle modeller i prosjekt når som helst – og på hvilken som helst plattform (mobil, nettbrett eller PC). I bimsync vises modellene gjennom programmets *viewer*; en 3D-visualisering av IFC-filene hvor de ulike fagmodellene, samt revisjonene, vises lagvis. Prosjektutfordringer utføres ved bruk av funksjonen *Issues*, som intuitivt viser problemområdet og lagrer plasseringen internt i bimsync for utbedrende aktør. Sist – men ikke minst – kan BIM-objekter tilegnes informasjon gjennom databaser. Hvilken informasjon det er snakk om kan være alt fra produkt- og/eller materialdokumentasjon, monteringshenvisninger, sjekklister eller om tilgjengelighet av material på byggeplass. Plattformen representerer på mange måter bindeleddet mellom en BIM og dokumentasjonsinnsamling og -håndtering i prosjekt.

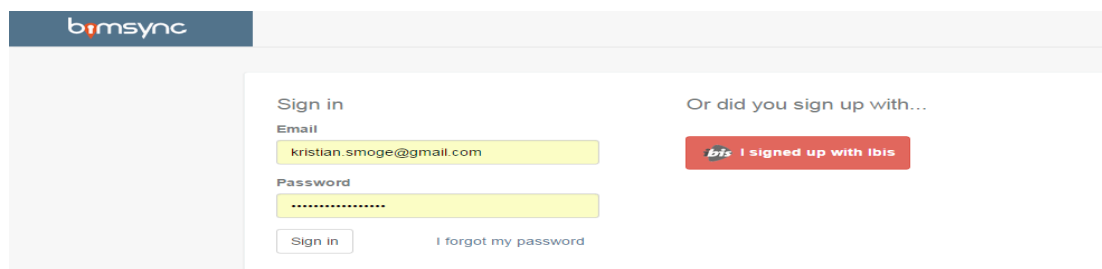
Programmet bimsync er utviklet over flere år av den norske bedriften *Catenda* som består av totalt ni ansatte med kontorer i Oslo og Bergen. Selv om bedriften er relativ liten med et nytt produkt i et relativt lite marked, har de stor kompetanse innenfor IT, BIM og bruk av åpne standarder, og baserer sine systemer på de internasjonale standardene fra buildingSMART. Catendas visjon er å tilby byggenæringen en plattform hvor informasjon ligger og flyter, og å muliggjøre for en livsløpsbasert og dynamisk informasjonsprosess gjennom prosjektets levetid. Catenda har i tillegg bidratt til å lage den tekniske infrastrukturen i buildingSMARTs Dataordbok.

2.6.2 Detaljert beskrivelse av bimsync

I beskrivelsen av plattformen bimsync tas det utgangspunkt i demohus-prosjektet til demohuset.no

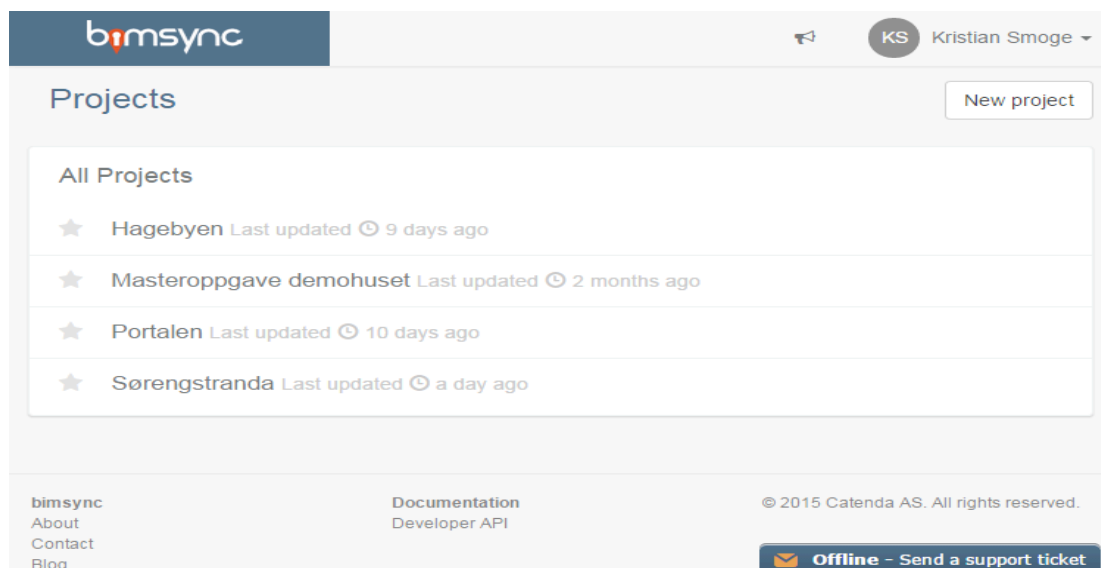
Innledning

For å **komme i gang** trengs det en bimsync-lisens som bedrifter må abonnere på. Dette gjøres ved å kontakte Catenda.



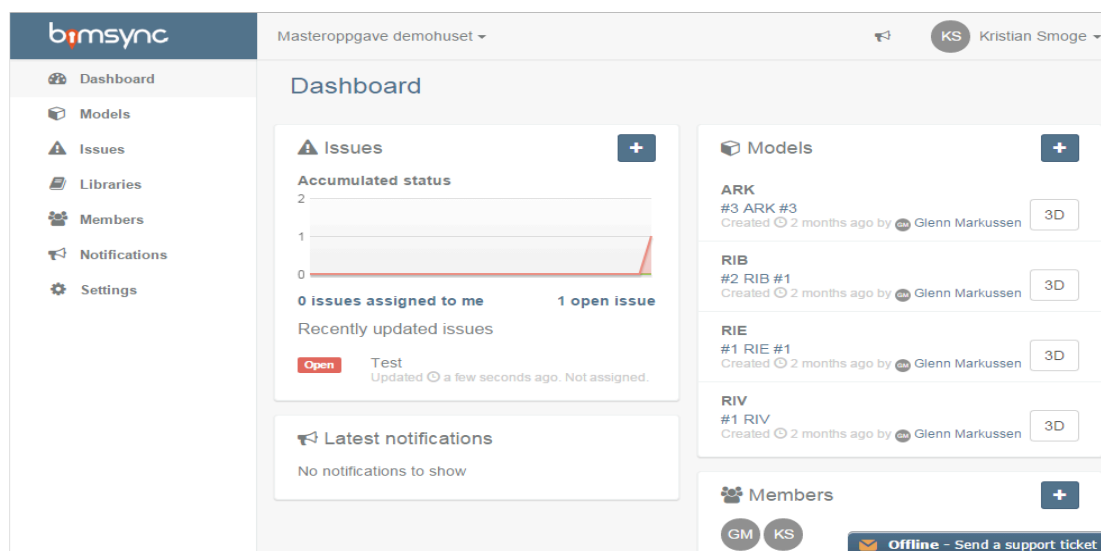
Figur 19: bimsync – Innlogging

Etter innlogging vises **menyen** med oversikt over tilknyttede prosjekt. Ved å trykke på *New project* kan nye prosjekter opprettes etter godkjenning fra bimsync.



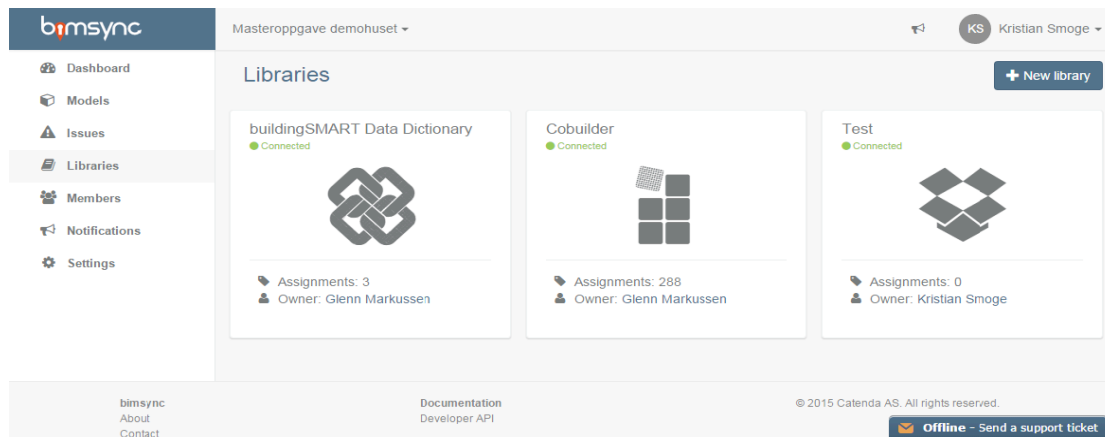
Figur 20: bimsync – Meny

Ved å trykke på aktuelle prosjekt vises en **oversikt** (*Dashboard*). Her kan aktører visuelt se om prosjektet har noen kollisjoner eller konflikter (*Issues*), oversikt over hvilke modeller som er lastet opp til prosjektet (*Models*), varslinger fra prosjektaktører knyttet til modellimport, prosjektutfordringer og prosjektmeldinger (*Notifications*), samt hvilke medlemmer som er tilknyttet prosjektet (*Members*).



Figur 21: bimsync – Oversikt

Det som ikke vises i Dashboard er *Libraries* og *Settings*. I *Settings* defineres prosjektnavnet samt beskrivelse av prosjektet og geolokasjonen. *Libraries* angir hvilke **databaser** som er tilknyttet prosjektet. For alle prosjekter inngår tilkoblingen opp mot bSDD, og for demohus-prosjektet er databasene *coBuilderPRO* og *Test* tilgjengelig. For å legge til databaser trykkes det på *New library*.

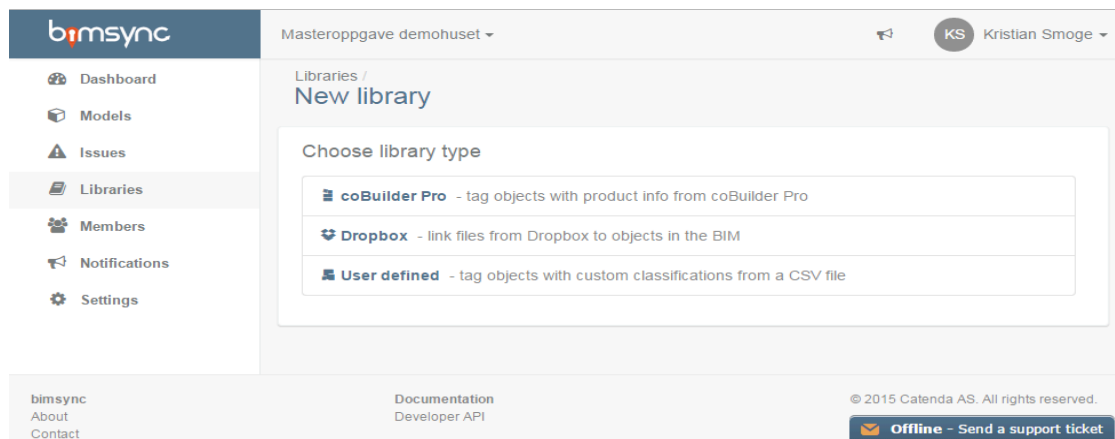


Figur 22: bimsync – Databaser

Ved å trykke på *New library* er det tre muligheter for å tilegne modellobjektene informasjon:

- Informasjon fra databasen *coBuilderPRO* kan tilegnes ved å tagge objekter basert på buildingSMART-standardene
- Filer (dokument, PDF osv.) kan tilegnes ved tjenesten *Dropbox*
- Tagge objekter med egendefinert klassifisering fra en *CSV*-fil ved hjelp av *User defined*

Felles er at hvert spesifikke BIM-objekt *tagges* og tilegnes informasjon. *Test*-databasen for demohuset er i dette tilfelle en *Dropbox*-mappe bestående av *PDF*er. Den brukerdefinerte-databasen er ikke tilknyttet for demohus-prosjektet.



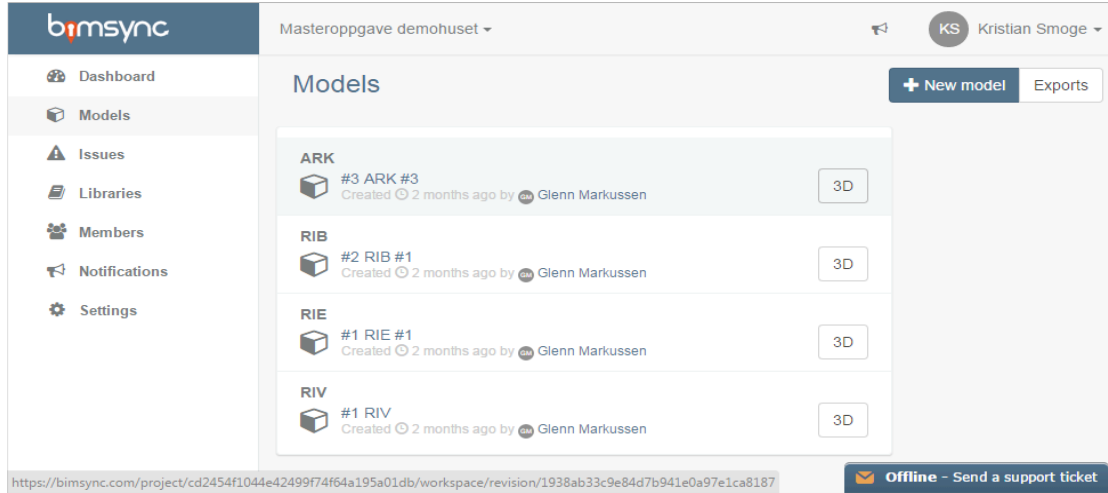
Figur 23: bimsync – Ulike databaser

For å få knytte de tre databasene opp mot bimsync er det visse forutsetninger som må ligge til grunn:

- **coBuilder Pro** - Prosjektet må være registrert i coBuildersPROs systemer ved å få tildelt en *coBuilder Pro ID*
- **Dropbox** - En *Dropbox*-konto med tilstrekkelig lagringskapasitet må opprettes/kjøpes
- **Brukerdefinert** - Det må oppgis en kode til den brukerdefinerte-databasen

Viewer

For å visuelt se modellene må IFC-filer importeres og 3D trykkes på. For demohuset er ARK, RIB, RIE og RIV representert med tilhørende revisjoner for ARK og RIB (henholdsvis tre og to revisjoner). Merk at modellene også er tilgjengelig fra *Dashboard* (se Figur 21).

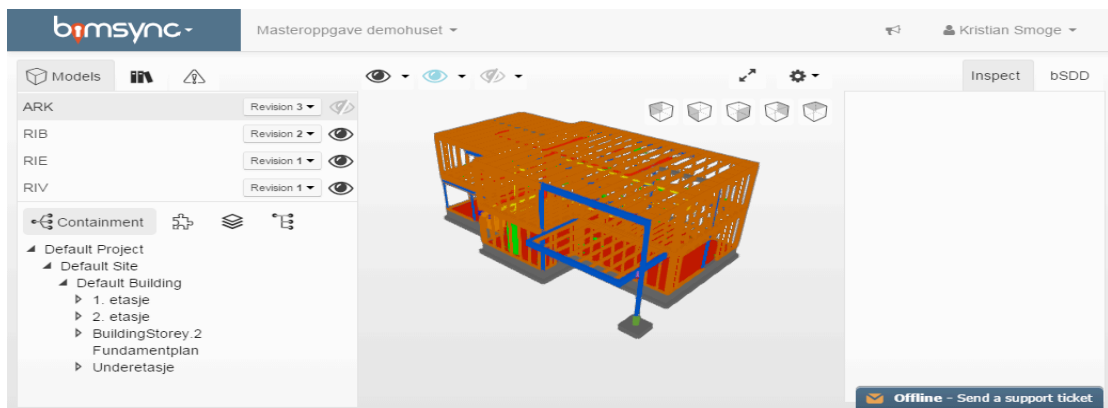


Figur 24: bimsync – Modeller

Modellene kan enten vises hver for seg som i Figur 25 (kun ARK-modellen), eller som i Figur 26 (RIB, RIE og RIV).



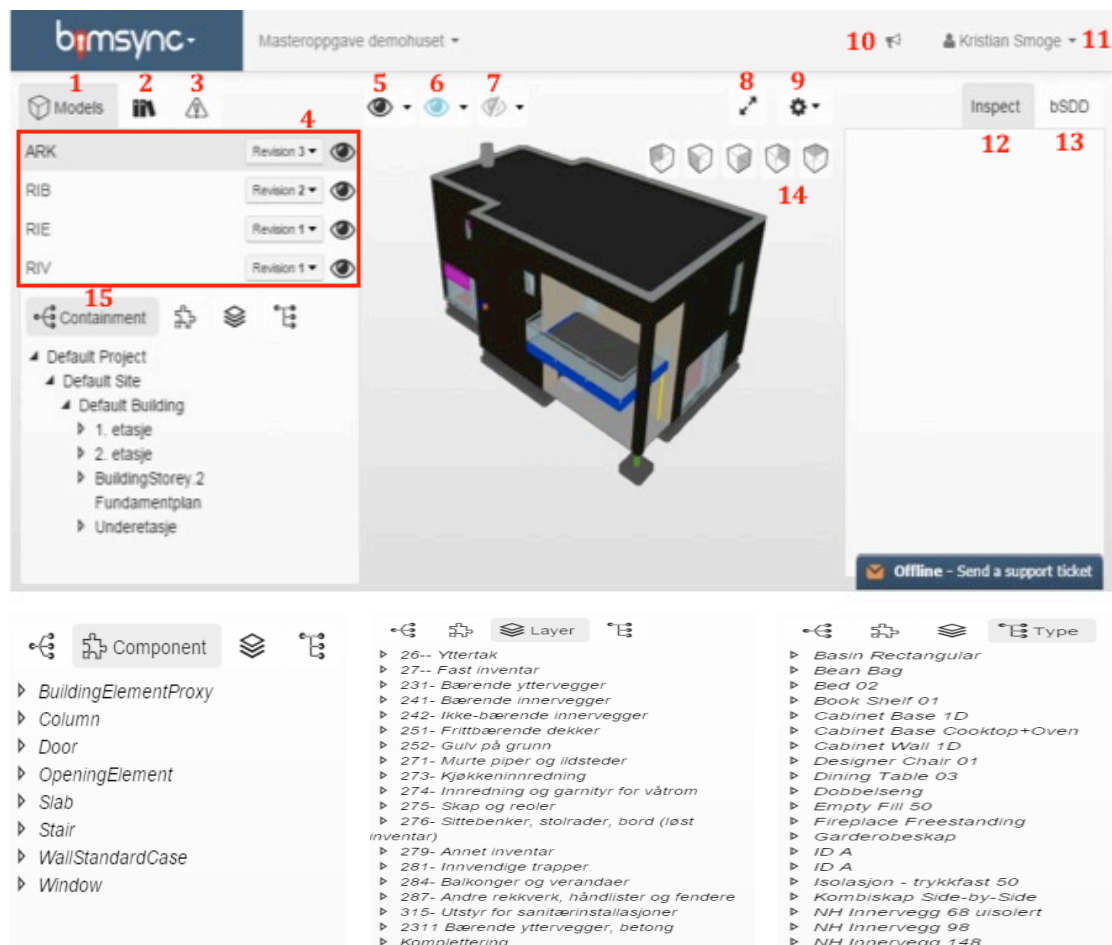
Figur 25: bimsync – ARK



Figur 26: bimsync – RIB, RIE og RIV

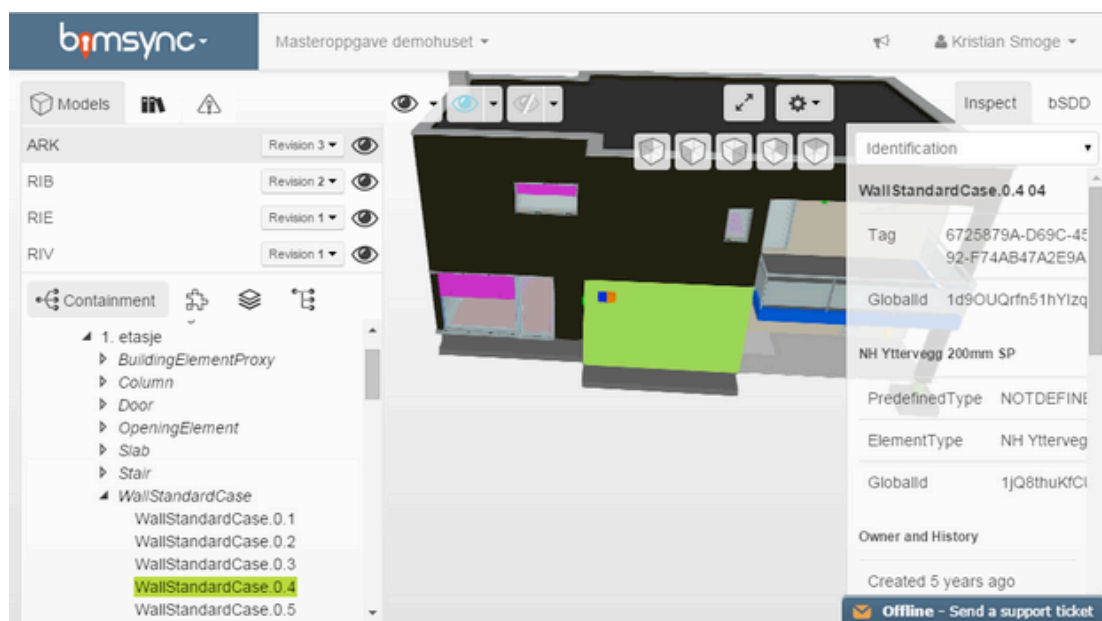
En grundig beskrivelse av viewer-funksjonen kan ses i Figur 27. Videre i gjennomgangen vil plattformen bimsync forklares utfra de fire ulike fagmodellene for demohuset.

Nr	Beskrivelse	Nr	Beskrivelse
1	<i>Models</i> angir tilgjengelige modeller med revisjoner	9	<i>Innstillinger</i>
2	<i>Libraries</i> tilegner BIM-objekter informasjon fra databaser	10	<i>Varsel</i>
3	<i>Issues</i> oppretter en prosjektutfordring	11	<i>Profil</i>
4	De ulike modellene – her vist med de nyeste revisjonene	12	<i>Inspect</i> viser all tilegnet informasjon for valgt element
5	<i>Show</i> viser alle modellene dersom en prosjektaktør ser på et valgt, isolert element	13	<i>bSDD</i> gir mulighet til å <i>tagge</i> elementer
6	<i>Translucent</i> gjør et valgt element gjennomsiktig	14	Modellen kan ses fra forskjellige vinkler
7	<i>Hide</i> gjemmer alle andre elementer enn valgt element	15	En BIM-modell kan ses på fire måter: <i>Containment</i> , <i>Component</i> , <i>Layer</i> og <i>Type</i>
8	<i>Toogle side panels</i> gjør at kun modellen(e) vises		



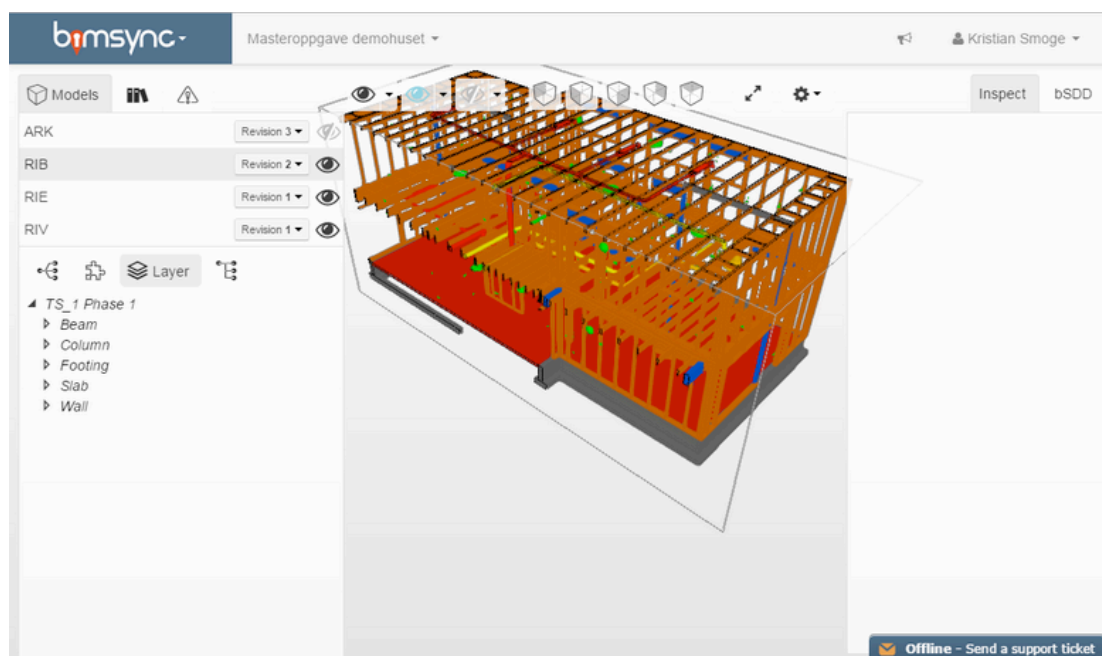
Figur 27: bimsync – Beskrivelse av viewer

Når et element velges, vises informasjon gjennom *Inspect* på høyre side. For alle elementer er det i tillegg mulig å bruke *bSDD* som kan komme med forslag til hvordan elementet kan *tagges*.



Figur 28: bimsync – Valgt element

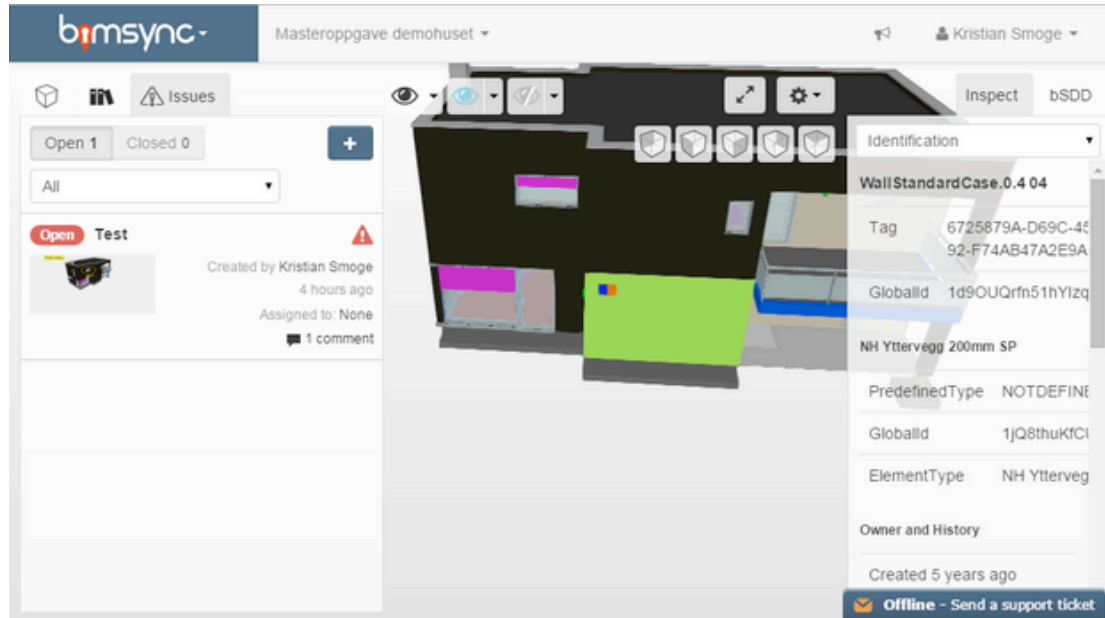
En funksjon med bimsync og viewer er muligheten til å snitte både vertikalt og horisontalt. Det gjøres ved å trykke på det elementet i planet det ønskes å snitte i, høyre klikk på mustasten og velge *Add Clipping Plane*. Formålet med en snitt-funksjon er at aktører kan dele opp modellen og se modellen på ønsket måte.



