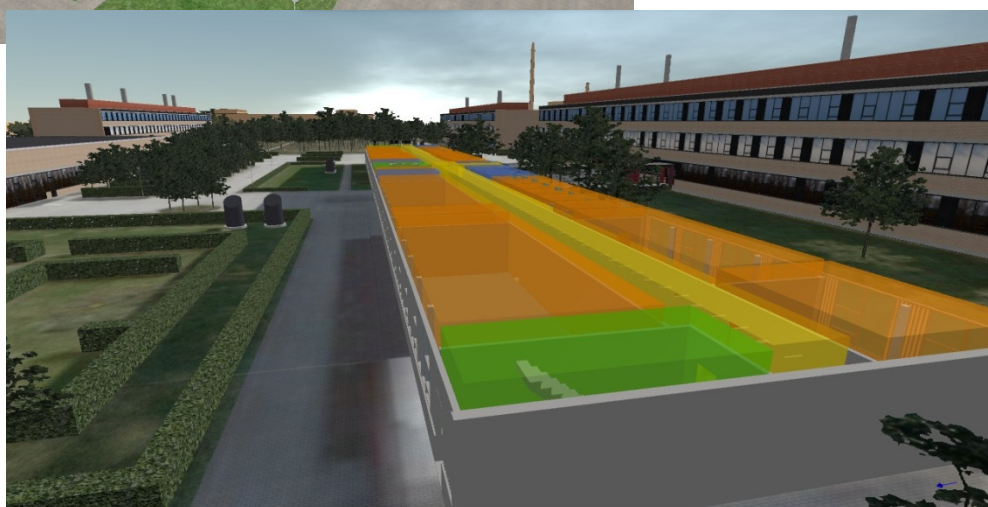
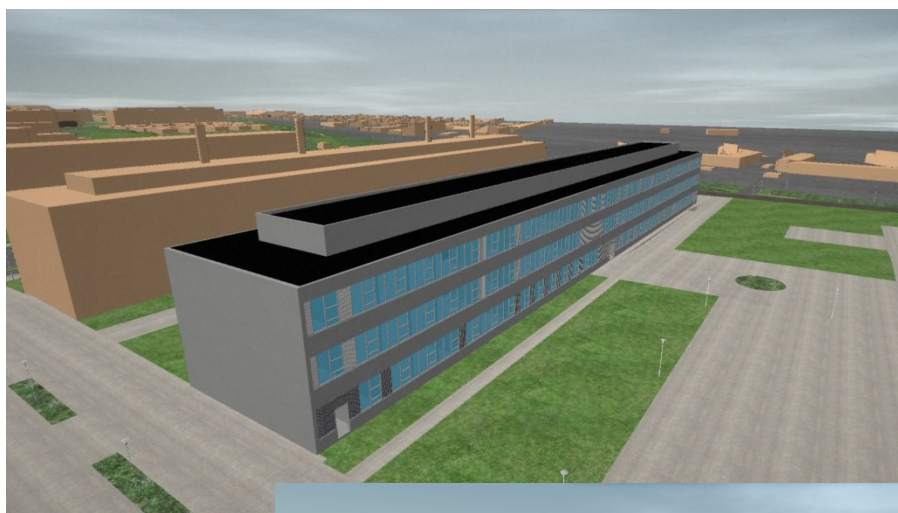


# Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation

*Bygningsinformation til beredskabet og brandvæsnet*




Forfatter - Jakob Berg Johansen  
DTU•BYG

*Samarbejdspartnere:*



Campus Service



	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 1 af 46

## Titelblad


Indhold	Bachelorprojekt
Vejleder	Lektor ved DTU•BYG, Jan Karlshøj
Projektperiode	1. september 2011 til 31. januar 2012
Sted	DTU•BYG Danmarks Tekniske Universitet Brovej, Bygning 118 2800 Kgs. Lyngby

Bachelorprojektet er berammet til 15 ECTS points.

31-01-2012 Danmarks Tekniske Universitet

---

Jakob Berg Johansen

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ Side 2 af 46

## Forord

Dette bachelorprojekt er skrevet som afsluttende del af bacheloruddannelsen på DTU•BYG.

Under tilblivelsen af dette bachelorprojekt har flere virksomheder og en mængde enkeltpersoner bidraget, støttet og opmundret.

Derfor vil forfatteren gerne takke Lektor ved DTU•BYG, **Jan Karlshøj**, for en stor støtte, engagement og ikke mindst viden inden for bygningsinformationsmodeller. **Markus Lampe**, BIM kordinator i Campus Service og ekstern lektor ved DTU•BYG, Institut for Byggeri og Anlæg, skal have en stor tak for sine visioner og ikke mindst tekniske assistance i forbindelse med tilblivelsen af dette projekt.

I arbejdet med at kortlægge mulighederne og grundlaget for et projekt af denne art, har forfatteren været i kontakt med en mængde top professionelle og dedikerede personer, som har taget sig tid til at komme med forslag og give indsigt i deres arbejde. En stor tak skal derfor sendes til **Rasmus Storgaard**, beredskabschef i Lyngby-Taarbæk Kommune, der med stor indsigt og sans for praktiske applikationer hjalp til at konkretisere fokus af rapporten. Rasmus Storgaard har også været med til at bedømme anvendelsespotentialet i den færdige 3D brandmodel. Der skal ligeledes sendes en tak til vicepolitinspektør **Bent Hjorth** og kriminaltekniker **Karsten Husted** fra Østjyllandspoliti. Deres beskrivelse af politiets arbejdsprocesser og visioner for 3D modellering i dette arbejde har været uvurderlige.

