

Informations- og kommunikationsflow ved brug af BIM set fra den rådgivende konstruktionsingeniørens perspektiv



Suthanthary Thiruchelvam s103605

"Projektet indeholder et studie af hvordan BIM kan anvendes til at styrke et byggeprojekt og hvilken kommunikationsrolle BIM har for én konstruktionsingeniør."

Danmarks Tekniske Universitet

Diplom bygning - 7.semester

Vejleder Jan Karlshøj

Afgangsprojekt

6. januar 2014

Titelblad

Projekt:

Informations- og kommunikationsflow ved brug af BIM set fra den rådgivende konstruktionsingeniørens perspektiv.

Forfatter:

Suthanthary Thiruchelvam s103605

Projekttype:

Afgangsprojekt - 20 ECTS point

Projekt periode:

02.september.2013 – 06.januar.2014

Universitet:

Danmarks Tekniske Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg
Anker Egelundsvej 1, Bygning 101A
2800 Kgs. Lyngby

Samarbejdsvirksomhed:

Niras A/S
Sortemosevej 19
3450 Allerød

Vejledere:

Jan Karlshøj, lektor ved institut for byggeri og anlæg på DTU Kgs. Lyngby

Suthanthary Thiruchelvam s103605

Forord

Dette diplom afgangprojekt på 20 ETCS-points, er udarbejdet af **Suthanthary Thiruchelvam** (Ritha), som er bygningsingeniør studerende på Danmarks Tekniske Universitet. Jan Karlshøj, lektor ved institut for byggeri og anlæg på DTU Kongens Lyngby har været vejleder på projektet. Afgangprojektet er udarbejdet i forbindelse med afslutning af Diplom studiet, og projektskrivningen er udarbejdet under perioden 02.september.2013 - 06.januar.2014

Dette afgangprojekt handler om Informations- og kommunikationsflow ved brug af BIM set fra den rådgivende konstruktionsingeniørens perspektiv. Projektet indeholder et studie af hvordan BIM kan anvendes til at styrke et byggeprojekt og hvilken kommunikationsrolle BIM har for én konstruktionsingeniør. Rapporten tager udgangspunkt i konstruktionsingeniørens korrekte anvendelse af BIM i opstartsfasen for at formindske og undgå fremtidige konflikter mellem samarbejdsparterne. Der inddrages også software programmer som Solibri og Fem-design under BIM projekteringen.

Der ønskes at sige tak til projektets vejleder Jan Karlshøj med alle hans inspirerende samtaler, bidragelse med ideer og erfaringer, kritik under udarbejdelse af rapporten samt opbakning under hele forløbet. Tak til Stig Brinck, Randi Kruse, Mike Combe, Martin Mikkelsen og Jacob Andersen fra Niras A/S samt Iwona Budny fra Strusoft, Fem-design specialist, der har deltaget i samtaler, interviews og diskussioner herom. Desuden ønskes det at takke dem alle for at have delt sine erfaringer og forventninger til emnet. Niras A/S takkes yderligere for at have udleveret projekt materialerne om Projektet "DH-Huset".

Indholdsfortegnelse

Titelblad	0
Forord	2
Problemformulering	5
Indledning.....	6
Baggrund.....	7
Konstruktionsingeniøren og statiske beregninger	8
BIM.....	11
Implementering af BIM	14
Strategi.....	15
SWOT- analyse.....	17
Valg af team.....	18
Forandring med fordel.....	19
Håndtering af projektændring.....	22
IFC	25
Solibri	27
FEM-design	28
Ulemper ved software	30
Ingeniørdisciplin "Det statiske system"	31
Ingeniørdisciplin og BIM	34
Arkitekten og ingeniørens rolle og samarbejde	35
Cyklus mellem arkitekt, ingeniør og entreprenøren	37
Work flow og kommunikation.....	39
Konstruktionsingeniørens synsvinkel og krav til modellering.....	39
DH-Huset og Århus team	42
Revit model vs Analyse model.....	42
Idealiseret information- og kommunikations flow set fra den rådgivende konstruktionsingeniørs side	47
Diskussion	49
Konklusion	51

Litteraturliste og referencer	52
Bilag 1- Bekendtgørelse om anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) i offentligt byggeri	53
Bilag 2 - Bekendtgørelse om anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) i alment byggeri.....	55
Bilag 3 ISO 16739:2013	57
Bilag 5 Interviews på CD	58

Problemformulering

Bygningsingeniører anvender nu i stigende omfang bygningsinformationsmodellering (BIM), og det forventes at BIM kommer til at spille en central rolle i fremtidens kommunikation mellem parterne i byggebranchen. Trods en øget anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) i byggebranchen opstår der fortsat, konflikter under en digitalt understøttet projektering, som skyldes mangelfuld eller ikke rettidig kommunikation, der påvirker både projektets kvalitet, de enkelte parters og det samlede projekt økonomisk negativt.

Rådgivende ingeniørvirksomheder anvender typisk computer baseret konstruktionsanalyse programmer og har erstattet tuschtegninger med CAD-tegninger. Brugen af 3D- og bygningsinformationsmodeller er stigende, og i nogle tilfælde kobles modeller med tids- og økonomiske aspekter i såkaldte 4D- og 5D-modeller. Anvendelsen af integration til konstruktionsanalyseværktøjer er endvidere stigende.

Gennem brug af BIM er det i højere grad muligt end tidligere, at koordinere arkitektens designkrav med ingeniørens stabilitetskrav, og viderebringe løsningen som et helhedsorienteret produkt til bygherren. For at kunne opnå disse fordele er det vigtigt, at arkitekten og de forskellige ingeniørdiscipliner har klare retningslinjer for hvilke informationer, der skal kommunikeres til hvem og hvornår kommunikationen skal finde sted.

Nærværende projekt fokuserer på konstruktionsingeniørens ønsker til kommunikationen gennem projekteringsperiodens forskellige faser. Der vil blive lagt vægt på samarbejdet med arkitekten og øvrige ingeniørdiscipliner samt formidlingen til bygherren. Hele analysen vil være baseret på en udbredt brug af BIM i projekteringen, og tager udgangspunkt i konstruktionsingeniørens informations- og kommunikationsbehov.

Der vil være fokus på hvilke informationer, som det er vigtigt at beslutte, fastholde og formidle til partnerne i de indledende faser. Det har historisk været gjort gennem tegninger, beskrivelser og i nogle tilfælde alene gennem bemærkninger til arkitektens materiale. Ved at revurdere typen af information, som formidles og gennem inddragelse af de faciliteter, som BIM værktøjerne tilbyder, er der mulighed for at informations- og kommunikations flowet kan forbedres.

Projektet gennemføres i samarbejde med NIRAS A/S en rådgivende ingeniørvirksomhed, som har forpligtet sig til at medvirke i 4 interviews for, at afdække både de eksisterende og ønskelige fremtidige arbejdsmetoder ved projektering af konstruktive systemer i fremtiden. Dermed ønskes det i denne projekt at opstille et idealiseret information- og kommunikations flow set fra den rådgivende konstruktionsingeniørs side, under forudsætning af projekteringen sker med en udstrakt brug af bygningsinformationsmodellering.

Indledning

Med den eksponerings fart digital verden udvikler sig med i dag, er det vigtigt at følge med i udviklingen. I byggebranchen, har man hørt, at mange fejl kunne have undgået ved rettidig kommunikation og korrekt materiale udveksling. Ved at ændringer og projekt data går tabt ved kommunikation og dokumenthåndteringsfejl, giver det et negativt økonomisk konsekvens for alle parter i projektet.

Derfor har man i de seneste år ændret på dokumenthåndteringsproceduren og indført IKT krav til byggebranchen. Nyt lov krav der siger, at alle dokumenter skal forvares og udveksles digitalt er udviklet på et forsøg i at formindske data tabet.

Formålet med denne rapport er, at diskutere og formidle hvorledes fastlæggelse af kommunikationskrav i opstartsfasen af et byggeprojekt er vigtigt, og hvorledes BIM implementering i denne proces kan lette en konstruktionsingeniørsarbejde. Rapporten vil udarbejde hvilke krav og efterspørgsel en konstruktionsingeniør sætter til sine samarbejdspartnere. Det er vigtigt at arkitekten og konstruktionsingeniøren kan bane vejen til et vellykket projekt sammen, hvilket kan opnås ved at kommunikationen og materiale udvekslingen mellem dem har en glidende overgang.

Selvom digital bygningsmodellering er ved at være en vigtig del af de rådgivende ingeniørs arbejdsredskab, er der stadig tvivl om i hvilken grad BIM bliver udnyttet. For med de egenskaber BIM har i dag, kan det med den rette anvendelse lette mange problemstillinger, allerede i projekteringsfasen.

Det er vigtigt at der fastlægges faste rammer allerede i de indledende faser mellem konstruktionsingeniørens beregningsgrundlag og arkitektens ønskede designmodel. Konstruktionsingeniørens opgave er at fastlægge de bærende elementer ud fra arkitektens designkrav og formidle det til arkitekten således fremtidige ændringer fortages med dette udgangspunkt. Derfor er det vigtigt at informations og kommunikations flowet er på plads fra starten.

Denne eksamensprojekt handler om synsvinkler og muligheder ved anvendelse af BIM værktøjet, og derfor er der ikke udarbejdet dybdegående analyser af modeller i BIM programmerne eller overførslerne mellem dem. Dog er "DH-huset" undersøgt og diskuteret igennem i henhold til modelleringen i Revit og anvendelsen i FEM-design. Rapporten er udarbejdet ved selvstudie af artikler, bøger, diskussioner, websider samt egen erfaringer med BIM programmer fra DTU kurser samt interviews fortaget med udvalgte kandidater. Revit, Solibri og FEM-design er brugt som værktøj, hvor programmernes kapacitet er undersøgt ved forskellige opgaveløsninger.

Baggrund

I april 2013 udkom det nye opdaterede Bekendtgørelse om anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) i offentligt byggeri og alment byggeri. Her stilles Bygherren ansvar for at kræve, at de digitale bygningsmodeller skal kunne visualiser sine arkitektoniske, funktionelle og tekniske forhold. Desuden skal modellen indeholde en hvis informationsniveau i forhold til projektets størrelse, karakter og kompleksitet.

Dette betyder at det ikke er nok med at visualiserer en 3D-model, men at det ren faktisk skal fremover anvendes aktivt i design, projektering og udførelsesfasen. Grunden til at regeringen har sat denne krav er for at den danske udvikling i digitale standarder skal øge kvaliteten og effektiviteten af byggerierne i Danmark.

Ved at implementer BIM i projekterne, grundlægger det et nødsaget krav til alle parter, at 70% af beslutningerne skal tages i de tidlige faser. For arkitektens og ingeniørens vedkommende er det et krav at der arbejdes aldeles med projektforberedelse og slutproduktet skal opsættes allerede i designfasen. **"Begin with the end in Mind"** konceptet.

Til at begynde med slutningen i tankerne betyder, at starte med en klar forståelse af sin destination. Det betyder at vide, hvor man skal hen, så man bedre forstå, hvor man er nu, så de skridt man tager, er altid i den rigtige retning.

BIM og analyse programmer som Fem-design og Solibri kan være konstruktionsingeniørens bedste redskab, hvis man tillærte sig værktøjet. I software som Revit, Tekla, Magicad og ArchiCad kan man modeller konstruktionen og ekspoter det til Fem-design eller Solibri. I disse programmer kan man fortage sig statiske analyser og tilgængeligheds samt kollisionsanalyse i henhold til de gældende lovkrav og standard.

Ud over analyse og visualisering med integreret information i modellerne, kan BIM også anvendes til drift og vedligeholdelsesstyring. Det er et punkt der med tiden bliver lagt mere og mere vægt på, og derfor vigtigt at integrerer sig med.

Konstruktionsingeniøren og statiske beregninger

Generelt betyder en ingeniør, - skaberen. Han ser nemlig løsninger frem for problemer og står for at skabe og udføre et arbejde fra ide til virkelighed. Stadig mange steder i verden står vidunderlige værker som Eiffeltårn (Frankrig), Taj Mahal (India), og Abu Simbel (Egypten) med mere skabt af datidens ingeniører.

En konstruktionsingeniør arbejder med ingeniørvidenskab indenfor statiske beregninger relateret til konstruktioner. Det er ingeniørens ansvar at få arkitektens model til at stå stabilt.

Generelt er det konstruktionsingeniørens opgave ved projektering af et bygværk at tage højde for statiske, akustiske, termiske, brandtekniske og andre relevante funktionskrav i dag.

Han beregninger, hovedlastnedføring på bygværket og på konstruktionssamlingerne samtidig med eftervisningen af bæreevnen. Han udfører beregninger således der er tilstrækkelig bæreevne i de forskellige samlinger og konstruktionsdele.

Det er konstruktionsingeniøren som står for ansvaret, at forudsætninger som materiale- og laster er forudbestemt og koordineret korrekt, således andre samarbejdsparter er informeret. Det er hans informationer og grundlag der skal sikre den overordnede kvalitetssikring på bygværket.

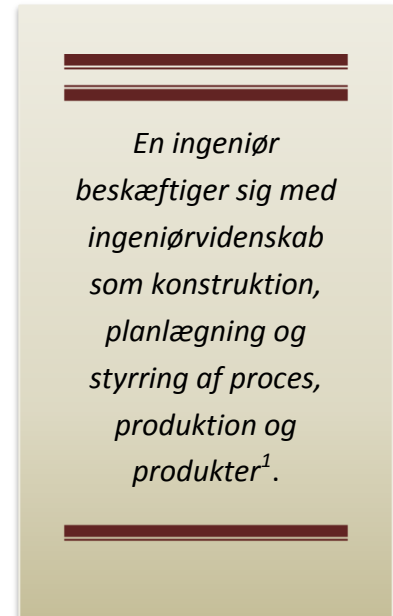
Et af de væsentligste ansvar konstruktionsingeniøren har i sammenhæng med projekteringen af et projekt er at overholde SBI-anvisningen om dokumentation af bærende konstruktioner, som følger af de to opdelinger:

A. Konstruktionsdokumentation:

1. Projektgrundlag
2. Statiske beregninger
3. Konstruktionstegninger og modeller
4. Konstruktionsændringer

B. Projektdokumentation:

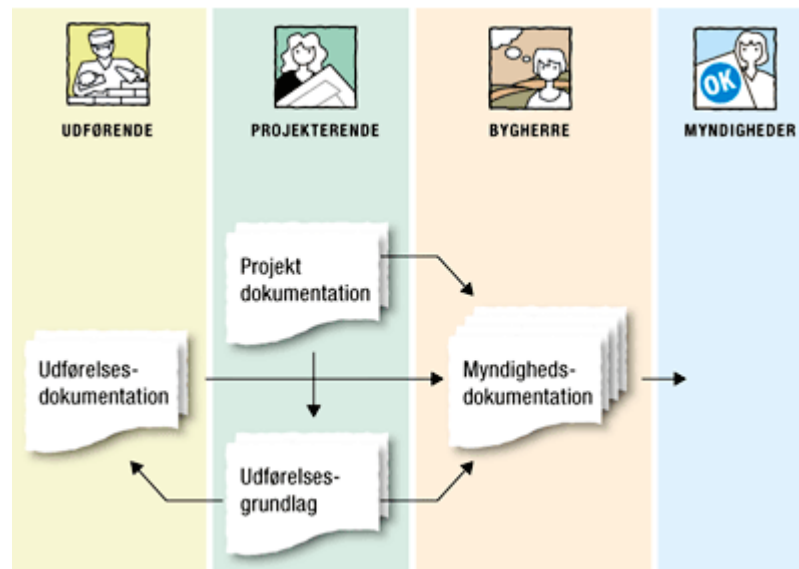
1. Statisk projekteringsrapport
2. Statisk kontrolrapport



3. Statisk tilsynsrapport

Det er vigtigt i en byggesag at alle dokumenter indenfor kontrol og statiske beregninger er dokumenterede. Udover konstruktionsingeniøren som står ansvar for dokumentering af de statiske beregninger udført ved projektering, har de andre parter også ansvar for andre dokumentation.

Forneden ses en figur med koordinering over hvem der generelt står ansvar for hvilke dokumentation ved en byggesag.



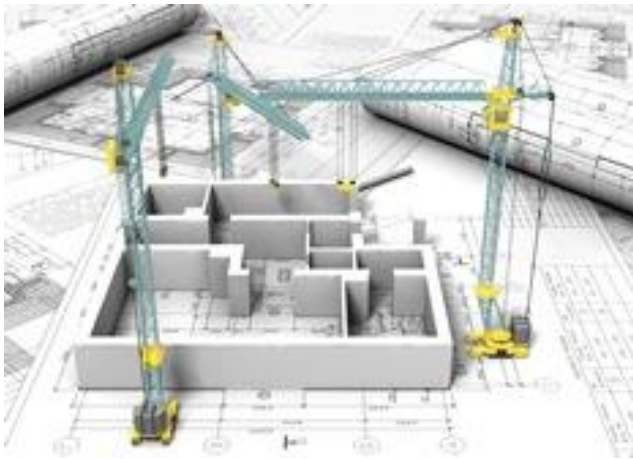
Figur 1 Byggeproces, aktører og dokumentation

Konstruktionsingeniørens hovedaktion ligger i konstruktionens statiske beregninger. Ingeniørens pligter indenfor de statiske beregninger kan yderligere opdeles i to dele, bygværk og konstruktionsafsnit. Et konstruktionsafsnit forstås i en sammenhængende samling af forskellige konstruktionsdele.

Bygværk, hvis mål er at dokumentere bygværkets overordnede sikkerhed og anvendelse, for eksempel ved fordeling af laster, snitkræfter og reaktioner.

Konstruktionsafsnit, hvis formål er at dokumentere de enkelte konstruktionsafsnits sikkerhed og anvendelse, for eksempel ved fordeling af snitkræfter samt eftervisning i brud og anvendelsesgrænsetilstand.

For hver konstruktionsdel er det ingeniørens opgave at beskrive virkemål ved tekst, beregning og skitser, så alle krav for sikkerhed og funktion er opfyldt.