Figur 29: bimsync – Vertikale og horisontale snitt

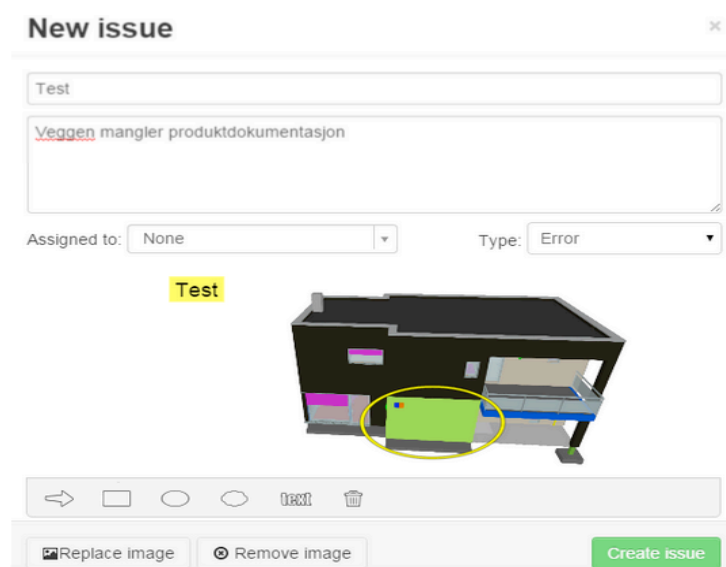
Issues

Bimsync kan brukes til å sjekke prosjektutfordringer innad og mellom de ulike fag. Det utføres ved at prosjektaktører gjennomgår modellen og foretar en visuell kontroll. Dersom utfordringer oppdages, kan det lages en *Issue*. Det gjøres ved å trykke på den blå-hvite boksen i Figur 30 .



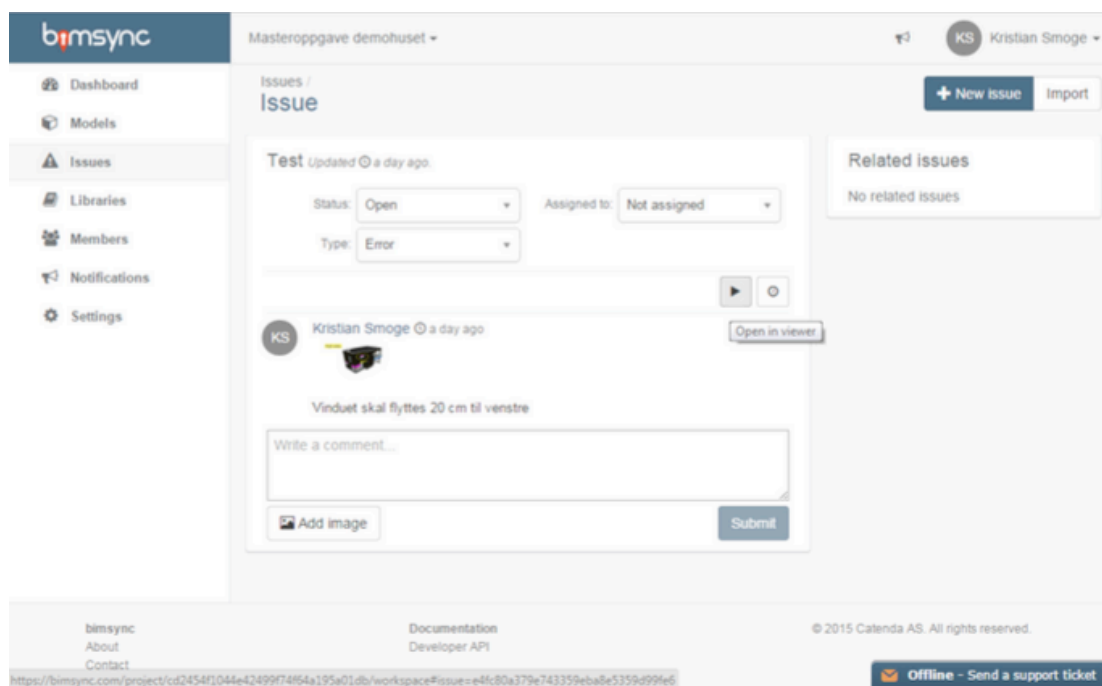
Figur 30: bimsync – Opprette en Issue

Ved å trykke på den blå-hvite rubrikken dukker det opp et lite vindu for å lage en Issue. Her er det mulig å beskrive utfordringen nærmere med tekst (test i gul skrift) og/eller med en gul sirkel. Samtidig kan det for Issuen velges til hvilken person utfordringen skal tilegnes, samt hvilken type Issue dette er (det kan velges mellom *Error*, *Warning*, *Info* eller *Unknown*). Alle Issueene for pågående prosjekt vises i *Dashboard*, og uløste Issues er røde helt til utfordringen er løst og lukket av aktuelle prosjektaktør.



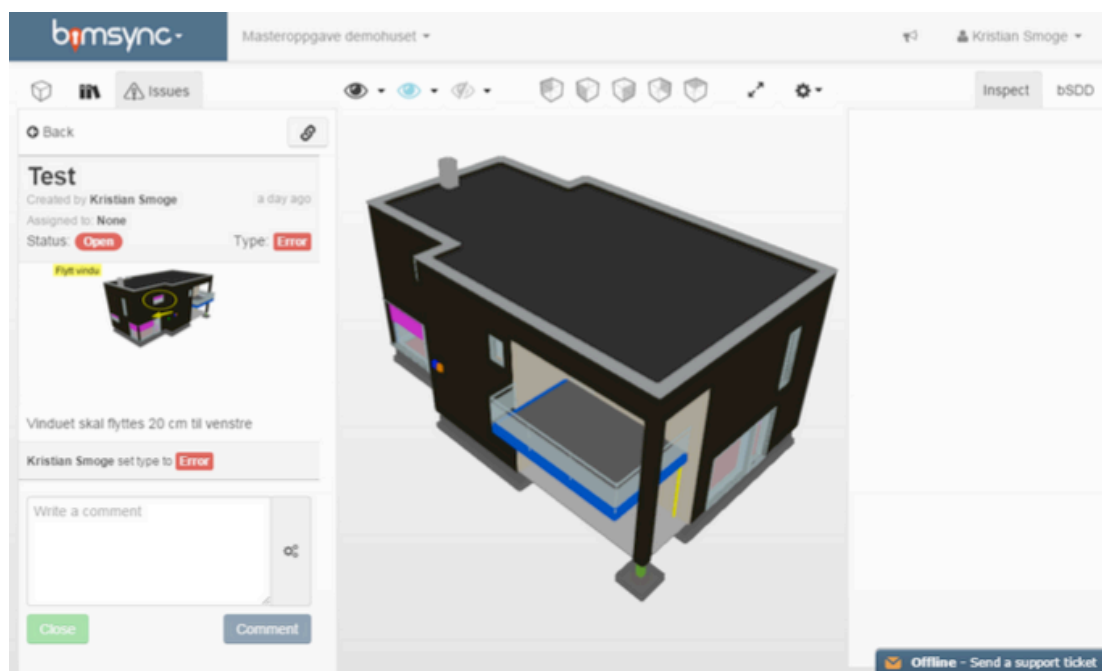
Figur 31: bimsync – Ny Issue

For å åpne en uløst Issue kan det gjøres enten fra *Dashboard* eller *Issues* i venstre menyknapp. Ved å trykke på *Open in viewer* åpnes utfordringen. I tillegg kan det skrives en kommentar, endre status, legge til bilde, endre hvilken type informasjon det er snakk om og/eller endre ansvarlig utførende.



Figur 32: bimsync – Åpne en Issue

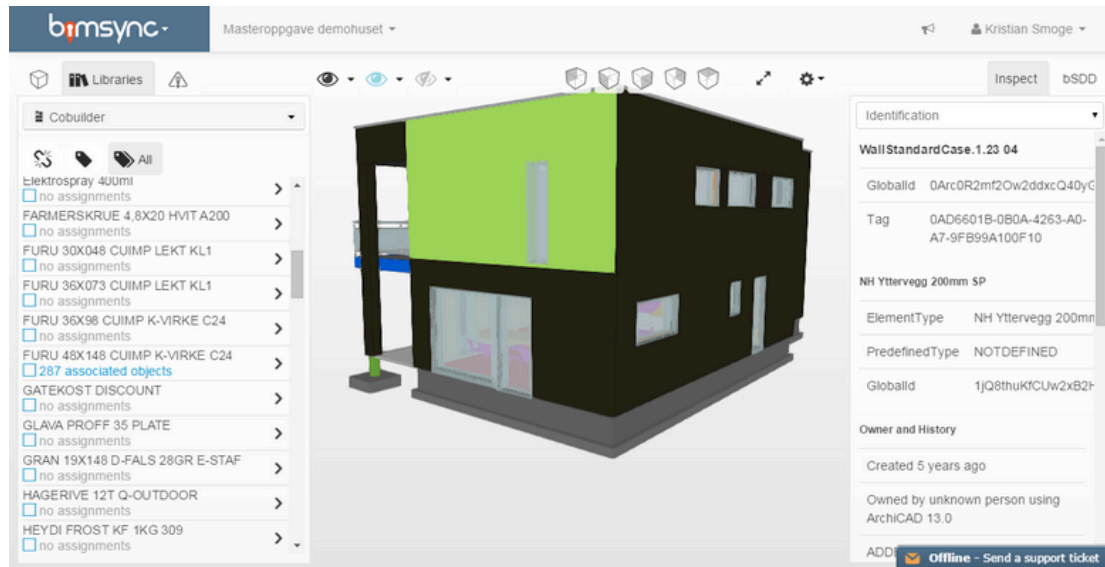
Etter at *Open in viewer* er klikket på, vises Issuen i viewer. Ved å klikke på bildet til venstre under Test, viser bimsync lokasjonen av prosjektutfordringen. Ansvarlig utførende kan da velge å kommentere eller stenge Issuen.



Figur 33: bimsync – Uløst Issue

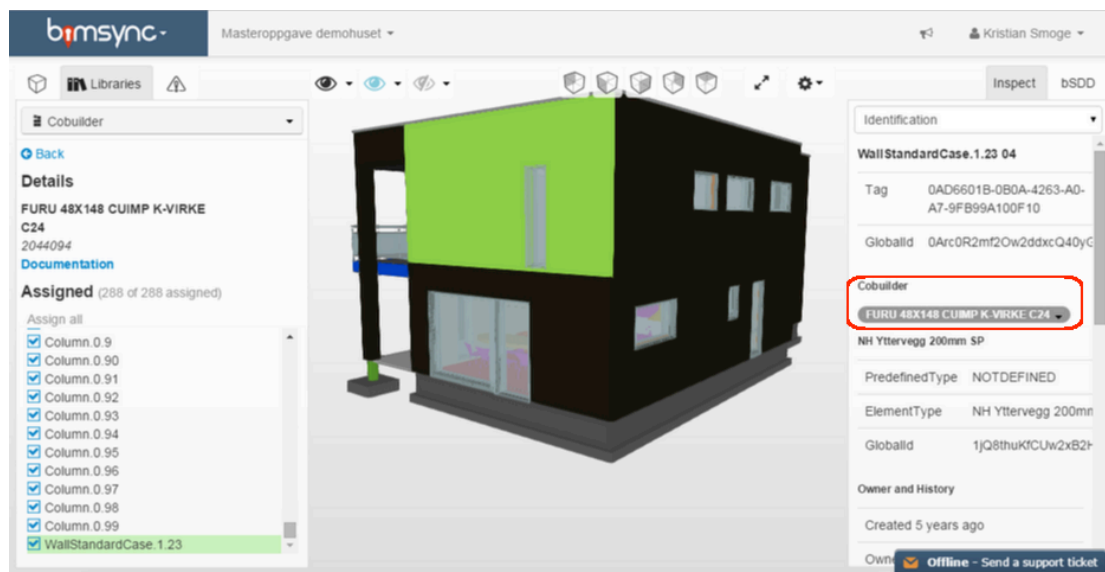
Libraries

Dersom det er ønskelig å tilegne objekter informasjon trykkes det på *Libraries*. Her vil det komme opp flere valg, blant annet hvilken database det ønskes å hente informasjonen fra (i Figur 34 er coBuilderPRO-databasen valgt). Samtidig kan det velges om alle tilknyttede produkter til prosjektet skal ses, vise de produktene som allerede er tilegnet for elementene eller vise produkter som ikke er tilegnet (i Figur 34 vises alle tilknyttede produkter).



Figur 34: bimsync – Libraries

Den valgte veggen kan bestå av flere ting: overflatebehandling, stendere, spikerslag, topp- og bunnsviller og så videre. I dette tilfellet er det valgt å tilegne veggen FURU 48x148 CUIMP K-VIRKE C24. Som den røde boksen viser på *Inspect*-rubrikken til høyre i Figur 35, har veggen nå fått tilegnet dokumentasjon fra databasen coBuilderPRO.



Figur 35: bimsync – Tilegne dokumentasjon til objekter

Ved å trykke på FURU 48x148 til høyre, kan dokumentasjonen hentes frem. I tilfellet med produkter dokumentert fra coBuilderPRO, sendes prosjektaktører til en ekstern coBuilderPRO-server over internett. Figur 36 viser hvilken informasjon produktet er tilegnet. Ettersom den valgte databasen bygger på buildingSMARTs prinsipper, kan språk enkelt forandres. Ved endring av språk oversettes informasjonen automatisk til det riktige lands standarder.

Produktinformasjon

Produktinformasjon Velg språk: Norsk Bokmål

Produktnavn	FURU 48X148 CUIMP K-VIRKE C24
Beskrivelse	N/A
Leverandør	Larvik Impregneringskompani AS
Produkttyper	konstruksjonstre(virke)
Leverandørens produktnummer	048X148S
GTIN	7052880767224
Harmonisert standard	EN 14081-1 Timber structures Strength graded structural timber with rectangular cross section

Bilde 1 av 1: FURU 98X148 CUIMP K-VIRKE C24

Produktegenskaper: SDS, Dokumenter, Miljø, Forhandlere, Relaterte produkter

Det er ingen egenskaper av den spesifiserte typen for dette produktet

Figur 36: bimsync – coBuilderPRO-dokumentasjon

I det neste tilfellet er Test-databasen valgt, som består av en Dropbox-mappe med PDF-dokumentasjon. Det valgte elementet i Figur 37 er betongdekket i først etasje. Merk at bimsync legger opp til å gjøre dokumenteringsoperasjonen for like elementer på en enkel måte, slik at det bare er nødvendig å utføre beskrivende prosess én gang. Det kan utføres ved å benytte seg av *steg 15* i Figur 27.

bimsync - Masteroppgave demohuset - Kristian Smoge

Libraries Test

- PDF-Dokumentasjon
 - Armeringsprodukter til
 - Brannslukningsmaterieil
 - Bygningsplater
 - Diverse
 - Dør- og vindusprodukter
 - Festemidler
 - Geotekstiler og geomembraner
 - Golvprodukter
 - Isolasjonsprodukter
 - Kledningsprodukter
 - Metallbaserte konstruksjonsprodukter
 - Murprodukter
 - Overflateprodukter
 - Sanitærprodukter - avløp
 - Sanitærprodukter - maskiner og apparater
 - Sanitærprodukter - vann
 - Sement- og betongbaserte produkter

Inspect bSDD

Identification: Slab.0.1 BETONGDEKKE

ObjectType	100*7700
Description	100*7700
Tag	TS_3050
GlobalId	1C12WR0001Kp
PredefinedType	FLOOR

Tekla_General

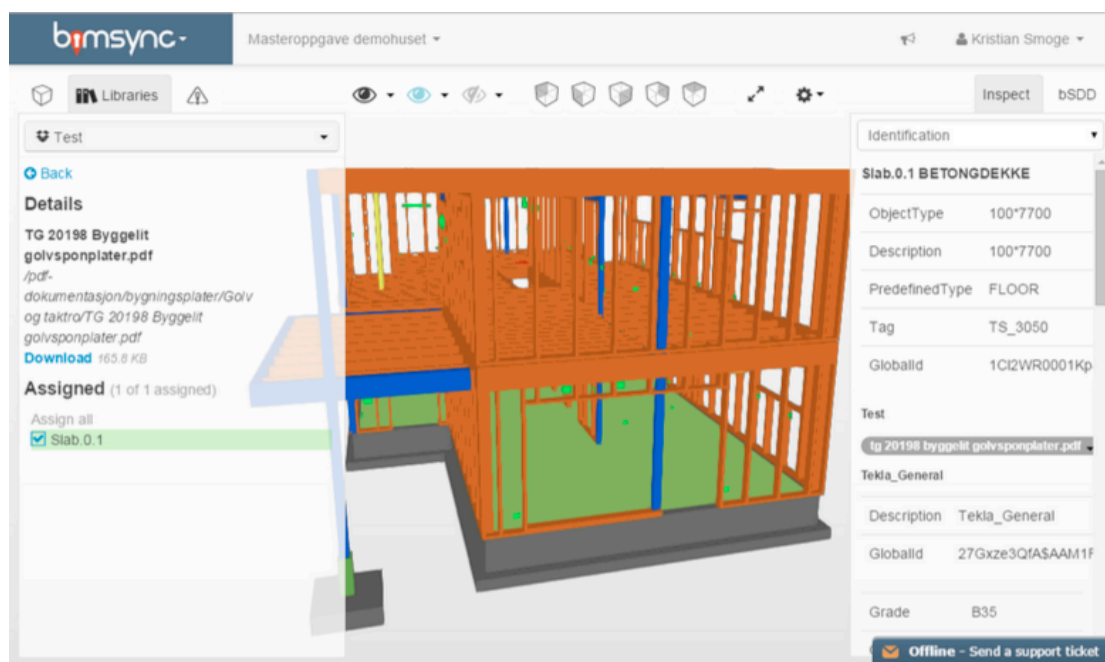
Description	Tekla_General
GlobalId	27Gxze3Q/ASAAM1F
Grade	B35
Class	30

Part Position: Concrete, RD

Offline - Send a support ticket

Figur 37: bimsync – PDF-dokumentasjon (1)

Ettersom Test-databasen inneholder en begrenset mengde PDF-dokumenter, ble det valgt å tilegne betongdekket Byggelit golvspanplate. Dersom den tilegnede informasjonen til BIM-objektet skal åpnes ved bruk av Dropbox-databasen, må PDF-dokumentet lastes ned.



Figur 38: bimsync – PDF-dokumentasjon (2)

Oppsummert kan plattformen bimsync bidra til at samtlige prosjektaktører visuelt kan se prosjektmodeller, tilegne prosjektutfordringer gjennom *Issues* og knytte prosjekt-dokumentasjon til BIM-elementer gjennom *Libraries* og prinsippet om tagging.

3

Metode

I metodekapittelet beskrives begrepet metode nærmere samt hvilken forskningsmetode oppgaven legger til grunn. I tillegg beskrives forskningstilnærming, forskningsstrategi, casestudie og intervju samt litteratursøk, før oppgavens troverdighet omtales

3.1 Hva er en metode?

En metode er en fremgangsmåte eller et middel for å nå et mål eller søke ny kunnskap, og er læren om de verktøy som kan benyttes for å samle inn informasjon. Halvorsen (1993) beskriver en metode med følgende ord:

”En metode er en systematisk måte å undersøke virkeligheten på.” (s. 34)

Formålet med metodelære og bruk av ulike metoder er å forbedre og skjerpe oppdagelsesevnen for å lettere kunne validere og evaluere hendelser, holdninger, meninger og sosiale betydninger (Halvorsen, 1993). På den måten kan forskere systematisk dokumentere og redegjøre for valgene sine, og bidra til at utenforstående kan bedømme eller videreføre arbeidet som har blitt gjort.

3.2 Forskningsmetode

Ved innhenting av informasjon kan forskningsmetoden enten være kvalitativ eller kvantitativ. Kvalitativ metode innebærer å vurdere kilden ut fra type, troverdighet og autoritet, og bidrar til å beskrive helheten av informasjonen, mens kvantitativ metode angir presisjonen på informasjonen (Samset, 2008). Med andre ord tar den kvalitative metoden sikte på å beskrive begivenheter eller oppfatninger som vanskelig lar seg tallfeste, mens den kvantitative metoden bearbeider informasjon om til målbare enheter.

Videre beskriver Dalland (2012) forskjellen på kvantitativ og kvalitativ metode på følgende måte:

”De kvantitative metodene har den fordel at den gir data i form av målbare enheter. Tallene gir oss muligheter til å foreta regneoperasjoner. (...) De kvalitative metodene tar sikte på å fange opp mening og opplevelse som ikke lar seg tallfeste eller måle.” (s. 112)

Forenklet er forskjellen på kvantitativ og kvalitativ metode knyttet til måten data samles inn på og tolkes, og i denne oppgaven er en kvalitativ tilnæringsmetode benyttet. Kvalitativ metode er valgt ettersom formålet med oppgaven er å få frem helheten av dagens dokumenteringshåndtering i byggebransjen, samt undersøke gjennom testing muligheten av å benytte seg av et BIM-verktøy for å tilegne

dokumentasjon til BIM-modellen i byggeprosjekt. De empiriske dataene er i all hovedsak basert på erfaringsutvekslinger og observasjoner, hvor resultatene er presentert i form av tekst, tall eller figurer.

Forskningsspørsmål

I oppgaven er fire forskningsspørsmål lagt til grunn. Gjennom en kvalitativ tilnærming baserer oppgavens informasjonsinnhenting i stor grad på empiriske observasjoner og analyser, samt kvalitative intervjuer. Nedenfor er metode for innhenting av informasjon vist.

Forskningsspørsmål	Metode for innhenting av informasjon
1. <i>På hvilket nivå benyttes BIM i Veidekke i dag?</i>	<ul style="list-style-type: none"> Litteraturstudium Intervju
2. <i>Hvordan utføres dokumentasjon av produkt og material i byggeprosjekt i Veidekke?</i>	<ul style="list-style-type: none"> Intervju Casestudie
3. <i>Hvilke funksjoner bør ligge til grunn i BIM-verktøy for å gi en verdiskapende dokumentasjonshåndtering av produkt og material i byggeprosjekt?</i>	<ul style="list-style-type: none"> Litteraturstudium Casestudie Analyse av BIM-verktøy
4. <i>Hvilke effekter kan bruk av BIM som verktøy tilføre prosessen med å dokumentere produkt og material</i>	<ul style="list-style-type: none"> Intervju Casestudie Analyse av BIM-verktøy

3.3 Forskningstilnærming

I følge Holme & Solvang (1996) kan den systematiske, teoretiske forskningstilnærmingen deles inn i to hovedpunkter:

- **Deduktiv**
- Induktiv

Den deduktive forskningstilnærmingen innebærer å ta utgangspunkt i allerede akseptert litteratur eller problem som undersøkes opp mot empiri. Med empiri menes erfaringsbasert kunnskap eller forskningsdata. Hensikten med tilnærmingen er å undersøke holdbarheten og riktigheten av utfordringen gjennom virkelighetstesting. Problemstillingen utledes som følge av eksisterende kunnskap.

For den induktive forskningstilnærmingen gjelder det motsatte, hvor målet er å lage regler, prinsipper og/eller teorier på bakgrunn av studerte, empiriske resultater. Av den grunn utføres observasjoner som det senere trekkes slutninger eller utarbeides postulat med et mål om fremtidig generalisering. En induktiv tilnærming er derfor bygd på usikkerhet med prøving og feiling som utgangspunkt. Problemstillingen utarbeides gjennom observasjon og analyse av hendelser.

I denne oppgaven er en deduktiv forskningstilnærming lagt til grunn. Formålet med oppgaven er gjennom observasjoner og innhenting av data å undersøke eksisterende praksis, samt bidra til å belyse utfordringer og komme med forslag til forbedring for gjeldende problemstilling.

3.4 Forskningsstrategi

Ved valg av forskningsstrategi for å samle inn data bør de mest hensiktsmessige metodene velges, og i følge Yin (2013) finnes det fem forskjellige forskningsstrategier:

- Eksperiment
- Spørreundersøkelse
- **Analyse av eksisterende litteratur**
- Historie
- **Casestudie**

Hver enkelt av de fem strategiene er ulike måter å innsamle og anvende empirisk data. Formålet med bruk av eksperiment som forskningsstrategi er å for å fastslå kausalitet mellom to eller flere variabler. Dette gjøres gjennom systematisk måling, manipulasjon, sammenligning og kontroll av variabler. Eksperiment brukes ofte hvor tid er en essensiell variabel, årsakssammenhengen er konsistent og/eller korrelasjonen er stor. Spørreundersøkelse innebærer innsamling av informasjon fra et utvalg av personer gjennom svar på spørsmål, og er en effektiv tilnærming dersom målet med resultatet er ønsket allmenngyldighet. Av den grunn spenner spørreundersøkelser over mange enheter med stor bredde, og er avhengig av god forkunnskap til det undersøkte temaet. Analyse av eksisterende litteratur er en nødvendighet for å vurdere tilstanden til vitenskapen, og innebærer en kritisk og systematisk evaluering av allerede utarbeidet forskning på et bestemt emne av akkrediterte akademikere og forskere. Veldefinerte forskningsspørsmål er avgjørende for en effektiv søkestrategi. Historie anvendes hvor lite eller ingen litteratur eksisterer, eller det er mangel på gode førstehåndskilder. Det er da snakk om historiske dokumenter, og kulturelle og historiske gjenstander. Casestudie benyttes som forskningsstrategi hvor hensikten er å undersøke konkrete hendelser eller fenomener, og er den mest fleksible av alle forskningsstrategiene (Yin, 2013). Strategien muliggjør og tillater at holistiske egenskaper til virkelige erfaringer beholdes mens empiriske hendelser etterforskes parallelt. Casestudie innebærer vanligvis observasjoner og intervjuer.

Valg av forskningsstrategi bør og må tas på bakgrunn av formålet med studien, og for denne oppgaven er analyse av eksisterende litteratur og casestudier anvendt. Disse strategiene er valgt som følge av å undersøke om gjeldende litteratur støtter oppunder empiri, samt samle inn og analysere virkelighetsnære erfaringer gjennom observasjon, testing og intervju.

3.5 Casestudie

Casestudium er studiet av det spesielle og det komplekse av et tilfelle for å forstå aktiviteten for viktige omstendigheter (Stake & Savolainen, 1995). Det essensielle og det som kjennetegner case som forskningstilnærming er informasjonens empiriske opphav. Hensikten med casestudium er å knytte erfaringsbaserte virkelighets-hendelser opp mot oppgaveformålet. I følge Baxter & Jack (2008) kan casestudier deles inn i sju forskjellige, kvalitative typer:

- Forklarende
- Utforskende
- **Beskrivende**
- **Fler-case studium**
- Egenverdi
- Medvirkende
- Sammenfattende

Forklarende casestudie benyttes dersom besvarelsen av et eller flere spørsmål angående antatte, virkelige årsakssammenhenger er for komplisert ved å eksempelvis benytte spørreundersøkelse eller eksperiment (Yin, 2013). Utforskende casestudie brukes til å utforske situasjoner hvor evaluerte, aktuelle tilnærming ikke har noe klart, enkelt utfall. På den måten undersøkes distinkte fenomen som følge av manglende forskning. Beskrivende casestudie blir brukt til å beskrive en hendelse eller et fenomen, samt beskrive sammenhenger rundt tilfellet. Flere-case studium muliggjør innsikring innenfor og mellom casestudier, og grunnet at sammenligninger kan dras er det viktig at casestudiene velges med omhu. Egenverdi casestudie anvendes dersom formålet er å forstå casestudien bedre, og har ofte en sammenheng med utførendes genuine interesse for emnet (Stake & Savolainen, 1995). For medvirkende casestudier er casen av sekundær interesse ettersom det ønskes å gi mer innsikt for gjeldende utfordring eller støtte opp under en teori. Casestudien sett fra et medvirkende perspektiv er av den grunn en liten del av det store bildet. Sammenfattende casestudie innebærer å utforske mer enn ett casestudium og minner om fler-case studium, men med den åpenbare forskjellen at det ikke trenger å være sammenheng mellom de innsjerte casestudiene.

I denne oppgaven er en kombinasjon av beskrivende og flere-case studium benyttet for å utforske dagens dokumentasjonshåndtering av produkt og material i byggeprosjekt, benyttelse av BIM i organisasjonen Veidekke, samt sammenligne casestudier opp mot hverandre og opp mot teori.

Totalt i oppgaven er tre prosjekter i Veidekke brukt som casestudium. Innsamling av informasjon ble utført gjennom ustrukturerte, kvalitative intervjuer og dokumenter fra Veidekkes intranett. En kommentar til casestudiene er at resultat-grunlaget er basert på intervjuobjektene oppfatning på det tidspunktet, og er av den grunn ikke gjeldende eller beskrivende av Veidekke som organisasjon.

Innbakt som casestudium kan det nevnes at en grundig testing av BIM-verktøyet *bimsync* med tanke på å undersøke muligheten for tilegnelse av dokumentasjon til elementer i modell ble utført. Resultatene fra testingen av verktøyet bygger på egne observasjoner, analyser og tanker om dokumentasjonshåndtering i byggeprosjekt.

3.6 Intervju

I likhet med forskningsmetoden, er intervjuene gjennomført med en kvalitativ tilnærming. Formålet med å utføre kvalitative forskningsintervju er i følge Dalland (2012) å innhente erfaringsbasert kunnskap uttrykt med vanlig språk, og det er presisjonen i beskrivelsene og fortolkningen av hva innholdet betyr som er det kvalitative intervjuets styrke. Til forskjell fra kvantitative intervju, som innhenter data gjennom spørreskjema og har en strukturert form, innhentes og gjennomføres de kvalitative undersøkelsene ustrukturert ved hjelp av en intervjuguide gjennom dialog. Oppfølgingsspørsmål er vanlig, men ikke nødvendig, og intervjuer skal normalt styre dialogen så lite som mulig.

I denne oppgaven er totalt åtte kandidater intervjuet, og samtlige er utført som en kvalitativ intervjuopprosess. Det ble lagt opp til oppfølgingsspørsmål underveis, men ble ikke bevist gjennomført. Under intervjuene ble det benyttet en digital stemmeopptaker etter samtykke fra intervjukandidatene, og kandidatene ble gjort oppmerksom på at opplysningene ville bli behandlet anonymt. Intervjuguiden besto i stor grad av åpne og generelle spørsmål hvor styring av samtalen var fraværende. Se *vedlegg I* og *II* for intervjuguidene. Under intervjuene ble det tatt notater hvor det viste seg nødvendig, og etter endt transkribering ble intervjuene sendt tilbake til kandidatene for godkjenning. En oversikt over intervjudetaljer er vist nedenfor.

	Bedrift	Prosjekt	Ansvarsområde
1.	Veidekke	Portalen	BREEAM-AP
2.	Veidekke	Portalen // Hagebyen	Prosjekteringsleder // Anleggsleder
3.	Veidekke	Portalen //Hagebyen	Anleggsleder // Anleggsleder
4.	Veidekke	Søringstranda // Hagebyen	Prosjektingeniør // Prosjektingeniør
5.	Veidekke	Søringstranda	Prosjekteringsleder
6.	Veidekke	-	BIM-Ansvarlig
7.	Veidekke	-	BIM-Tekniker
8.	Catenda	-	Systemutvikler

Hensikten med intervjuene er å undersøke på hvilket nivå BIM brukes på byggeplass for de tre prosjektene i Veidekke og bruk av BIM generelt i organisasjonen, samt undersøke hvordan dokumentasjon av produkt og material håndteres for prosjektene. I tillegg er det ønskelig å granske visjonen og bruksområdene til utviklernes BIM-verktøy.

3.7 Litteraturstudie

I forbindelse med oppgaven ble det utført et litteraturstudium for å kartlegge og evaluere eksisterende litteratur. Mye av litteraturen ble funnet ved utarbeidelse av prosjektoppgaven skrevet høsten 2014 om *Bruk av BIM i prosjekteringsprosessen for å fremme bærekraft*, men ny litteratur ble imidlertid innhentet som følge av en annen tilnærming til problemstillingen i denne oppgaven.

Under litteraturstudiet ble hver enkelt kilde evaluert etter litteraturens akademiske bakgrunn, og etter den innholdsmessige relevansen i forhold til den aktuelle problemstillingen basert på blant annet subjektive vurderinger. Ved og under evalueringen ble det tatt utgangspunkt i *VIKOs* prinsipper om litteraturvurdering etter de fire kriteriene: *troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet*. Prinsippet ble brukt som hjelpemiddel for å innhente relevante kilder av god kvalitet.

En god kildekultur er viktig for å danne en solid teoretisk plattform og bidrar til å øke oppgavens troverdighet. Det innebærer å stille seg kritisk til forfattere, utgivere og databaser for å nærmere undersøke om den aktuelle litteraturen er akademisk relevant før henvisning. Samtlige av det refererte artiklene i denne oppgaven er hentet fra utenlandske databaser, som Compendex og Inspec, i tillegg til den fritt tilgjengelige søkemotoren Google Scholar. Foruten artikler, journaler, nettsider og tidsskrifter, er bøker fra sentrale personer og aktører i BIM-miljøet benyttet. Bøkene ble valgt etter allmenn anerkjennelse og vurdering, og funnet ved bruk av Google. Til slutt ble Veidekkes intranett bruk som informasjonskilde angående BIM og VDC i bedriften.

Den aktuelle litteraturen ble funnet ved å anvende og kombinere forskjellige søkeord hos ulike databaser. Ordene benyttet i søkeprosessen hadde i all hovedsak til hensikt å favne bredt rundt temaene oppgaven belyser for å oppnå best mulig dekningsgrad. For å oppsummere ble følgende ord på engelsk brukt hos de forskjellige databasene for å finne relevant litteratur: BIM, VDC, IFC, ICE, standard, application, evaluation, documentation, construction, buildingSMART, interoperability, building, integration, utilization, quality, lifecycle, management og analysis. Ordene ble enten undersøkt hver for seg eller kombinert med en eller flere av de oppramsede ordene. De samme søkeordene ble i tillegg undersøkt og utført på samme måte på norsk.

3.8 Fremgangsmåte

Utarbeidelse av oppgaven har på mange måter vært en iterativ prosess, og beskrives her med en kort oppsummering. I oppstarten ble tema og problemstilling valgt med et påfølgende studium av relevant litteratur. Rent tidsmessig utgjorde oppstarten tredjeparten av tiden til rådighet. Etter endt litteraturstudium ble totalt åtte intervjuer utført, hvorav syv av intervjuene hadde tilknytning til de tre undersøkte casestudiene. Det siste intervjuet omhandlet bedriften *Catenda* som utvikler det analyserte BIM-verktøyet. Videre ble prosessering av de empiriske dataene samt en omfattende testing av verktøyet gjennomført, før problemstillingen ble noe omformulert i samarbeid med veilederne basert på resultatene. I slutfasen og frem mot innlevering ble teoridelen ferdigstilt, og drøfting og konklusjon utarbeidet. En oversiktlig fremgangsmåte er vist under.

- Valg av tema
- Midlertidig problemstilling
- Litteraturstudium og utarbeidelse av teoridel
- Intervju
- Casestudie
- Analyse av BIM-verktøyet *bimsync*
- Prosessering av empiriske data
- Omformulering av problemstilling
- Ferdigstillelse av teoridel
- Drøfting og konklusjon

3.9 Oppgavens troverdighet

For å oppnå tilfredsstillende troverdighet for oppgavefunnene spiller god validitet og reliabilitet en stor rolle. Validitet betyr informasjonens gyldighet eller godhet, og innebærer at det må foreligge samsvar mellom virkelighet og tolkning (Samset, 2008). Det vil si at en påstand er sann dersom den er basert på sanne premisser; en påstand basert på en eller flere usanne premisser regnes derfor som ikke valid. Reliabilitet betyr pålitelighet, og er forbundet med sikkerheten til informasjonen (Samset, 2008). En påstand regnes som reliabel dersom den gir analoge resultater ved bruk av samme premisser. I motsetning til validitet, er reliabilitet noe som i prinsippet kan etterprøves eller testes. Validitet vil i mange tilfeller baseres på subjektive vurderinger.

Teoretisk plattform

Den teoretiske plattformen ble utarbeidet som følge av et litteraturstudium og informasjon fra Veidekkes intranett. Under søkene ble det tatt utgangspunkt i prinsippene fra VIKO, hvor blant annet forfatterens bakgrunn, databasebruk og utgiver ble nøye vurdert. Formålet med en solid teoretisk plattform er å underbygge og knytte funnene i oppgaven opp mot teori. Et omfangsrikt og anerkjent kildegrunnlag vil derfor ha en positiv effekt på både validiteten og reabiliteten. I denne oppgaven er litteraturen en nødvendighet for å gi en god besvarelse på oppgaven, som parallelt skal lede til et forslag til forbedring. Litteraturen har eksempelvis ikke som mål å sammenligne eksisterende teori mot empiri. Av den grunn, sett kildene under ett og vurdert etter grad av validitet og reabilitet, regnes den teoretiske plattformen som god.

Resultater

Resultatgrunnlaget for oppgaven er todelt, og består av et beskrivende, fler-case studium og en analyse av BIM-verktøyet *bimsync*.

Alle de tre casestudiene spilte en stor rolle for besvarelsen av oppgavens forsknings-spørsmål. Totalt ble åtte intervjuer gjennomført og to intervjuguider utarbeidet. Det ble lagt vekt på å stille åpne spørsmål slik at intervjuobjektene selv fikk styre samtalen. Til tross for dette var spørsmålene av en konkret natur med fokus på visse dybdeaspekter. Tre av intervjuene ble utført som dobbeltintervju, ettersom ene prosjektet er ferdigstilt og overlevert. Casestudiene ble av den grunn ikke utført fullstendig uavhengig fra hverandre, uten at dette spiller noen nevneverdig rolle for casestudienes troverdighet.

Innenfor casestudie-undersøkelsen ble to intervjuer gjennomført for å kartlegge den generelle bruken av BIM i Veidekke. De ble utført uavhengig av hverandre hvor fokusområdet var åpne og generelle spørsmål. Formålet var å favne bredt rundt BIMs bruksområder i organisasjonen.

Analysen av *bimsync* ble testet på tre forskjellige maskinvarer, og utført og testet for totalt fire forskjellige internetthastigheter. En grundig innføring av programvaren ble gjort i forkant av testingen. Testresultatene for plattformen ble utført ved bruk av manuell stoppeklokke, og det vil være feil knyttet til den reelle tidsbruken. Under testingen ble det derimot fulgt nøye med, og det antas en feilmargin på \pm ett sekund. Hensikten med testingen var derimot ikke å generere nøyaktige data, men å faktisk vise med empiriske resultater hvordan programmet oppfører seg knyttet til dokumentasjonstilegnelse for BIM-elementer i modell.

Alle intervjuene i oppgaven ble utført gjennom fysisk dialog med forhåndslagde tilleggsspørsmål. De ble ikke bevist benyttet ettersom hvert enkelt intervju er unikt, og intervjuobjektene baserer sine svar på erfaring med ulike tilnærming til spørsmålene. I all hovedsak var hensikten med intervjuene å innhente vidstrakt informasjon om oppgavebesvarelsen. Avslutningsvis oppsummeres resultatgrunnlaget i oppgaven og troverdigheten som god, men mer spesifikke spørsmål kunne blitt stilt for å få mer konkrete svar.

Drøfting og konklusjon

I oppgavedrøftingen er det tatt utgangspunkt i de fire forskningsspørsmålene som understøttes fra teori og resultat. Sammenhengen mellom empiri og teori kombinerte med analytiske observasjoner legger grunnlag for besvarelsen. Drøftingen er utført fra et verdinøytralt og objektivt standpunkt med ingen bakomliggende hensikt å vinkle resultatene til eget eller andres beste. Drøftingen er kort oppsummert under konklusjonen hvor en besvarelse av oppgaven er gitt. Både drøfting og konklusjon er av åpen natur og inneholder forslag til forbedring for å vise leser alternative tilnærminger til oppgavens problemstilling. Sett i lys av den teoretiske plattformen og de presenterte resultatene, som begge har god troverdighet, regnes drøfting og konklusjon som troverdig med høy reabilitet.

Resultat

I dette kapitlet presenteres empiriske resultater fra intervju for tre undersøkte prosjekter i Veidekke, og bruk av BIM i organisasjonen. I tillegg synliggjøres observasjoner og analyser av BIM-verktøyet bimsync.

4.1 Veidekke

4.1.1 Kort om Veidekke

Bedriften Veidekke ble stiftet 6. februar 1936 og de første tiårene for selskapet var først preget av veibygging, før flyplasskontrakter og dambygging både innenlands og utenlands dominerte frem mot slutten av 70-tallet. Først på begynnelsen av 1980-tallet startet en strukturutvikling i bygge- og anleggsnæringen, og Veidekke valgte da å utvikle selskapet på egenhånd som en riksdekkende entreprenør. Juni 1986 ble Veidekke notert på hovedlisten ved Oslo Børs, og siden slutten av 60-tallet har ansatte i Veidekke vært medeiere. På slutten av 1990-årene og begynnelsen av 2000 etablerte Veidekke seg i henholdsvis Sverige og Danmark. Gjennom den systematiske utviklingen på begynnelsen av 80-tallet har Veidekke vokst fra nummer ni i størrelse, til den største, norskeide entreprenøren i dag.

Halvparten av de 6 400 medarbeiderne eier aksjer i Veidekke og selskapet har siden oppstarten i 1936 – som eneste bedrift i Norge – alltid gått med overskudd. Omsetningen for 2014 var 24 milliarder NOK.

4.1.2 BIM og VDC i Veidekke

Under dette punktet ble to personer i Veidekkes BIM-avdeling intervjuet.

Bruk av BIM og VDC i den norske byggebransjen er relativt nytt, og for Veidekkes del begynte det første initiativet rundt 2008/2009 etter at de vant en kontrakt som krevde BIM. Etter en prosess med utvikling av en intern BIM-veileder, BIM-strategi og bruk av VDC har bedriften gradvis opparbeidet seg mer erfaring og kompetanse knyttet til tilnærmingene gjennom prosjekter. I dag har BIM og VDC en sentral del i en rekke av Veidekkes prosjekter, og blir stadig viktigere – både som kommunikasjons- og visualiseringsplattform eksternt til rådgivere og leverandører, så vel som en informasjons- og koordineringsbærebjelke internt i bedriften.

Veidekkes BIM-veileder

*”Formålet med BIM-veilederen er å **kommunisere erfaringer og metoder** for **samhandling** og bruk av BIM (byggnings/bygge informasjonsmodell) i prosjekt.*

*Veilederen skal gjøre personer som jobber i prosjekt **kjent med forutsetningene** for å kunne realisere målene med BIM. Det ligger betydelig potensial for god planlegging og gjennomføring gjennom tettere samarbeid med god kommunikasjon.*

*Målet med BIM-veilederen er å skape **like forventninger** til prosess og prosjektforståelse hos **alle parter** i prosjekt. Veidekkes prosjekter skal på bakgrunn av BIM-veilederen og egne **prosjektmål** etablere en prosjektspesifikk beskrivelse for hvordan BIM skal håndteres i det enkelte prosjekt.*

*Målene avgjør **nivået** til **detaljering** samt kriteriene for hvordan BIM utarbeides. Det er viktig at prosjektet så tidlig som mulig tar stilling til BIMs **bruksområder** i de ulike faser av prosjektet.*

*Veilederen skal bidra til å skape et godt **tværfaglig BIM-samarbeid.**”*

(Veidekkes BIM-veileder)

Visjonen Veidekke setter seg med BIM-veilederen innad i organisasjonen er at utviklingen skal bli en del av alles hverdag, og det satses derfor mye mot breddebruken av BIM blant de ansatte. Ved å nyttiggjøre seg av og tilpasse rett nivå i samsvar med mål for bruk oppnås Veidekkes strategi for bruk av BIM.

Bruk av BIM og VDC i byggeprosjekt

Kalkulasjonsprosessen

I byggeprosjekter i Veidekke jobbes det stort sett alltid utfra en BIM-modell, enten i form av tilgang fra rådgivere eller utarbeidelse av egen modell. Under kalkulasjonsprosessen berikes modeller av Veidekkes kalkulasjonsavdeling gjennom bruk av økonomiverktøyet *VAP*. Dette utføres uavhengig av om modellene eies selv eller bestilles fra andre. Kalkylemodellene kobles derimot ikke opp mot BIM-modellen (det er derfor ingen direkte link til kostnad i BIM-modell), men innkjøp av mengder gjøres med bakgrunn i kalkylemodell.

Prosjekteringsstadiet

Vanligvis under prosjekteringen foreligger en modell fra tidlig- eller skissefasen. I for- og detaljprosjekteringen bygges allerede eksisterende modeller videre på. Dersom Veidekke har laget modellene selv detaljeres de videre, mens arkitekt og andre rådgivere lager nye modeller. Selv om byggherre setter krav til detaljeringsgrad i modellene, er det for Veidekkes del viktig at det lages og bestilles riktig nivå på modellene til riktig tid. Ved bestilling eller opprettelse av riktig nivå blant modellene i prosjekteringsfasen er det bruk av modellene i produksjonsfasen som danner grunnlag for bruk.

Ved modellering benytter Veidekke programvaren *ArchiCAD* og *Gemini* til å blant annet generere bygnings- og terrengmodeller, og riggplaner. Terrengmodeller utføres av avdelingen *Geodesi*, mens riggplaner kan utføres av eksempelvis BIM-teknikere eller anleggsledere. Fremstilling av 4D-fremdriftsplaner konstrueres vanligvis som en kombinasjon ved bruk av programvarene *Navisworks* og *Microsoft Project*.

Gjennom VDC benytter Veidekke i prosjekteringsfasen blant annet møtestrukturen *Integrated Concurrent Engineering (ICE)*, og metodikken *Involverende Planlegging (IP)*. Med ICE møtes beslutningsdeltakere fra alle parter for å utføre en arbeidsøkt med BIM-modellen som verktøy for koordinering. Normalt varierer utførelsen på møtestrukturen fra prosjekt til prosjekt (tradisjonell kontra ICE-prosjektering), og generelt er det mer og mer vanlig med bruk av ICE under prosjekteringsmøter. For øvrig er det ikke uvanlig med forskjellige, interne variasjoner av ICE-metodikken i prosjekt. Hensikten og poenget med bruk av ICE er å prosjektere raskere samtidig som kvaliteten bevares eller forbedres. Med IP er formålet å skape mer flyt i arbeidsprosessene og øke produktiviteten blant de utførende i produksjonsfasen. Metodikken baserer seg på samhandling blant aktørene, samt innsikt og innflytelse på egne og andres arbeidsoppgaver. På den måten kan fremdriftsplanlegging utføres med større presisjon og prosjektutfordringer lettere forutses.

Videre utover prosjekteringen sammenstilles de ulike fagmodellene gjennom det åpne formatet IFC. Ved at Veidekke stiller krav til leverandører om levering av prosjektfiler i IFC, øker den tverrfaglige interoperabiliteten blant aktørene. Ved å praktisere og kreve bruk av åpenBIM for alle fagdisiplinene legges det opp til en tettere tverrfaglig dialog og samspill, i tillegg til at aktørene kan ta utgangspunkt i hverandres modeller.

Produksjonsstadiet

I produksjonsfasen benyttes BIM-modellen i stor grad til mengdeberegninger, innkjøp og til visuell koordinering og kontroll. Ute på byggeplass benyttes programvaren *Solibri Model Checker* til å gjennomføre og kvalitetssikre prosessene. De ulike BIM-modellene legges ut på prosjekttrom til prosjekteringsleder som har ansvar for å sammenstille og kontrollere modellene. IFC-filer som sammenstilles og lagres i Solibri kalles *SMC*-filer. Modellene for rigg og graving anvendes gjennom hele produksjonsfasen. I Veidekke i dag brukes BIM mye i produksjon, men de har fortsatt en vei å gå siden BIM ikke benyttes på et tungt nivå blant de ansatte på byggeplass. Bakgrunnen for det er at virksomheten fokuserer på breddebruken av BIM innad i organisasjonen og på byggeplass (som spesifisert i BIM-veilederen).

Bruksområder av BIM

Visualisering

Veidekke bruker forskjellige programmer til å visualisere BIM-modellen(e), hvor blant annet verktøyet *Atlantis*, *ArchiCAD*, *Navisworks* og *Solibri* benyttes. Med tanke på gjeldende og kommende anbudsprosesser blir det stadige viktigere for virksomheten å vise tanker og idéer visuelt til kunde. På den måten bidrar 3D-visualiseringen som BIM representerer til en bedre forståelse for hva som skal bygges.

Prefabrikasjon

Bruk av BIM til prefabrikasjon blir mer og mer vanlig, og elementleverandører benytter blant annet modellen som grunnlag for prosjektering av elementer, og eksporterer egen prefab-modell tilbake på åpent format. Det er mer hensiktsmessig å bruke BIM-modellen istedenfor PDF eller .dwg grunnet større nøyaktighet, blant annet med tanke på høyder (ligger automatisk inne). I tillegg anvender Veidekke og prosjektene baderomsmodeller som leveres fra leverandørene selv.

Tverrfaglig koordinering

BIM-modellen benyttes i stor grad til tverrfaglig koordinering mellom de ulike fagdisiplinene gjennom hele prosjektet. Gjennom 3D-visualisering oppdages blant annet prosjektutfordringer i form av kollisjonskontroller, samt synliggjøring av grensesnittshåndtering mellom aktører i byggeprosjekt.

Kalkulasjon

Et viktig bruksområde med en BIM er kalkulasjon, og i kalkulasjon inngår blant annet mengdeberegninger. Gitt at modellen er korrekt, beregnes spesielt betongkvantum og materialmengder i prosjekt. Kalkulasjon er bruksområdet de fleste får bruk for i sine daglige gjøremål.

Analyser

Analyser i BIM benyttes i liten grad av Veidekke i dag, men rådgivere bruker ulike analyser (energi, sol, lyd og så videre) i løpet av prosjekteringen. I mange tilfeller utføres analysene av rådgiverne på et 2D-grunnlag, og BIMs potensiale benyttes av den grunn ikke fullt ut. Det er sjeldent krav til analyser i et prosjekt.

Fremdriftsplanlegging

4D-planlegging utføres mer og mer i prosjekt, men ikke på langt nær for alle prosjekter. Det kan også være personavhengig utfra erfaring og kompetanse hvorvidt vedkommende ønsker eller har kapasitet til å lage en 4D-fremdriftsplan.

4.2 Casestudie: Portalen



Generelt om Portalen

Prosjektnavn	Portalen
Byggherre	Jernbanegata AS (OBOS)
Entreprenseform	Totalentreprise
Kontraktsum	Ca. 821 MNOK ekskl. mva
Byggetid	Mars 2015 – Januar 2018
Areal	Ca. 55 000 m ²
Adresse	Jernbanetomta, Lillestrøm
Intervjuobjekter / stilling	XXX, XXX og XXX / BREEAM-AP, Prosjekteringsleder og Anleggsleder

Beskrivelse av prosjektet

Portalen-prosjektet består av et kontorbygg, et hotell (Scandic), næringslokaler, to boligblokker og en parkeringskjeller. Prosjektet er på 55 000 kvadratmeter og inneholder 144 leiligheter, 219 hotellrom, 4 000 kvadratmeter med næringsareal og 17 000 kvadratmeter med kontorareal for 868 arbeidsplasser. Kontorbygget skal oppføres med miljøklassifiseringen BREEAM-NOR *Very Good* med energiklasse B, mens parkeringskjelleren skal ha plass til 248 biler og 788 sykler.

Portalen er det første BREEAM-NOR-prosjektet for Distrikt Oslo. Kontorbygget skal sertifiseres fra og med første etasje, hvor kjelleren er utelatt ettersom den inngår som en del av de andre byggene.

Høsten 2013 vann Veidekke en utviklingskontrakt for Portalen hvor de i samspill med byggherre OBOS skulle utvikle prosjektet til å bli en totalentreprise. I tilbudet måtte selskapet ligge innenfor visse makspriser og målpriser (kvm-priser) for å fortsatt være med i prosessen. Veidekke kom innenfor maksprisen, og startet prosjektering januar 2014 med et tilbud til byggherre oktober 2014. Frem mot byggestart mars 2015 foregikk det forhandlinger mellom utbygger og byggherre. Estimert ferdigstilling og overlevering av kontorbygget er juni 2017, boligblokkene henholdsvis oktober og november 2017, og hotellet januar 2018.