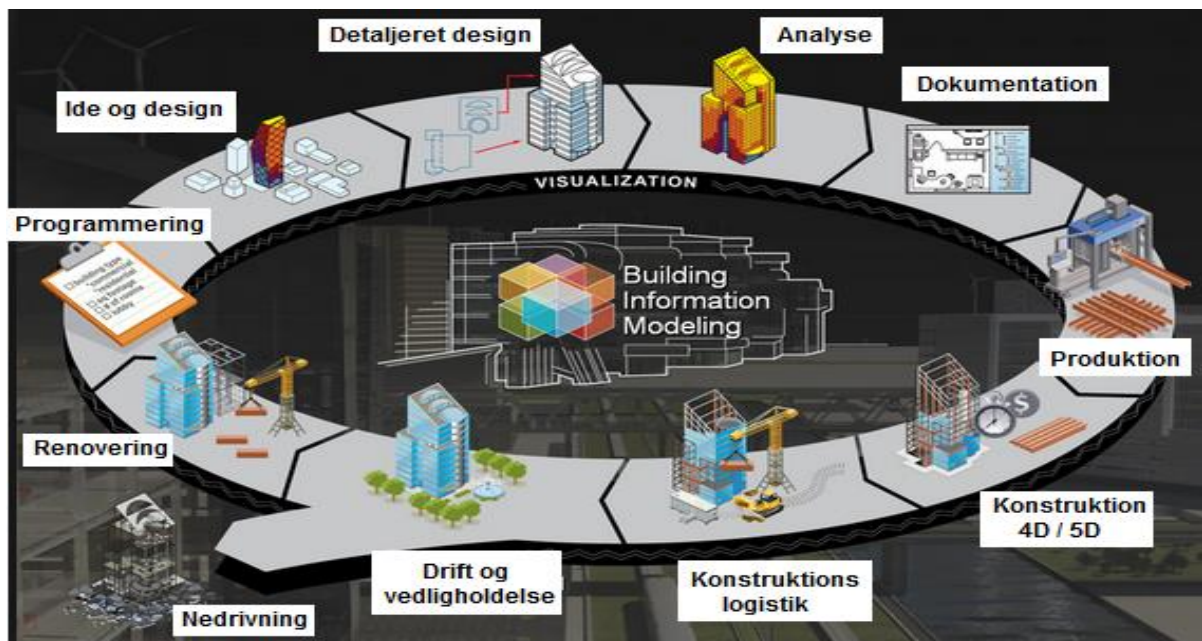
I dag er ingeniører blevet vandt til at arbejde med computerbaserede beregningsprogrammer, i forhold til datidens hovedregninger og lange håndskriftsdokumentationer. Med tiden blev håndtegningerne også udskiftet med Cad tegninger.

I dag er endnu en revolution indenfor arbejdsteknik opstået, nemlig BIM. Et værktøj der stræber efter at forbinde alle parter i projektet, til at udarbejde et samlet fælles produkt. Et fælles produkt der kan bane vejen for bedre kommunikation, dokument udveksling og fleksible arbejdsflow.

BIM

Forkortelsen BIM står for "Building information model", men det siges også at da BIM nu om dage også anvendes som arbejdsmetode i byggeprocessen kan M'et også fortolkes som "Management". En god forretning ud af BIM, skabes ved at man indfører og udnytter de informationer der er integreret i modellerne, altså at man fokuserer på indholdet.

BIM er en effektiv redskab der fokuserer på mindsning af fejl, opdagelse af kollision i de tidlige faser og et meget bedre redskab for dokumentation, vedligeholdelse og visualisering af et byggeri. BIM er et værktøj som kæder projektets mange informationer sammen i én fælles bygningsmodel, hvori informationer skabes og deles mellem alle parter i projektet. En visualiserings eksempel på hvad og hvilke områder BIM kan anvendes til, kan ses på efterfølgende Figur 2.



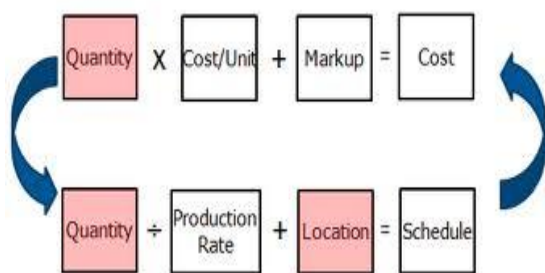
Figur 2 BIM livscyklus anvendelse og illustration af brug

Ved at arkitekten anvender BIM til visualisering af bygningen, er det langt nemmere for konstruktionsingeniøren, at danne sig et mere konkret billede af hvilke forventninger arkitekten har. Hermed kan konstruktionsingeniøren også se, hvordan bygningen er skruet sammen i detaljer, og kommunikations flowet vil være langt mere forståeligt og ukompliceret.

Det er ikke kun mellem arkitekten og konstruktionsingeniøren værktøjet lettere arbejdet, men også mellem de andre samarbejdsparter, som for eksempel bygherren og installationsingeniøren. Bygherren får lov til at se modellen således, at ønskelige ændringer kan foretages allerede i design perioden. Installationsingeniøren har/får et rummeligt

arbejdsredskab der gør at han kan modellere rørføringerne i bygningerne, hvor kollisionstilfældene kan opdages i en tidlig fase, hvilket vil formindske et økonomisk spild.

BIM kan udover fordel for arkitekten, bygherren, installationsingeniøren og konstruktionsingeniøren, også anvendes til mængdeberegning, tidsbestemmelse og økonomi som fordel for entreprenøren. Denne egenskab i BIM kaldes for 4D og 5D-BIM, og anvendes ofte i sammenhæng med planlægningen. En bygningsmodel i 5D - vil kort fortalt sige en 3D-model udbygget med flere informationer om mængder, priser og tidsforbrug for hver enkelt bygningsdel. Ved korrekt anvendelse af disse metoder, er det med sikkerhed at omkostningerne kan formindskes og overblikket være større.



Figur 3 4D/5D optimering

4D og 5D kan forstås som følgende Figur 3. 4D giver bedre kvalitet, øget opsparring, sikkerhed, forudsigelighed og kapacitet mens 5D er modelbaseret budgetestimering og udbud på baggrund af mængder. Kort sagt er 4D og 5D udviklet til at kunne styre kalkulationerne

vedrørende tid og økonomi. Derfor ses BIM som et værktøj der kan organisere et omfattende projekt, og et redskab der kan være behjælpelig til at bevare overblikket i forbindelse med planlægning, projektering og styring af store informationsmængder.

På Ingeniøren den. 26.sep.2010 af **Tommy Brandi Krogh** beskrives, hvorledes overblik og stram styring med en 5D-bygningsmodel gav store besparelser for Professionshøjskolen UCC, da en stor skolebygning i Skovlunde skulle renoveres. Det er dokumenteret at denne 5D-BIM har været grund i 2 millioner kroner i besparelse i dette projekt til 28,6 millioner kroner.

BIM er et værktøj hvor 3D modellen benyttes som en central del af projektet. Opbygning af en model i BIM kan udføres på forskellige informationsniveauer. Informationsniveauerne vælges i henhold til projektets størrelse, detaljeringskrav og anvendelseskrav. Som udgangspunkt arbejdes der generelt med syv informationsniveauer.

1. "Kravmodel" (Bygherrens program, diverse krav og bindinger, terræn og byggegrund mv.)
2. Visualisering af løsningsforslag (volumen- og rummodeller)
3. Beslutningsmodel (funktionelle egenskaber og den bygningsfysiske løsning)
4. Myndighedsprojektet

5. Udbudsprojektet (grundlag for udbud, kalkulation og produktionsplanlægning)
6. Udførelsesprojektet (produktionsgrundlaget for de udførende)
7. "Som udført" model (as built dokumentation til driftsherren)

Typisk benyttes informationsniveauerne 1-4 for generering og 5-6 for vedligeholdelse. Disse 7 informationsniveauer er blot en general udgangspunkt. Informationsniveauer kan frit fastsættes som det ønskes med flere eller færre detaljeringsgrader af bygherren.

Implementering af BIM

"Det er usikkert at træde i uvant grund, men der er også fordele."

*citat fra **Chris McDonald** i Berlinske tiderne 25.november.2011.*

Det er altid svært at ændre på vanen. I Danmark arbejder man stadig med Auto-CAD 2D modeller selvom software som Revit og ArchiCad kan gøre arbejdet og udbyttet meget lettere og bedre. Da CAD (computer-aided design) blev introduceret i 1980'erne, var det uacceptabelt for arkitekter og ingeniør at smide blyanten. Forandring er nemlig svær at acceptere, hvis man ikke er forberedt på det. Det sværeste af det hele er nemlig at forlade sin komfort-zone. For når man træder ud af zonen, opstår usikkerhed, tvivl, frygt for det ukendte og risiko for at begå fejl, men det er nødvendigt at acceptere at det er en del af processen.

At implementere BIM i virksomheden handler om strategi ændring, teknologi valg og økonomivurdering. Det er vigtigt at planlægning af BIM anvendelsen allerede sættes i gang inden projekteringen. Jo tidligere desto bedre kan BIM være med til at grunde et velfungerende projekt. Ved at have BIM med fra de tidlige faser øges kontrollen over design, kvalitet, plads, vedligeholdelse og koordineringsprocedurerne. Ideen bag en BIM model er at opbygge en fælles model som kan opdateres, indbefattes og analyseres af alle medlemmer i projektet.

Det er vigtigt, at man ved fra starten, hvornår og hvorledes BIM skal anvendes og koordineres hen ad projektfasen. Implementering af BIM kan foretages til enhver tid i projektfaserne, men for at få den rette kvalitet af brugen af BIM anbefales det at implementere det allerede fra starten.

For BIM model behøver ikke blot at være en geometrisk opbygning men kan også ses som en model der indeholder informationer, som kan anvendes til at skabe en mere komplet arbejdsmetode. Desuden ved investering i dyre software som ikke bliver udnyttet optimalt giver det kun et negativt hældning i økonomien. Det hele handler om at tillære sig det nye værktøj med den rette guideline. Strategi og strategiske overvejelser bliver uddybet i afsnittet om strategi senere i rapporten.

Implementering af BIM i en virksomhed, skal altid foretages med en vis form for forsigtighed, da det er vigtigt at slutproduktet ender med et godt resultat. En forsigtig implementering betyder, at man foretager sig strategiske overvejelser og en god planlægning inden man går i

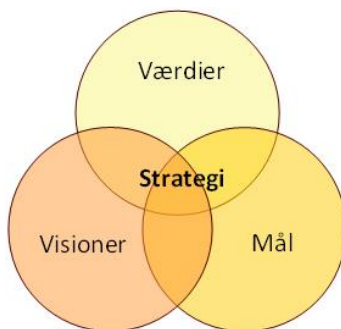
gang. Det er vigtigt at fokuserer på fejlene, og noterer hvorledes informationerne kan og bliver integreret i modellen, så den kan benyttes fremadrettet i projektet.

En udvikling i denne fart har ingen kokebog at følge. Tegnestuer, ingeniører og entreprenører har forskellige indgangsvinkeler og behov, og derfor vil en kokebog fra arkitekten ikke være særlig værdifuld hos entreprenøren. Dog vil en fælles retningslinje med fokus på samme mål, kunne danne et værdifuldt sammenspil ved sammensmeltning af kokebøgerne fra de forskellige aktører.

Strategi

Kort sagt er strategi en skitse om, hvordan en virksomhed opnår sine mål. Toyota skabte Lean strategi som handler om at skabe mere værdi med færre ressourcer, og det er netop hvad BIM kan være behjælpelig med i byggebranchen. Det handler nemlig om at forstå og identificerer hvad "kunden=bygherrens" behov er og skabe et arbejdsflow, der kan opfylde kravet, med minimalt spild, ansvarsskift og komplikationer.

Flere artikler beskriver strategi som et produkt der blev båret ud af militære konflikter, at strategi blev skabt for at den ene stridende part skulle besejre den anden. Strategi skabes ved samspillet mellem værdier, visioner og mål. Og den opstår hvor disse tre kernekompetencer mødes, ses på figuren forneden til venstre.



Figur 4 Strategi skabt ved mødepunktet

Strategi er modsat taktik et langsigtet plan eller mål der skal opnås.

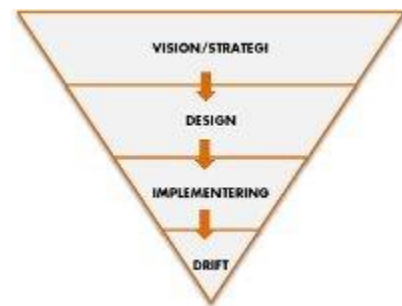
Det er derfor vigtigt at planlægge i hvilken omfang BIM ønskes at indrages i de forskellige projekter. BIM har sine egenskaber i IKT, koordinering, kollisionscheck, stabilitetstjek og design samt simulation som vind, energi og indendørs klima. Desuden er BIM også et værktøj der er stærk i drift, vedligeholdelse og Facility Management med mere.

BIM kan nemlig både anvendes som modellerings, dialogs og dokumentationsværktøj. Dokumentationerne og dialogerne fortaget i sammenhæng med de enkelte faser kan digitalt håndteres under BIM værktøjer. Man kan i sidste ende selv vælge hvilke dokumenter der skal udtrækkes fra systemet, og alle parter i projektet ville have adgang til alle dokumenter gennem hele processen.

Det hele handler om at danne sig en retningslinje specifik for hver opgave. For der er forskel på, i hvilken grad BIM skal udnyttes i forhold til konstruktionens størrelse. Selvom det er bygherrens ansvar at dokumentationerne er på plads, er det stadig ingeniøren som skal udarbejde dette. Det er også derfor dannelse af IKT-aftaler er vigtigt i projekterne.

Digital projektering med BIM er et værktøj, som kan hjælpe både bygherrer, rådgivere, entreprenører og driftsherrer med at håndtere, den stigende kompleksitet i byggerierne. Men det kræver at man danner sig et fælles sti i henhold til BIM anvendelsen for at kunne fungerer optimalt. Problemet er, at den fælles sti ikke er fundet endnu, mange steder rundt omkring. Der mangler simpelthen stadigvæk fælles "tegningsprincipper og håndteringsprincipper" for BIM modeller.

Ved at starte enhver projekt med alle parter involveret, kan forventningerne til BIM udarbejdes mere konkret. Retningslinjer kan dannes, og fælles sti kan oprettes. Det handler om at danne en arbejds politik, som alle kan være en del af. Alle parter har forskellige interesser og forskellige krav til materialet. Derfor kan sådan en samlingsmøde gøre det muligt at alle kan bidrage. Denne måde vil udforme sig i en omvendt trekant med etager, der skal udarbejdes i fællesskab.



Figur 5 strategisk retningslinje for fælles mål

Ved første etage kan visionen og strategien opsættes. Alle parter kan komme med ønske, forslag og bidragelse til skabelsen af retningslinjen. Under det næste etage kan arkitekten og ingeniørerne udarbejde materialer med de forventninger der blev skabt under den første etage. Herunder kan entreprenører og driftsansvarlige også inddrages da det vil være dem som skal udfører det fremadrettede arbejde.

Under implementeringen, har entreprenøren hovedrollen, men hans håndværk bliver baseret på materialet der er blevet skabt af de forudgående ansvarlige. Som det ses på figuren, bliver den strategiske overvejelser mindre og konkret, således at under drift fasen, er opgaven fuldført og opsat med henblik på vedligeholdelsen.

"God strategi er kunsten at se ud over den nuværende kamp og beregne på det forventede forude. Fokuserer i stedet på dit endelige mål og ræk ud efter det".

Af Robert Greene, 33 Strategies of War.

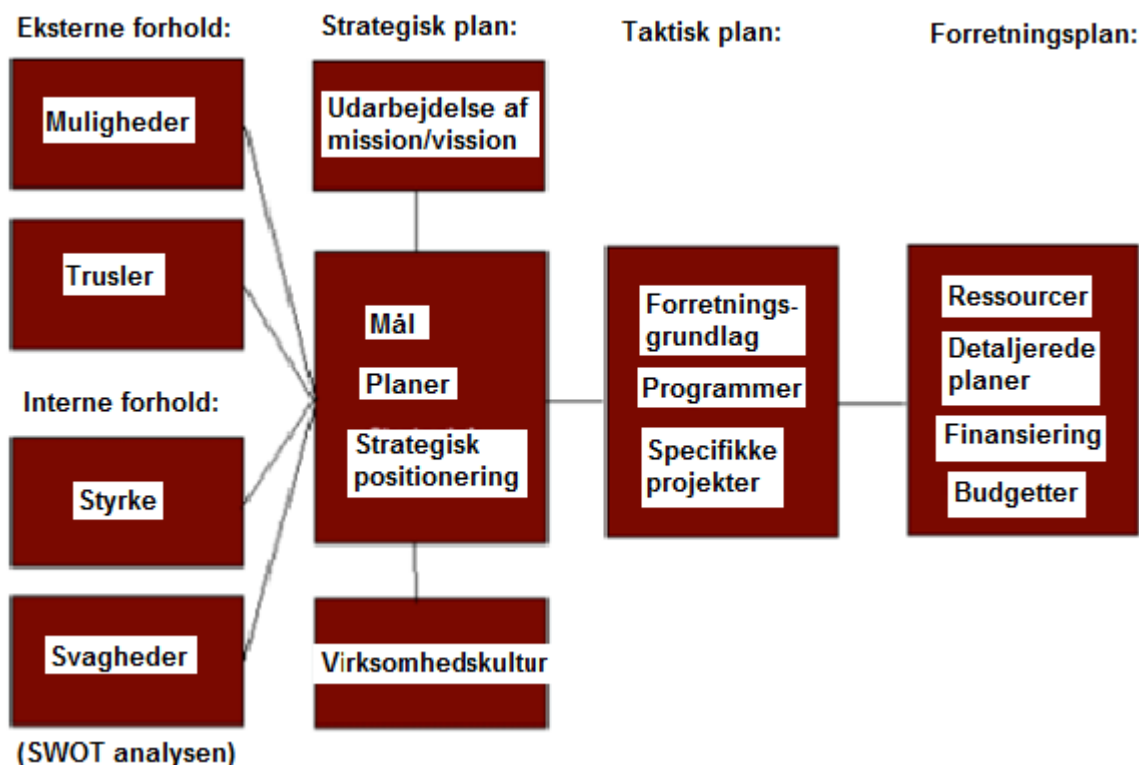
En strategi skal opsættes efterfulgt af mange overvejelser og beslutninger. Det er derfor vigtigt at der bliver analyseret på input og output inden strategien fastlægges. En SWOT-analyse kan være et godt redskab at starte med.