4.2.1 Dokumentasjonsinnsamling og -håndtering

Utførelse

All kommunikasjon og innsamling av data i Portalen koordineres gjennom det eksterne systemet og prosjekthotellet *Byggeweb*, hvor all prosjektinformasjon inndeles og struktureres i mapper. I all hovedsak bestemmes den generelle oppbygningen av mappene av prosjekteringsleder(e) for prosjektet, og oppbygningen kan derfor variere fra prosjekt til prosjekt. Per i dag er det ingen faste systemer eller rutiner i Veidekke for hvordan informasjon innhentes og tilegnes til prosjekt.

Innsamling og håndtering

Innsamling av produkt- og materialdokumentasjon utføres normalt i innkjøpsfasen og i slutfasen av prosjektet. Ettersom Portalen fortsatt er i tidligfase, er ikke dokumentasjonsinnsamlingen tatt stilling til ennå. Vanligvis tildeles én person i Veidekke ansvaret for å samle inn material- og produktdokumentasjon (FDV-informasjon) fra de involverte prosjektaktørene. En av begrunnelsene for at mesteparten av material- og produktinnsamlingen utføres i slutfasen av prosjekter er grunnet stadige og hyppige endringer underveis i produksjonsfasen, samt lav prioritering fra både byggherre og entreprenør angående dokumentasjonsinnsamling og -håndtering. Siden kontorbygget i Portalen skal BREEAM-sertifiseres, utføres dokumentasjonsinnsamlingen for kontorbygget på et tidligere tidspunkt enn for de andre byggene i Portalen. BREEAM har derfor en positiv innvirkning på dokumentasjonshåndtering i byggeprosjekt.

Dokumentasjon av produkt og material som leveres fra leverandør/produsent er stort sett PDF siden Portalen-prosjektet og Veidekke ønsker å forholde seg til PDF. Til tross for at mesteparten av prosjektinformasjonen leveres som PDF, er det i Portalen krav til underleverandørene om bruk av *ProductXchange* når det skal leveres materialdokumentasjon og EPD. Utfordringen med *ProductXchange* er når aktuell informasjon ikke finnes i databasen, samt når aktører ikke legger inn anvendt informasjon til prosjektet. Det varierer derfor fra leverandør til leverandør når de ulike filene leveres, samt hvilken type dokumentasjon som leveres.

Etter ferdigstillelse av prosjekt lagres og arkiveres all prosjektinformasjon og -dokumentasjon internt i bedriften. I forhold til erfaringsoverføring benyttes dette i liten grad i Veidekke.

Filformat

Rådgivere i Portalen leverer og laster opp filer til prosjekthotellet i tre ulike format: IFC, .dwg og PDF. Bakgrunnen for at tre formater leveres er bruk av forskjellige programvarer blant fagene. Portalen stiller som krav til sine leverandører at modellfiler skal leveres i IFC.

Fordeler og ulemper

Fordelene med dagens systemer og håndtering av prosjektinformasjon er at det er enkelt og ressursvennlig sett fra Veidekkes perspektiv. Dette grunnet at oppbygningen på systemet er utført på en intuitiv måte. Den store ulemper er at systemet i dag er laget for at dokumentasjon skal være enkelt å sy sammen, ikke for at dokumentasjon skal være enkelt å bruke. Utfordringen med å dokumentere produkter og materialer i prosjekt er liten eller ingen standardisering til hvordan dokumentasjonen skal overleveres, samt mangel på dokumentasjonskrav fra byggherre.

4.2.2 Bruk av BIM i Portalen

Sammenstilling av modeller

I Portalen genererer rådgivere BIM-modeller som sammenstilles av prosjekteringsgruppen i *Solibri Model Checker*. Det varierer derimot blant beslutningsdeltakerne i Portalen hvor stor grad BIM benyttes, og om BIM-modeller kreves levert fra underleverandører. Under sammenstillingsmøtene mellom fagene benyttes en intern form for *ICE-prosjektering*, og utføres vanligvis hver uke. Som regel leveres modellene et par dager før sammenstillingsmøtet, og kontrolleres av prosjekteringsleder for prosjektutfordringer (kollisjonskontroller) før gjennomgang. Under prosjekteringsmøtene spiller BIM-modeller en sentral og aktiv rolle.

Bruksområder av BIM

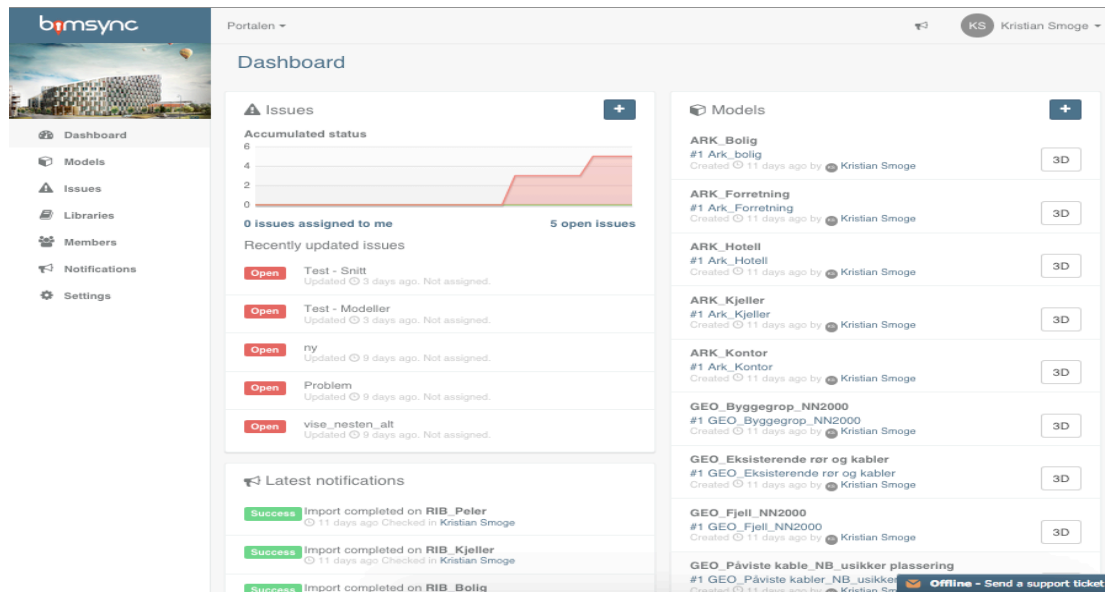
Bruk av BIM i Portalen benyttes hovedsakelig til å visualisere og koordinere blant rådgivere. I tillegg brukes BIM til å utføre ulike mengdeberegninger på produksjonssiden. Som et eksempel brukes mengdeberegninger i BIM i Portalen mye til å estimere betongmengder. Innad i prosjekteringsgruppen lages riggplaner i *ArchiCAD* samt at 4D-planlegging benyttes, men har potensial til å benyttes mer i prosjektet. Verdien av å benytte 4D er først og fremst knyttet til tidlig produksjonsfase ettersom det er en kritisk fase som krever stor nøyaktighet.

Utfordringer med BIM på byggeplass

Utfordringene med BIM ligger på det menneskelige aspektet hvor kompetanse og interesse blant de ansatte er blant de viktigste momentene. En av grunnene til at utfordringen ligger på det menneskelige planet kan være mangel på forståelse, opplæring eller egennytte av å bruke BIM. Et annet aspekt kan være at utviklingen er ny i en fagoppdelt og konservativ byggebransje. Ingen av intervjuobjektene påpekte mangler eller essensielle begrensninger ved bruk av BIM som teknologi i prosjekt-sammenheng.

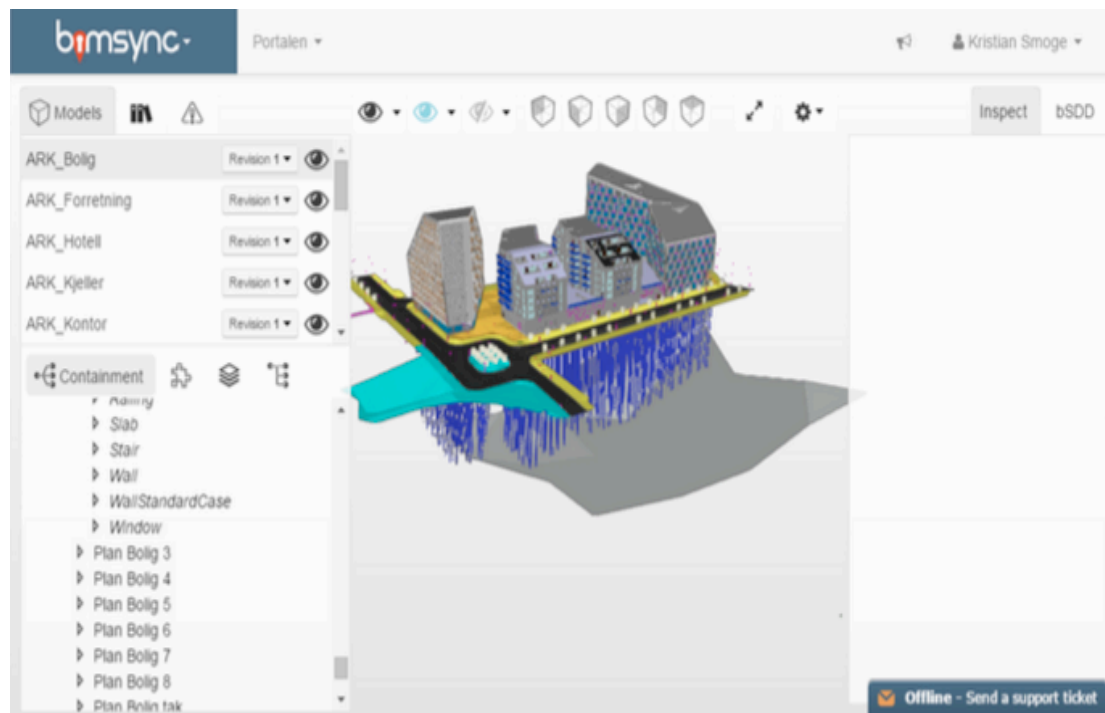
4.2.3 Bruk av bimsync på Portalen

I Portalen ble alle tilgjengelig IFC-filer lastet opp til bimsync – totalt 16 filer (391,7 MB) fra henholdsvis ARK (5), GEO (5), Prefab (2) og RIB (4). Modellene fra Prefab inneholdt ikke det samme nullpunktssystemet som de andre, men det ble likevel valgt å benytte modellene videre. Bakgrunnen for at de andre aktørene ikke har levert modeller, som RIE og RIV, er at prosjektet fortsatt er i tidligfase. Totalt i testingen ble det utført og laget fem forskjellige Issues i bimsync for prosjektet.



Figur 39: bimsync – Portalen (1)

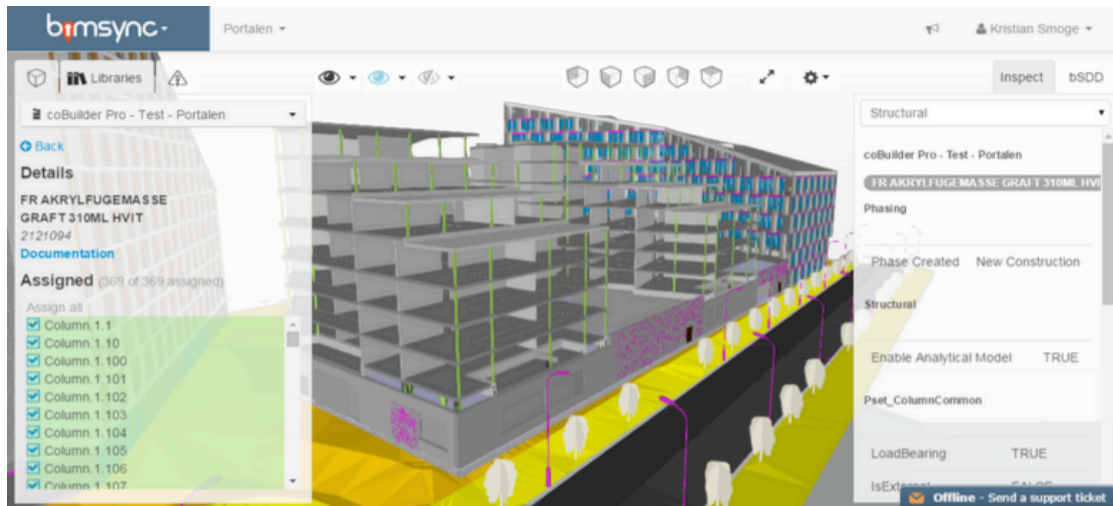
Bildet i Figur 40 viser de fire byggene: BREEAM-kontorbygget til høyre, de to boligblokkene og næring i midten, samt hotellet til venstre i bildet. I Figur 40 er alle importerte BIM-modeller skrudd på.



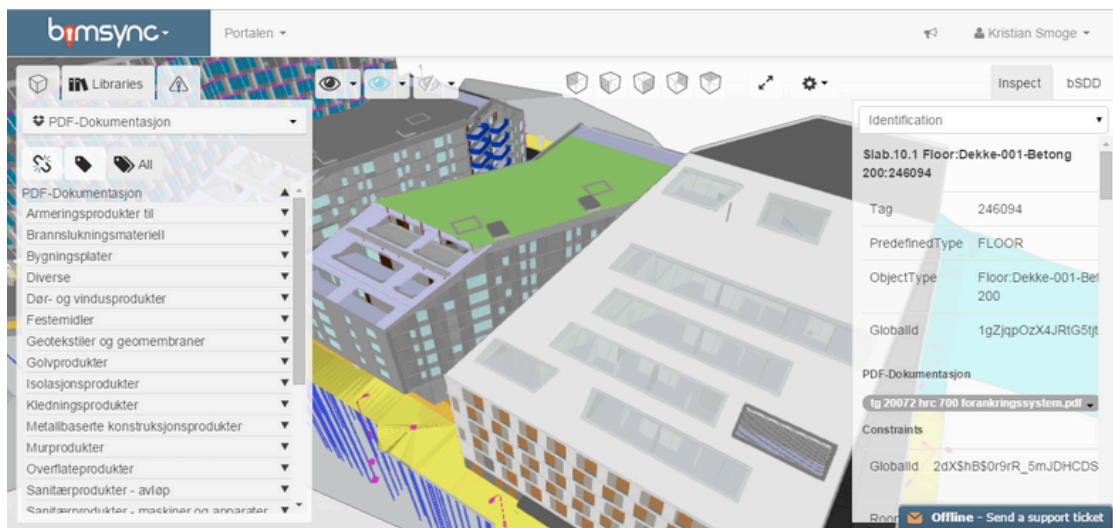
Figur 40: bimsync – Portalen (2)

Dokumentasjon av produkter og materialer

Koblingen av dokumentasjon av produkter og materialer ble utført ved bruk av Dropbox-databasen Test (PDF-dokumentasjon) og coBuilderPRO-databasen. Siden coBuilderPRO inneholder all dokumentasjon av produkter og materialer som faktisk er kjøpt og brukt på byggeplass og i prosjektet, viser databasen status quo for Portalen-prosjektet. Merk at det kan avhenge av de ulike *fagdisiplinene* dersom produkt- og/eller materialinformasjon ikke finnes i coBuilderPRO-databasen, men likevel benyttes i prosjektet. Årsaken kan være manglende dokumentasjon for det aktuelle produkt/material i databasen eller at produktet ikke er lagt inn i databasen for prosjektet av ansvarlig prosjektaktør.



Figur 41: bimsync – coBuilderPRO-databasen for Portalen



Figur 42: bimsync – Test-databasen for Portalen

For bildet i Figur 41 ble det valgt å tilegne alle søylene til begge boligblokkene produktokumentasjon – i dette tilfellet fugemasse akryl hvit. Dette grunnet mangel på komplett produkt- og materialinformasjon til Portalen-prosjektet. Ved åpning av dokumentasjonen ble fullstendig produktinformasjon angående fugemassen vist.

I Figur 42 ble takelementet for det ene boligbygget tilegnet PDF-dokumentasjon. PDF-informasjonen må, som nevnt tidligere, lastes ned før det kan åpnes.

4.3 Casestudie: Sørengstranda



Generelt om Sørengstranda

Prosjektnavn	Sørengstranda
Byggherre	D1a Utvikling AS
Entrepriseform	Totalentreprise
Kontraktsum	Ca. 750 MNOK ekskl. mva
Byggetid	Oktober 2013 – September 2016
Areal	Ca. 27 000 m ²
Adresse	Sørengstranda, Oslo
Intervjuobjekter / stilling	XXX og XXX / Prosjekteringsleder og Prosjektingeniør

Beskrivelse av prosjektet

Sørengstranda er et bolig- og næringsprosjekt bestående av 215 leiligheter fra kompakte 2-roms leiligheter på 40 kvm til romslige 5-roms frontleiligheter med panoramautsikt. Prosjektet er inndelt i to byggetrinn, hvor byggetrinn en består av garasjekjeller, næringslokaler i første etasje og 137 boliger. Leilighetene i byggetrinn en ble lagt ut for salg mai 2013 med innflytting første kvartal 2016. Byggetrinn to består av 80 leiligheter, næringslokaler og en Rema-1000 butikk med ferdigstillelse tredje kvartal 2016. Totalt består prosjektet av 19 000 BRAS bolig, 2 500 BRA med næring og 160 parkeringsplasser. Til sammen er det planlagt boliger på Sørengstranda til en salgsverdi på rundt én og en halv milliard kroner.

Prosjekteringsprosessen for Sørengstranda startet sommeren 2012 og pågikk i sju måneder før grunnarbeidet startet desember 2013. Byggherre for Sørengstranda er D1a Utvikling AS som eies 50-50 av Rema Eiendom Øst og Veidekke Eiendom, og prosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom Veidekke Bolig og Reitan Eiendom.

I all hovedsak baserer prosjektet seg på plasstøpt betong ved bruk av plattendekke og badekabiner. Det er utfordringer knyttet til riggområdet med tanke på graving og logistikk rundt Sørengstranda grunnet nærliggende plassering til sjø og begrenset riggareal. Fasaden utføres i lys teglstein, og byggene legges i en hesteskoform med åpne fellehager i midten.

4.3.1 Dokumentasjonsinnsamling og -håndtering

Utførelse

For Sørengstranda struktureres all prosjekthinformasjon mellom rådgivere og underentreprenører i mapper gjennom bruk av prosjekthotellet *Byggeweb*. De ulike aktørene får tilgang til systemet og legger inn sin prosjekthinformasjon etter hvert som prosjektering og produksjon tiltar. Prosjektaktørene kan derimot ikke forandre eller slette andres modeller/informasjon. For deling av informasjon mellom og på tvers av fagområdene benytter Sørengstranda prosjekthotellet *Byggeweb* med tillegget *BIM2Share*.

Innsamling og håndtering

Generelt i prosjekter består prosjektdokumentasjon av forskjellige typer informasjon, og kan eksempelvis være HMS-informasjon og FDV-dokumentasjon til sjekklister og *SJA*. For Sørengstranda benyttes ulike programmer, som *ProductXchange*, til å registrere hvilke produkter prosjektet benytter og til å kontrollere miljøstatusen (miljøfarlige stoffer) for de aktuelle produktene. Avhengig av leverandørene varierer det hvilke som leverer informasjon, når i prosjektet informasjonen blir levert og kvaliteten på den leverte dokumentasjonen. Som et eksempel legger en av leverandørene for Sørengstranda inn alle materialer og produkter som selges til prosjektet, mens andre leverandører leverer over mail som scannes og digitaliseres av Veidekkes ansatte på byggeplass. I tillegg dokumenteres ikke all prosjekthinformasjon (typisk standardløsninger).

Dokumentasjon som ikke finnes i programmer etterleveres fra de forskjellige fag og leverandører, og lagres både elektronisk og i perm. Ved ny eller oppdatert prosjekthinformasjon revideres papirarkiveringene i permene på byggeplass. Bakgrunnen er at Arbeidstilsynet skal ha enkel tilgang til den nyeste prosjekthinformasjonen ved kontroll. I forhold til FDV-dokumentasjonen på Sørengstranda utføres innsamlingen i stor grad i slutfasen av produksjon.

Filformat

Rådgivere i Sørengstranda leverer og laster opp filer til prosjekthotellet i tre ulike format: IFC, dwg og PDF. Bakgrunnen for at tre formater leveres er bruk av forskjellige programvarer blant fagene. I noen tilfeller under prosjekteringsprosessen har det vært tilfeller ved at informasjon har gått tapt/forsvinner i forbindelse med eksport av IFC-filer. Formatet IFC blir stadig bedre, men kvalitetssikring blant de prosjekterende er viktig ved tverrfaglig samarbeid i åpenBIM. Blant leverandører/produsenter er det levering av prosjektdokumentasjon i PDF som er mest vanlig.

Fordeler og ulemper

En gjennomgående trend i prosjekter er at prosjektinformasjon leveres og lagres i papirform, og Sørengstranda er intet unntak. Prosessen med å samle inn og håndtere dokumentasjon av produkter og materialer til prosjekthotellet er intuitivt oppbygd, ettersom strukturen bestemmes av entreprenør. Til tross for enkel innsamling og håndtering, er dobbeltarkivering av prosjektinformasjon en tungvint og tidkrevende operasjon. En mer digitalisering av prosjektinformasjon hadde vært å foretrekke.

4.3.2 Bruk av BIM på Sørengstranda

Sammenstilling av modeller

I prosjekteringsstadiet hentes det modeller fra alle fag, og på Sørengstranda er det krav at ARK og RIB tegner og leverer modeller i IFC og BIM. Annenhver uke under prosjekteringen ble det gjennomført *ICE-møter* med alle fag hvor de ulike fagmodellene ble testet for kollisjonskontroller ved bruk av programmet *Solibri Model Checker*. Prosjekteringsleder har ansvar for sammenstillingsmøtene, og for å påse at BIM-modellene blir levert til riktig tid slik at kontroll kan utføres før gjennomgang. I Sørengstranda benyttes BIM-modellen som hjelpeverktøy og til mengdeberegning, men det er arbeidstegninger fra de ulike fag som er gjeldende tegninger. Avvik som oppstår i løpet av produksjonsfasen dokumenteres, men registreres ikke i BIM-modellen.

Bruksområder av BIM

For Sørengstranda benyttes BIM til 3D-visualisering av modellene, og som kommunikasjonsplattform for å løse tverrfaglig problem og koordinering (blant annet kollisjonskontroller). Bruk av BIM til riggplanlegging benyttes i noen grad, mens 4D-fremdriftsplanlegging og 5D-kostnad praktiseres ikke på Sørengstranda. Mengdeberegninger (areal og volum) benyttes daglig.

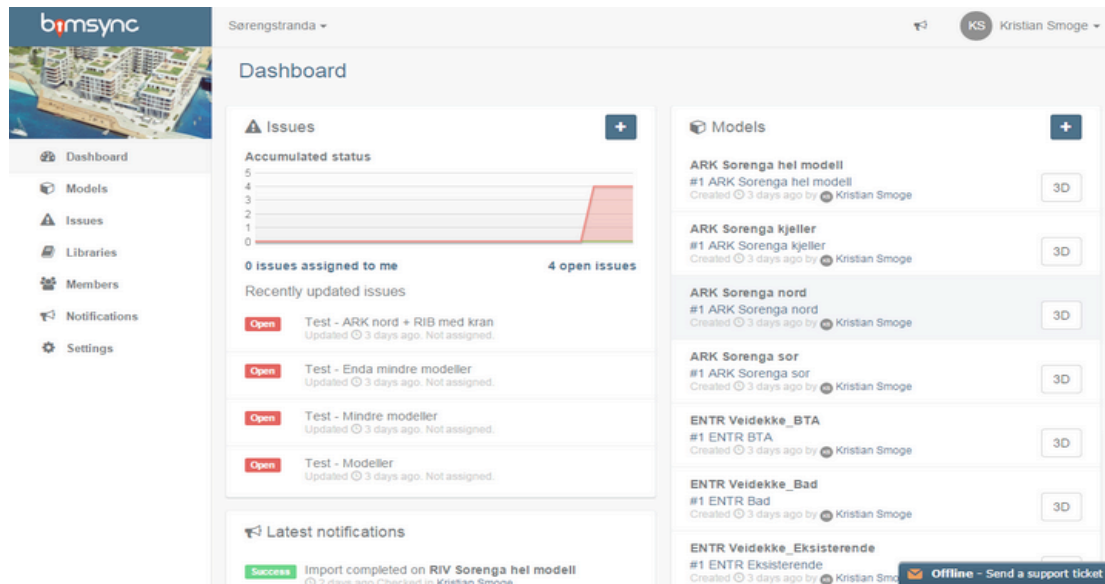
Utfordringer med BIM på byggeplass

Utfordringer med BIM ligger i innstillingene som personer har dannet seg om utviklingen, og hvordan BIM kan utnyttes i prosjekt. Veidekke setter ikke i dag krav til hvordan BIM i prosjekt skal gjennomføres av de ansatte. Samtidig er BIM relativt nytt i Veidekke og i byggebransjen, og det i seg selv er en utfordring. Med tanke på tekniske programvaremomenter ved bruk av BIM er det kompetansenivået blant aktørene som setter begrensninger.

Andre utfordringer med åpenBIM er knyttet til eksport av filer mellom programmer. Alle rådgiverne i Sørengstranda benytter *Revit*, bortsett fra RIB, som tegner i *Tekla Structures*. Ved eksport er det noen utfordringer ved bruk av IFC-filer, eksempelvis ved at informasjon mistes når delt. En av intervjuobjektene påpekte at ved tverrfaglig koordinering og samarbeid hadde det vært hensiktsmessig at alle prosjektaktører benyttet samme program. Dette er derimot stikk i strid med Veidekkes egen holdning, som ikke ønsker at alle jobber i samme proprietære format.

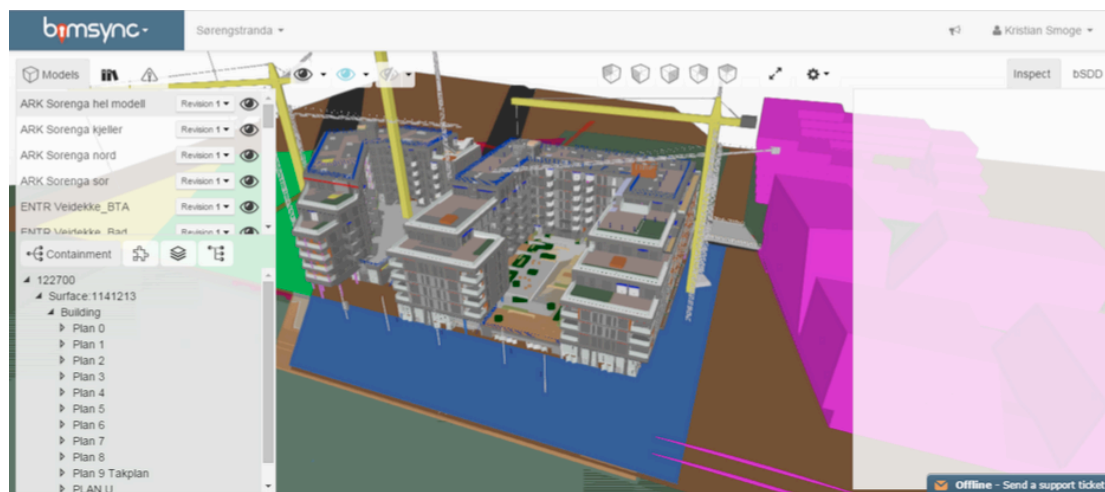
4.3.3 Bruk av bimsync på Sørengstranda

I Sørengstranda ble et utvalg av relevante IFC-filer lastet opp til bimsync – totalt 27 ulike BIM-modeller på til sammen 888,1 MB fra ARK (4), Veidekke Entreprenør (12), LARK (3), Multiparkering (2), RIB (1), RIE (2) og RIV (3). I virkeligheten består prosjektet av betydelig flere modeller, men de ble sett på som lite hensiktsmessige å teste med tanke på å knytte produkt- og/eller materialinformasjon til BIM-objektene for de modellene.



Figur 43: bimsync – Sørengstranda (1)

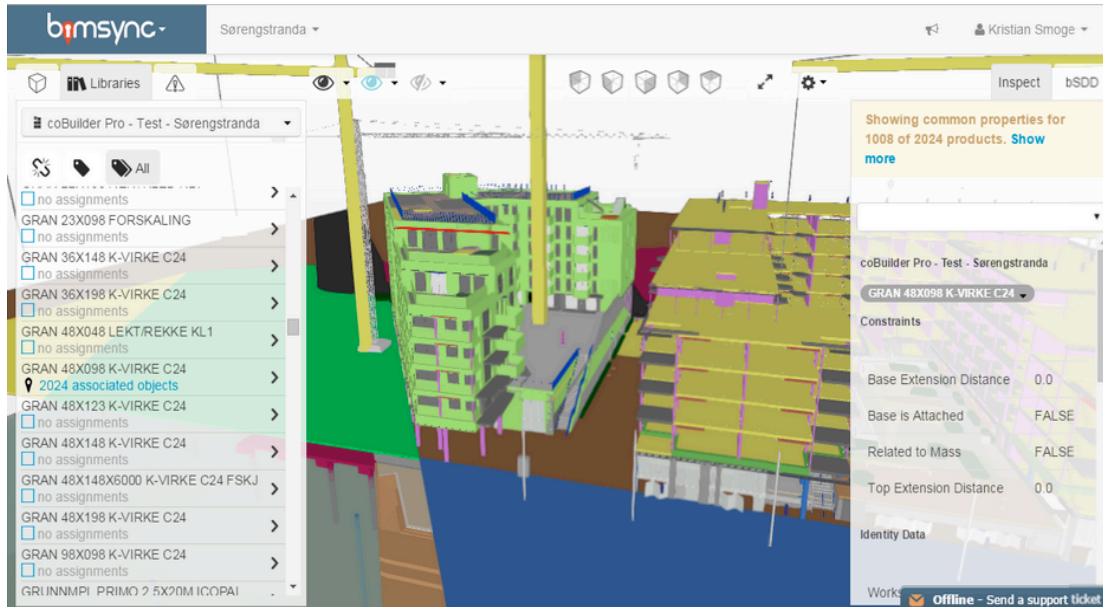
Figur 44 viser prosjektet på Sørengstranda: det første byggetrinn og boligblokkene til høyre med ferdigstillelse mars 2016 og det andre byggetrinn med boliger og næring til venstre med ferdigstillelse september samme år. I Figur 44 er ikke alle modellene skrudd på.



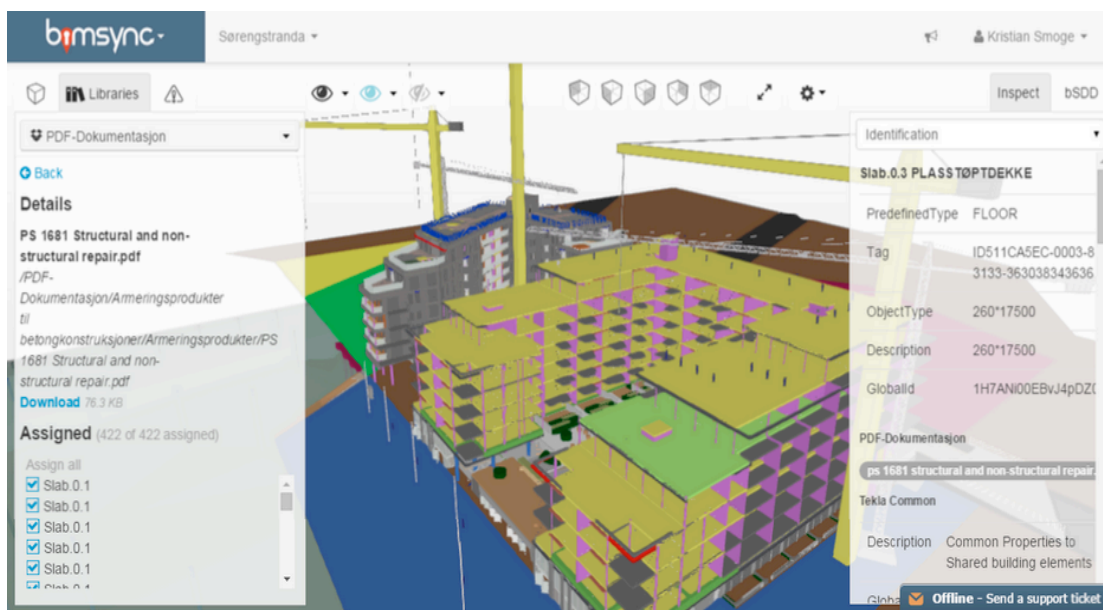
Figur 44: bimsync – Sørengstranda (2)

Dokumentasjon av produkter og materialer

For Sørengstranda ble det knyttet opp en prosjekt-ID fra coBuilderPRO for å finne faktisk registrert material- og/eller produktinformasjon for prosjektet fra prosjektaktørene. I tillegg ble Test-databasen lagt til. Figur 45 og Figur 46 viser tilegnet informasjon fra de to databasene.



Figur 45: bimsync – coBuilderPRO-databasen for Sørengstranda



Figur 46: bimsync – Test-databasen for Sørengstranda

I Figur 45 ble alle *WallStandardCase* (byggets vegger) til byggetrinn to tilegnet GRAN 48x098.

I Figur 46 ble et armeringsprodukt fra Test-databasen tagget for alle betongdekkene i byggetrinn én (her representert med et betongdekke). Som tidligere er produktene fra coBuilderPRO tilgjengelig over deres nettbaserte server, mens dokumentasjonen fra Test-databasen (PDF) må lastes ned.

4.4 Casestudie: Hagebyen



Generelt om Hagebyen

Prosjektnavn	Hagebyen
Byggherre	Veifor AS
Entrepriseform	Totalentreprise
Kontraktsum	Ca. 748 MNOK ekskl. mva.
Byggetid	Mars 2012 – Januar 2015
Areal	Ca. 48 000 m ²
Adresse	Forneburingen 201, Oslo
Intervjuobjekter / stilling	XXX, XXX og XXX / Prosjekteringsleder, Prosjektingeniør og Anleggsleder

Beskrivelse av prosjektet:

Hagebyen var et boligprosjekt som besto av tre byggetrinn med totalt 345 boliger fordelt på 22 blokker. De ulike leilighetene består av tre forskjellige boligkonsepter: tradisjonelle blokker, leilighet i blokk (2+2) og rekkehus. Leilighetene er blant annet toroms leiligheter på 47 kvm til blokkleiligheter opptil 115 kvm og rekkehus over tre plan med 134 kvm. Samlet salgsverdi for boligene var om lag 1,7 milliarder kroner.

Byggherre for prosjektet var Veifor AS, som er eiet 50-50 av Fornebu Utvikling og Veidekke Eiendom. I prosjektsammenheng er det vanlig at Veidekke Eiendom bruker Veidekke Entreprenør med mindre det er spesielle forhold, og det var derfor ingen direkte eller åpen anbudsprosess. Anbudsprosessen ble utført februar til juli 2011 ved at Veidekke fikk styre prosessen med å utvikle prosjektet (forprosjekt). Resultatet ble et pristilbud juli 2011 med påfølgende sluttforhandlinger høsten 2011 og detaljprosjektering i overgangen 2011/2012 frem mot byggestart. Produksjon av byggetrinn ble igangsatt mars 2012.

Hagebyen var et pilotprosjekt innenfor bruk av VDC og BIM i Veidekke, og blant ett av målene ved nyskapingene var opplæring og bruk av *Solibri* blant alle ansatte i prosjektorganisasjonen. Med tanke på økonomisk fortjeneste og bedriftens BIM/VDC-målsetning var Hagebyen et særdeles vellykket prosjekt.

4.4.1 Dokumentasjonsinnsamling og -håndtering

Utførelse

I Hagebyen benyttet organisasjonen seg av programvaren *Sharepoint* som prosjekthotell. Prosjektinformasjonen, deriblant dokumentasjon av produkt og material, ble strukturert og inndelt i en mappestruktur, som igjen ble delt mellom alle fagdisiplinene. Veidekkes egne, private filer ble lastet opp på en intern server istedenfor til Sharepoint.

Innsamling og håndtering

I forhold til dokumentasjonsbruk definerte prosjektet at BIM-modellen ikke skulle brukes til FDV-dokumentasjon. For boligprosjekter, som Hagebyen, har byggherre liten interesse av å bruke ressurser på å dokumentere produkter og materialer (typisk FDV-dokumentasjon). Verdiskapningen av å generere komplett produkt- og materialdokumentasjon ses per i dag på som begrenset for både entreprenør og kunde. Dette vil derimot ses i sammenheng om kunde skal drifte bygget eller ikke.

Selv om innsamling og håndtering av prosjektdokumentasjon var preget av lave krav gjennom prosjektet, ble dokumentasjon innsamlet og overlevert ved ferdigstilling i form av papirformat (perm) og minnebrikke. Prosessen fungerte ved at leverandører/produsenter sendte sin produkt-/materialinformasjon (som regel over mail) som ble samlet ett sted i prosjekthotellet. Ansvaret for å sy sammen all dokumentasjon over produkter og materialer i Hagebyen ble utført av én ansatt i Veidekkes prosjektorganisasjon. Innhenting av prosjektinformasjonen startet om lag seks måneder før overlevering av byggetrinnene. Allerede innsamlet og levert informasjon fra leverandørene i innkjøpsfasen ble i slutt-dokumentasjonsfasen knyttet opp. All prosjektinformasjon i Hagebyen ble dobbelarkivert og digitalisert.

Filformat

Rådgivere i Hagebyen leverte og lastet opp filer til prosjekthotellet i tre ulike format: IFC, dwg og PDF. Bakgrunnen for at tre formater leveres er bruk av forskjellige programvarer blant fagene. Prosjektdokumentasjon (typisk FDV-dokumentasjon) fra leverandør/produsenter leveres vanligvis som PDF.

Fordeler og ulemper

Fordelen med dagens dokumentasjonsordninger er åpenheten til informasjon for de involverte i prosjektet, samt at systemet har en enkel oppbygning. En ulempe er mangel på kontinuitet mellom og i prosjekter når prosjektdokumentasjon innsamles og overleveres, både fra leverandørsiden og hvordan det håndteres fra entreprenørsiden. Normalt prioriteres ikke dokumentasjon av produkter og materialer i prosjekter, og det blir på mange måter skippertak mot slutten av produksjonsfasen ved innsamling.

4.4.2 Bruk av BIM i Hagebyen

Sammenstilling av modeller

Under prosjekteringsprosessen i Hagebyen var det en pågående syklus og en fast rutine hver uke hvor alle rådgivere leverte BIM-modeller tirsdager, intern kontroll av ansvarlig utførende i Veidekke onsdager i *Solibri* (sammenstille og kvalitetssikre) før gjennomgang torsdager på prosjekteringsmøtet. Ved korrigering på modellene til rådgiverne ble det sendt ut feilrapporter som måtte utbedres før neste møte. For prosjekteringsmøtene ble *ICE-prosjektering* benyttet. Veidekke krevde bruk av åpenBIM for alle rådgivernes fagmodeller.

Bruksområder av BIM

Prosjektorganisasjonen i Hagebyen definerte tidlig at BIM-modellen skulle brukes til kalkulasjon, fremdriftsoppfølging og -planlegging, økonomioppfølging og tverrfaglig koordinasjon mellom fagene i prosjekteringen og i prosjektet forøvrig. Den overordnede strategien til Veidekke angående BIM er at modellen skal støtte prosjektet; det vil si at informasjon som legges inn i modellen skal være til bruk for prosjektet. På den måten sikrer bedriften god byggbarhet på det som skal bygges med klare prosjektmålsetninger. Selv om alle ansatte fikk opplæring og kjennskap til BIM i Hagebyen, ble ikke utviklingen brukt på en tung eller krevende måte. I all hovedsak ble 3D-visualisering, tverrfaglig koordinering og samarbeid i modellene, samt mengdeberegninger benyttet mest.

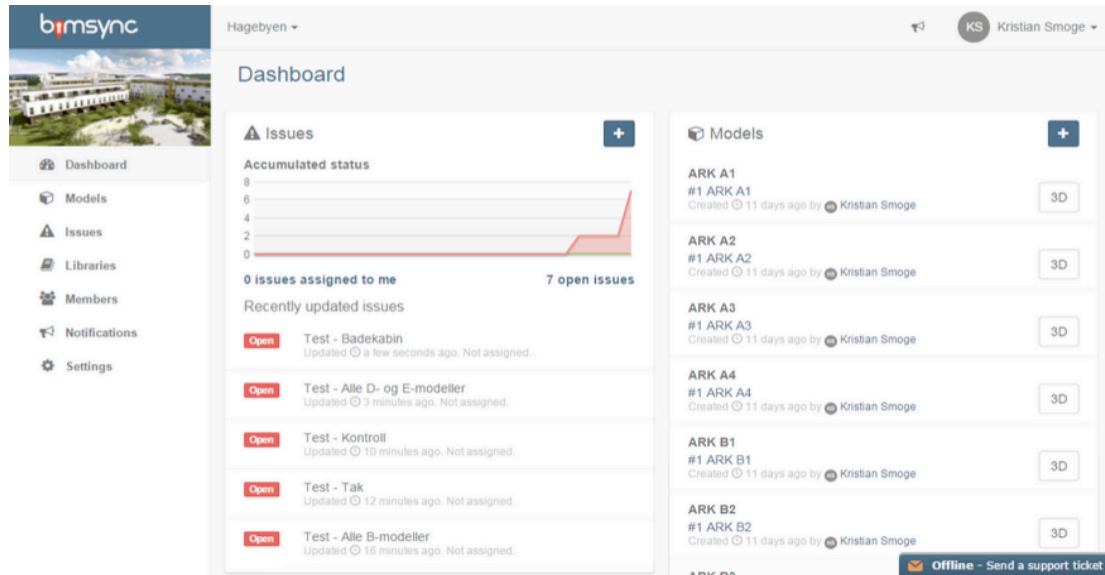
Utfordringer med BIM på byggeplass

Alle de tre intervju kandidatene var enig i at kompetanse og interesse er en av de viktigste utfordringene med bruk av BIM på byggeplass. Det er generelt skepsis og fordommer blant de ansatte til BIM som preger byggebransjen i dag.

Med tanke på teknologien har og utfører Solibri de flest betydningsfulle operasjoner, men har eksempelvis begrensninger i form av når informasjon skal endres. Solibri klarer å forandre og endre informasjon, men dersom ny informasjon skal implementeres, går tidligere informasjon tapt. Intelligensen knyttet til programvarer kunne derfor vært bedre.

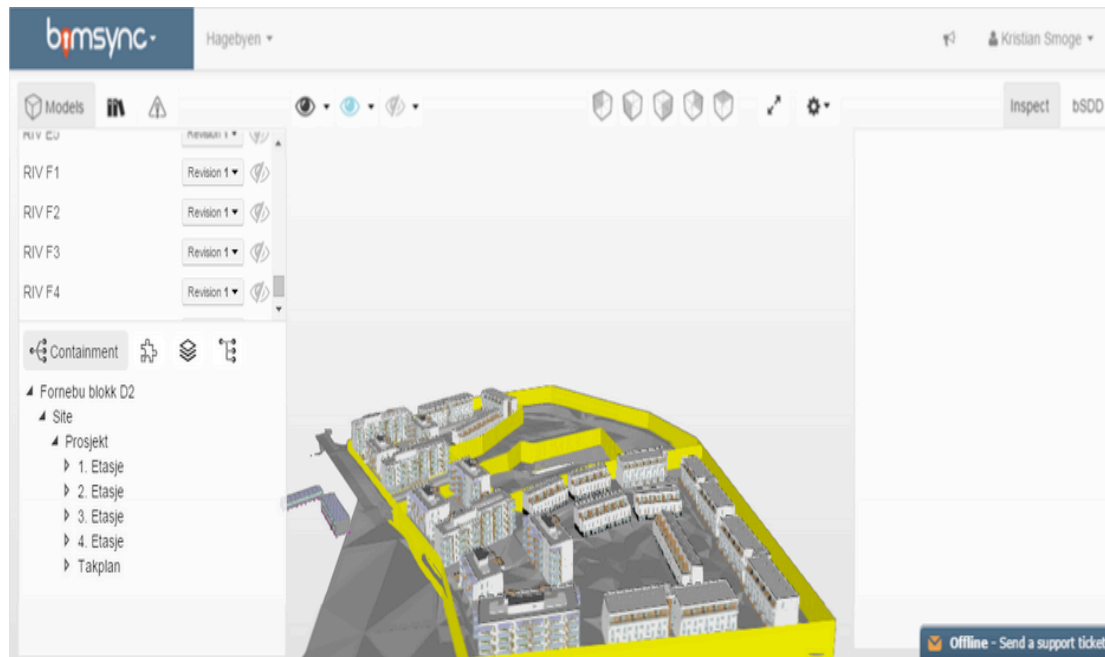
4.4.3 Bruk av bimsync på Hagebyen

Ettersom Hagebyen hadde ferdigstilling av siste byggetrinn januar 2015, var alle IFC-filer tilgjengelige og komplette. Et stort antall filer, men ikke i nærheten av alle, ble lastet opp til bimsync – totalt 139 ulike BIM-modeller på til sammen 2272,4 MB fra ARK (25), GEO (12), RIB (26), RIE (25), RIR (27) og RIV (24). Totalt ble sju ulike Issues opprettet og testet.



Figur 47: bimsync – Hagebyen (1)

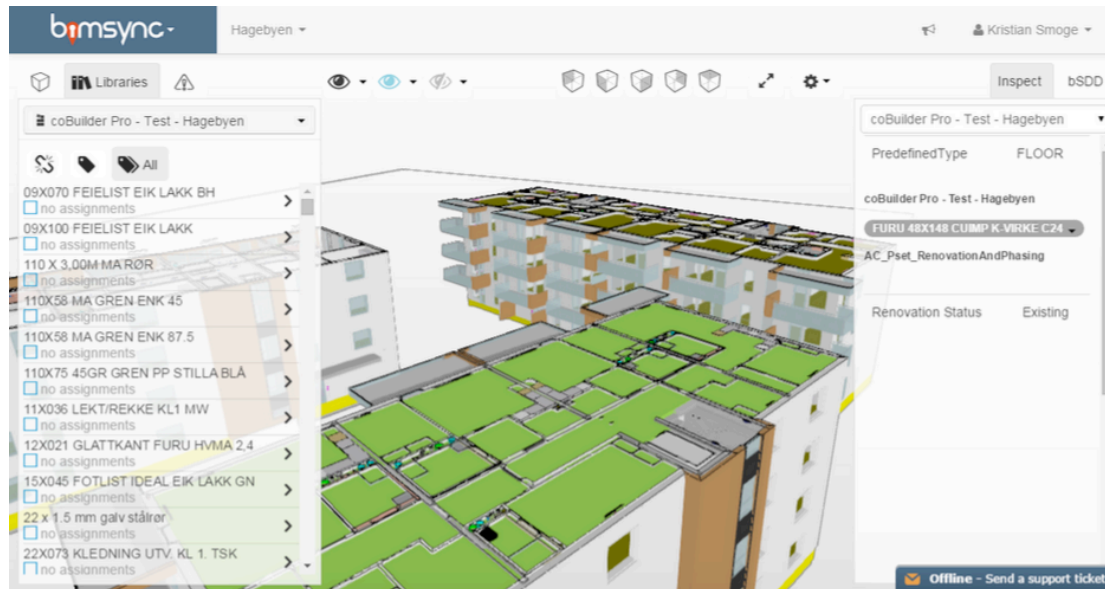
I Figur 48 vises de tre byggetrinnene i prosjektet. Totalt i Hagebyen er det 22 ulike boligblokker bestående av tre forskjellige boligkonsepter. Kun ARK-modellene og noen GEO-modeller er vist i Figur 48.



Figur 48: bimsync – Hagebyen (2)

Dokumentasjon av produkter og materialer

Som i Portalen og på Sørengstranda, er det coBuilderPRO-databasen og Test-databasen som tilegnes til Hagebyen-prosjektet. Merk at coBuilderPRO-databasen er spesifikk og unik for det aktuelle prosjekt ettersom det må oppgis en *coBuilder Pro ID* før databasen kan registreres i bimsync. Test-databasen med PDF-dokumentene knyttes opp ved å registrere en Dropbox-konto og aktuell dokumentasjonsmappe til bimsync.



Figur 49: bimsync – coBuilderPRO-databasen for Hagebyen



Figur 50: bimsync – Test-databasen for Hagebyen

Dokumentasjonsprosessen av produkt og material ble utført på samme måte som de to foregående prosjektene. I Figur 49 er alle gulvelementene i fjerde etasje for en av blokkene tilegnet 48x148 CUIMP K-VIRKE, mens i Figur 50 har hvert enkelt vindusobjekt for en av de 22 blokkene blitt tilegnet en PDF med H-vindu-dokumentasjon.

4.5 Undersøkelse av bimsync

I forbindelse med undersøkelsen av BIM-verktøyet bimsync ble det gjort enkelte begrensninger og forutsetninger. Noen begrensninger ble valgt selv som følge av å teste programmet opp mot utviklernes visjon, mens andre begrensninger falt naturlig. Visse forutsetninger ble også sett på som nødvendig for å få et hensiktsmessig resultat.

4.5.1 Begrensninger og forutsetninger

En av grunntankene til Catenda med den nettbaserte plattformen bimsync er å tilby involverte prosjektaktører tilgang til BIM-modellene på en enklere måte, samt senke brukerterskelen blant de utførende med å benytte teknologien. I den forstand er programmet bevisst testet på **maskinvarer med middels ytelse**. Dersom bimsync skal kunne brukes av alle plattformer (PC, nettbrett og mobil), stiller det høyere krav til *programvaren enn maskinvaren*.

De ulike **nettleserne** som bimsync oppgir er kapabel til å kjøre programmet ble kun testet for *Chrome* og *Safari*.

Bortsett fra Portalen-prosjektet, **ble ikke alle BIM-modellen for prosjektene lastet opp til bimsync**. Begrunnelsen er at mange av modellene ble sett på som lite relevante i forhold til oppgavens problemstilling.

Under testingen var det **Lenovo ThinkPad som ble benyttet til å tilegne objekter material- og/eller produktdokumentasjon**, samt opprette Issues. De to andre maskinvarene (MacBook Pro og iPad mini 3) ble brukt til å teste Issues, 3D-visualisering og fremvisning av prosjektdokumentasjon i verktøyet. Bruk av mobiltelefon for bimsync ble testet, men mobiltelefoner vil oppføre seg som et nettbrett da brukergrensesnittet er likt. Beskrivelsen av nettbrettet vil derfor være analogt som en mobiltelefon (gitt lik ytelse). Detaljerte, tekniske maskinvareytelser kan ses i *vedlegg III*.

Dokumentasjonstilegnelsen av produkt og material, samt opprettelse av Issues ble utført ved én bestemt **internetthastighet**. Etter tilegnelsene ble bimsync testet under to forskjellige internetthastigheter, i tillegg til 4G for nettbrettet. For nettbrett og mobiltelefoner fra Apple må nettleseren *Safari* brukes. Testbetingelsene er oppsummert nedenfor.

	Nett-leser	Nedlasting (Mbit/s)	Opplasting (Mbit/s)	MacBook Pro	Lenovo ThinkPad	iPad mini 3
<i>Utførelse</i>	Chrome	95	95	-	X	-
<i>Test 1</i>	Chrome	50	10	X	X	-
<i>Test 2</i>	Chrome	22	20	X	X	-
<i>4G</i>	Safari	26	3,7	-	-	X

De ulike BIM-modellene som ble importert til bimsync består av forskjellig størrelser. I løpet av undersøkelsen ble **tre ulike scenarier av modellstørrelser testet** (391,7 MB, 449,2 MB og 1404,6 MB). Ettersom prosjektene er på ulike stadier – og modellene består av ulike berikningsgrader – ble det etter en totalvurdering valgt å tilegne hvert enkelt prosjekt som ett test-tilfelle. I *vedlegg IV* vises de importerte filene til bimsync fra de tre prosjektene for de ulike aktørene, og størrelsen av hver enkelt fil.

For prosjektene Portalen, Sørengstranda og Hagebyen **ble ikke alle BIM-objektene tilegnet dokumentasjon** knyttet til produkter og materialer. Dette grunnet at problemstillingen ønsker å undersøke *muligheten* og *prosessen* ved å koble dokumentasjon av produkter og materialer til objektene. Det er i tillegg ikke undersøkt om den tilegnede dokumentasjonen oppfyller krav eller forskrifter i henhold til dagens lovverk.

De importerte BIM-modellene **etter at dokumentasjonstegnelsen fant sted** er ikke testet, og det er ikke gjort undersøkelser om modellene er tyngre å prosessere enn før dokumentasjonstegnelsen.

Biblioteket eller databasen **brukerdefinert** ble ikke tilknyttet til noen av test-prosjektene. Bakgrunnen for valget er at en CSV-fil lagrer tabelldata i tekstform, og er hensiktsmessig dersom det er snakk om flytting og overføring av tabelldata mellom databaser. Ettersom oppgavens formål er å undersøke om bruk av BIM som verktøy kan bidra til å bedre dokumentasjon av produkter og material i byggeprosjekt, ble ikke en CSV-database undersøkt.

4.5.2 Resultat fra undersøkelsen

De tre prosjektene Portalen, Sørengstranda og Hagebyen ble testet som hvert sitt scenario under utførelsen. Undersøkelsen ble utført ved at fire ulike tilfeller – med 20, 100, 400 og 1000 valgte elementer – ble tilknyttet material- og produktdokumentasjon fra databasene coBuilderPRO og Test. Samtidig ble det manuelt registrert hvor lang tid det tok å tilegne dokumentasjonen i bimsync for valgte elementer, samt tiden det tok for bimsync å registrere felles egenskaper for de valgte elementene. Formålet med å samle empiriske data fra prosjektene er å vise hvordan bimsync i dag hadde vært å jobbet med. Detaljerte testresultater fra henholdsvis Portalen, Sørengstranda og Hagebyen kan ses i *vedlegg V, VI og VII*.