SWOT- analyse

At vide hvad der sker i det generelle miljø er vigtigt for en organisation. Dette skyldes, at ændringer, der finder sted i det generelle miljø kan pege på tendenser, der i væsentlig grad kan få indvirkning på en organisations konkurrencepræget miljø. Det kan kaldes vendepunktet. Dette omfatter scenarie planlægning, som vil blive vurderet som en hjælp til organisatorisk beslutningstagning i usikre miljøer.

Hidtil har hver enkelt aktør haft deres egne ansvars områder. Derfor har der været et glidende samarbejde, men fejl og kollision har været større. I dag er ønsket om et fælles produkt skabt debat om ansvar og tillid mellem parterne. Ideen bag at skabe et fælles produkt er stadig kun en "tanke", mange steder. For aktørerne udarbejder nemlig sine egne produktionsmateriale, da tillid stadig er et problem.

En SWOT-analyse som står for **styrke, svaghed, muligheder og trusler** kan være starten på vejen til udviklingen af en strategi plan og muligheden for at opnå målet. Forinden er der opsat en model hvori SWOT-analysen er starten på forretningsplanen for indførelse af BIM.



Figur 6 Strategi plan for implementering af BIM værktøjer

Valg af team

I DTUavisen nr.8:2013 udtaler **Anders Bjarklev**, rektor på DTU om ledelse. Han siger

"Den bedste undervisning og de videnskabelige gennembrud opstår og udvikles i et samspil mellem begavede personligheder. Det stigende behov for god ledelse hænger bl.a. sammen med, at vi laver stadig større og mere tværgående projekter, hvor samarbejdet mellem mennesker er essentielt."

Det samme gælder en opsætning af BIM-team i en virksomhed. Det er vigtigt at sammenkrydring af begavede personligheder er korrekt fra starten, og deres forskellige kvalifikationer kan samles under samme tag med en god ledelsesproces, hvor tværgående arbejde er nøglen.

En ændring i arbejdsmetoden i en virksomhed kan udløse to slags reaktioner hos medarbejderne. Det ene er at man er tilbageholdende og gerne vil holde fast i den gamle metode, mens den anden er initiativtageren og vil udforske og prøve noget nyt. Derfor er det vigtigt at virksomhed ved og forstår medarbejdernes ønske og stemning for forandringen.

Et team af høj kvalificerede medarbejder med modvilje for forandringen når ingen vegne i forhold til kandidater med styrke og mod til at udforske en ukendt verden. Det er vigtigt at man vælger personer til teamet som kan forveksle viden mellem sig, der gør at de i fællesskab kan skubbe dem højere op ad puljen.

Det nytter heller ikke at danne et team kun med nyuddannede ingeniører eller tegnespecialister, for

erfaring er relativt vigtigt i henhold til koordineringer og beslutninger. Den erfarne ingeniør behøver ikke være BIM specialisten, blot at han er med i teamet øger kvaliteten af slutproduktet. I teamet er det også nødvendigt at have en leder der er rutineret i BIM planlægning og udførsel. Det er nemlig hans ansvar at resten af teamet bliver styrket med kvalitet og videndeling. Det er også hans ansvar at sparringspartnerenes modeller og dokumenter bliver håndteret korrekt.

Man kunne evt. vælge at lave et pilot projekt hvor man vælger at køre et parallelt forløb med to teams hvor "old time school" og "new time school" kunne kollideres med tidsbestemte intervaller, og se forskellen og vurderer udnyttelsesgraden mod succes.



Figur 7 Team mod succes

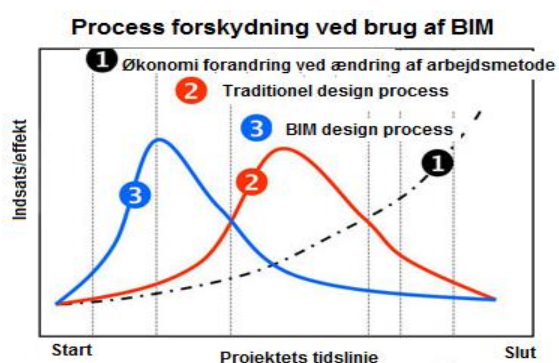
Forandring med fordel

Formålet med BIM er at oprette komplekse bygningsmodeller og konstruktioner der kan analyseres og simuleres under samme tag. Et program der kan bogfører modellen og brugerens behov med Facility management kontrol muligheder.

En generel god egenskab ved digitale fremstillinger i forhold til papirarbejdet er at man kan genbruge det skabte digitale produkt til forskellige formål i forskellige software med den rette teknologiske viden. Desuden kan man ved digital fremstilling udarbejde simuleringer af for eksempel energi, indeklima og vindpåvirkninger allerede i en tidlig fase, hvis de fornødne informationer bliver indhentet.

*Det handler om at tør at tag springet, for det er kun ordet forandring der ikke forandres, alt andet ændre sig hele tiden i takt med fremtidens teknologi og udvikling.
- Ukendt*

Mange internationale virksomheder har tillært sig redskabet og anvender BIM aktivt, som deres nye projekteringsværktøj, i forhold til Danmark. Virksomheden **Aidea** en arkitekt virksomhed i Philippines, grundlagt i 1995, ændrede Autocad 2D baseret arbejdsværktøjet



Figur 8 Proces forskydning ved brug af BIM

fra den ene dag til den anden, til 3D baseret BIM-værktøj. Historien om revolutionen og kampen bag deres fremgang i dag er fascinerende. Deres revolution har resulteret i op til 45% mandetimer og en positiv hældning i økonomien siger Thomas Graabæk fra BIM Equity. En illustration af fortolkningen af hvad der er sket hos Aidea er vist på Figur 8.

Samarbejdsværktøjet BIM er den reelle paradigmeskift, fordi det giver mulighed for at forbedre byggeriets kvalitet og produktivitet. Selvom BIM er et fremtidsværktøj, vil der længe endnu rejse store spørgsmål om tillid, forsikring og ansvar. Der vil ved uddelegering af analyser og beregninger til software rejse spørgsmål om, hvem der er ansvarlig for indholdet.

BIM er et værktøj som stadig er under en iterativproces og det tager tid før implementeringen i byggebranchen finder grund. Dog er der også mange steder i Danmark, hvor BIM har dannet succes historier.

Per Christiansen som er afdelingsleder hos de rådgivende ingeniører Hundsbæk & Henriksen i Horsens, udtaler sig i en artikel fortaget af Stig Neumann i samarbejde med bips den 08.april.2013, at det interne samarbejde mellem konstruktionsingeniørerne i Horsens og VVS-ingeniørerne i Middelfart-afdelingen har givet langt bedre kvalitet og muligheder med BIM-projekteringen. Han siger,

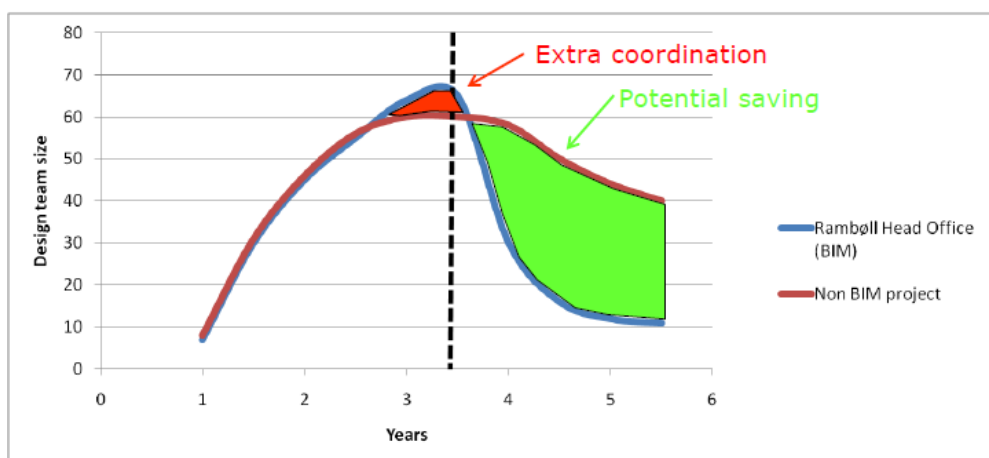
"Vi kan løbende tjekke, at konstruktions- og installationsprojektet hænger sammen. Det giver en helt ny og langt bedre integreret projekteringsproces."

Samt at

"Det er en langstrakt proces, men investeringen forrenter sig rigeligt, når man først behersker teknikken og teknologien"

Niels Tredal ph.d. studerende hos Rambøll rådgivende ingeniør virksomhed i Ørsted, fremlagde et diagram (som ses forneden) under en lektionsforelæsning i kursus 11034, om BIM's fejlfri design der er medvirkende til reduceret efterkontrol. Han fortæller om investeringerne Rambøll har gjort indenfor de forskellige BIM software som, Revit, MagiCad, Tekla, Solibri, Fem-design og dets positive udfald.

Han fortæller at, ved implementering af BIM værktøjer i virksomheden skruet sammen med det rigtige team af kvalificerede medarbejder har Rambøll indenfor det sidste par år, reduceret fejl og øget kontrollen over kollisions og konsistentstjeks samtidig med at deres standard i projektmaterialet er stigende. Han opsætter et projekt som ikke er bearbejdet under BIM værktøjet op i mod et projekt udarbejdet med BIM og viser det positive udfald de har opnået i slutningen af projektet.



Figur 9 Kilde Rambølls udvikling ved anvendelse af BIM-værktøjer

Som det ses på figuren, fremgår det tydeligt at ved korrekt anvendelse af BIM og ekstra koordinering i projekteringsperioden, formindskes risikoen for høje efterkontrol. Samtidig reduceres antal personer koblet til projektet i afslutningsfasen, da al information vil være koblet til modellen, og blot en konstruktionsingeniør kan styre projektet med de relevante samarbejdspartnere.

Det er nemlig en flaskehals påvirkning der forgår ved BIM implementering og projektering. Der skal arbejdes hårdt og meget i starten for at integrerer informationerne til modellen, og modellen skal opsættes analytisk rigtigt, således den kan eksporteres til andre software som har mulighed for at udøve analyser på modellen. Når det er på plads, handler det hele om koordinering, optimering og vedligeholdelse.

Axel Wiggers bygnings- og servicechef hos UCC, udtrykker i et interview fortaget af bips at,

"Man må selvfølgelig påregne en udgift til arbejdet med at modellere i BIM. Men det fremgår tydeligt af forholdet mellem budgetter og regnskaber, at det godt kan betale sig. Prisstyringen bliver simpelthen langt mere effektiv. Og ud over det havde vi rigtig gode muligheder for at tilpasse projektet uden priserne løb løbsk, så er det set fra bygherrens stol rart at vide, at vi kun faktureres for det, der egentlig er udført."

Desuden siger **Thomas Graabæk**, fra BIM Equity at

"Ved at udskifte 2D CAD til BIM værktøjer øges ikke kun effektivitet og bedre fejl kontrol, men et styringsværktøj der ved hjælp af modellen kan udfør workflow med mængdeudtræk, energi evaluering, pris-/tidsberegning og kvalitetssikring".

Håndtering af projektændring

En projektændring i et byggeprojekt, er en ændring som foretages på en allerede grundlagt arbejde. Denne ændring kan og har ofte indflydelse og sammenhæng med fremtidige processer i udførelse af det valgte konstruktion. En projektændring er uundgåeligt, da en ændring kan skyldes mange grunde, og det ofte er projektlederens ansvar at løse problemstillingen.

Helmuth Karl Bernhard Graf von Moltke (1800-1891) var en preussisk generalfeltmarskal. Han er kendt for sit forfatterskab om militærstrategi under indflydelse af **Carl Von Clausewitz**. Hans vigtige strategi var at holde flere valgmuligheder åbne, eftersom kun krigens begyndelse er til at planlægge. Moltkes tanke kan sammenfattes i den kendte citat

"Ingen plan overholder første kontakt med fjenden."

Han anså at det var militære lederes opgave at forberede sig grundigt på uforudsete ændringer.

Moltkes tankegang, kan kobles til projektlederens håndteringsevne af projektændringerne. For det er i sidste ende projektlederens evne til at agere og reagere på disse udfordringer, der er med til at definere projektlederens evne til at tilpasse sig en ny situation og dermed kan se løsningen frem for hindringen.

Et projekt er typisk færdig udarbejdet med de nødvendige detaljer af de rådgivende ingeniører, inden det videregives til entreprenøren for at kunne udføre arbejdet. Dog er det kendt at der også ofte kommer uforudsete små og stor projektændringer under udførelsesperioden.

Ved at ændringen opstår under udførelsesperioden og de implementerede ændringer skal kommunikeret videre til alle parter, er risikoen for data tab høj, da ændringen ofte drejer sig om allerede etablerede planer og procedurer. Dårlig kommunikation vil ofte resultere i negative konsekvenser for byggeprojektet som helhed med tidsoverskridelser, budget overskridelser og konflikter mellem samarbejdspartenerne med mere.

En projektændring kan opstå i forskellige sammenhæng, og af forskellige parter. I **idefasen**, hvor byggeprojektet specificeres og fastlægges vil det være, bygherren, brugeren af bygningen og arkitekten der vil stå for ansvaret for ændringerne. En ændring i denne fase kan skyldes, en ny design forslag og forventninger til det endelige resultat. Det kan eventuelt også skyldes at brugeren af bygningen får tilføjet flere krav.

Under **designfasen**, vil det være arkitekten og ingeniøren som hovedsageligt vil være ansvarlig. Her vil man typisk støde på projektændringer i udarbejdet tegningsmateriale, inkonsistens mellem tegningerne, fejl eller ændring i design og statiske beregninger. Hvis man ikke har tænkt over de faktiske forhold, kan man også støde på problemstillingen i udførselsperioden, hvor man kan blive nødt til at fortage projektændringen i forhold til det faktiske forhold. Ændringerne i love og standarder under projekteringsperioden kan også føre til projektændringer under design fasen.

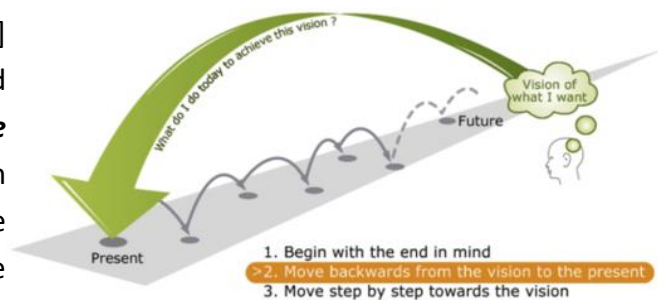
Entreprenøren og fagentreprenørerne vil være de ansvarlige under **udførselsfasen**. De projektændringer der kan opstå er uventede forhold på pladsen, manglende materialer, vejr forhold, byggefejl, oversete detaljer, kvalitetssvigt eller faktiske forhold som ikke blev betragtet under projekteringsfasen.

En projektændring i et byggeprojekt er uundgåeligt, da en ændring kan forekomme af små hindringer som stor. Ved at man i BIM implementerer de fornødne informationer fra starten, vil en projektændring i en bygningsdel være lettere håndterlig. Når alle har adgang til den digitale model, og ændringerne fastlægges således at de fremhæves i modellen, vil kommunikationen via BIM bane vej til succesfuld samarbejde.

Valget i at udarbejde en 3D-BIM til 5D-BIM i en projekt, kan projektændringernes konsekvenser af tidsplan og økonomi med fordel beregnes umiddelbart. Det er vigtigt at man har truffet valget at 5D-BIM skal være et værktøj i projektet allerede i idefasen. Ved sent implementering af 5D-BIM, kan det være vanskeligt at få alle detaljer med, og her vil risici for fejl ved input være højere.

En 5D-model eller en meget detaljeret Revit 3D model tager tid og det koster. Derfor er det vigtigt at man også ser på størrelse, karakter og kompleksitet af det konkrete projekt inden modelleringen påbegyndes. At man vurderer om det er nødvendigt med detaljer, eller om en 3D visualisering med minimumskrav er acceptabelt. Der skal også tages stilling til, om holdbarhed og hvor ofte der skal være service check eller hvornår reovering kan forekomme.

I [BIM project execution planning guide] fortæller de at man skal begynde med slutningen i tankerne. "**Begin with the end in mind**". Der menes, at ved at man starter med at forstå og tænke fremadrettet mod slutproduktet, kan de vigtige, relevante, fornødne værdier og informationerne implementeres fra



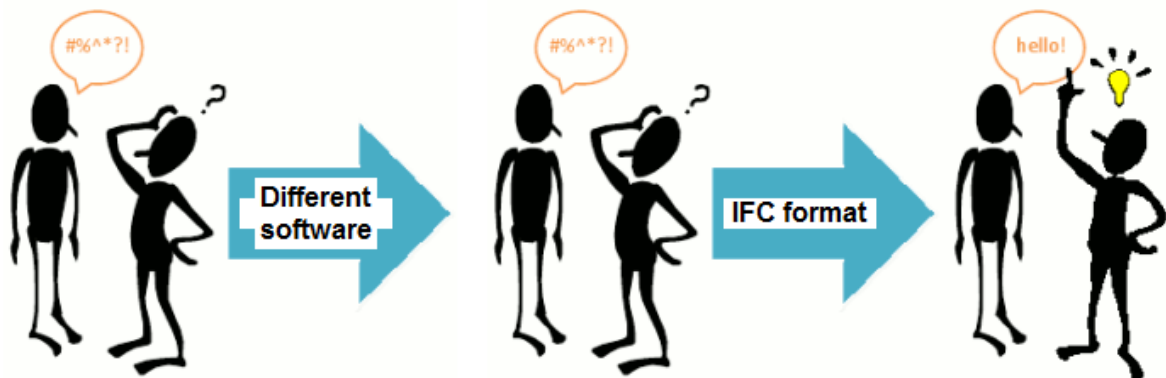
Figur 10 Begin with the end in mind

starten. Det vil sige, man har lettere ved at udføre et kvalitetsmateriale med de rette informationer indbygget i de rigtige størrelser, ved at tænke på hvad det endelige produkt skal indeholde og anvendes til.