Tilegne BIM-elementer dokumentasjon av material og produkt

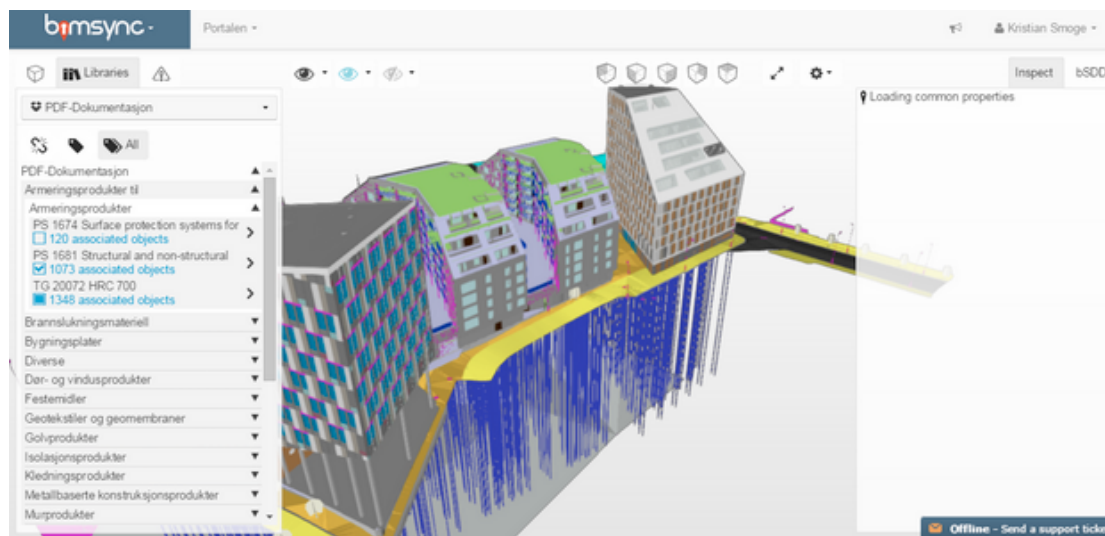
En gjennomgående trend med dataene fra de tre prosjektene er tiden det tar å tilegne elementer produkt- og/eller materialdokumentasjon. For 20 og 100 valgte elementer tar det kort tid å tilegne elementer dokumentasjon (fra ett til fem sekunder). Derimot, når det velges 400 eller 1000 elementer som det skal knyttes dokumentasjon opp mot, spriker resultatene. Generelt bruker bimsync for lang tid når det tilegnes informasjon til BIM-objektene, og dataene viser et sprik mellom alt fra 15 sekunder til mer enn 5 minutter.

Prosesen med å knytte material- og produktdokumentasjon er derimot hensiktsmessig, og intuitiv utført i bimsync. Inndeling av modellen etter etasjer, komponenter, lag og typer i bimsyncs viewer-funksjon (se Figur 27) muliggjør for en oversiktlig og elementspesifikk fremstilling.

Laste felles egenskaper

I bimsync lastes og vises felles egenskaper når det velges to eller flere elementer i *Inspect*. Som et resultat av testingen viste det seg at bimsync klarte seg fint når få elementer var valgt, men så fort det ble valgt flere elementer, tok det uhenktsmessig lang tid.

Et annet moment som viste seg gjeldende var at til større modeller bimsync måtte håndtere, til lengre tid tok det å laste de felles egenskapene når flere elementer var valgt (fra 100 valgte elementer og oppover). Samtidig er det en sammenheng mellom hvor mange tilknyttede dokumenter elementene har, og hvor lang tid det tar å laste de felles egenskapene for de elementene. Normalt sliter bimsync å laste opp de felles egenskapene dersom to eller flere elementer er tilknyttet dokumentasjon, og det kan da ta alt fra 30 sekunder til mer enn 9 minutter. Dessuten, ved mange valgte elementer (fra 1000 og oppover), kan det ta minutter å se felles egenskaper selv om elementene *ikke* er tilegnet dokumentasjon av produkter og/eller materialer. Figur 51 viser hvordan bimsync i Portalen ser ut når et høyt antall elementer tilegnes prosjekt-dokumentasjon, og felles egenskaper lastes.



Figur 51: bimsync – Laste felles egenskaper

Databasen coBuilderPRO kontra Test-databasen

De to testede databasene er coBuilderPRO og Test. Når det tilegnes dokumentasjon av produkt og material fra coBuilderPRO, knyttes det en hyperlink inn i BIM-objektene i bimsync. Dersom dokumentet klikkes på, videresendes prosjektaktører til en ekstern coBuilder-server over internett. Ved bruk av databasen Test knyttes et dokument eller en PDF til elementene i modellen, og dokumentasjonen lastes ned på brukerens maskinvare. Under testingen ble kun PDF tilegnet BIM-elementene.

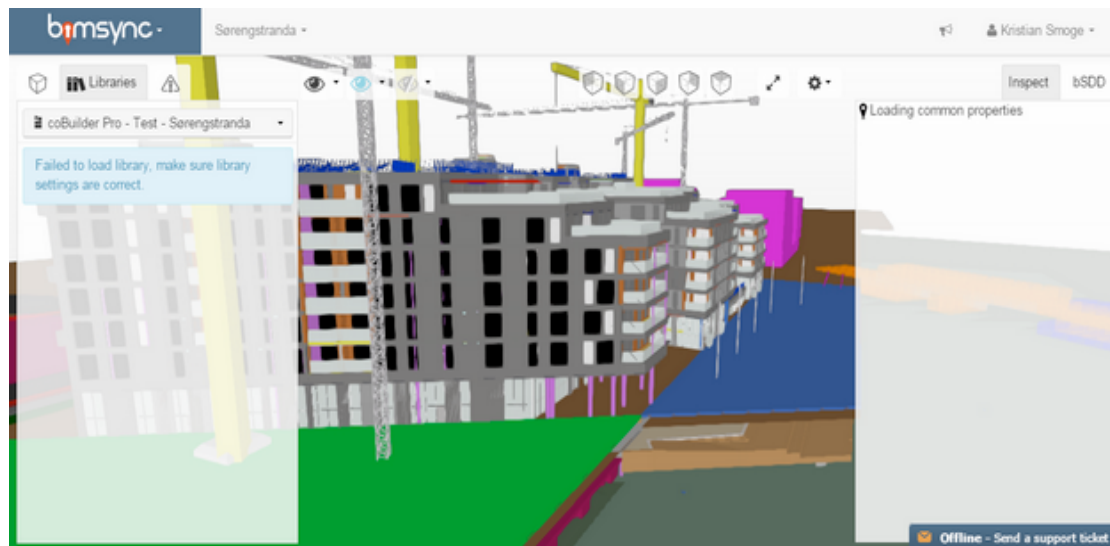
I forhold til tidsbruken ved å tilegne dokumentasjon av produkt og material til BIM-elementer i bimsync viser test-dataene en klar tendens at det er antall valgte elementer som er den begrensende tidsfaktoren. Generelt øker tiden det tar å tilegne

dokumentasjon til elementene til flere elementer som velges i bimsync. Forskjellen ved å bruke de to databasene viser seg gjeldende når det kommer til å vise dokumentasjonen, da coBuilderPRO videresender aktørene over internett, og legger opp til interoperabilitet på tvers av land (støtter språkoversetting gjennom bruk av buildingSMARTSs bSDD). Ved PDF-dokumentasjon er brukeren mer låst til det aktuelle dokumentet, og dokumentet må fysisk lastes ned på maskinvaren før det kan åpnes.

Programvareutfordringer

Det er åpenbare utfordringer i programvaren bimsync, men de viser seg først når modellene blir store og mange. Viewer-funksjonen er svært praktisk hvor modellene visuelt vises. Derimot, når tunge modeller håndteres i bimsync, ble det under utførelsen til tider treghet i viewer som førte til vanskeligheter med å bevege seg rundt i plattformen.

Et annet tydelig og høyst nødvendig forbedringspotensial er tidsbruken ved dokumentasjonstilegnelse og -opplasting av felles egenskaper til elementer i bimsync. Dersom programmet skal være formålstjenlig for bedrifter som vurderer å bruke bimsync i sine prosjekter, burde tidsbruken være ett par sekunder (selv ved mange, valgte elementer) istedenfor minutter som er dagens tilfelle. I tillegg, avhengig av antall valgte elementer, kan det ta alt fra 10 til 30 sekunder å laste opp en av databasene og bytte mellom dem. En annen utfordring med bimsync er stabiliteten ved dokumentasjonstilegnelse når mange elementer er valgt, og programmet samt databaseoppkoblingen har da en tendens til å krasje. I Figur 52 vises opplastingen av databasen coBuilderPRO for et høyt antall valgte elementer på Sørengstranda.



Figur 52: bimsync – Programvareutfordringer

Issues-funksjonen i bimsync kan brukes til visuell fremvisning av tverrfaglige prosjektutfordringer mellom aktører. Derimot er det også her utfordringer. Den tilsynelatende største utfordringen er at ved åpning av Issues fra *Dashboard*, skrues alle modellene på samtidig – som for både Sørengstranda (888,1 MB) og Hagebyen (2272, 4 MB) fører til at verktøyet krasjer. For Portalen fungerer Issues helt fint. Ved åpning av Issues i viewer ble det under undersøkelsen ikke merket noen utfordringer.

Undersøkelse med de ulike maskinvarene

Under testingen ble det ikke registrert noen nevneverdig forskjell ved bruk av ulike internetthastigheter.

Test ved bruk av **Lenovo ThinkPad** fungerer bra helt til mange og store modellfiler (fra 1500 MB og oppover) er skrudd på samtidig – det kan da til tider være utfordrende å manøvrere seg rundt i programmet. Grunnen er at bimsync til enhver tid viser all informasjon fra filene i viewer. Lang tidsbruk viser seg, som nevnt tidligere, først gjeldende når store modeller prosesseres og/eller et høyt antall elementer er valgt og arbeidsoppgaver utføres.

Under testingen ved **MacBook Pro** går bimsync fortrinnsvis for tregt, og det er treghet i programmet selv når et fåtall av modellfiler med middels størrelse fra de ulike prosjektene er på. Tendensen og den generelle bruken med bimsync er at det tar for lang tid å utføre de ulike operasjonene. Sett fra et prosjektperspektiv er imidlertid prinsippet med og oppbygningen av plattformen god. De ulike oppgavene som å tilegne elementer dokumentasjon, opprette prosjektutfordringer og/eller visualisere modellene i viewer fungerer som de skal, gitt at tidsbruken var mindre.

Ved bruk av **iPad mini 3** var det under testingen tekniske programvareutfordringer med bimsync, blant annet at programmet krasjer for visse modellstørrelser. Som regel inntraff hendelsene når modeller med til sammen over 200 MB var skrudd på. Forklaringen er at bimsync per i dag ikke har støtte for bruk av viewer på mobil/nettbrett. Samtidig er navigeringen og brukergrensesnittet hos bimsync i dag som ved bruk av PC – bare med mer innsnevrende muligheter og funksjoner. Selve testingen ble derfor noe begrenset, hvor kun noen få modeller ble undersøkt. Av den grunn er det lite hensiktsmessig å benytte verktøyet i dag for både nettbrett og/eller mobil før en applikasjon utgis.

Kommentar til undersøkelsen

Under utførelsen var det en tett kontakt opp mot utvikler *Catenda*, og nært opp mot innleveringsdato av oppgaven ble en ny versjon av bimsync sluppet med betydelig forbedringer. Blant noen av forbedringene er tidsbruken ved dokumentasjons-tilegnelse til BIM-elementer, utbedret Issue-funksjon og hurtigere opplastingstid når felles egenskaper lastes, samt hurtigere tidsbruk når det byttes mellom databaser. Denne oppgaven vil ta utgangspunkt i de presenterte testresultatene, og ved videre diskusjon vil den gamle versjonen bli brukt som grunnlag.

5

Drøfting

I dette kapitlet drøftes oppgavens forskningsspørsmål med utgangspunkt i teorien og resultatene fra intervjuene, casestudiene og undersøkelsen av plattformen bimsync.

5.1 Fullstendig drøfting

Dokumentasjonshåndtering av produkt og material utføres normalt på et sent tidspunkt i byggeprosjektets produksjonsfase. Bakgrunnen for det er blant annet stadige forandringer underveis og overlappende prosjektering og produksjon. Ved ferdigstillelse overleveres dokumentasjonen normalt både på papirform og digitalt som oppramsede dokumenter på minnepenn. Under dette kapitlet er forskningsspørsmålene lagt til grunn og brukt som utgangspunkt for å gi en besvarelse på oppgaven: *Kan bruk av BIM som verktøy bidra til å bedre dokumentasjon av produkt og material i byggeprosjekt?*

Først diskuteres på hvilket nivå BIM benyttes i Veidekke i dag, samt hvordan dokumentasjon av produkter og materialer håndteres i prosjektene Portalen, Sørengstranda og Hagebyen. Videre drøftes funksjoner som bør ligge til grunn i BIM-verktøy for å gi en verdiskapende dokumentasjonshåndtering av produkter og materialer i byggeprosjekt med bimsync som utgangspunkt, før det til slutt diskuteres hvilke effekter bruk av BIM som verktøy kan tilføre prosessen med å dokumentere produkter og materialer i byggeprosjekt.

5.1.1 BIM i Veidekke i dag

Som det fremgår fra intervjuene og Veidekkes BIM-veileder i resultatkapitlet, er det breddebruken innad i organisasjonen som er fokusområdet for organisasjonen i dag. Det gjenspeiles og støttes opp under fra de tre prosjektene Portalen, Sørengstranda og Hagebyen, hvor bruk av modellene i stor grad inngår som en naturlig del av arbeidsprosessen. Av bruksområder ute på prosjekt er det stort sett visualisering, tverrfaglig koordinering og kalkulasjon i form av mengdeberegninger som benyttes. I noen grad benyttes 4D-planlegging, men det er hovedsakelig forbeholdt kritiske faser som tidlig produksjon. Modelleveranse fra rådgiverne overleveres i åpenBIM, og til en viss grad overrekkes også IFC-filer fra leverandører og produsenter. Selv om bruk av BIM i prosjekt bare blir mer vanlig i Veidekke, og inngår som en naturlig del av arbeidsprosessen, benyttes ikke utviklingen på et tungt nivå ute på prosjekt. Det har en sammenheng med visjonen Veidekke har satt seg om å først nå ut til flest mulig før en opptrapping av bruksområder tiltar blant de ansatte.

Utfordringene som skilte seg ut under intervjuene var kompetanse, interesse og fordommer til utviklingen BIM blant de ansatte i Veidekke. Funnene er i seg selv spennende, ettersom Veidekke satser stort på å få de ansatte til å benytte seg av BIM til sine daglige gjøremål. Til tross for at en BIM-veileder er utarbeidet og tilgjengelig,

samt at kurs tilrettelegges med jevne mellomrom, tyder det på at det er ingen *skalkultur* innad i organisasjonen. Hvorvidt Veidekke bør ta tak i utfordringen og tydeliggjøre BIMs potensiale og bruksområder til de ansatte, er en avgjørelse som burde vurderes. Det burde i tillegg undersøkes nærmere om trenden er gjeldende hos ansatte på andre prosjekter, og grunnen til hvorfor utfordringene er tilstede.

Det menneskelige aspektet viser seg som den største utfordringen med tanke på å implementere BIM i Veidekke. Derfor, for å ta BIM til det neste nivået, bør organisasjonen fokusere på at det foreligger enighet internt angående bruksverdien av å benytte utviklingen i prosjekt. Dersom en enighet ikke foreligger for eksempelvis et pågående prosjekt, kan det føre til tvetydigheter og gi uklare signaler utad. Det igjen kan skape uheldige ringvirkninger. Det har større positive og fremtidsrettede effekter om BIM benyttes konsekvent men på et lavere nivå, enn at BIM praktiseres tungt av noen i prosjektet med høy kunnskap om utviklingen.

Som et eksempel var Hagebyen et pilotprosjekt innenfor BIM og VDC i Veidekke, og var særdeles vellykket. Prosjektorganisasjonen bestemte tidlig hvordan BIM skulle benyttes, og samtlige prosjektinvolverte fra Veidekke fikk opplæring og kunnskap om BIM. Bruksområdet ble ikke brukt på en tung eller krevende måte, men det var felles enighet om hvordan BIM internt skulle benyttes, og hvordan BIM eksternt skulle kreves. Tydelige og realistiske BIM-målsetninger tidlig virker som en suksessoppskrift for å implementere BIM til flest mulig i prosjekt.

5.1.2 Dokumentasjon av produkt og material i Veidekke

For prosjektene Portalen, Sørengstranda og Hagebyen er det fortsatt håndtering av prosjektdokumentasjon i form av PDF fra leverandører/produsenter som dominerer, og i all hovedsak er prosessen med å samle inn material- og prosjektdokumentasjon forbeholdt og utført av én person i prosjektorganisasjonen. Blant rådgiverne er det levering av modeller i IFC som er vanlig i dag, blant annet grunnet krav fra Veidekke og større trykk fra byggebransjen generelt. Selv om entreprenør stiller krav til at noen leverandører og produsenter i prosjektene skal levere i IFC, varierer det hvordan, når og hvilken informasjon som overleveres. En av grunnene er blant annet mangel på standardisering av dokumentasjonen i prosjektsammenheng, samt lav prioritering, verdiskapning og/eller oppfølging fra og for entreprenør. I Portalen skal derimot kontorbygget BREEAM-sertifiseres til graden *Very Good*, og prosessen med å samle inn og håndtere visse aspekter av prosjektdokumentasjonen utføres på et tidligere tidspunkt enn normalt. Bruk av programmet *ProductXchange* i prosjektsammenheng benyttes av mange som dokumentasjonsplattform.

Utfordringen med dagens dokumentasjonsordning er blant annet mangel på en felles rutine og standardisering ved innsamling og overlevering, både på leverandør- og produsentsiden og fra entreprenørsiden. Et annet aspekt er manglende verdiskapning for entreprenør, samt at prosjektinformasjonen ikke forvaltes eller brukes videre ved overlevering til byggherre. Utfordringen må imidlertid ses i sammenheng med hvilken type prosjekt som produseres (eksempelvis boligprosjekt kontra kontorbygg), krav og prosjektmålsetninger satt fra byggherre, samt kostnad/nytte for entreprenør ved å overlevere komplett og detaljert prosjektdokumentasjon.

For å effektivisere og forbedre dagens ordninger med tanke på håndtering av prosjektinformasjon bør en viss organisatorisk omstilling tilstrebes. For det første bør det settes strengere krav til leverandører og produsenter om å levere i tide og til å faktisk levere i forpliktet filformat til prosjektene. I prosjektsammenheng burde dokumentasjonsprosessen prioriteres i større grad, og om mulig utføres på et tidligere tidspunkt. Samtidig vil det å legge opp til en fremtidig utnyttelse av prosjektdokumentasjonen være et viktig aspekt. Slik situasjonen er i dag overleveres prosjektinformasjon både i papirform og som oppramsede dokumenter på minnepenn, og er en lite dynamisk og fremtidsrettet tilnærming. I tillegg kan det være hensiktsmessig å opprette og forvalte en intern erfaringoverføringsdatabase i organisasjonen som omhandler samarbeidende prosjektleverandører, -produsenter og/eller -rådgivere.

Et annet sentralt moment er interoperabilitet mellom de involverte prosjektpartene angående dokumentasjon av produkter og materialer i byggeprosjekt. Byggebransjen er allerede på god vei til en mer tverrfaglig samarbeidsform gjennom bruk av BIM, og den internasjonale organisasjonen *buildingSMART* representerer gjennom sine åpne standarder fremtiden for fildeling, samarbeidsprosesser og dokumentasjons-håndtering. Grunnlaget for utførende aktører er allerede lagt – det gjenstår bare å få alle til å jobbe innenfor de samme programmene og innenfor de samme standardene.

For å kunne benytte standardene utarbeidet av buildingSMART til å knytte prosjektdokumentasjon til BIM-modeller på en god måte, vil en omstrukturering av prosjektdokumentasjonen være nødvendig. Arbeidet med og omfanget av å strukturere prosjektdokumentasjon er omfattende, og krever blant annet et felles tverrfaglig samarbeid og en felles standard blant leverandører og produsenter i byggebransjen dersom det skal gi verdiskapning eksternt. Ved å benytte *bSDD* som grunnlag kan et felles programmeringsspråk implementeres i *IFC*. Samtidig er det PDF som benyttes i stor grad ved overlevering av dokumentasjon i bransjen i dag, og måter for å implementere PDF-dokumentasjon til BIM-modellen må være tilgjengelig.

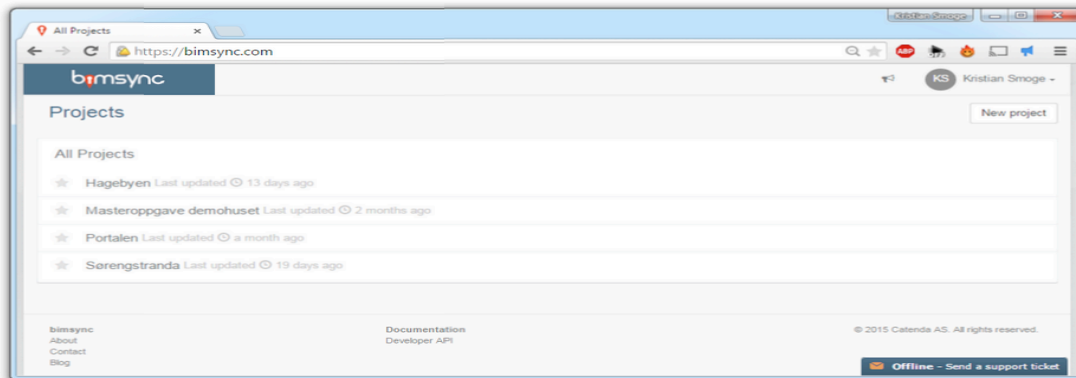
Innenfor interoperabilitet viser en annen utfordring seg gjeldende, og det er tilgang til distribusjonsplattformer for lagring, håndtering og utveksling av dokumentasjon fra leverandører og produsenter. Aktører som tilbyr dokumentasjonsdistribueringsløsninger og komplett prosjektinformasjon som er i henhold til krav og forskrifter er blant annet coBuilder og IFD SignOn. Både coBuilder og IFD SignOn baserer sine databasestrukturer på åpne standarder og *bSDD*, og begge er i dag godt i gang med en dyptgående bearbeiding av informasjon fra leverende aktører. Visjonen og målet er å lage en mal i *bSDD* hvor all informasjon angående produkter utføres av produsentene og leverandørene selv, i tillegg til at de ulike produktene *tagges* i henhold til *IFC*. På den måten blir bedrifter mer eller mindre tvunget til å benytte seg av åpne standarder som fører til at produkt- og materialdokumentasjon i byggeprosjekt får et større omfangsområde.

5.1.3 Funksjoner i BIM-verktøy

Under undersøkelsen ved bruk av BIM-verktøyet bimsync ble det klart at visse funksjoner og forutsetninger bør ligge til grunn for å skape verdi til utførende aktører angående dokumentasjon av produkt og material. Plattformen bimsync vil her bli brukt som utgangspunkt for å demonstrere ulike funksjoner.

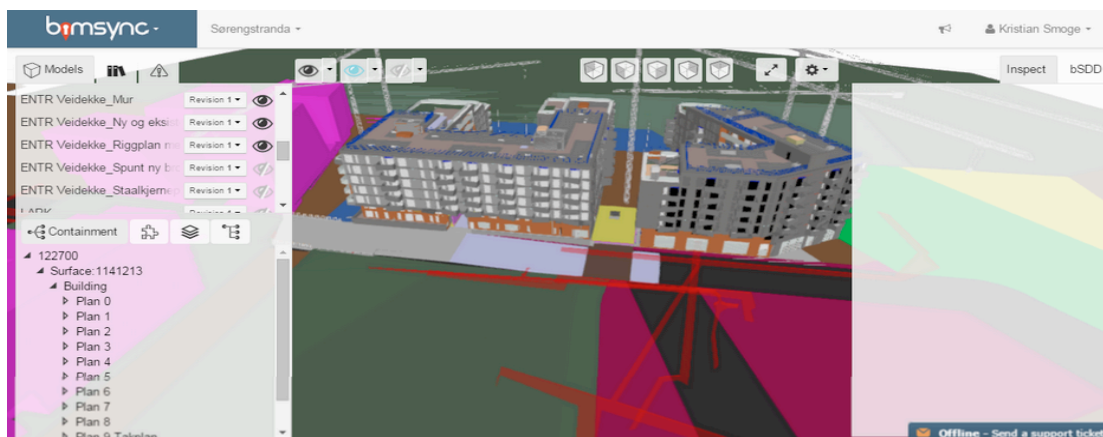
Brukergransnittet til bimsync er intuitivt og krever liten forståelse eller opplæring før det kan tas i bruk. Bruksområdene til bimsync består hovedsakelig av 3D-visualisering gjennom programmets *viewer*, prosjektutfordringer gjennom *Issues* og dokumentasjonstilnærning ved bruk av *Libraries*. Ulike funksjoner, som horisontale og vertikale snitt, samt tagge objektene opp mot *bSDD* kan utføres i verktøyet.

Plattformen bimsync er tilgjengelig ved bruk av nettleser, og kan av den grunn anvendes av samtlige maskinvarer (PC, mobil og nettbrett). Det stiller store krav til programvaren i form av å fremstille og prosessere dataene godt nok og uten treghet, men skaper med det en mulighet for samarbeid mellom prosjektaktører. Med tanke på å håndtere dokumentasjon av produkt og material i prosjekt for store filstørrelser kan bruk av nettleser virke noe ambisiøst. Samtidig gjenspeiler programvaren et sentralt moment: enkel tilgang for alle prosjektinvolverte – når som helst. Mange muligheter åpner seg opp når verktøy blir tilgjengelig på en enkel måte, og verktøyet kan eksempelvis brukes til å nå ut til prosjektinteressenter eller som kommunikasjons- og visualiseringsplattform til utførende (snekker, elektriker, rørlegger osv.). Først og fremst er det den håndholdte tilgjengeligheten som virkelig er spennende, og som kan bane vei for nye bruksområder sett fra et prosjektperspektiv.