I Bekendtgørelsen står det også tydeligt at det er Bygherrens ansvar at stille krav om, at byggeobjekterne forsynes med de informationer og egenskaber, der er relevante for den efterfølgende forvaltning, drift og vedligeholdelse. Dette betyder at det er mening at de forskellige aktører i projektet skal kunne overføre og indhente data fra hinanden.

Problemet er at der findes mange forskellige software udbydere der kan udføre det samme arbejde på forskellige kvaliteter og dybder. Skulle tilfældet være at aktørerne arbejder i forskellige software kan problemet opstå ved udveksling af filerne mellem sig.

Det er nemlig sådan at man i BIM som management redskab kan anvende hundred af forskellige software og disse software taler nødvendigvis ikke samme kodningssprog. Men ved at fastlægge et krav om filformat fra starten kan problemet løses. Ved at arbejde i et filformat der hedder IFC kan informationerne koblet til modellen forstås og transformeres uafhængigt mellem forskellige software.

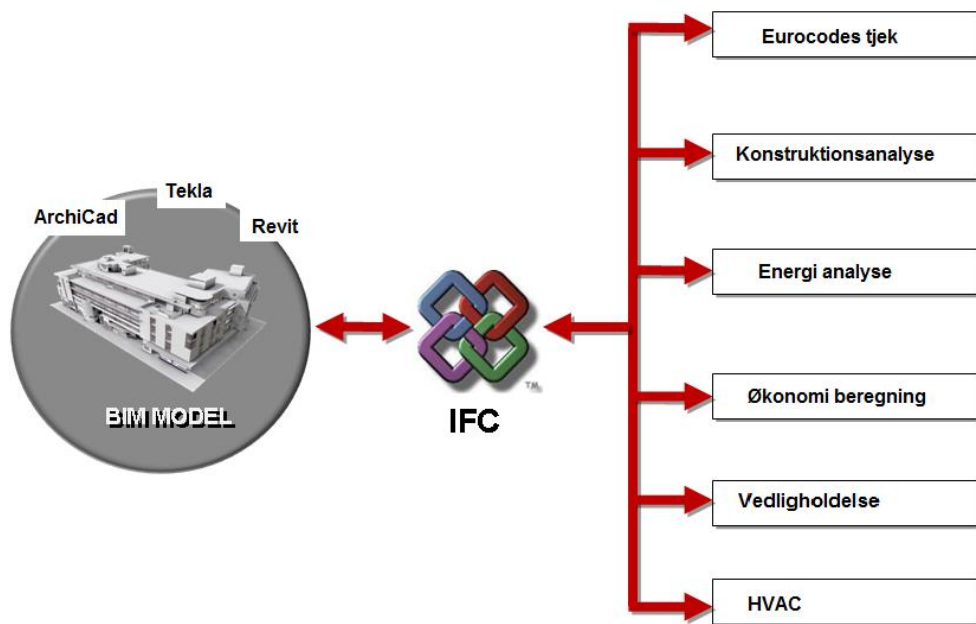


IFC

IFC står for industri fundament klasser. Den beskriver bygge-og anlægsbranche data, og er et neutralt og åbent platform. Det er et formål baseret filformat med en datamodel udviklet af BuildingSMART.

BuildingSMART er en international organisation, hvis mål er at bidrage til et bæredygtigt byggeri ved SMARTere informationsdeling og kommunikation ved brug af åbne internationale standarder i den private og offentlige bygge- og anlægssektor. Ordet SMART kan ses som **S**(pecifikke), **M**(ålbare), **A**(ttraktive), **R**(ealistiske), **T**(idsbestemte) arbejdsmetode til at opnå et mål.

Denne såkaldte IFC fil format gør det muligt at udveksle BIM filer mellem de forskellige arkitektoniske og digital byggeri programmer, som Tekla, Solibri, Revit og mange flere. Dette gør det muligt at modtage og sende modellerne mellem parterne, på tværs af de forskellige softwareprogrammer. IFC formatet anvendes også til at importere filen til et beregningsprogram der kan udfører beregninger og analyser. Figuren forneden viser nogle af de koblinger der kan skabes via IFC.



Figur 11 IFC format udveksling mellem forskellige software

I marts 2013 blev IFC4 lanceret. IFC4 formatet er forbedret på 1200 punkter skriver bips nyt i 2:13. IFC4 er et opdateret og forbedret version af den første IFC- format som blev udarbejdet i USA i 1994.

Jan Karlshøj, lektor på DTU og formand for BuildingSMART Nordic, udtaler at

"IFC er præcist nok i sig selv, men hvis softwaren har ufuldstændige implementeringer, oplever man problemer, når man bruger formatet til udveksling."

Det vil sige, hvis man ikke opsætter og anvender formatet rigtigt, vil man kunne miste data ved import og eksport.

Det er derfor vigtigt at man ved, ved hver gennemførelse af en IFC udveksling bør følge, hvad der er kendt som en "ombytnings krav". Dette krav specificerer, hvilke oplysninger der skal være til stede i en udveksling eller deling af data på et bestemt tidspunkt i et projekt. Det er vigtigt at være specifik og nøje omkring de nødvendige oplysninger, således at udvekslingskravene kan hindre tab og usikkerhed.

Som en udvidelse af eller supplement til IFC arbejdes der med 'BIM collaboration Format', **BCF** som kan udveksle for eksempel kommentarer til en IFC-model. IFC4 er godkendt som international standard **ISO 16739:2013** i marts 2013. ISO 16739:2013 repræsenterer en åben international standard for BIM data, der udveksles og deles mellem software-applikationer, der anvendes af de forskellige deltagere i et byggeri eller Facility management projektstyring. Et detaljeret skema om hvad ISO 16739:2013 indeholder kan ses på bilag 3.

I Danmark er det vedtaget at brug af IFC fra 2014 bliver obligatorisk i byggeprojekter, som er omfattet af IKT-bekendtgørelsen og de digitale bygherrekrav skriver BuildingSmart.

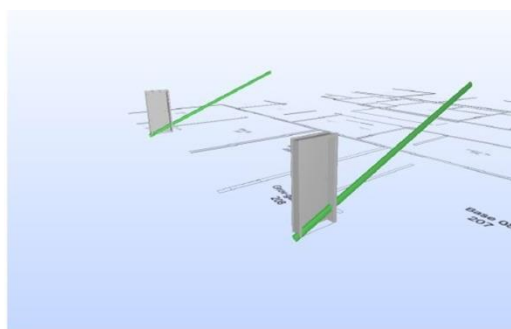
Solibri

Solibri Model Checker (Solibri) er en analyse program i det digitale modelleringsforum. Programmet er i stand sat til at importerer IFC-formater. Solibri er et program der er opsat til at finde designfejl og kollisions hændelser i et importeret bygningsmodel.

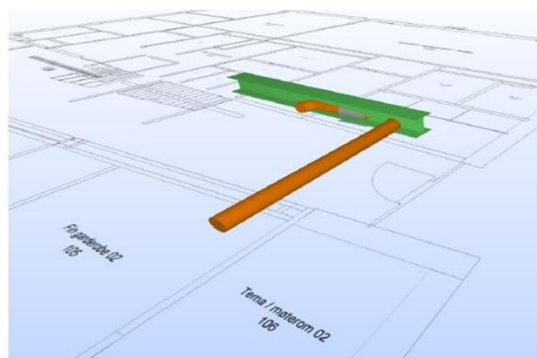
Solibri grunder sine tjeks i de regler og krav, der er tilknyttet en bestemt type komponent eller rum. Som lovkrav i Danmark er bygningsreglementets BR10 juridisk gældende. Programmet er kodet med de forskellige lovkrav, normer og regler, og derfor ved at knytte de specifikke krav til de specifikke konstruktionsdele, vil Solibri analysere om kravet er opfyldt.

Det er også muligt at oprette sit eget regelsæt, og tilføje allerede eksisterende regler ved at kopierer dem fra Solibri's eksisterende kartotek. Det indhentede parametre kan modificeres, således at den opfylder det ønskede formål og nye krav.

Med metoder som kollisions- og konsistenskontrol bliver projektet gennemkoordineret, hvilket øger bygbarheden til glæde for alle samarbejdsparter i projektet. Ved kollisionskontrol findes fejlene allerede i projekteringsfasen således de kan tilrettes, hvilket ellers kan blive utroligt dyre at løse ude på byggepladsen. Forneden vises to tilfældige eksempler på kontrol og fejl opdaget allerede ved modelleringsfasen.



Figur 12 Her sker en kollision mellem vindkrydsene og dørene.



Figur 13 Her rammer rørene ind i et profil.

En kollision behøver ikke kun at være et fejl i modellen, som vist for oven. Solibri programmet kan også udnyttes til at fortage kollisions tjek med arkitektens og/eller installationsingeniørens model i henhold til konstruktionsingeniørens model. Hvis modellerne kolliderer med hinanden i alle punkter, kan det også benyttes til at konkludere at modellerne er opsat rigtigt i forhold til hinanden. Hvis man anvendte værktøjerne til at skabe en BIM-model korrekt fra starten, gør den det faktisk muligt at kontrollere, om tekniske anlæg og konstruktions sammensætning passer sammen, til fordel for mindre regulering ved udførselsperioden.

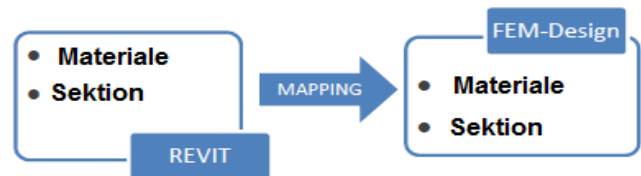
FEM-design

FEM-design er et stabilitets analyse program. FEM-design er et kommercielt tredimensionelt beregningsprogram til finite element analyse og beregning af bærende konstruktioner. FEM-design softwaren er udviklet af en svensk virksomhed som er kendt ved navnet StruSoft.

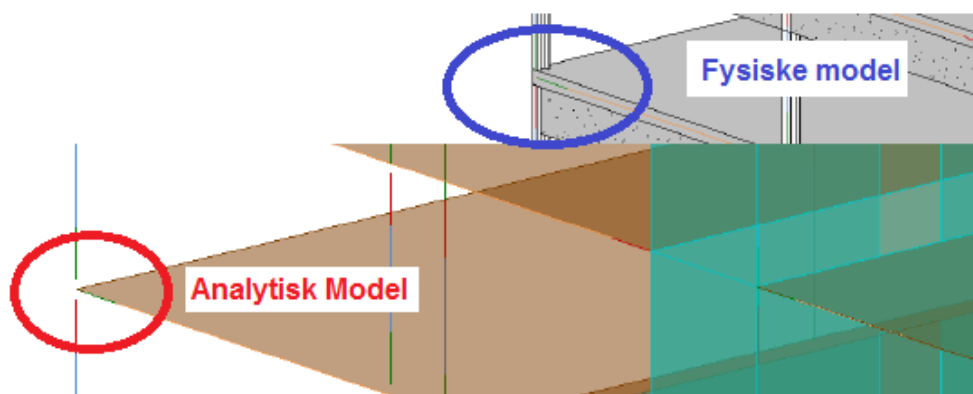
Enhver Cad-software der ekspoter BIM filen til "StruXML file" kan åbne filen i analyse programmet. Fem-design indeholder analyse af statiske beregninger, automatisk genereret Finite element mesh, element analyse, revne analyse for betonelementer, auto design af stål, beton og træelementer.

FEM-design er kodet ind med de opdaterede standarder indenfor lov krav, og man kan ved modelleringen vælge under hvilke Eurocodes krav der skal modelleres under. Systemet er vel opbygget således at ingeniøren kan finde de statiske beregningsgrundlag og udfør tjek på beregningerne.

En funktion som hedder **mapping**, forbinder og koder ind, en BIM models materiale og sektion, fra Revit til Fem-design til at udføre kalkulation.



Det er vigtigt at den analytiske model bliver bygget op rigtigt fra starten. For en usammenhængende analytisk model, vil fører til en inkonsekvent model og en output model med manglende informationer. Eksempel på en arkitektonisk model som er fysisk visuelt opbygget korrekt, hvorimod den samme model er analytisk opbygget forkert kan ses for neden:



Figur 14 Strusoft eksempel om analytisk model vs fysisk model

Det ses at selvom den udvendige arkitektoniske design er fejlfri, er den analytiske model opsat forkert. Denne fejl medfører at det bliver nødvendigt at modellen skal rettes til så den kan anvendes til analyse af for eksempel en korrekt lastnedføringen.

Med Fem-design softwaren kan både stabilitetseftersvisningen og lastnedføringen bestemmes. Det er muligt i FEM-design at indtaste sine lastkombinationer, hvor de forskellige dominerende kræfter kan sammensættes, og analyseres.

Modellerne kan enten optegnes i Revit og overføres til FEM-design ved add-inn funktionen, hvor filen gemmes i StruXML-fil og dermed kan åbnes med alle informationer i FEM-design. Ellers har FEM-design også alle værktøjer til selv at modellere konstruktionerne i sit eget software. Ved dette tilfælde opsættes konstruktionen med nødvendige informationer fra starten så mapping ikke er nødvendigt.

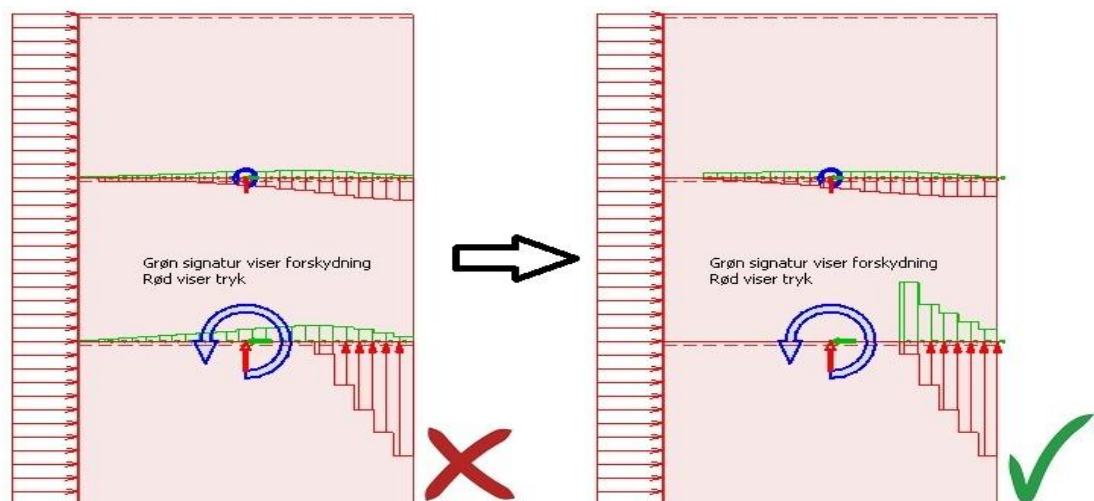
Ulemper ved software

Selvom software er kodet for at lette håndberegningerne og konstruktionsdetaljer, er det vigtigt at man kontrollerer med fornuften. En computer udfører et arbejde som den er sat til, og kan kun skelne mellem de kriterier der er kodet ind. Softwaren kan nemlig ikke skelne mellem ret og forkert, og har ikke evnen til at se kritisk på resultaterne. Det er ingeniørens ansvar at disse værdier er korrekt opsat og beregnet.

At udvikle et program, er et iterativ proces som udvikles gennem hele livscyklussen. Det er nemlig således, at en programmering sker på baggrund af kodning af standarder, som skal give et output ud fra beregningsgrundlagene den er sat til. På grund af at softwarene ikke har evnen til at tænke selv, skal programmeringsfejl opdages af brugere inden det kan rettes til.

Eksempler på fejle man har mødt fra den virkelige verden:

1. Udhulinger ved samlingerne (program beregner elementer uden udhulingsdetalje)
2. Informationstab, netto og brutto arealer i henhold til mængde udtræk (systemets opsætning til at trække netto eller brutto areal af elementerne)
3. Knudpunkt numre ændring ved overførsel (overføringer mellem eksempel Robot og Revit ændre på knudpunktsnumrene)
4. Vind påvirkning (forskydning i trækpåvirkede væg-samlingselementer)



5. Homogent og inhomogent materiale (programmet beregner inhomogene materialer som homogene materialer.)
6. Excentricitet

Og mange flere "fejle" der er blevet opdateret og er under opdatering. Det er derfor vigtigt at man ikke blindt stoler på beregningssystemerne men tager højde for at der kan ske system/beregningsfejl. Dette betyder ikke at alle beregninger skal parallel køres med håndberegningerne hver gang. Men her kan en erfaren ingeniør bidrage i vurdering af resultaterne og programmets valg af størrelser og typer.

Eksempel kan være at MEP programmet vælger forskellige rør typer under samme strækning da programmet er opsat til at den skal udregne størrelsen i henhold til minimums bæreevne. I den virkelige verden vil man aldrig løse problemstillingen med forskellige størrelser, da det er besværligt og ikke økonomisk fordelagtigt. Her vil en erfaren ingeniør med det samme, opsætte programmet eller kalkulerer på ny, for at få en økonomisk fordelagtig løsning.

Der kan opstå tilfælde hvor fejlen først bliver opdaget langt fremme i processen, som kan gøre det vanskeligt at spor tilbage til fejlen. For eksempel siger Martin Mikkelsen fra Niras, Århus, at de 14 dage før afleveringen af et 12 etagers projekt skulle finde en parameter der var sat forkert op. Det skulle bare findes og rettes så det bare skulle virke fordi, der var ikke tid til at lave det om. Og det lykkedes dem også til sidst efter at have gennemgået alle parametrene fra bund til top, dag og nat.

Problemet er, at det kan være ganske svært at dokumentere sådanne fejle, og det er derfor vigtigt, at der arbejdes med en projekteringsmetodik hvor sporbarhed er muligt, således at man kan foretage en reversibel analyse og finde tilbage til fejlkilden. Og det er derfor vigtigt at man kender til ingeniørdisciplinerne, så analysen kan fortages.

Ingeniørdisciplin "Det statiske system"

En af de mange ingeniørdiscipliner er at regne på lastkombinationer og dimensionerer således den gældende Eurocodes er overholdt. Ifølge Eurocodes beskrives der at en konstruktion skal dimensioneres således at den kan modstå de tilførte belastninger gennem

dens levetid. Det er også vigtigt at den dimensioneres på en økonomisk fordelagtig måde og med gældende sikkerhedskrav, det vil sige med tilstrækkelig bæreevne i som enkelte elementer og som samlet konstruktion.

Det er vigtigt at ingeniøren fra start har en forståelse for bygningens hovedsystem, og hvorledes lasten nedføres fra lastens angrebspunkt gennem de valgte systemer ned til bæredygtig jord.

Alle påvirkninger på en bygning kan opdeles i to retninger:

Lodret

- egenvægt
- nyttelast
- naturlast såsom vind (sug) og sne
 - Vindlastens størrelser og styrker afhænger af terrænforhold og højde over terræn.
 - Vindlast påføres altid vinkelret på konstruktionen, men kan transformeres til lodrette og vandrette laster.
 - Snelast er en vandret last der oftest skal projekteres ned på tagfladen så lasten virker vinkelret og parallelt på emnets længderetning.

Vandret

- Vind
- Masselast

Der kan også forekomme ulykkelast, som brand. Herudover kan jord og vandtrykklaster også påvirke en bygningsstabilitet.

De forskellige typer af laster skal bestemmes under projekteringen. De permanente laster bestemmes i form af egenvægt for konstruktionsdelene, mens de variable laster bestemmes i form af nyttelast samt sne- og vindlast og den dimensionsgivende vandrette last i form af enten vindlast eller masselast.

Den lodrette last nedføring kan beregnes på forskellige måder alt efter hvordan konstruktionen er opbygget. Ved en simpel etagebyggeri vil en generaliseret lastnedføring opfører sig som følgende: Egenvægten fra konstruktionsdelene, vil blive optaget ned gennem knudepunkter ved samlingerne. Dækket samt taget vil blive optaget i hhv. til skiver eller bjælker alt efter hvilket område i bygningen der tages i betragtning. For aflastning på skiverne vil dette blive optaget, som linjelaster og disse føres videre ned gennem etagerne

samt skivernes egenvægt. Kraftoverførslen samt bjælkens egenvægt vil blive optaget i søjlerne og disse punktlaster vil igen blive videreført til etagen nedenunder på samme måde.

Ligeledes vil en generaliseret vandret lastpåvirkning virke som følgende: I vandret retning vil bygningen blive påvirket af vind. Denne belastning vil først blive optaget af facadevæggene, som overfører kraften videre til dækelementerne, som overfører kraften videre til indervæggene. Det er kun de indervægge, der står i vindpåvirkningens retning, der optager belastning, dvs. den langsgående vind belaster de langsgående vægge og den tværgående vind belaster de tværgående vægge.

Det er også ingeniørens ansvar at en stabilitetseftervisning udføres for enhver bygningsdel for at sikre at bygningen er stabil. En stabilitetseftervisning foretages ikke blot for lodrette lastnedføringer, men både for lodrette og vandrette samt kombination af begge lasters overførelser.

Lastkombinationerne skal overholde visse krav, før stabiliteten er sikret. Ved at følgende tre betingelser opfyldes kan det sikre stabilitetseftervisningen.

- At hver enkelt bygningsdel er i stabil ligevægt
- At hver enkelt bygningsdel kan klare de påførte kræfter i alle tilfælde
- At hver enkelt samling i bygningen kan overføre de nødvendige kræfter mellem hinanden.

Ingeniørdisciplin og BIM

En konstruktionsingeniør beskæftiger sig i et felt område, hvor han designer og analyserer konstruktioner, der enten støtter eller skal modstå belastninger. Det er en konstruktionsingeniørens ansvar at sikre sig, præcist hvordan komplekse bygningsdetaljer fungerer, og kan let udfører det ved at modellerer og visualiserer konstruktionen i 3D.

Nutidens udfordrerene arkitektoniske design, medfører at ingeniøren skal udfør og opdaterer sig med mere avancerede byggemetoder og værktøjer. Branchens IKT krav og integrerede tværfaglige samarbejdsmetoder giver en selvfølgelighed i at BIM er en nødvendig investering i virksomheden.

Ingeniørdisciplin grunder i hvordan en konstruktion opfører sig, hvor teorien er baseret på fysiske love og empiriske viden. En viden baseret på hvordan materialer og geometrier virker. Statiske beregninger der kan ved hjælp af simple statik regler udfører komplekse konstruktioner med strukturelle systemer. Det er ingeniøren som er ansvarlig for at udfører arbejdet kreativt og udnytte midler, elementer og materialer effektivt, for at nå en stabilt vel dokumenteret konstruktion og positiv økonomisk resultat på bundlinjen.

Det er ingeniørens ansvar at konstruktionens statiske system er opbygget rigtigt. Ved statisk system menes at alle konstruktionsdele sammen danner et bærende system hvori bygværkets kræfter føres ned til bæredygtig jord. Det er ingeniørens formål med hans omfattende viden at opnå resultater indenfor fysiske principper, byggematerialer, konstruktioners virkemåde og respons, installationers dimensionering og overordnede planlægningsprincipper.

Det er stadig vidst at konstruktionsingeniøren udarbejder sin egen Revit model mens arkitekten arbejder i sin egen model. Dette er i bund og grund fordi der savnes tillid mellem arkitekten og ingeniøren. Ingeniøren mener nemlig at arkitekten udarbejder og udfører ændringer baseret på den arkitektoniske synsvinkel, mens det er ingeniørens ansvar at den analytiske sammensætning også hænger sammen. Nogle udfører dog regelmæssige kollisionstjek og kører modellerne parallelt med hinanden.

For at BIM skal være et succesfuld værktøj er det vigtigt at der arbejdes på at man stræber efter at skabe en fælles model fra starten. Dette kan gøres ved at sætte nogle specifikke krav og retningslinjer samt opsætningskriterier i modelleringen allerede fra starten.

Selvom arkitekten har sin speciale i detaljer for design, er han ofte en super bruger af modelleringsprogrammerne, mens ingeniøren stadig i mange virksomheder bruger andre beregningsprogrammer og modellerer kun for visualiseringens skyld. Mange virksomheder

tager ofte udgangspunkt i arkitektens tegningsmaterialer ved tilbudsgivningen, for at spar på tid.

For eksempel siger **Mike Combee** fra Niras A/S, Allerød, i et interview at

"man bruger BIM minimalt i de tidlige fase på grund af den tid og honorar der lægger til projektet. Overslags og konstruktionsberegninger fortages ud fra arkitektens tegningsgrundlag"

Det hele handler om tid og økonomi siger de fleste man har talt med gennem de sidste 13 uger af projektskrivningen. Gennem årtierne har arbejdsbyrden været det samme for arkitekt, ingeniør og entreprenør, men de mener at ansvarsablen er vokset ekstremt.

For eksempel hvis man ser på ældre byggesager, har man flere steder mødt ved renoveringsprojekter, at tegningsmaterialer ikke stemmer overens med det reelle byggede konstruktion. Kabel føringer under jorden er ofte fejl placeret i forhold til tegningerne. Dette kan evt. skyldes tilfælde i at nogle steder i konstruktionerne, har entreprenøren valgt at ændre på placering/måden for at gøre det lettere eller bedre i henhold til sin egen vurdering. Byggeloven var anderledes og kravene var mildere i henhold til nutiden.

I dag handler det hele om hvis ansvar det er, hvis ulykken skulle opstå, da omkostningerne og prisen man betaler hertil bliver større og større. Derfor vælger ingeniøren at køre parallel forløb med alle samarbejdsparter for at sikre hans del af projektet er korrekt udført.

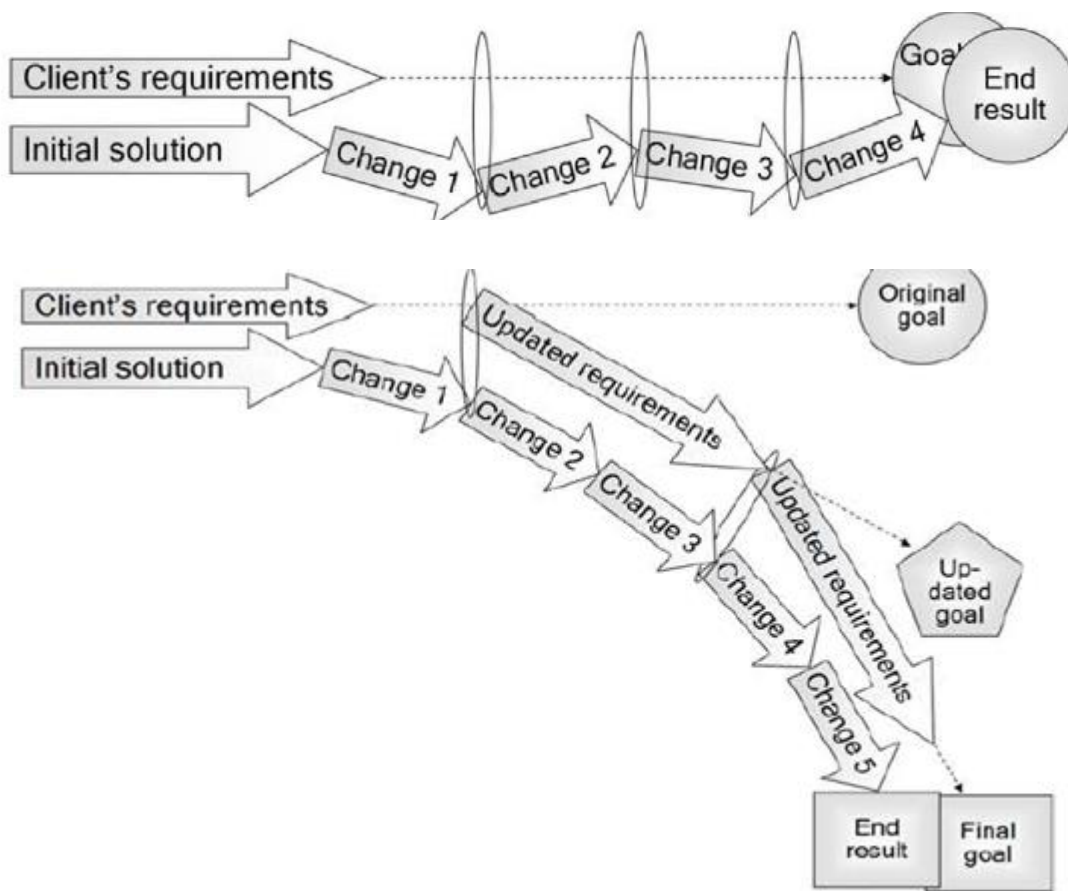
Arkitekten og ingeniørens rolle og samarbejde

Arkitekten kan dokumenter men det er ingeniøren der står til ansvar når der bygges.

Bygherren kommer med ideen → arkitekten kommer med design forslag → ingeniøren danner stabilitetsvurderinger → arkitekten og ingeniøren fastlægger design krav og stabilitetskrav → ingeniøren udarbejder statiske beregninger og konstruktionsdetaljer → Entreprenøren bygger.

Det er arkitektens formål at omdanne bygherrens ønske til en bæredygtig løsning i samarbejde med ingeniøren. "**At designe er et iterativ proces**" siger professor i arkitektonisk design **Arto Kiviniemi**, Salford universitet, Manchester. Bygherren har et ønske der skal opfyldes, og det er arkitektens formål at udforme og visualiserer det inden beslutningen fastlægges.

Under udarbejdelse kan arkitekten møde nye krav og ændringer der skal opdateres i modellen der kan medføre ændringer til slutproduktet. Arto Kiviniemi har pænt illustreret dette forløb som kan ses på nedenstående figur. Den første del viser, hvorledes en iterativ proces pågår, mens figuren forneden viser hvordan et mål ændre sig til et nyt produkt ved at tilføje og opdaterer nye krav og ønsker til slutproduktet.



Source: Arto Kiviniemi

Figur 15 Design er et iterativ proces, - Arto Kiviniemi

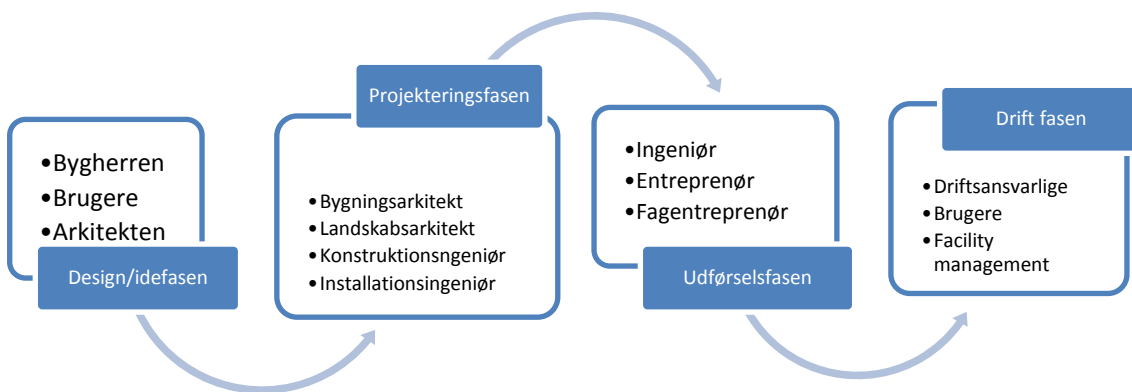
Det er ingeniørens pligt at virkelig gøre arkitektens design i praktisk. Intet er umuligt at skabe for en ingeniør, dog er mange konstruktioner komplicerede og kræver erfaring og vurderinger. Det er vigtigt at ingeniøren fastlægger en løsning der både er økonomisk fordelagtigt og bygbart for entreprenøren.

Det er vigtigt at arkitekten og ingeniøren har en bred forståelse af hinandens arbejdsmetodik. Jo bedre deres kommunikation og udveksling af data pågår, desto bedre bliver udarbejdelsen af konstruktionsanalysen.

Cyklus mellem arkitekt, ingeniør og entreprenøren

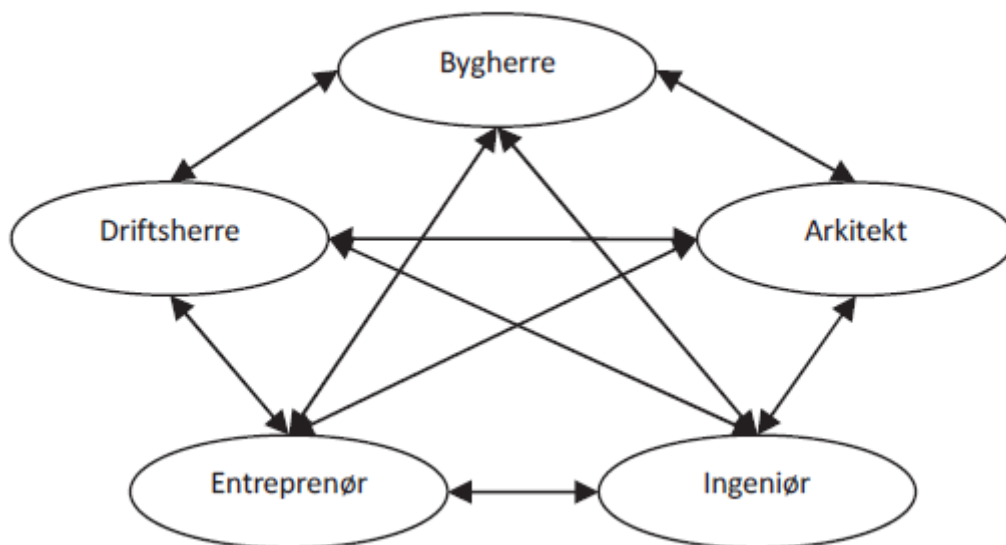
Man kan kort sige at sammenhængen mellem arkitekt, ingeniør og entreprenøren er at arkitekten designer, ingeniøren for det til at holde og entreprenøren binder det hele sammen.

Et byggeri har ide-, projektering- og udførsel samt drift som faser. I de forskellige faser har forskellige aktører ansvar for deres del af projektet. I et byggeprojekt er følgende vigtige parter involveret i de følgende faser i henblik på at skabe et produkt i fælleskab.



Figur 16 Opbygning af faser og ansvarlige

Måden deres samarbejde og kommunikationsflow er opstillet kan ses forneden.



Figur 17 Kommunikation og samarbejdes flow mellem aktørerne

Deres behov for viden udveksling i et BIM model kan inspireres fra Geoteknisk tanke gang i fra umættet tilstand til vandmættet tilstand. Der er mange huller der skal dækkes før man opnår det fuldtud vandmættet tilstand. Ligeledes er det vigtigt at modellere en model der kan udnyttes for alle fordele i projektet ved at hullerne bliver fyldt af forskellige aktører fra projekt teamet. En bedre model kan skabes, hvis entreprenører også involveres tidligt i projekteringen. Derved løftes kvaliteten af designinformationen på de relevante steder, hvilket igen fører til et bedre byggeri.

Entreprenøren og leverandørerne kan nemlig bidrage med erfaringsfejl der kan forekomme, samt opdage sjuks på forkant og tilføje nødvendige detaljer, som måske har mindre betydning for arkitekten og ingeniøren, men stor betydning for udførselsdelen. Udførselsdelen er også vigtigt for bygherren, da det i sidste ende er hans økonomi der sættes på spil.

Samarbejds konflikten opstår mellem samarbejdsparterne når modellerne udarbejdes med interesse for kun sin egen fordel. Dette medfører også at hele hovedformålet med BIM i at vinde gevinsten ved integreret samarbejde ødelægges. Det er vigtigt at se produktet som et fælles redskab som skal nå målet i fællesskab, hvor alle får en del af lagkagen.