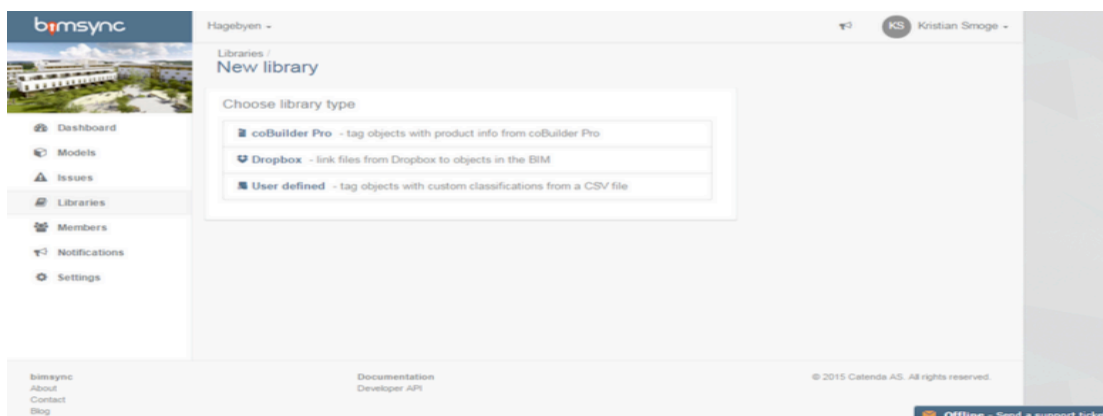
Figur 53: bimsync – Tilgjengelighetsmuligheter

Bedriften Catenda har med bimsync programmert en 3D-visualiseringsfunksjon fra bunnen som tolker IFC-filer, og i sammenheng med å tilegne BIM-elementer prosjektdokumentasjon er det svært praktisk. Sett fra et større perspektiv er det andre momenter enn bare produkt- og materialdokumentasjon som kan tilegnes elementene, som elektroniske sjekklister eller kostnad. BIM-verktøy har ved bruk av en visuell fremstilling større anvendingsmuligheter enn ved en todimensjonale prosjektdokumentasjonstilnærning.



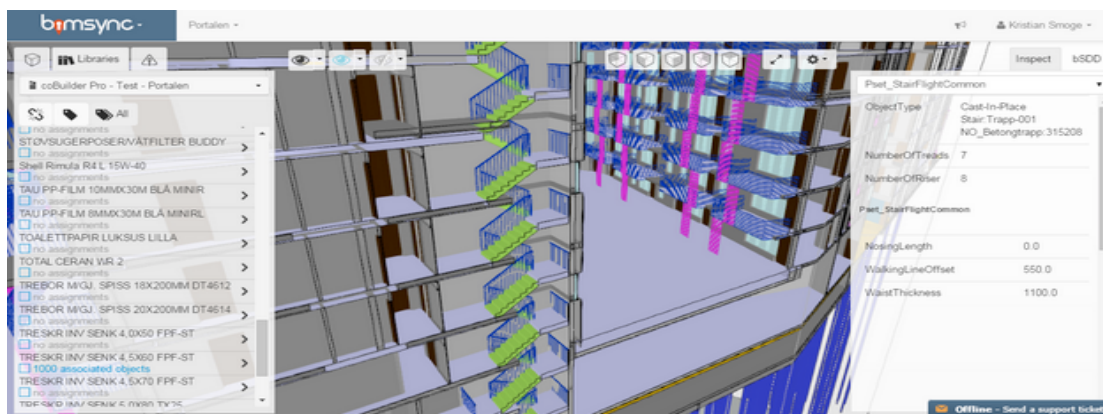
Figur 54: bimsync – Tredimensjonal fremstilling

En grunnleggende forutsetning og nødvendighet for å tilegne prosjektdokumentasjon til BIM-elementer er hvilke databaser som kan tilknyttes prosjekter. Med bruk av bimsync har bedrifter tre muligheter, hvorav den ene databasen ikke er representativ ved dokumentasjonstilegnelse. For Veidekkes del benyttes ikke tjenesten *Dropbox* grunnet rettighetsmessige eierforhold til dokumenter, og da gjenstår det i prinsippet kun én databaseoppkobling. Mangfold av forskjellige databaseoppkoblingsmuligheter vil være å foretrekke dersom det skal være hensiktsmessig for bedrifter å ta i bruk BIM-verktøy.



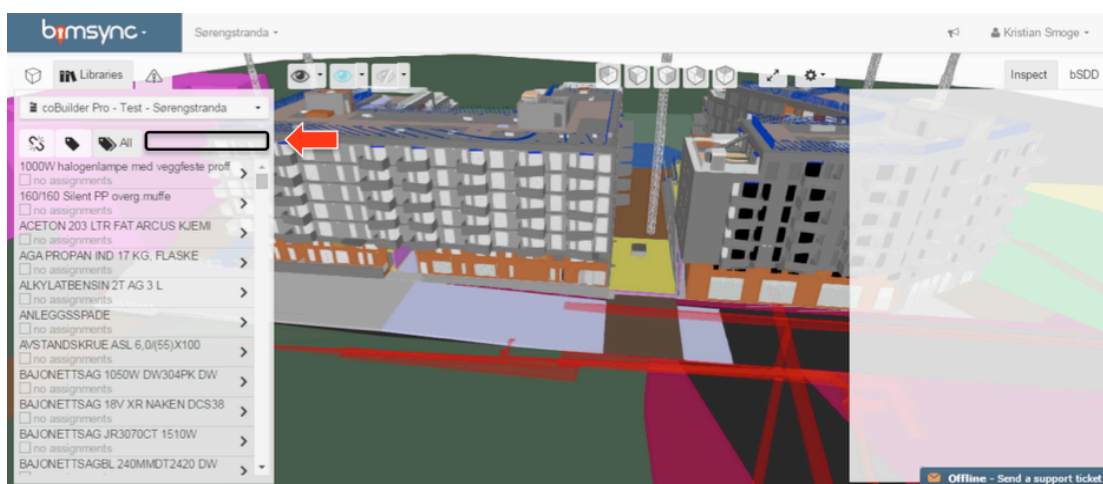
Figur 55: bimsync – Oppkoblingsmuligheter til ulike databaser

En viktig funksjon, og en stor utfordring med bimsync, er tiden det tar å tilegne BIM-elementer dokumentasjon av produkt og material. Som nevnt under kapittel 4.7.2, samt vist med empiriske data i vedlegg V, VI og VII, sliter programmet når mange elementer tilegnes dokumentasjon. Fremtidige verktøy bør og må være i stand til å utføre operasjoner raskt og konsist med begrenset opplastingstid selv ved prosessering av store filstørrelser.



Figur 56: bimsync – Hurtig opplastingstid ved dokumentasjonstilegnelse er en viktig forutsetning

For at det skal være mulig å finne all informasjon som puttes inn i databasene, bør en filtreringsmotor implementeres i verktøyet. Slik tilfellet er med bimsync i dag bestemmer aktører selv oppbygningen av Dropbox-databasen, mens produkter i coBuilderPROs-database opprampses i alfabetisk rekkefølge. Ved å legge en filtrerings- og søkemulighet til grunn bidrar det til bedre arbeidsmessige premisser i verktøyet. Figur 57 viser forslag til hvordan en filtrerings- og søkemotorfunksjon kan se ut i bimsync.

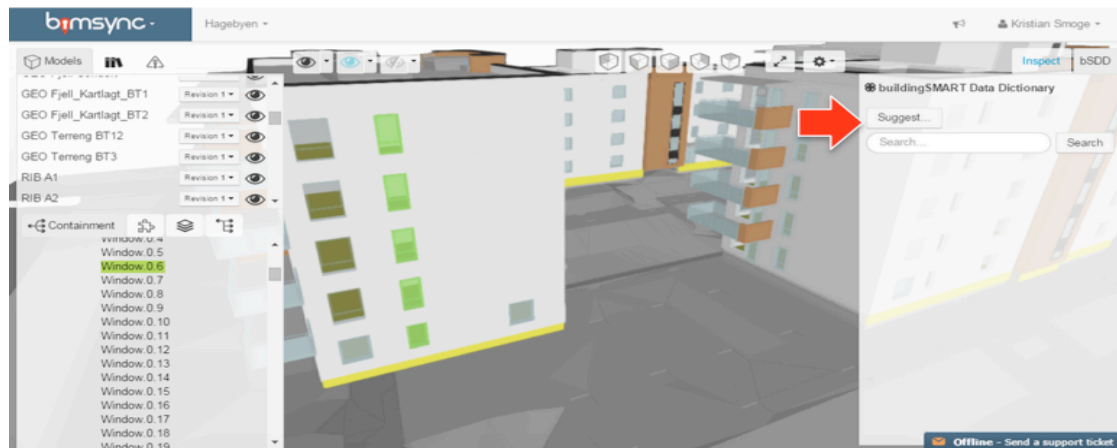


Figur 57: bimsync – Mulighet for filtrering og søking blant produkt og material i databaser

En annen funksjon som bør være tilstede er muligheten til å dele importerte modeller i grupper, samt opprette bokmerker for påskrudde modeller når det jobbes i modellen med tanke på fremtidig arbeid.

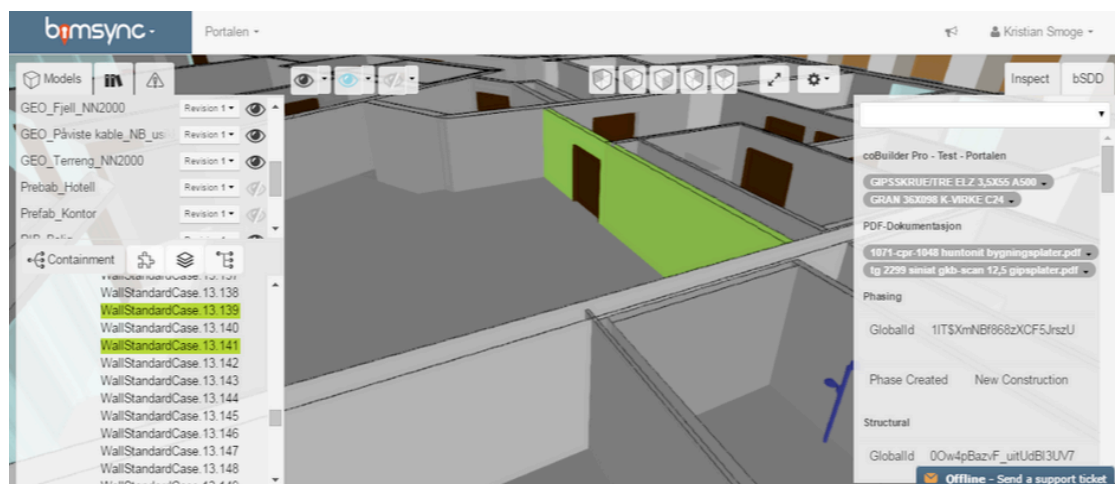
Suggest-funksjonen som er tilgjengelig i bimsync kan brukes til å tagge elementer. Eksempler på bruk av en tag i bimsync er at de fem vinduene i Figur 58 kan tilegnes egenskapen *window*, eller at en vilkårlig dør tilegnes egenskapene *sliding door*, *door standard case* og/eller *acoustic rated door set*. Formålet med å tagge er å tilegne BIM-elementer egenskaper som kan brukes til identifisering. Dersom aktuell produktinformasjon også er tagget med samme egenskaper som elementene, stemmer produktinformasjonen og elementene overens. Tilfeller som produktgjenkjenning for valgt element blir da en mulighet. For å bruke eksempelet med de fem vinduene i Figur 58 videre kan en ny eller forbedret suggest-funksjon gjenkjenne alle produkter i valgt database som er tagget med eksempelvis *window*. Ved å trykke på suggest får

aktører opp alternativer av produkter fra databasen som kan tilegnes vinduene. Forutsetningen for at metoden skal fungere er at både produktdokumentasjonen og BIM-elementene har tagger som stemmer overens.



Figur 58: bimsync – Suggest-funksjon

En annen funksjon som vil være svært hensiktsmessig for å spare tid når BIM-elementer tilegnes dokumentasjon, er muligheten til å opprette egne undermapper som består av flere dokumenter. Med bimsync i dag er plattformen begrenset til én dokumentasjonstilegnelse per element per trykk, og for å effektivisere denne prosessen ville det vært å foretrekke om *flere* dokumenter kan tilegnes per trykk. For å ta et tenkt eksempel vises det i Figur 59 en vilkårlig vegg i Portalen. I prosjektet er det flere ulike veggtyper, men akkurat denne veggen, kalt VEGGTYPE 1, består av dobbelt lag gips, 48 x 98 FURU, leker, 10 cm Glava isolasjon, rupanel, ett lag gips og til slutt Gjeco hvit vannbasert maling. Veggen er en av fire ulike veggtyper i Portalen, men i denne etasjen er alle veggene oppbygd på samme måte som VEGGTYPE 1. Dersom alle disse produktene kunne blitt lagt i en undermappe, kan de tagges til veggen i Figur 59 med ett trykk. Det bør da legges opp til å kombinere produkter og materialer fra de ulike databasene.



Figur 59: bimsync – Mulighet for å tilegne flere dokumenter per trykk

5.1.4 Effekter ved bruk av BIM som verktøy i byggeprosjekt

Byggebransjen er en fagoppdelt bransje hvor blant annet implementering av nyskapende teknologi ofte blir møtt med skepsis. Innføring og bruk av BIM har ført til nye utførelsestilnærminger i byggeprosjekt, men i forhold til dokumentasjon utføres dette i stor grad fortsatt på tradisjonell måte. Under dette punktet vil effekter som bruk av BIM som verktøy kan tilføre prosessen med å dokumentere produkter og materialer i byggeprosjekt diskuteres.

Som et resultat av å kunne knytte databaser opp mot et BIM-verktøy, kan elementer i modell ved hjelp av tagging tilegnes dokumentasjon. Prinsippet bygger på overensstemmende identifisering mellom produkt og element. Hvilken effekt dokumentasjonstilegnelsen har på byggeprosjekt er blant annet avhengig av hvilket *format* dokumentene har. Et PDF-dokument har fastsatt informasjon som ikke kan søkes i, enkelt redigeres eller implementeres videre. Bruk av PDF er derimot enkelt, og er det mest brukt formatet ved overlevering av produkt- og materialdokumentasjon i byggeprosjekt i dag. Av den grunn er PDF formålstjenlig dersom bruksverdien og hensikten er å lagre død informasjon i byggeprosjekt. Sett i lys av å kunne forvalte informasjonen videre, er ikke lagring av dokumentasjon i PDF det mest fornuftige valget. Den beste og mest fremtidsrettede effekten oppnås dersom det legges opp til å kunne ta utgangspunkt i den tilegnede dokumentasjonen. Organisasjonen buildingSMART representerer gjennom sine standarder en metode for å gjøre dette, men er avhengig av at byggebransjen er konsekvent når det kommer til lagring og overlevering av dokumentasjon i prosjekt. Effekten må derimot ses i sammenheng med byggherrens krav og målsetning med en digital BIM-dokumentasjonstilegnelse.

For at bruk av BIM som verktøy skal ha størst effekt vedrørende å tilegne dokumentasjon til produkt og material i byggeprosjekt, bør det tas utgangspunkt i åpne standarder. På den måten bidrar åpne standarder til en mer dynamisk og fremtidsrettet forvaltningsprosess av modellen i ettertidsfasen. Et annet moment som spiller inn på effekten av å dokumentere produkter og materialer ved bruk av BIM, er oversikten over hvilke bygningsdeler som har hvilken dokumentasjon. Med BIM-verktøy er en tredimensjonal fremstilling av prosjekt en selvfølge, og ved at aktører visuelt kan se hvilken dokumentasjon som er tilegnet bygningsdeler, åpner det opp for bruksområder som kan anvendes både i produksjonsfasen så vel som etter ferdigstilt prosjekt. Visualisering og oversikt av bygningsinformasjon hos BIM-elementer kan blant annet føre til bedre kvalitetssikring og bedre tverrfaglig forståelse blant utførende aktører i produksjonsfasen.

Funksjonen for å tilegne dokumentasjon av produkt og material til elementer gjennomføres ved hjelp av tagging. Tagge-funksjonen er en svært praktisk måte å tilegne elementer dokumentasjon, og er eksempelvis implementert på en slik måte i plattformen bimsync at hvilken som helst dokumentasjon kan tilegnes – det er *mangfoldet av databaseoppkoblingsmuligheter* som setter begrensninger til hvilken dokumentasjon som kan innhentes og er tilgjengelig. Prinsippet med tagging er at den er og skal være format-nøytral, og tagging er av den grunn kun avhengig av at gjeldende dokumentasjon kan kobles opp til verktøyet.

Gitt at åpne standarder benyttes gjennom hele prosjektet og av aktørene, kan dokumentasjonen utføres med større automatikk. Med automatikk menes at det blir lagt opp til en mer interoperabel og tverrfaglig dokumentasjonsprosess istedenfor den mer statiske utførelsen som praktiseres i dag. Ved at leverandører og/eller produsenter tagger dokumentasjon, blir prosessen med å dokumentere mindre omfattende og overlates i større grad til programvaren.

5.2 Oppsummering av drøfting

I byggeprosjekter i Veidekke er det manglende rutine eller mal for hvordan produkt- og/eller materialdokumentasjon samles inn og håndteres. Ofte overlates dokumentasjonshåndteringen i byggeprosjekt til én person i organisasjonen som mot slutten av produksjonsfasen har ansvaret for å samle inn og overlevere dokumentasjonen til kunde. Noe av grunnen til at dagens dokumentasjonsordning gjennomføres på denne måten i byggeprosjekt er mangel på verdiskapning for både byggherre og entreprenør. Samtidig er kvaliteten på levert prosjektdokumentasjon, samt når og hvordan dokumentasjonen leveres fra leverandør eller produsent varierende – ofte som et resultat av manglende krav eller standarder. Bruk av BIM i byggeprosjekt representerer nye arbeidsprosesser med modeller som grunnlag. Organisasjonen Veidekke satser tungt på implementering av BIM blant de ansatte, og fokuserer blant annet på at BIM skal bli en del av alles hverdag. Derimot benyttes ikke BIM på et tungt nivå blant de ansatte.

Innenfor nyskapingen BIM finnes verktøy for tilegne modellelementer dokumentasjon gjennom *tagging*. Plattformen *bimsync* er her brukt som utgangspunkt for å illustrere funksjoner som bør ligge til grunn, hvor blant annet mangfold av databaseoppkoblingsmuligheter, liten treghet i programvaren, hurtig opplastingstid ved dokumentasjonstilegnelse, en filtrerings- og søkefunksjon, samt en funksjon for å tilegne flere dokumenter per trykk og en funksjon som foreslår produkter for valgt element er diskutert og demonstrert.

For at dokumentasjonstilegnelsen ved bruk av BIM som verktøy skal gi størst effekt, bør åpne standarder benyttes. Den internasjonale organisasjonen *buildingSMART* representerer gjennom sine standarder fremtiden for fildeling, samarbeidsprosesser og dokumentasjonshåndtering. Derimot, for at åpen standardbruk for produkt og material i byggeprosjekt skal skape verdi ved bruk av BIM-verktøy, bør lagring og overlevering av dokumentasjon benyttes konsekvent av samtlige aktører i byggebransjen. Foruten tverrfaglig samarbeid, bidrar verktøyet til visuell oversikt over tilegnet dokumentasjon for bygningselementer, bedre tverrfaglig forståelse blant de utførende i produksjonsfasen og til bedre kvalitetssikring. I tillegg kan bruk av åpne standarder føre til mer automatiske tilegnelsesprosesser av prosjektdokumentasjon.

Konklusjon

I dette kapittelet fremheves de viktigste punktene under drøftingen som munner ut i en konklusjon og besvarelse av oppgaven.

6.1 Konklusjon

Tre ulike prosjekter i Veidekke er studert og på bakgrunn av intervjuer og en omfattende testing av plattformen *bimsync* med prosjektenes IFC-filer, er muligheten for å tilegne dokumentasjon av produkt og material til BIM-elementer undersøkt. Med utgangspunkt i oppgavens fire forskningsspørsmål ble flere momenter oppdaget og diskutert i veien mot besvarelsen:

Kan bruk av BIM som verktøy bidra til å bedre dokumentasjon av produkt og material i byggeprosjekt?

Det er flere forutsetninger som bør ligge til grunn for at bruk av BIM som verktøy kan bidra til å bedre dokumentasjon av produkt og material i byggeprosjekt. Det første er at det eksisterer en kultur for BIM i bedriften, og at kulturen i stor grad gjennomsyrrer hvordan byggeprosesser styres internt så vel som eksternt. Det andre er at det eksisterer krav til leverandører og produsenter om å levere i BIM, samt legge opp til en konsekvent bruk av åpne standarder som *buildingSMART* i byggeprosjekt og i byggebransjen generelt. Samtidig bør visse forutsetninger og funksjoner i BIM-verktøyet være tilstede, blant annet hurtig dokumentasjonstilegnelse, liten treghet i programvaren, mangfold av dokumentasjonsdatabaser, søkemotor som inneholder filtrerings- og søkemuligheter og til slutt en funksjon som foreslår hvilke produkter eller materialer som kan tilegnes et valgt element med bakgrunn i prinsippet om *tagging*. Ulike effekter som bruk av et BIM-verktøy kan tilføre dokumentasjonsprosessen av produkt og material er oppsummert nedenfor. De ulike effektene må derimot ses i sammenheng med byggherrens krav og prosjektmålsetninger med en digital BIM-dokumentasjonstilegnelse.

- Dokumentasjon tilegnes og lagres i BIM-modellen
- Formatet på dokumentasjonen vil innvirke på grad av effekt i byggeprosjekt
- Bedre oversikt over hvilke bygningsdeler som har hvilken dokumentasjon
- Tagge-funksjonen fører til at hvilket som helst format kan tilegnes til elementer i modell
- Bidrar til en mer dynamisk forvaltningsprosess av prosjektdokumentasjonen i ettertidsfasen
- Bedre kvalitetssikring gjennom mer automatikk

Sett fra Veidekkes perspektiv kan og vil bruk av et BIM-verktøy bedre dokumentasjon av produkt og material i byggeprosjekt. Derimot anbefales det ikke å ta i bruk et verktøy for hele organisasjonen i dag, og begrunnelsen for det er todelt: For det første bør det først fokuseres på å nå ut med breddebruken til organisasjonens ansatte for så å fortsette med en gradvis opptrapping av bruksområder i BIM. Det andre er at byggebransjen bør modnes, både med tanke på bruk av åpne standarder og utvikling av programvarer. Det vil derimot være interessant å teste bruken av et BIM-verktøy for et lite BIM-prosjekt i Veidekke, eller en liten del av et stort BIM-prosjekt. Selv om bruk av BIM-verktøy for å tilegne dokumentasjon til produkter og materialer er forholdsvis nytt, og åpenbare utfordringer er tilstede, burde muligheten undersøkes nærmere. Potensialet med og verdiskapningen av å benytte et verktøy til å tilegne dokumentasjon til elementer i en BIM-modell burde ikke enkelt avskrives uten videre testing.

Sett fra byggebransjen som helhet, og tatt i betraktning all prosjektdokumentasjon og ikke bare produkt- og materialdokumentasjon, er det klare positive virkninger av å lagre og tilegne dokumentasjon til BIM-elementer enn som et oppramset dokument. Bruk av åpne standarder muliggjør forvaltningsprosesser som tidligere ikke har vært mulig eller blitt prioritert. Men det forutsetter interoperabelt, tverrfaglig samarbeid og implementering angående åpen standardbruk og BIM for bedrifter og leverandører, noe som historisk sett har vist seg vanskelig i en fagoppdelt byggebransje. I tillegg spiller krav satt fra byggherre en stor rolle, og er muligens den største bidragsyteren til hvordan entreprenører i byggeprosjekter forholder seg til nyskapninger i bransjen.

Oppgavens empiriske datagrunnlag viser en sterk indikasjon på at bruk av BIM som verktøy i byggeprosjekt fortsatt har forbedringspotensial. Hovedsakelig er utfordringene knyttet til tidsbruk og treghet ved bruk, og i en gitt prosjekt-sammenheng er tid penger. Hvorvidt effektiviteten eller produktiviteten av å benytte BIM-verktøy overstiger tradisjonell arbeidsmetode ved dokumentasjonshåndtering er vanskelig å spå og ikke undersøkt i denne oppgaven. Men det er ingen tvil om at bruk av BIM som verktøy kan og vil bidra til å bedre dokumentasjon av produkt og material i fremtiden. Derimot, for dagens tilfelle, er ikke byggebransjen godt nok rustet til at dokumentasjonshåndtering av produkt og material i byggeprosjekt vil gi en god nok verdiskapning.

Veien videre

I dette kapitlet beskrives aspekter som kan jobbes videre med utfra oppgavens teori, resultater, drøfting og besvarelse.

7.1 Forslag til veien videre

Denne masteroppgaven har undersøkt muligheten av å bruke BIM-verktøy til å dokumentere produkt og material i byggeprosjekt, og om bruken kan føre til en forbedret dokumentasjonshåndtering i byggeprosjekt. Grunnlaget for drøftingen er basert på tre casestudier og totalt åtte intervjuer, samt en omfattende testing av plattformen *bimsync*. Oppgaven har i all hovedsak kun studert prosjekter innad i Veidekke Entreprenør Distrikt Oslo, og for ytterligere generalisering av dokumentasjonshåndtering i byggeprosjekt vil det være hensiktsmessig å utvide forskningen med flere kvalitative eller kvantitative undersøkelser.

Neste steg i forskningen vil være å kartlegge hvordan prosjektdokumentasjon innsamles, håndteres og overleveres av leverandører, produsenter og entreprenører i Norge, for så å undersøke utfordringer og potensielle forbedringer med tilnærmingene for aktørene. Implementering av åpne standarder burde inngå som utgangspunkt og som et forslag til forbedring.

Det vil være interessant å utføre et pilot-prosjekt med bruk av BIM-verktøy og åpne standarder med krav fra samtlige aktører om levering av relevant prosjektdokumentasjon gjennom eksempelvis distribueringsdatabasene IFD SignOn eller coBuilders systemer. Hensikten vil være å sammenligne prosessen opp mot tradisjonell dokumentasjonshåndtering i byggeprosjekt.