Ole Berard, PhD i design management, DTU og MT højgaard udtaler sig i en artikel på ingeniøren den 12.dec.2012 at

”Fokus på alle dimensioner af designinformationskvalitet er nødvendigt for at løfte kvaliteten af byggeriet og give forudsigelighed i tid og økonomi. BIM-modellen giver et fleksibelt medie til at udtrække information, men et integreret samarbejde er nødvendigt for at aftale, hvem der leverer hvilken information hvornår”.

Derfor er det vigtigt at valget af hvilke fag og fællesmodeller der skal arbejdes med besluttet allerede i idefasen. Ved at indføre en modelansvarlig til hver fagmodel kan kryds/kollisionsarbejde undgås. Fagmodellerne kan koordineres via én eller flere fællesmodeller med henblik på simulering, kollisionskontrol, mængdeudtag, tegninger og beskrivelse og ved at bygningsmodellerne gøres tilgængelige i IFC-format kan de frit transporteres mellem forskellige software programmer.

DTU byg BIM Lab har udarbejdet 4 forskellige case studies med henblik på BIM implementering hos de forskellige aktører. Overordnet er en samlet konklusion på casene at alle kan hente en gevinst ved et godt samarbejde og kommunikationsflow.

Work flow og kommunikation

BIM er en metode, som optimerer projektarbejdet fra skitsering og visualisering til projektering og samarbejde. En af de væsentligste forskelle mellem 2D CAD og BIM modelleringer er at ændring blot skal foretages et sted, for at opdaterer alle underlæggende modeller i BIM.

Hvis BIM skal være hovedværktøjet, er det vigtigt at arkitekten og ingeniøren kan mødes på samme platform. Man behøver ikke at arbejde på den samme model. Men det er vigtigt at man kan kolliderer modellerne gennem projektet, således at platformen er det samme for videre projektering. Det skal være et krav at arkitekten opbygger den analytiske model korrekt, således modellen kan bruges af ingeniøren.

Det er dog stadig ingeniørens ansvar at slå design fra og videreudvikle den analytiske model ved projekteringen. I forhold til noteringer i 2D tegningerne, kan man låse elementer, som kan fremhæve de bærende konstruktionsdele. Arkitekten kan arbejde i modellen, men fratages rettigheden til at kunne ændre på de låste elementer af ingeniøren.

Efter fastlæggelse af bærende dele, kan detalje tegningerne udføres. Ved at optegne eller modificerer konstruktionsdele som vægge og vinduer gældende til det konkrete projekt bygger man et glidende samarbejde med entreprenøren. Revit har funktioner der kan lave snit tegninger ud fra givet snitområde. Et snit tegning kan herefter udarbejdes med detaljer for entreprenøren.

Integrering af informationer kan også anvendes i andre sammenhæng. Brandkrav indført i BIM modellen er også en måde at tænke fremadrettet. Jo flere informationer der bliver tilsluttet elementet desto mere bliver det til et fælles model alle har gavn af.

Konstruktionsingeniørens synsvinkel og krav til modellering

Begrebet T-formede færdigheder, er at beskrive de evner af personer i arbejdsstyrken. Den lodrette bjælke på T repræsenterer dybden af relaterede færdigheder og ekspertise i et enkelt felt, mens den vandrette bjælke er evnen til at samarbejde på tværs af discipliner med eksperter på andre områder og til at anvende viden på områder af ekspertise end ens egen. Et sammenspil mellem arkitekten, ingeniøren og entreprenøren burde også forløbe som T-formede samarbejde. Aktørerne har hver deres styrke og det skal læres og udnyttes af hinanden i projektgruppen.

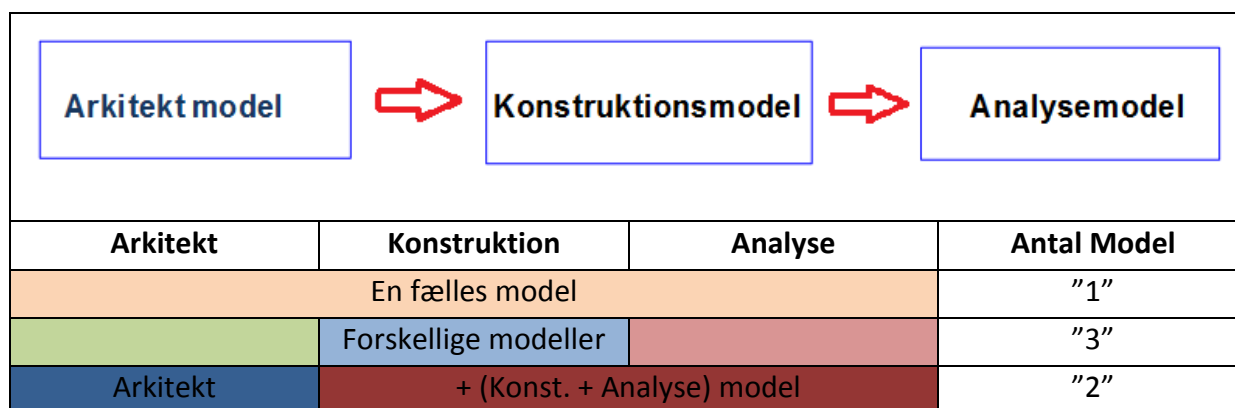
Typisk arbejdes der med tre slags modeller i et projekt.

- Arkitekt model
- Konstruktions model
- Analyse model

Hver model har sit eget formål og egen operator som styre. En ingeniør vælger ofte at modellerer sin egen model parallelt med arkitektens. Fundamentalt er det et tillidsproblem mellem parterne. Analyse modellen er vigtigere for ingeniøren, hvor design er vigtigst for arkitekten. I en arkitektonisk model kan mange fejl i samlingsdetaljer blive gemt bag facaderne som kan være besværligt for ingeniøren når han skal udfører analyser på modellen.

Derfor er det vigtigt at man fastlægger rammer allerede fra starten som skal følges. En start kunne være fastlæggelse af koordinaterne som udgangspunkt. Og man med et regelmæssig tidsinterval kører kollisions tjek med arkitektens model. Dette kan medføre at man i sidste ende kan kolliderer modellerene til et samlet projekt. Det er vigtigt at man har en BIM manager, som kan koordinerer modellerne med alle parter i projektgruppen.

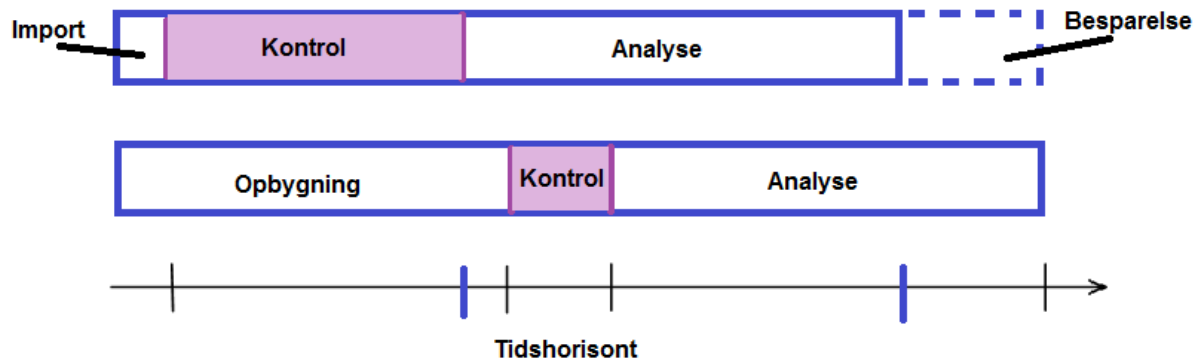
Modellen forneden viser 3 situationer der opstår ved digital modellering. 1) Der modelleres en fælles model hvor alle aktører har ret til at arbejde på modellen. 2) der modellerers tre modeller, og arbejdes særskilt. 3) Arkitekten har sin egen model mens konstruktionsmodellen og analyse modellen modelleres som et fællesprodukt.



Alternativ 1 er svære at implementerer som en arbejdsmetode, da tilliden spiller en stor rolle mellem aktørerne. Alternativ 2 er hvad der forgår de fleste steder i dag. Man arbejder nemlig med tre forskellige modeller, til hver aktion. På grund af design og stabilitetskrav burde alternativ 3 være den rette fremtidige arbejdsmetode. Da både konstruktionsmodellen og analyse modellen bearbejdes af ingeniøren, ville det være den bedste alternativ at opbygge den analytiske model rigtigt fra starten, og derefter ved indstillingsvalg ændre analyse modellen til fysiskmodel.

Som ingeniør kan der bespares i mandetimer i sidste ende, hvis man vælger at køre med fællesmodeller. For import af modellen tager ikke så lang tid når opsætningen er korrekt og gemt under denne rette filtype. Men for at være på den sikre side, tager kontrol tiden

længere tid, i forhold til hvis man selv havde opbygget modellen. Analyse af modellen vil i begge situationer tage samme tid. Og derfor kan det tydeligt ses på eksemplet forneden, hvorledes kontrol, tid og besparelse hænger sammen. Den øverste viser sammenhænge for en importeret fil, mens den nederste viser sammenhænge for en selv opbygget model. Den nederste gælder både for konstruktionsmodel og analysemodel.



Figur 18 Tidshorisont sammenligning med fælles og separat modellering

Randi Kruse fra Niras A/S, Allerød udtaler sig i et interview at hun er mere tryk ved at bygge en konstruktions model samtidig med at der opbygges en separat analyse model ved siden. Dette skyldes at tilliden til softwareprogrammerne stadig er kritisk når det handler om import og eksport. Eksempel knudpunkter der ændre nummeringen ved import og eksport mellem programmerne er et af de væsentligste problemer, siger hun. Der er mange små fejl der har større betydninger, der gør at en model for hvert formål er den bedste løsning ind til videre, siger Randi. Hun afslutter dog interviewet med et smil og fortæller, "men det kan jo være BIM med tiden gøre det muligt at fælles modeller bliver en løsning i fremtiden."

"DH-huset" var en af de første digitale projektering Randi Kruse var med til. Der ses på selve opbygningen af modellen i næste afsnit. Randi Kruse når at fortælle at modellen var mere et visualiseringsprodukt end arbejdsprodukt i det projekt. Der blev opbygget et analyse model til Robot ved siden, hvor snitkræfter blev fundet, siger hun. Randi udtrykker sin store begejstring i hvordan BIM har udviklet sig i de seneste år og at Revit modellerne bliver mere og mere dybdegående. I pågående projekter Randi er med i, bliver BIM brugt på en højere plan end tidligere.

DH-Huset og Århus team

Handicaporganisationernes Hus såkaldt DH-huset er kendt som verdens mest tilgængelige kontorhus, på ca. 12.600 m². Bygningens kompleksitet har gjort at en 3D model har været til stor hjælp for visualiseringen. NIRAS A/S har givet sammentykke for at der i denne rapport kan analyseres og kommenteres på deres Revit model.



Figur 19 DH-huset, Høje Tåstrup

Selve Revit-modellen indeholder konstruktionsdele

og snittegninger af samlingerne. Det er en stor fordel for AutoCad brugere at man i Revit kan indhente Cad skabeloner som plan, og videre bygge på dette. Mange af konstruktionssamlinger er dog stadig optegnet i AutoCad i denne projekt.

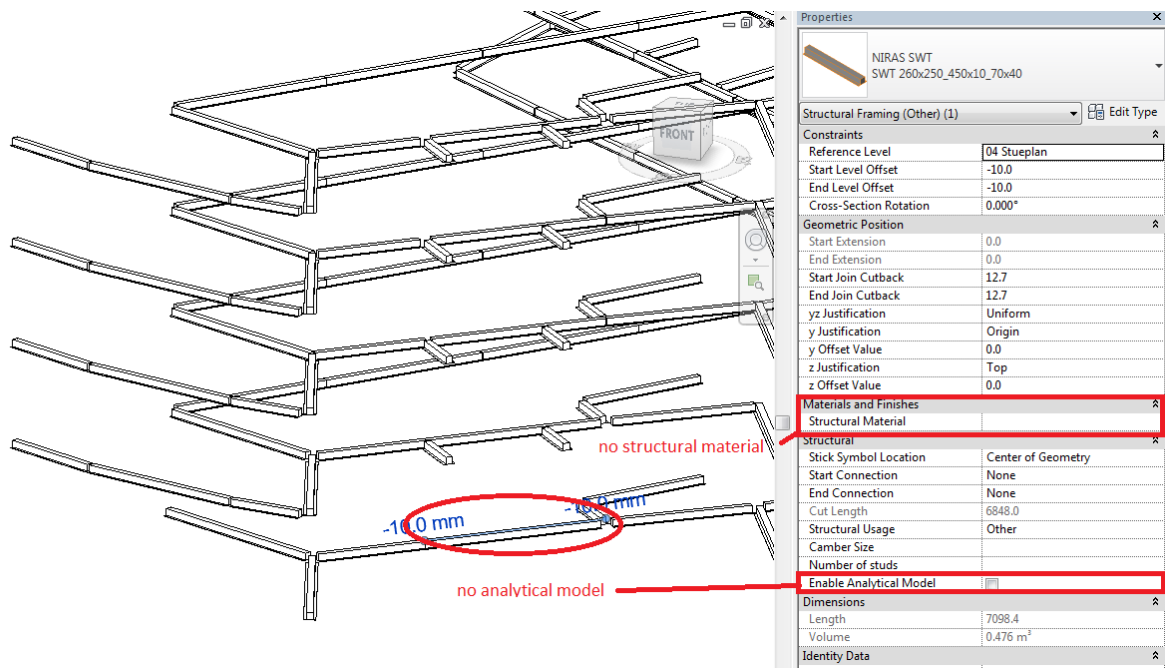
Den arkitektoniske model eller såkaldte fysiske model ser præsentabel ud. Men når man borer lidt dybere for at se på samlinger ses mange typiske fejl. Få fejle som ses at være hyppigt og typisk er vist i det efterfølgende afsnit.

Revit model vs Analyse model

De typiske fejl man begår ved modellering af konstruktioner i henhold til Revit og analyse programmer er at Revit modellen ikke bliver opbygget analytisk korrekt. Det vil sige at den fysiske visuelle model kan se rigtigt ud i forhold til den analytiske model.

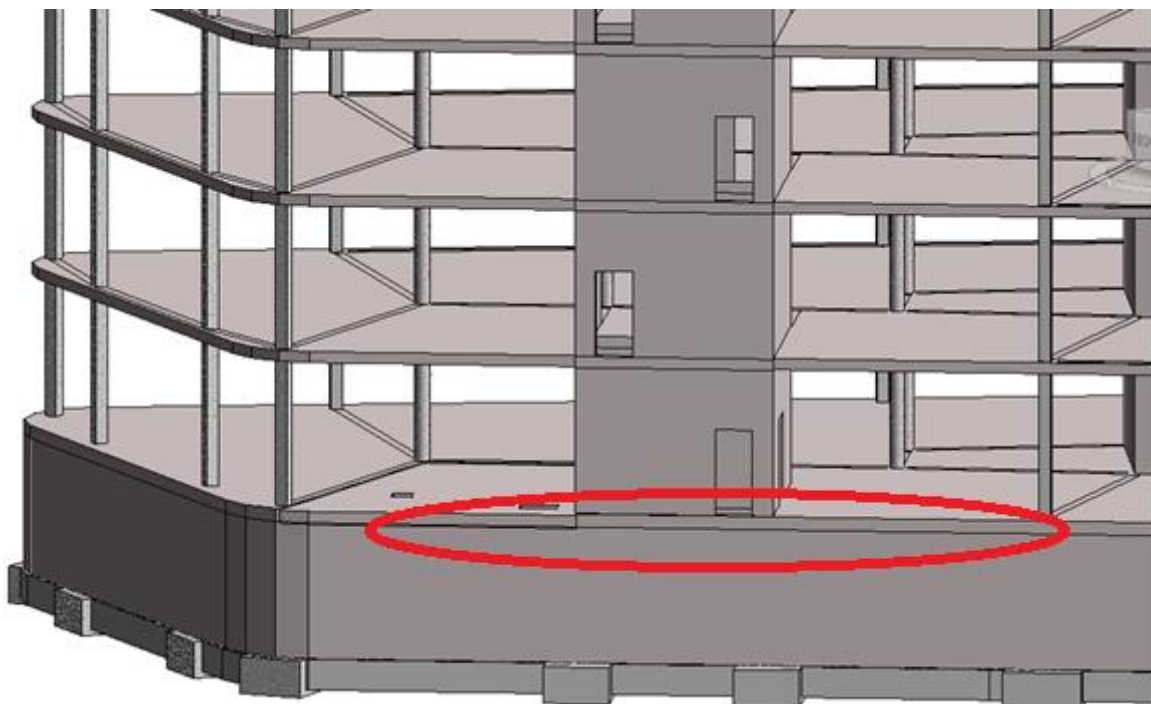
En fysisk model betyder for eksempel at vægge og dæk modelleres med tykkelser, hvor en analytisk model kun er baseret på linjer og overflader der er forbundet med hinanden, således kræfterne kan overføres til bæredygtig jord.

DH-husets kompleksitet gør det svært at gå i detalje med analysen. Derfor blev der valgt at undersøge overordnet i første omgang. Via "mapping" funktionen blev Revit-modellen overført til FEM-design som StruXML fil. Inden analysen blev kørt, blev der undersøgt for Finite element generation, hvor der blev fundet at flere af elementerne ikke var genereret som en analytisk model. Dette blev undersøgt ved at se nærmere på egenskabsopsætning.

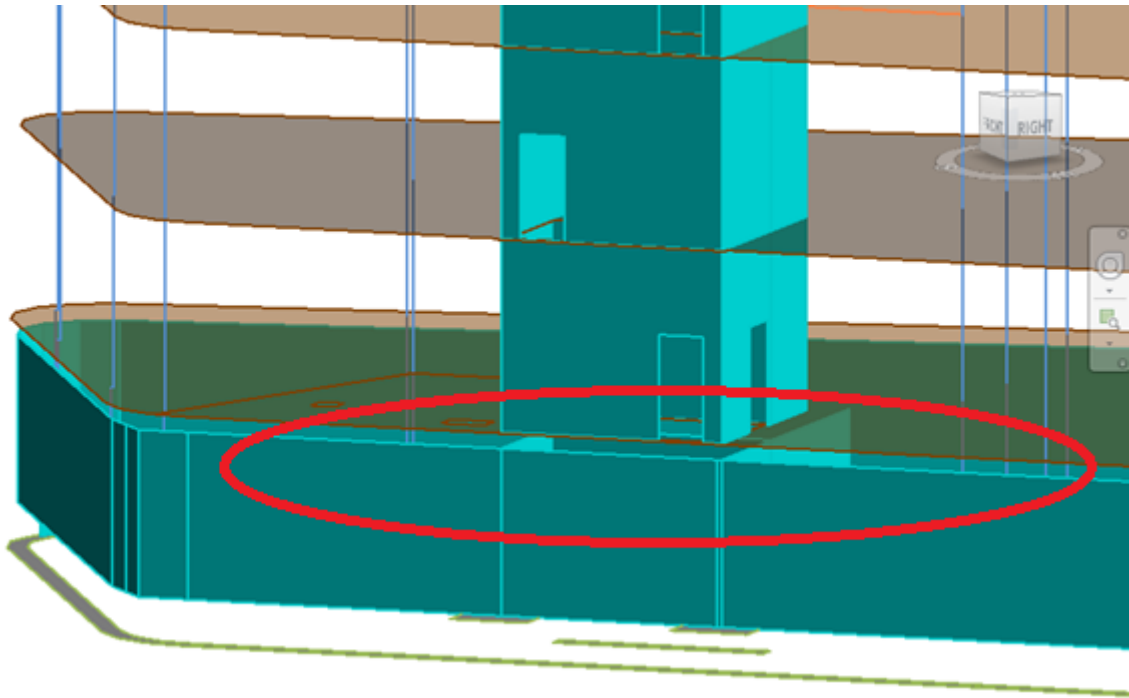


Figur 20 Elementer som ikke er angivet som analytisk modellering

Denne fejl trin spænder ben og gøre det svære for ingeniøren at genanvende modellen. Det gør det umuligt for ingeniøren at anvende modellen analytisk til at trække analytiske værdier ud. Desuden er DH-huset fejlfrit når man ser på den fysiske model, hvorimod den analytiske model ikke er konstrueret korrekt i tegneprogrammet. Et eksempel er markeret fornedet. Først vises den fysiske model hvorefter den samme model vises i analytisk tilstand. Visningsmåden er blot en funktion man kan vælge i programmet.

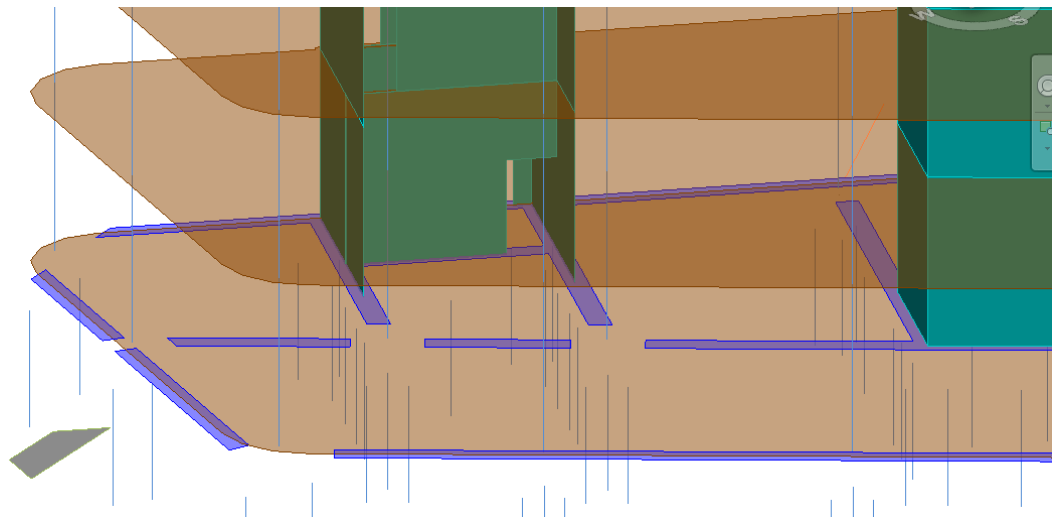


Figur 21 Konstruktionsdel fra DH-husets set som fysisk model



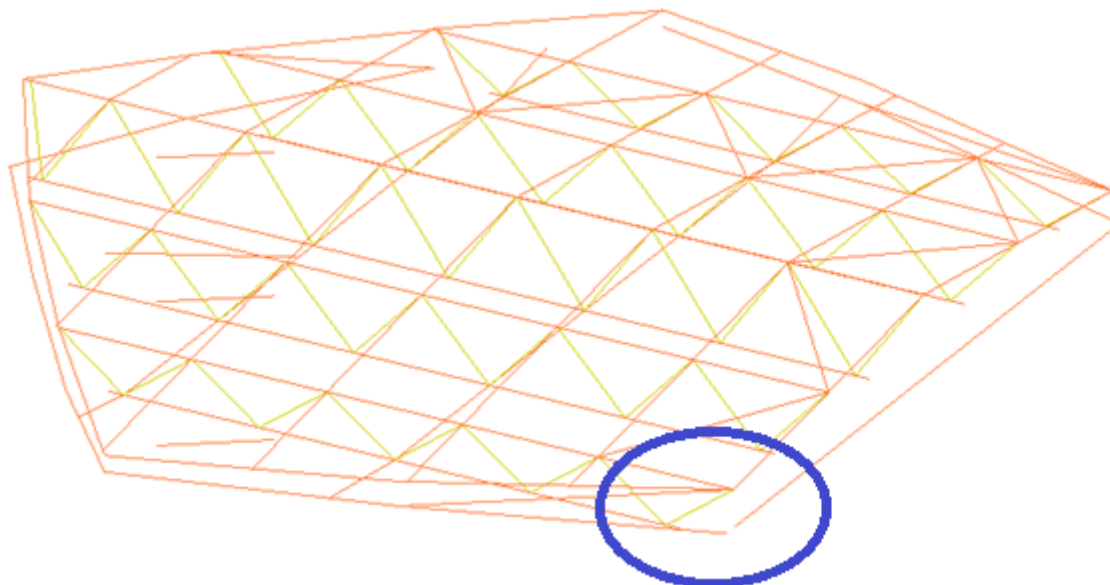
Figur 22 Ovenstående konstruktionsdel fra DH-huset set som analytisk model

Fejle som overlappning af regioner og overflader er også typiske fejle der forekommer, som også ses på DH-huset modellen.

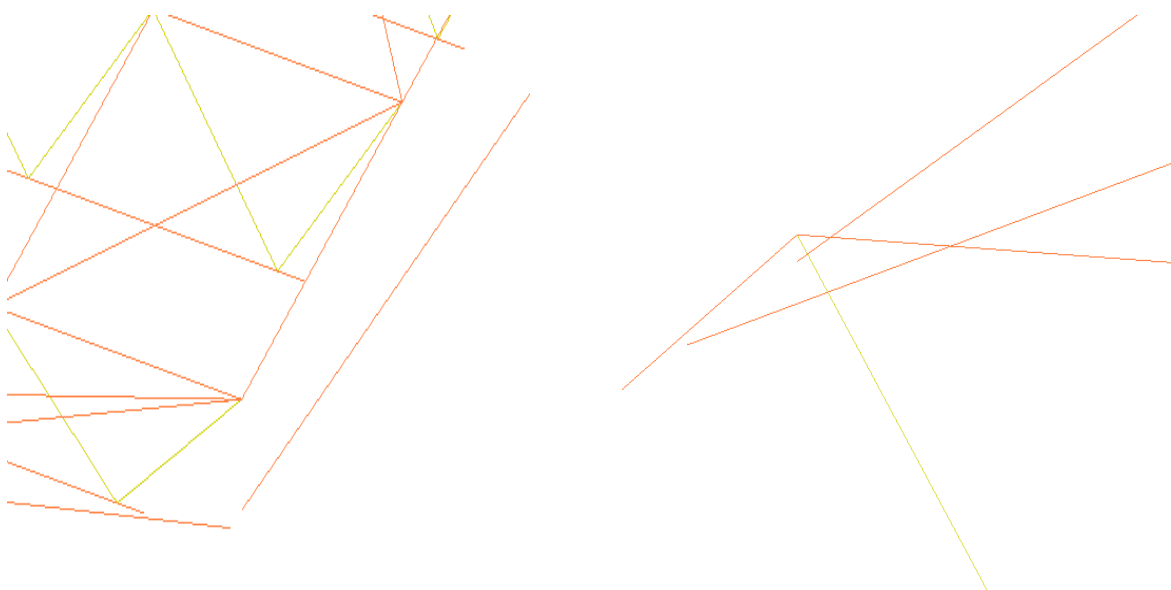


Figur 23 Overlappning og usammenhængende samlinger

Et nærmere kig på tagkonstruktionen som analytisk model, viser sig at endepunkterne mange steder ikke er fastlåst til hinanden. Det vil sige at samlingerne ikke er forbundet til hinanden.

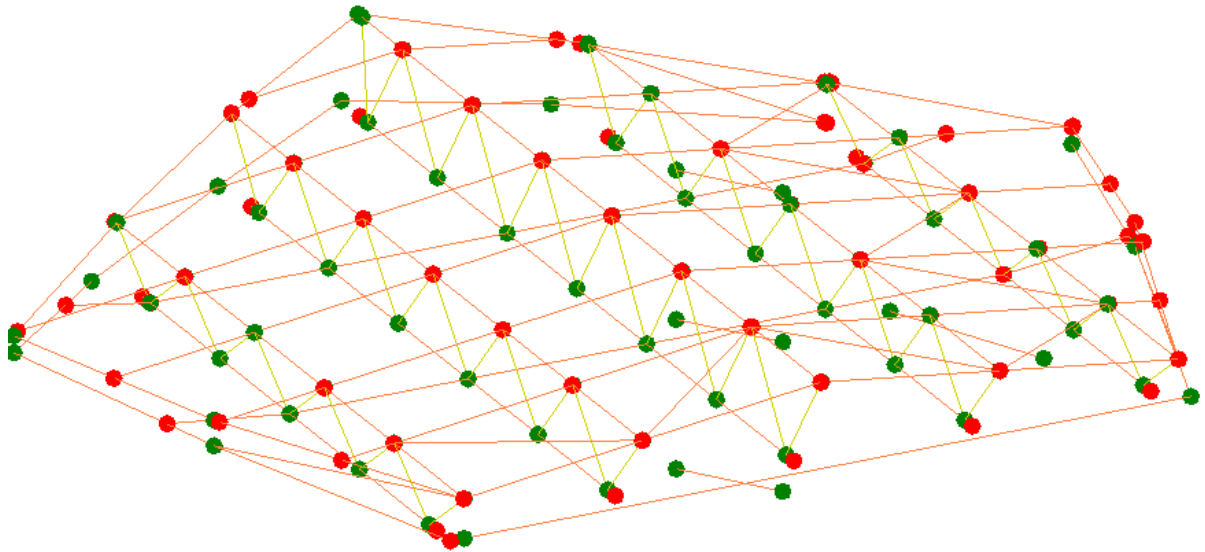


Figur 24 Tag konstruktionen på DH-huset, analytiske model



Figur 25 Zoom ind af tagkonstruktion hvor samlingerne kan ses

For at få et nogenlunde overordnet overblik er de endepunkter ved samlingerne som ikke er koblet til hinanden markeret med rød, mens sammenkoblede samlinger er markeret med grøn. Hvilket ses at det næsten svarer til 50% af gitterkonstruktionen.



Figur 26 Tagkonstruktion grøn=sammenkoblet, rød= samling ej koblet

Med disse fejl som er typiske og ofte set ud i branchen kan det tydeligt konkluderes at DH-husets Revit-model blot er anvendt til den visuelle fremlægning i byggeprojektet. Her har formålet blot været at præsentere den fysiske model til Bygherren.

Idealiseret information- og kommunikations flow set fra den rådgivende konstruktionsingeniørs side

En konstruktionsingeniørs væsentligste krav i et projekt er stabiliteten. Ingeniøren stræber altid for at udføre beregningerne simpelt muligt, og økonomisk rigtigt. Dette er dog kun muligt hvis ingeniøren får sit grundlag præsenteret velformuleret af arkitekten fra starten.

Selvfølgelig er en ændring i et projekt uundgåeligt, men beregnings besværlighederne ved ændringerne kan dog formindskes ved at bærende del af konstruktionen ikke berøres. Derfor er det vigtigt fra starten at arkitekten og ingeniøren får disse betingelser på plads.

Desuden som tidligere nævnt er det til alles fordel, at de meste af informationerne bliver integreret med modellen allerede fra startfasen. At have installationsingeniøren og entreprenøren med i diskussionerne vedrørende modelleringen vil øge gevinsten på BIM. Deres input og indflydelse på informationerne til modellen vil bestemt øge kvaliteten af arbejdet som helhed.

Det er svært at ændre på arbejdsplanen på en gang, og det er svært at nå målet hvis kommunikationen ikke er på plads. Arkitektens designkrav og ingeniørens stabilitetskrav til modellen kan være svært at mødes på samme platform under et fælles model, dog er det en løsning at de mødes under samme tag i stedet. En regelmæssig kollisions tjek af arkitektens og ingeniørens modeller vil øge effektiviteten og mange små som store fejl kan opdages allerede i projekteringsfaserne.

I et byggeprojekt indgår mange aktører. Bygherre, bygherrerådgivere, brugere af ejendommen, myndigheder, arkitekter, konstruktions samt installationsingeniør, entreprenører, underentreprenør, håndværker, producenter, leverandør og driftsherre. En BIM model finder sin succes når alle disse aktører kan få gavn af en fælles integreret model.

Det er hermed forsøgt at opstille en muligt kommunikationsflow og informations udveksling mellem samarbejdspartnerne.

Diskussion

I denne rapport er BIM som arbejdsredskab og konstruktionsingeniørens kommunikations krav undersøgt ved interviews, artikler og selvstudie. Dertil er der studeret hvilke muligheder, der foreligger ved en digitaliseret arbejdsproces, samt hvilke krav og kommunikationsflow, der bør forandres i arbejdet hen mod en integreret fælles model.

Nærværende diskussion omhandler konstruktionsingeniørens (egen og ingeniører koblet til interviews fra Niras A/S) synsvinkel i henhold til informationsudveksling, fælles model, software anvendelser og kommunikation. Herefter vil der blive diskuteret, hvorfor udviklingen ikke er nået længere på trods af den eksponentielle hastighed BIM udviklingen har.

BIM er ikke blot et modellerings værktøj, BIM udvikles mere og mere som et management redskab. Integreret information, mængde udtræk, tidbestemmelser, koordinering, arkivering, systemering og håndteringsværktøj.

Som konstruktionsingeniør er BIM et redskab som kan visualiserer, reducerer kollision, beregne statik og resulterer i et bedre produkt. Implementering af BIM i en virksomhed er dog ikke det nemmeste. Strategi omlægning og økonomi spiller en stor rolle. Heri handler udveksling af filerne mellem samarbejdsparterne også en væsentlig rolle. Selvom IFC formatet er forbedret og udviklet under mange punkter, samt transmissionen mellem software er glidende, er udviklingen stadig under proces.

Konstruktionsingeniøren bruger ofte stadig to modeller, en visualiseringsmodel og en analyse model. Hvor modellerne er modelleret i to forskellige programmer. Konstruktionsingeniøren mener at tilliden mellem import og eksport af filerne mellem tegne- og analyse programmerne er stadig lavt. Deres tid og honorar til projektet er ikke tilstrækkeligt for at udøve forsøg med disse programmers kapacitet.

Desuden er deres kompetencer indenfor BIM blot på vej op af trinene. Hidtil har de haft teknisk designer der har udført al tegningsmaterialer for dem. I dag er det nødvendigt at ingeniøren er nærværende ved modelleringerne da en 3D model kræver en statisk forståelse i forhold til en 2D model. Og derfor vil den bedste løsning være at arbejdet lettes ved at ingeniøren modellerer selv.

I dag anvendes analyse programmer overordnet blot for at finde snitkræfterne, men rummer meget mere kompetence. FEM-design er et stabilitets program, der kan anvendes til at bestemme meget mere statik end blot snitkræfter. Der er også udviklet programmer til at fortage vind-, energi- og indeklima analyser. Ved at benytte disse analyse programmer kan mange fremtidige konflikter løses allerede i planlægning og projekteringsfasen. Selvom

større virksomheder er begyndt at indse gevinsten BIM kan bidrage, har små virksomheder stadig svært ved at få bid i gevinsten, og ofte grunder det i den økonomiske omkostning der hører til i investeringen.

Konklusion

Ved forskning i BIM værktøj investeringen i byggebranchens virksomheder og konstruktionsingeniørens synsvinkel og behov, kan det konkluderes at, BIM er kommet for at blive i branchen. Dog går byggebranchen stadig glip af potentialerne BIM kan bidrage med, på grund af ufuldstændige retningslinjer. Byggebranchen anvender blot modellerne til visualisering og generering af snitkræfter.

Fra blyant til Cad var en stor omveksling for byggebranchen. Usikkerheden og tvivl var stort hos alle, der gjorde at Cad indtrædelsen tog lang tid i henhold til, fra 2D til 3D. BIM implementering handler om indstilling og virksomhedsstrategi. Det koster og det tager tid før det giver gevinst, men gevinsten findes.

Det handler om kommunikation og rettidig kommunikation. Data udveksling, informations integrering og retningslinjer bør opsættes i idefasen. Ansvarsfordeling og tidplan og kollisionstjek skal fastlægges. Konsekvenser skal diskuteres i hver fase. Flere møder med flere aktører under forskellige faser skal øge kvaliteten af slutproduktet. Dette er nødvendige forudsætninger for at der kan skabes en succesfuld implementering af BIM og nødvendigt i udviklingen mod en byggeproces baseret på integreret fælles model.