Kildehenvisning

- Aryani, A. L., Brahim, J., & Fathi, M. S. (2014). *The Development of Building Information Modeling (BIM) Definition*. Paper presented at the Applied Mechanics and Materials.
- Azhar, S., Nadeem, A., Mok, J. Y., & Leung, B. H. (2008). *Building Information Modeling (BIM): A new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects*. Paper presented at the Proc., First International Conference on Construction in Developing Countries.
- Baxter, P., & Jack, S. (2008). *Qualitative case study methodology: Study design and implementation for novice researchers*. The qualitative report, 13(4), 544-559.
- Bedrick, J. (2008). *Organizing the development of a building information model*. AECbytes Feature.
- Bedrick, J. (2013). *A Level of Development Specification for BIM Processes*. AECbytes Viewpoint, 68.
- Bell, H. (2015). *Forenklet regelsjekking - en demonstrator*. Catenda.
- Bell, H., & Bjørkhaug, L. (2006). *A buildingSMART ontology*. Paper presented at the Proceedings of the 2006 ECPPM Conference.
- Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). *The project benefits of building information modelling (BIM)*. International Journal of Project Management, 31(7), 971-980.
- buildingSMART. (2010). *Information Delivery Manual - Guide to Components and Development Methods*. Lastet ned 13 Mars 2015, hentet fra: http://iug.buildingsmart.org/idms/development/IDMC_004_1_2.pdf
- buildingSMART a. *General questions about buildingSMART, IAI, and IFC*. Hentet fra: <http://www.buildingsmart-tech.org/implementation/faq/faq-general-questions#Q1>
- buildingSMART b. *Standarder*. Hentet fra: <http://www.buildingsmart.no/standarder>
- buildingSMART c. *Hva er åpenBIM?* Hentet fra: <http://www.buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-datamodel>
- buildingSMART d. *IFC Overview summary*. Hentet fra: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview>
- buildingSMART e. *What is IFC?* Lastet ned 11 Mars 2015, hentet fra: http://www.it.civil.aau.dk/it/education/reports/building_smart/WS3_IDM_WhatIsTheIFCModel.pdf

- buildingSMART f. *buildingSMART Proses*. Hentet fra: <http://www.buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-prosess>
- buildingSMART g. *buildingSMART Dataordbok*. Hentet fra: <http://www.buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-dataordbok>
- buildingSMART-Tech a. *Core data schemas*. Hentet fra: <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x4/rc2/html/schema/chapter-5.htm>
- buildingSMART-Tech b. *IfcRoot*. Hentet fra: <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x4/rc2/html/schema/ifckernel/lexical/ifcroot.htm>
- buildingSMART-Tech c. *IFC GUID Summary*. Hentet fra: <http://www.buildingsmart-tech.org/implementation/get-started/ifc-guid>
- CENews. (2008). *What does BIM mean for civil engineers?* Hentet fra: <http://cenews.com/article/6098/>
- Chapman, I. (2012). *buildingSMART Data Dictionary*. Hentet fra: <http://www.buildingsmart.org.uk/buildingsmart-data-dictionary-slides>
- coBuilder. (2014a). *Om oss*. Hentet fra: <http://cobuilder.com/Om-oss/>
- coBuilder. (2014b). *ProductXchange*. Hentet fra: <http://cobuilder.com/Produkter/ProductXchange/>
- Dalland, O. (2012). *Metode og oppgaveskriving (5. utgave)*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Deutsch, R. (2011). *BIM and Integrated Design: Strategies for architectural practice*. John Wiley & Sons.
- DiBK (2013a). *Spørsmål og svar om byggevareforordningen*. Hentet fra: <http://www.dibk.no/no/Tema/Produkter/Verktoy-produkt--og-markedstilsyn/Ofte-stilte-sporsmal-om-byggevareforordning/#Punkt 1.1>
- DiBK (2013b). *Hva er nytt om markedsføring og omsetning av byggevarer?* Lastet ned 4 Juni 2015, hentet fra: http://issuu.com/rimdesign/docs/report_dibk_web2?e=4334464/1767323
- Ding, L., Zhou, Y., & Akinci, B. (2014). *Building Information Modeling (BIM) application framework: The process of expanding from 3D to computable nD*. *Automation in Construction*, 46, 82-93.
- Dowhower, J. F. (2010). *Adapting building information modeling (BIM) for affordable & sustainable housing*. Masteroppgave.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2009). *BIM handbook. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.

- European Commission. (2014). *Declaration of Performance (DoP) and CE marking*. Hentet fra: http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/declaration-of-performance/index_en.htm
- Halvorsen, K. (1993). *Å forske på samfunnet: en innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. Bedriftsøkonomens forlag.
- Hardin, B. (2009). *BIM and construction management: proven tools, methods, and workflows*. John Wiley & Sons.
- Hausknecht, K., Liebich, T., Weise, M., Linhard, K., Steinmann, R., Geiger, A., & Häfele, K.-H. (2015). *BIM/IFC software certification process by buildingSMART. eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction* - Martens, Mahdavi & Scherer (Eds) @ 2015 Taylor & Francis Group, London.
- Holme, I. M., & Solvang, B. K. (1996). *Metodevalg og metodebruk*. Tano/Aschehoug.
- IFCWiki. (2008). *Information Delivery Manual (IDM)*. Hentet fra: <http://www.ifcwiki.org/index.php/IDM>
- Jernigan, F. (2008). *BIG BIM little bim*. The practical approach to Building Information Modeling Integrated Practice done the right Way!
- Kensek, K., & Noble, D. (2014). *Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice*. Wiley.
- Khanzode, A. (2014). *Seeing is Believing—and Building Better*. Hentet fra: <http://www.dpr.com/assets/docs/SeeingIsBelieving.pdf>
- Khanzode, A., Fischer, M., Reed, D., & Ballard, G. (2006). *A guide to applying the principles of virtual design & construction (VDC) to the lean project delivery process*. CIFE, Stanford University, Palo Alto, CA.
- Khemplani, L. (2004). *The IFC Building Model: A Look Under the Hood*. AECbytes Feature, 1-10.
- Kriegel, E., & Nies, B. (2008). *Green BIM*. Indianapolis: Wiley Publishing, IN.
- Kunz, J., & Fischer, M. (2009). *Virtual design and construction: themes, case studies and implementation suggestions*. Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University.
- Kymmell, W. (2008). *Building information modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations*. McGraw-Hill.
- Lanmar Services. (2014). *LOD – Development or Detail & Why it Matters*. Hentet fra: <http://lanmarservices.com/2014/05/14/lod-in-scan-to-bim/>

- Lévy, F. (2011). *BIM in small-scale sustainable design*. John Wiley & Sons.
- Miltoncontact. *BIM! BIM! BIM! - For Whom the Data Tolls*. Hentet fra: <http://miltoncontact.co.uk/bim>
- NBIMS-US. (n.d). *Frequently Asked Questions About the National BIM Standard-United States™*. Hentet fra: <http://www.nationalbimstandard.org/faq.php#faq1>
- NIBS. (2008). *What is a BIM?* Hentet fra: <http://slideplayer.com/slide/697704/>
- Samsø, K. (2008). *Prosjekt i tidligfasen - valg av konsept*. Trondheim, Tapir Akademisk forlag.
- Sattineni, A., & Bradford, R. (2011). *Estimating with BIM: A survey of US construction companies*. Proceedings of the 28th ISARC, Seoul, Korea, 564-569.
- SINTEF. (2008). *Hva er miljødeklarasjoner, EPD?* Hentet fra: <https://www.sintef.no/projectweb/miljodeklarasjoner/hva-er-miljodeklarasjoner-epd/>
- SINTEF. (2014). *SINTEF Teknisk Godkjenning*. Lastet ned 4 Juni 2015, hentet fra: <http://www.sintefcertification.no/SendFile.ashx?fileid=1787>
- Smith, D. K., & Tardif, M. (2009). *Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers*. John Wiley & Sons.
- Stake, R. E., & Savolainen, R. (1995). *The art of case study research* (Vol.95004979): Sage publications Thousand Oaks, CA.
- Stanford University (n.d.). *Mission*. Hentet fra: <http://cife.stanford.edu/mission>
- Succar, B. (2009). *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*. *Automation in Construction*, 18(3), 357-375.
- Svanemerket. (2012). *Dokumentasjon*. Hentet fra: <http://www.svanemerket.no/om-svanemerket/livslopet/svanemerket/dokumentert-miljotilpasning/>
- Veidekke. (2015). *VDC*. Veidekkes intranett.
- Venugopal, M., Eastman, C. M., Sacks, R., & Teizer, J. (2012). *Semantics of model views for information exchanges using the industry foundation class schema*. *Advanced Engineering Informatics*, 26(2), 411-428.
- Woo, J. H. (2007). *BIM (Building Information Modeling) and Pedagogical Challenges*. Paper presented at the Proceedings of the 43rd ASC National Annual Conference, Flagstaff, AZ, April 12-14.

Yin, R. K. (2013). *Case study research: Design and methods*. Sage publications.

Zhang, C., Beetz, J., & Weisen, M. (2015). *Interoperable validation for IFC building models using open standards*. ITcon.

Vedlegg

- I** – Intervjuguide til kandidater i Veidekke
- II** – Intervjuguide til kandidat i Catenda
- III** – Detaljerte, tekniske maskinvareytelser
- IV** – Importerte filer til bimsync
- V** – Testresultater Portalen
- VI** – Testresultater Sørengstranda
- VII** – Testresultater Hagebyen

I – Intervjuguide til kandidater i Veidekke

Introduksjon:

1. Fortell om deg selv og års erfaring i bransjen.
2. Fortell om prosjektet på Sørenga/Portalen/Hagebyen.
3. Hvilken rolle har/hadde du i dette prosjektet?

Dokumentasjonsbruk:

4. Fortell hvordan dokumentasjonsprosessen ble utført/skal utføres i dette prosjektet.
5. Hvilke fordeler/ulemper er det med denne ordningen og dagens dokumentasjonsprosesser generelt?
Hvilke produkter er nødvendige å dokumentere? Er det nødvendig å dokumentere *alt*?
6. Fortell om tidligere erfaringer med dokumentasjonsbruk i prosjekter.
7. Hvilke utfordringer møtte du på der, og hva kunne vært hensiktsmessig å gjort annerledes?
8. Hvilken dokumentasjon er tilgjengelig på byggeplass? I hvilken form (digitalt/papir)?
9. Hva av den tilgjengelige dokumentasjonen blir benyttet på byggeplass?
10. Kan eksisterende dokumentasjon på byggeplass endres av dere?
11. Ved ny informasjon på byggeplass, hvordan dokumenteres denne til prosjektet?
12. Er produsenter/leverandører flinke til å skaffe til veie rett dokumentasjon uten at det etterspørres, og hvilke formater leveres?

BIM:

13. Fortell hvordan BIM benyttes i prosjekteringsstadiet i Veidekke.
14. Fortell hvordan BIM benyttes i produksjonsstadiet/byggeplass i Veidekke.
15. Hvilke utfordringer er det ved bruk av BIM i prosjekter?
16. Hva er de mest brukte bruksområdene av en BIM i Veidekke?
17. Slik jeg har forstått det benyttes BIM-modellen til overlevering/ i FDV-sammenheng i liten eller ingen grad. Hva er grunnen til det?
18. Hvilken produkt-/materialinformasjon er ønskelig å knytte opp mot BIM-modellen?
19. Hvordan stiller du deg til en BIM-modell som kan inneholde all nødvendig produktinformasjon? Er det praktisk gjennomførbart? Er det hensiktsmessig? Hvilke effekter, potensial, utfordringer ser du for deg det kan ha?

Avslutning:

20. Er det noe jeg har glemt, eller noe du vil tilføye?
21. Har du noen kommentarer eller tilbakemeldinger på intervjuet?

II – Intervjuguide til kandidat i Catenda

Introduksjon:

1. Fortell om deg selv og års erfaring i bransjen.
2. Fortell om bedriften Catenda og hvordan den ble til.

Nøkkelspørsmål:

3. Hva er visjonen til bimsync og hvorfor utviklet dere dette programmet?
4. Hvilke utfordringer finnes i bransjen som påvirket bimsync?
5. Fortell om koblingen mellom BIM, bimsync og eksterne applikasjoner/produkt-databaser.
6. Fortell om samarbeidet med buildingSMART og hvorfor dere bygger på deres prinsipper.
7. Fortell hvordan programmet kan bidra til å lette dokumentasjonsbruken i byggeprosjekter/BIM-prosjekter.
8. Hvilke utfordringer er det med programmet?
9. Hva er fordelene med å tilgjengeliggjøre BIM på byggeplass?
10. Hvor er bimsync om 10 år?
11. Hvilke andre programmer fins der ute? Hvorfor velge akkurat bimsync?

Avslutning:

12. Er det noe jeg har glemt, eller noe du vil tilføye?
13. Har du noen kommentarer eller tilbakemeldinger på intervjuet?

III – Detaljerte, tekniske maskinvareytelser

	MacBook Pro	Lenovo
Type	PC, MacBook Pro 13" (Mid 2010)	PC, Lenovo ThinkPad T440S Ultrabook™
Størrelse	325 x 227 x 23 mm, 2,13 kg	330 x 203 x 20 mm, 1,59 kg
Skjerm	13,3" LED-bakbelyst widescreenskjerm, 1280 x 800 oppløsning	14" FHD antirefleks (1920 x 1080) med IPS teknologi
Operativsystem	OS X Yosemite	Windows 7 Enterprise (64-bits)
Minne	4 GB 1067 MHz DDR3	8 GB 1067 MHz DDR3
Prosesor	2,4 GHz Intel Core 2 Duo	Intel® Core™ i5-4300 CPU @ 1.90GHz, 2.50 GHz
Grafikk-prosessor	NVIDIA GeForce 320M 256 MB	Intel® HD Graphics 4400

iPad mini 3	
Type	Nettbrett, Apple iPad mini 3
Størrelse	200 x 134,7 x 7,5 mm, 341 g
Skjerm	2048 x 1536 piksler, 7,9 tommer, 326 PPI, IPS
Operativsystem	iOS 8.1
Nettverk	GSM, 3G, Wi-Fi
Internett	Wi-Fi (802.11a/b/g/n), to kanaler (2,4 GHz og 5 GHz), MIMO
Bluetooth	4.0 Smart Ready
Navigasjon	AGPS
Minne	1 GB RAM, 16 GB lagringsminne
Systembrikke	Apple A7 (64-bits) + Apple M7 komprosessor
Prosesor	Cyclone, 2 x 1,3 GHz
Grafikk-prosessor	PowerVR G6430
Kamera	5 MP, 1,2 MP i front
Batteri	6471 mAh (24,3 Wh)

IV – Importerte filer til bimsync

Portalen		Sørengstranda			
<i>IFC-navn</i>	<i>Størrelse (MB)</i>	<i>IFC-navn</i>	<i>Størrelse (MB)</i>	<i>IFC-navn</i>	<i>Størrelse (MB)</i>
ARK_Bolig	35,9	ARK_Sorenga hel modell	173,3	Multiparkering LPO	2,0
ARK_Forretning	5,0	ARK_Sorenga kjeller	24,6	Multiparkering S_PP	7,7
ARK_Hotell	45,9	ARK_Sorenga nord	46,3	Multi (2)	9,7
ARK_Kjeller	3,0	ARK_Sorenga sor	87,5	RIB med kran	14,2
ARK_Kontor	34,5	ARK (4)	331,7	RIB (1)	14,2
ARK (5)	124,3	ENTR_Veidekke Bad	0,5	RIE	56,4
GEO_Byggegrep	1,3	ENTR_Veidekke Eksisterende	35,1	RIE_Sikringsskap	0,5
GEO_Eks. rør og kabler	17,1	ENTR_Veidekke Eksisterende rigg	0,5	RIE (2)	56,9
GEO_Fjell	0,093	ENTR_Veidekke GEO	1,5	RIV_Sorenga delmodell	76,7
GEO_Påviste kabler	1,3	ENTR_Veidekke Gamle strand-linjer	0,031	RIV_Sorenga helmodell	305,8
GEO_Terreg	51,5	ENTR_Veidekke Kabelpaavisning	0,3	Sorenga VVS konvektorer plan 7	3,8
GEO (5)	71,3	ENTR_Veidekke Kraner	8,0	RIV (3)	386,3
Prefab_Hotell	2,6	ENTR_Veidekke Mur	0,3		
Prefab_Kontor	3,7	ENTR_Veidekke Ny og eksisterende brygge	2,0	TOTALT (27)	888,1
Prefab (2)	6,3	ENTR_Veidekke Riggplan med kraner	28		
RIB_Bolig	11,1	ENTR_Veidekke Spunt ny bro	9,4		
RIB_Hotell	0,2	ENTR_Veidekke Staalkjernepeler	1,5		
RIB_Kjeller	1,6	ENTR (12)	87,1		
RIB_Peler	176,9	LARK	1,5		
RIB (4)	189,8	LARK_detaljert	2,0		
		LARK_enkel	0,5		
TOTALT (16)	391,7	LARK (3)	2,2		

Hagebyen (1/2)

<i>IFC-navn</i>	<i>Størrelse (MB)</i>	<i>IFC-navn</i>	<i>Størrelse (MB)</i>	<i>IFC-navn</i>	<i>Størrelse (MB)</i>
ARK_A1	69,7	GEO Brakkerigg felt 9.3	1,0	RIB_E3	0,5
ARK_A2	42	GEO Byggegrup BT1	1,0	RIB_E4	0,5
ARK_A3	50,9	GEO Byggegrup BT2	3,9	RIB_E5	0,5
ARK_A4	53,2	GEO Byggegrup BT3	1,1	RIB_F1	1,9
ARK_B1	66,7	GEO Eiendoms-grenser	3,3	RIB_F2	2,0
ARK_B2	53	GEO Fjell Samlet	0,2	RIB_F3	1,9
ARK_B3	35,6	GEO Fjell Sondert	0,5	RIB_F4	1,5
ARK_C1	40,2	GEO Fjell Kartlagt BT1	0,075	RIB Kranfund	0,024
ARK_C2	47,7	GEO Fjell Kartlagt BT2	0,061	RIB Nettstasjon	0,1
ARK_C3	65,9	GEO Terreng BT12	0,4	RIB P kjeller 8.6	170,0
ARK_D1	28,1	GEO Terreng BT3	0,4	RIB P kjeller 8.7	44,7
ARK_D2	43,3	GEO (12)	12	RIB (26)	245,0
ARK_D3	58,4	RIB_A1	1,2	RIE_A1	6,9
ARK_E1	17,1	RIB_A2	0,7	RIE_A2	5,0
ARK_E2	17,5	RIB_A3	0,9	RIE_A3	2,8
ARK_E3	22,4	RIB_A4	1,1	RIE_A4	5,0
ARK_E4	18,4	RIB_B1	2,8	RIE_B1	1,1
ARK_E5	46,6	RIB_B2	6,3	RIE_B2	0,9
ARK_F1	74,4	RIB_B3	0,6	RIE_B3	0,3
ARK_F2	75,2	RIB_C1	0,9	RIE_C1	2,0
ARK_F3	76,5	RIB_C2	1,1	RIE_C2	2,3
ARK_F4	53,2	RIB_C3	1,4	RIE_C3	4,1
ARK P kjeller 8.6	6,5	RIB_D1	0,8	RIE_D1	2,8
ARK P kjeller 8.7	11,7	RIB_D2	1,2	RIE_D2	2,9
ARK nettstasjon	0,5	RIB_D3	1,4	RIE_D3	4,0
ARK (25)	1074,7	RIB_E1	0,5	RIE_E1	0,1
GEO Brakkefylling	0,044	RIB_E2	0,5	RIE_E2	0,1

Hagebyen (2/2)

<i>IFC-navn</i>	<i>Størrelse (MB)</i>	<i>IFC-navn</i>	<i>Størrelse (MB)</i>	<i>IFC-navn</i>	<i>Størrelse (MB)</i>
RIE_E3	0,2	RIR_E4	13,4	RIV_E3	4,3
RIE_E4	0,3	RIR_E5	15,4	RIV_E4	3,7
RIE_E5	0,2	RIR_F1	36,1	RIV_E5	5,7
RIE_F1	1,1	RIR_F2	36,4	RIV_F1	11,0
RIE_F2	1,2	RIR_F3	36,8	RIV_F2	10,6
RIE_F3	1,2	RIR_F4	28,1	RIV_F3	10,8
RIE_F4	0,9	RIR P kjeller 8.6	52,4	RIV_F4	6,6
RIE P kjeller 8.6	5,7	RIR P kjeller 8.7	105,1	RIV P kjeller 8.6	0,9
RIE P kjeller 8.7	4,5	RIR Tek Infra	1,6	RIV P kjeller 8.7	1,4
RIE kjeller stikkledninger	17,3	RIR VA 8.6	2,5	RIV (24)	133,9
RIE (25)	72,9	RIR Teknisk rom 8.7	1,4		
RIR_A1	41,3	RIR (27)	733,9	TOTALT (139)	2272,4
RIR_A2	21,5	RIV_A1	3,8		
RIR_A3	24,8	RIV_A2	2,6		
RIR_A4	37,4	RIV_A3	2,9		
RIR_B1	28,9	RIV_A4	3,3		
RIR_B2	22,8	RIV_B1	10,7		
RIR_B3	17,0	RIV_B2	8,0		
RIR_C1	22,3	RIV_B3	1,6		
RIR_C2	26,4	RIV_C1	2,5		
RIR_C3	44,6	RIV_C2	8,1		
RIR_D1	21,4	RIV_C3	3,1		
RIR_D2	30,0	RIV_D1	5,4		
RIR_D3	15,2	RIV_D2	7,9		
RIR_E1	19,0	RIV_D3	11,8		
RIR_E2	17,3	RIV_E1	3,6		
RIR_E3	14,8	RIV_E2	3,6		

V - Testresultater Portalen

Testen er utført ved å tilegne de valgte elementene ett og ett dokument, annenhver gang fra de to databasene *coBuilderPRO* og *Test*. For hver enkelt dokumentasjons-tilegnelse registreres tiden det tar for bimsync å tagge dokumentasjon til elementene, samt laste inn de felles egenskapene for antall valgte element og dokument. Testen er lik og utført på samme måte for Portalen, Sørengstranda og Hagebyen.

Portalen (16 modeller – totalt 391,7 MB)								
Valgte elementer	Database						Laste felles egenskaper	
	coBuilderPRO			Test			Antall dokumenter	Tid (s)
	Tilegnet dokument	Størrelse (KB)	Tid (s)	Tilegnet dokumenter	Størrelse (KB)	Tid (s)		
Tilfelle 1 20	1	ukjent	1	0	-	-	1	1
	0	-	-	1	383	1	2	6
	1	ukjent	1	0	-	-	3	7
	0	-	-	1	140	2	4	12
	1	ukjent	1	0	-	-	5	14
	0	-	-	1	197	1,5	6	15
Tilfelle 2 100	1	ukjent	3,5	0	-	-	1	4
	0	-	-	1	569	4	2	31
	1	ukjent	4	0	-	-	3	31
	0	-	-	1	77	4	4	56
	1	ukjent	3	0	-	-	5	57
	0	-	-	1	210	4	6	* >4 min
Tilfelle 3 400	1	ukjent	75	0	-	-	1	* >7 min
	0	-	-	1	76	13	2	* >7 min
	1	ukjent	73	0	-	-	3	* >9 min
	0	-	-	1	179	14	4	* >9 min
	1	ukjent	15	0	-	-	5	**
	0	-	-	1	462	68	6	**
Tilfelle 4 1000	1	ukjent	40	0	-	-	1	* >7 min
	0	-	-	1	47	35	2	* >5 min
	1	ukjent	48	0	-	-	3	**
	0	-	-	1	435	42	4	**
	1	ukjent	42	0	-	-	5	**
	0	-	-	1	191	47	6	**

* >X min betyr at tiden ble stoppet etter X antall minutter.

** Basert på tidligere testresultater ble det valgt å ikke observere tidsbruken her.

VI – Testresultater Sjøengstranda

Sjøengstranda (24 modeller – totalt 449,2 MB)***								
Valgte elementer	Database						Laste felles egenskaper	
	coBuilderPRO			Test			Antall dokumenter	Tid (s)
	Tillegnet dokument	Størrelse (KB)	Tid (s)	Tillegnet dokumenter	Størrelse (KB)	Tid (s)		
Tilfelle 1 20	1	ukjent	2	0	-	-	1	1
	0	-	-	1	637	1,5	2	6
	1	ukjent	1,5	0	-	-	3	7
	0	-	-	1	254	2	4	10
	1	ukjent	2	0	-	-	5	10
	0	-	-	1	124	1,5	6	15
Tilfelle 2 100	1	ukjent	5	0	-	-	1	5
	0	-	-	1	435	5	2	27
	1	ukjent	5	0	-	-	3	40
	0	-	-	1	166	4	4	54
	1	ukjent	5	0	-	-	5	54
	0	-	-	1	191	4	6	* >4 min
Tilfelle 3 400	1	ukjent	20	0	-	-	1	16
	0	-	-	1	366	24	2	* >6 min
	1	ukjent	28	0	-	-	3	* >9 min
	0	-	-	1	148	21	4	**
	1	ukjent	24	0	-	-	5	**
	0	-	-	1	1000	27	6	**
Tilfelle 4 1000	1	ukjent	* >5 min	0	-	-	1	**
	0	-	-	1	629	117	2	**
	1	ukjent	* >5 min	0	-	-	3	**
	0	-	-	1	47	* >7 min	4	**
	1	ukjent	**	0	-	-	5	**
	0	-	-	1	-	**	6	**

* >X min betyr at tiden ble stoppet etter X antall minutter.

** Basert på tidligere testresultater ble det valgt å ikke observere tidsbruken her.

*** Modell RIE (56,4 MB), RIV_Sorenga delmodell (76,7 MB) RIV_Sorenga helmodell (305,8 MB) er ikke tatt med under testingen grunnet tekniske vanskeligheter med bimsync Totalt er de importerte IFC-filene fra Sjøengstranda på 888,1 MB.

VII - Testresultater Hagebyen

Hagebyen (88 modeller – totalt 1404,6 MB)***								
Valgte elemen- ter	Database						Laste felles egenskaper	
	coBuilderPRO			Test			Antall dokumen- ter	Tid (s)
	Tilegnet dokume- nt	Størrels- e (KB)	Tid (s)	Tilegnet dokumen- ter	Størrelse (KB)	Tid (s)		
Tilfelle 1 20	1	ukjent	2	0	-	-	1	1
	0	-	-	1	313	2	2	6
	1	ukjent	2	0	-	-	3	8
	0	-	-	1	629	1,5	4	11
	1	ukjent	2	0	-	-	5	11
	0	-	-	1	132	2	6	18
Tilfelle 2 100	1	ukjent	5	0	-	-	1	30
	0	-	-	1	257	4	2	52
	1	ukjent	5	0	-	-	3	52
	0	-	-	1	462	5	4	* >4 min
	1	ukjent	5	0	-	-	5	* >4 min
	0	-	-	1	1000	5	6	**
Tilfelle 3 400	1	ukjent	83	0	-	-	1	* >4 min
	0	-	-	1	349	17	2	* >7 min
	1	ukjent	17	0	-	-	3	**
	0	-	-	1	112	18	4	**
	1	ukjent	20	0	-	-	5	**
	0	-	-	1	773	19	6	**
Tilfelle 4 1000	1	ukjent	101	0	-	-	1	3,2 min
	0	-	-	1	394	57	2	* >5 min
	1	ukjent	58	0	-	-	3	**
	0	-	-	1	636	105	4	**
	1	ukjent	2 min	0	-	-	5	**
	0	-	-	1	191	109	6	**

* >X min betyr at tiden ble stoppet etter X antall minutter.

** Basert på tidligere testresultater ble det valgt å ikke observere tidsbruken her.

*** Alle ARK-, GEO-, RIB- og RIE-modeller er på, resten er utelatt grunnet tekniske vanskeligheter med bimsync. Til sammen i bimsync er det importert 139 IFC-filer på totalt 2272,4 MB for Hagebyen.