Ingeniøren bør stræbe efter at arbejde med en enkelt model som både kan anvendes til visualisering og analyser. Samtidig bør fremtiden bringe ingeniøren og arkitekten nærmere ved at deres særskilte modeller kan kollideres og informationerne integreres i hinandens model gennem projekteringsfasen.

Selvom arkitekten får lov at arbejde i sin særskilte model, er det nødvendigt med kollisions tjek og regelmæssigt informations udveksling mellem arkitekten og ingeniøren. En hver ændring der foretages skal kommunikeres så ændringen foretages i alle underliggende og fremadrettede modeller. Ved at fastlægge de bærende del af konstruktionen i samarbejde med arkitekten, kan fremtidige ændringer foretages med dette grundlag. Ved at låse de bærende elementer i arkitektens model, vil arkitekten have frie tøjler til at udarbejde ændringer uden bekostning for ingeniøren.

I dag anvendes fysiske teorier uden at der sættes spørgsmålstejn. Men i 1600 tallene skulle matematikere og fysikere kæmpe for at kunne overbevise overlæggende videnskabsmænd at deres teori holdte. Gennem tiderne er de første love og teorier gennemarbejdet og udviklet inden praktisk anvendelse, og ligeledes er BIM i dag under udvikling, men en dag i fremtiden vil BIM uden tvivl være en selvfølge i byggebranchen og et værktøj der vil være med til at bidrage til en bæredygtig løsning.

Litteraturliste og referencer

Hjemmesider

- www.buildingsmart.org
- www.bim.byg.dtu.dk
- www.bimequity.dk
- www.niras.dk
- www.bips.dk (bips nyt)
- www.wikipedia.org
- www.ing.dk (artikler og nyheder)
- www.frinet.dk
- www.skender.com/blog
- www.linkedin.dk (blogs og artikel)

Der er også benyttet andre ingeniører hjemmesider i mindre omfang. Og mange artikler og nyhedsbreve som indeholder information om BIM eller udvikling af den digitale byggeri.

Bøger

- Beton element byggeriers statik af Jesper Frøbert Jensen, 2010 [BEBS, 2010]
- Change Management in construction projects, institute for research in construction, national research council Canada, af Qi Hao, Weiming Shen, Joseph Neelamkavil, Russ Thomas, 2008 [Hao, 2008]
- BIM-project execution planning guide version 2.0, july 2010 [EPG 10]
- Understanding Strategy Management, Anthony Henry, 2008 [USM 08]

Bilag 1- Bekendtgørelse om anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) i offentligt byggeri

I medfør af § 2, stk. 1, § 5, stk. 1, § 8 og § 8 a i lov om offentlig byggevirksomhed, jf. lovbekendtgørelse nr. 1712 af 16. december 2010, som ændret ved lov nr. 623 af 14. juli 2011, fastsættes:

Anvendelsesområde

§ 1. Bekendtgørelsen gælder for opførelse af byggeri, om- og tilbygning af byggeri, renovering og vedligehold af byggeri samt anlæg knyttet hertil ved:

- 1) Byggeri med staten som bygherre med en anslået entreprisesum på 5 mio. kr. ekskl. moms eller derover.
- 2) Byggeri med en anslået entreprisesum på 5 mio. kr. ekskl. moms eller derover, der helt eller delvist finansieres ved lån eller tilskud fra staten på mindst 50 pct.
- 3) Byggeri med en anslået entreprisesum på 5 mio. kr. ekskl. moms eller derover til brug for institutioner, hvis drift betales af staten, når tilskuddet udgør mindst 50 pct. af driften.
- 4) Byggeri med region og kommune som bygherre med en anslået entreprisesum på 20 mio. kr. ekskl. moms eller derover.
- 5) Byggeri med en anslået entreprisesum på 20 mio. kr. ekskl. moms eller derover, der helt eller delvist finansieres ved lån eller tilskud fra region og kommuner, på mindst 50 pct.
- 6) Byggeri med en anslået entreprisesum på 20 mio. kr. ekskl. moms eller derover til brug for institutioner, hvis drift betales af region og kommuner, når tilskuddet udgør mindst 50 pct. af driften.

Stk. 2. Bekendtgørelsen gælder ikke for byggeri, som får tilsagn om offentlig støtte efter lov om almene boliger m.v., lov om friplejeboliger og efter lov om byfornyelse og udvikling af byer.

§ 2. Bygherren kan i forbindelse med byggesager vedrørende renovering og vedligehold undlade at opfylde ét eller flere af bekendtgørelsens krav, hvis udgifterne forbundet med opfyldelse af det eller de pågældende krav ikke står mål med gevinsterne.

Stk. 2. Bygherren kan dog ikke fravige reglerne i § 8 om digitalt udbud og tilbud via et digitalt system.

IKT-koordinering

§ 3. Bygherren skal sikre, at der gennem hele byggesagen sker en koordinering af den samlede IKT-anvendelse mellem alle involverede parter.

Håndtering af digitale byggeobjekter

§ 4. Bygherren skal stille krav om, at digitale byggeobjekter gennem hele byggesagen struktureres, klassificeres, navngives, kodes og identificeres ensartet i en nærmere bestemt detaljeringsgrad. Bygherren skal i den forbindelse stille krav om, at byggeobjekterne forsynes med de informationer og egenskaber, der er relevante for den efterfølgende forvaltning, drift og vedligehold.

Stk. 2. Bygherren skal sikre, at der fastsættes retningslinjer for håndteringen af digitale byggeobjekter gennem hele byggesagens forløb.

Digital kommunikation og projektweb mv.

§ 5. Bygherren skal stille krav om, at der anvendes et system til digital kommunikation og arkivering af al relevant information under byggesagens forløb.

Stk. 2. Bygherren skal sikre:

- 1) at der udarbejdes en plan for, hvilke parter der skal gøre hvilke informationer tilgængelige i systemet og på hvilke tidspunkter,
- 2) at informationer kan hentes ud fra systemet og overføres til andre systemer, og at det indgår i den udarbejdede plan, hvilke overførsler, der ønskes i projektføreløbet og ved byggeriets afslutning, jf. § 10,
- 3) at systemet er forsynet med adgangskontrol, advisering og log,
- 4) at det fastlægges, hvilke filformater der skal anvendes, og
- 5) at det fastlægges, hvilke metadata der skal knyttes til de enkelte filtyper.

Anvendelse af digitale bygningsmodeller

§ 6. I projektkonkurrencer skal bygherren i konkurrenceprogrammet stille krav om, at de indkomne forslag omfatter digitale, objektbaserede bygningsmodeller samt visualiseringer udført på grundlag af disse. Bygningsmodeller og

visualiseringer skal dokumentere forslagernes arkitektoniske, funktionelle og tekniske forhold i et nærmere bestemt informationsniveau.

Stk. 2. Bygherren skal sikre:

- 1) at der i konkurrenceprogrammet stilles krav til bygningsmodellens struktur og informationsindhold, jf. § 4, ud fra konkurrencens størrelse, karakter og kompleksitet,
- 2) at visualiseringers antal og placering fastlægges ud fra konkurrencens størrelse, karakter og kompleksitet, og
- 3) at objektbaserede bygningsmodeller afleveres i IFC-format.

§ 7. Under projektering og udførelse skal bygherren stille krav om, at der anvendes objektbaseret bygningsmodellering.

Stk. 2. Bygherren skal sikre:

- 1) at der træffes aftale om, hvilke fag- og fællesmodeller, der udarbejdes,
- 2) at hver af de modelansvarlige parter udarbejder de nødvendige fagmodeller, hvis indhold og anvendelse er specificeret i forhold til den enkelte parts ydelse,
- 3) at fagmodeller koordineres via én eller flere fællesmodeller med henblik på simulering, kollisionskontrol, mængdeudtag, tegninger og beskrivelser, og
- 4) at bygningsmodellerne gøres tilgængelige i IFC-format.

Digitalt udbud og tilbud

§ 8. Bygherren skal stille krav om, at der ved udbud af byggearbejder benyttes digitalt udbud og tilbud ved anvendelse af et digitalt system. Udbudsmaterialet skal udarbejdes således, at det i relevant omfang kan anvendes digitalt af tilbudsgiverne i forbindelse med tilbudsafgivelsen, og således at tilbud struktureres efter den struktur, der i øvrigt anvendes i byggesagen, jf. § 4.

§ 9. I det omfang der udbydes med mængder, skal bygherren sikre:

- 1) at mængder er indeholdt i udbudsmaterialets tilbudslister,
- 2) at udbudsmaterialet for den enkelte entreprise omfatter såvel tilbudslister som relevante, digitale, objektbaserede bygningsmodeller, hvoraf mængder kan udlæses,
- 3) at digitale bygningsmodeller stilles til rådighed for tilbudsgiver i IFC-format, og
- 4) at det af udbudsmaterialet fremgår, på hvilket grundlag mængderne er beregnet, herunder hvilke opmålingsregler og/eller opmålingsmetoder, der er anvendt.

Digital leverance ved byggeriets aflevering

§ 10. Bygherren skal i samråd med driftsherren stille krav om digital aflevering af de informationer, som vurderes relevant for:

- 1) dokumentation af byggeriet,
- 2) dokumentation af byggesagen,
- 3) drift og vedligehold, og
- 4) den fremadrettede ejendomsforvaltning

Stk. 2. Bygherren skal sikre:

- 1) at den digitale leverance ved byggeriets aflevering indgår i aftalerne med rådgivere og udførende og leverandører,
- 2) at aftalerne omfatter afleveringens omfang, struktur, klassifikation, identifikation og formater, og
- 3) at objektbaserede bygningsmodeller afleveres i IFC-format.

Digital mangelinformation

§ 11. Bygherren skal sikre, at der anvendes digitale mangellister, som beskriver de registrerede mangler i henhold til projektets fastlagte struktur, jf. § 4.

Ikrafttræden og overgangsbestemmelser

§ 12. Bekendtgørelsen træder i kraft den 1. april 2013 og finder anvendelse for byggesager, der igangsættes denne dato eller senere.

Stk. 2. Bekendtgørelse nr. 1381 af 13. december 2010 om krav til anvendelse af Informations- og Kommunikationsteknologi i byggeri ophæves den 1. april 2013. Bekendtgørelsen finder dog fortsat anvendelse på byggesager, der er igangsat inden den 1. april 2013.

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, den 6. februar 2013

Martin Lidegaard

Bilag 2 - Bekendtgørelse om anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) i alment byggeri

I medfør af § 113, stk. 1, i lov om almene boliger m.v., jf. lovbekendtgørelse nr. 884 af 10. august 2011, fastsættes:

Anvendelsesområde

§ 1. Bekendtgørelsen gælder, jf. dog § 2, for:

- 1) Byggerier i henhold til § 115 i lov om almene boliger m.v.
- 2) Renoveringer i henhold til § 91 og § 92, stk. 1 og 3, i lov om almene boliger m.v.
- 3) Projektkonkurrencer, som bygherren afholder i forbindelse med de byggerier, der er nævnt i nr. 1.

§ 2. Bekendtgørelsen finder kun anvendelse på byggerier, renoveringer eller projektkonkurrencer, hvor en almen boligorganisation, en kommune eller region er bygherre, og hvor byggeriets eller renoveringens samlede, anslåede entreprisesum er på 20 mio. kr. ekskl. moms eller derover.

IKT-koordinering

§ 3. Bygherren skal sikre, at der gennem hele byggesagen sker en koordinering af den samlede IKT-anvendelse mellem alle involverede parter.

Håndtering af digitale byggeobjekter

§ 4. Bygherren skal stille krav om, at digitale byggeobjekter gennem hele byggesagen struktureres, klassificeres, navngives, kodes og identificeres ensartet i en nærmere bestemt detaljeringsgrad. Bygherren skal i den forbindelse stille krav om, at byggeobjekterne forsynes med de informationer og egenskaber, der er relevante for den efterfølgende forvaltning, drift og vedligehold.

Stk. 2. Bygherren skal sikre, at der fastsættes retningslinjer for håndteringen af digitale byggeobjekter gennem hele byggesagens forløb.

Digital kommunikation og projektweb mv.

§ 5. Bygherren skal stille krav om, at der anvendes et system til digital kommunikation og arkivering af al relevant information under byggesagens forløb.

Stk. 2. Bygherren skal sikre:

- 1) at der udarbejdes en plan for, hvilke parter der skal gøre hvilke informationer tilgængelige i systemet og på hvilke tidspunkter,
- 2) at informationer kan hentes ud fra systemet og overføres til andre systemer, og at det indgår i den udarbejdede plan, hvilke overførsler, der ønskes i projektførelsen og ved byggeriets afslutning, jf. § 10,
- 3) at systemet er forsynet med adgangskontrol, advisering og log,
- 4) at det fastlægges, hvilke filformater der skal anvendes, og
- 5) at det fastlægges, hvilke metadata der skal knyttes til de enkelte filtyper.

Anvendelse af digitale bygningsmodeller

§ 6. I projektkonkurrencer skal bygherren i konkurrenceprogrammet stille krav om, at de indkomne forslag omfatter digitale, objektbaserede bygningsmodeller samt visualiseringer udført på grundlag af disse. Bygningsmodeller og visualiseringer skal dokumentere forslagernes arkitektoniske, funktionelle og tekniske forhold i et nærmere bestemt informationsniveau.

Stk. 2. Bygherren skal sikre:

- 1) at der i konkurrenceprogrammet stilles krav til bygningsmodellers struktur og informationsindhold, jf. § 4, ud fra konkurrencens størrelse, karakter og kompleksitet,
- 2) at visualiseringers antal og placering fastlægges ud fra konkurrencens størrelse, karakter og kompleksitet, og
- 3) at objektbaserede bygningsmodeller afleveres i IFC-format.

§ 7. Under projektering og udførelse skal bygherren stille krav om, at der anvendes objektbaseret bygningsmodellering.

Stk. 2. Bygherren skal sikre:

- 1) at der træffes aftale om, hvilke fag- og fællesmodeller, der udarbejdes,
- 2) at hver af de modelansvarlige parter udarbejder de nødvendige fagmodeller, hvis indhold og anvendelse er specificeret i forhold til den enkelte parts ydelse,

- 3) at fagmodeller koordineres via én eller flere fællesmodeller med henblik på simulering, kollisionskontrol, mængdeudtag, tegninger og beskrivelser, og
- 4) at bygningsmodellerne gøres tilgængelige i IFC-format.

Digitalt udbud og tilbud

§ 8. Bygherren skal stille krav om, at der ved udbud af byggearbejder benyttes digitalt udbud og tilbud ved anvendelse af et digitalt system. Udbudsmaterialet skal udarbejdes således, at det i relevant omfang kan anvendes digitalt af tilbudsgiverne i forbindelse med tilbudsafgivelsen, og således at tilbud struktureres efter den struktur, der i øvrigt anvendes i byggesagen, jf. § 4.

§ 9. I det omfang der udbydes med mængder, skal bygherren sikre:

- 1) at mængder er indeholdt i udbudsmaterialets tilbudslister,
- 2) at udbudsmaterialet for den enkelte entreprise omfatter såvel tilbudslister som relevante, digitale, objektbaserede bygningsmodeller, hvoraf mængder kan udlæses,
- 3) at digitale bygningsmodeller stilles til rådighed for tilbudsgiver i IFC-format, og
- 4) at det af udbudsmaterialet fremgår, på hvilket grundlag mængderne er beregnet, herunder hvilke opmålingsregler og/eller opmålingsmetoder, der er anvendt.

Digital leverance ved byggeriets aflevering

§ 10. Bygherren skal i samråd med driftsherren stille krav om digital aflevering af de informationer, som vurderes relevant for:

- 1) dokumentation af byggeriet,
- 2) dokumentation af byggesagen,
- 3) drift og vedligehold, og
- 4) den fremadrettede ejendomsforvaltning.

Stk. 2. Bygherren skal sikre:

- 1) at den digitale leverance ved byggeriets aflevering indgår i aftalerne med rådgivere og udførende og leverandører,
- 2) at aftalerne omfatter afleveringens omfang, struktur, klassifikation, identifikation og formater, og
- 3) at objektbaserede bygningsmodeller afleveres i IFC-format.

Digital mangelinformation

§ 11. Bygherren skal sikre, at der anvendes digitale mangellister, som beskriver de registrerede mangler i henhold til projektets fastlagte struktur, jf. § 4.

Ikrafttræden

§ 12. Bekendtgørelsen træder i kraft den 1. april 2013 og har virkning for de byggerier og renoveringer, der er nævnt i § 1, nr. 1 og 2, og som modtager tilsagn om støtte den 1. april 2013 eller senere.

Stk. 2. Bekendtgørelsen har virkning for de projektkonkurrencer, der er nævnt i § 1, nr. 3, og som udbydes den 1. april 2013 eller senere.

Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter, den 7. februar 2013

Carsten Hansen

Bilag 3 ISO 16739:2013

Følgende er omfattet af ISO 16739:2013 :

BIM udvekslingsformat definitioner, der er nødvendige i løbet af livscyklus faser af bygninger:	BIM udvekslingsformat definitioner, der kræves af de forskellige discipliner, der er involveret inden for de livscyklusfaser:	BIM udvekslingsformat definitioner herunder:
<ul style="list-style-type: none"> • påviser behovet; • skitsere gennemførlighed; • materielle forundersøgelse og skitsere finansielle myndighed; • skitse, fuld konceptuelle og koordineret design; • indkøb og fuld økonomisk autoritet; • produktion information; • drift og vedligeholdelse; 	<ul style="list-style-type: none"> • arkitektur; • bygning service; • strukturelle videnskab; • indkøb; • byggeri planlægning; • Facility management; • projektledelse; • klient krav forvaltning; • tilladelser og godkendelse; 	<ul style="list-style-type: none"> • projekt struktur; • fysiske komponenter; • rumlige komponenter; • analyse poster; • processer; • ressourcer; • kontrol; • aktører; • Definition sammenhæng.

Bilag 5 Interviews på CD

Der er vedlagt en CD som indeholder alle interviews foretaget i samarbejde med projekt skrivningen.