For deres store optimisme og tekniske indsigt i 3D modellering, skal hele holdet hos Utopian City Scope have en stor tak. Dog skal to personer nævnes for deres i særklasse store støtte under tilblivelse af denne rapport og 3D model. **Martin Virenfeldt**, lead level designer, hos Utopian City Scope skal have tak for at hjælpe med indsigt i hvad rammerne er for 3D modellering og en fantastisk teknisk support. En stor tak skal også gå til direktør, **Jacob Østergaard**, for sin tro på at dette projektkunne inkorporeres i Utopian City Scapes 3D verden. Jacob Østergaard har med fantastisk sparring og indsigt i 3D brugerinterfaces hjulpet dette projekt op på et højere niveau.


For adgang til 3D brandmodellen modellen og yderligere information henvises til Utopian City Scope ([contact@utopiancityscape.com](mailto:contact@utopiancityscape.com)).

For adgang til de bygningsmodeller som ligger til grund for arbejdet med 3D modellerne kan DTU Campus Service BIM afdeling, Tegnestue og Arkiv, kontaktes.

Der refereres i denne rapport til andre værker med forfatter og årstal i firkantede parenteser. Der er i kapittel 7 og 8 anført en liste over bøger, artikler og hjemmesider som er brugt i denne rapport. Direkte citater er sat i anførselstegn. Mange andre værker har været benyttet i søgning og baggrundsmateriale, men ikke til selve indholdet af denne rapport.

I udarbejdelsen af denne rapport har det været en fornøjelse at grave sig ned i et, for forfatteren, nyt felt som 3D visualisering, interoperabilitet og IFC. At opdage de store muligheder og den store vilje der er til at udnytte disse, som findes i og uden for byggebranchen, har været meget inspirerende.

Lyngby d. 31. januar 2012  
Jakob Berg Johansen

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 3 af 46

## Synopsis

Denne rapport indeholder en analyse af hvordan bygningsinformation kan benyttes til andre formål end at konstruerer og dokumenterer bygninger.

Der er undersøgt forskellige aktørers behov for adgang til bygningsinformation, hvorefter der er belyst forskelle og ligheder imellem disse aktørers krav til bygningsinformation.


Ved hjælp af interviews er der skabt viden omkring udviklingsmulighederne for en sådan udbredelse af bygningsinformation. Der har vist sig at der er et massivt behov og at både enkelte firmaer og samfundet som helhed kan få store gevinster ud af en sådan udbredelse.

For at vise potentialet for brandfolk og beredskabet i at benytte 3D bygningsinformation, er der skabt en model der viser dette. Denne model er skabt med Utopian City Scapes værktøjer og ud fra en visualiserings filosofi hvor enkelhed og tilgængelighed er vigtige faktorer. Dette er gjort med Autodesk Revit og 3DS Max.

IFC standarten er blevet analyseret som en mulig bærer af denne information. Perspektiverne i at benytte denne standart til at udbrede af bygningsinformation, og som grundlag for visualisering, vurderes som store.

Der er udført en analyse af IFC 2x4 udgavens kompatibilitet med det som beredskabet og brandvæsnet ønsker en sådan model indeholder. Der er fundet at IFC med små modifikationer kan understøtte de krav som er opstillede.

Konklusionen på denne rapport er at det er nødvendigt at der, med en stadig større kompleksitet i bygningsmassen, skabes et grundlag for at udvikle 3D modeller af disse bygninger samt bygninger med særlige forhold. Myndighedskrav til bygherre og driftsherre kan skabe det incitament som får software udviklerne til at fjerne de sidste problemer med IFC. Der findes allerede programmer i dag som vil kunne løfte denne opgave. Med baggrund i det materiale som er skabt i dette projekt, er der udtrykt ønske fra samarbejdspartnere om at undersøge de positive effekter af 3D bygnings modeller i brandøvelser.

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 4 af 46

## Abstract

This report contains an analysis of how building information can be used for purposes other than construction and documentation of buildings.

Various stakeholders have been examined to ascertain their interest in acquiring access to building information. An analysis of the different stakeholder's preferences and demands has been conducted.


Through interviews knowledge has been created about the possible development of such a distribution of building information. It has been shown that there is a massive need and that both individual firms and society as a whole can receive huge benefits of such a proliferation of building information.

To demonstrate the potential for firefighters and emergency services to use 3D building information a model has been created to show this. This model has been created with Utopian City Scape's tools and with a visualization philosophy where simplicity and accessibility are important factors.

The IFC standard has been analyzed as a possible carrier of this information. The future usage of this standard as a means of distributing building information and as a basis for visualization looks promising.


An analysis of IFC 2x4 has been conducted with regard to compatibility with what the emergency services and fire department want such a model to contain. It is found that the IFC standard with small modifications can support the demands.

The conclusion of this report is that it is necessary, with ever greater complexity in the building mass, to provide a basis for development of 3D models of buildings with special importance, such as dangerous industry, cultural heritage and buildings with complex geometry. Regulatory requirements for the developer and operator of these buildings can create the incentive to get software developers to remove the remaining problems with the IFC standard. This movement is seen to have already happened in several places in the world. Using the 3D model created during this report, it has been requested to research these models effectiveness in real fire finding drills.


	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 5 af 46

## Indholdsfortegnelse

Titelblad.....	1
Forord.....	2
Synopsis.....	3
Abstract.....	4
1. Indledning.....	7
1.1 Byggeriets forandring.....	7
2. Bygningsinformationsformidling.....	8
2.1 Mulige brugere af bygningsinformation.....	8
2.2 Renovering og vedligehold.....	8
2.2.1 Model design indhold.....	8
2.2.2 Model design brugerflade.....	9
2.3 Politiet.....	10
2.3.1 Visualisering til straffesager.....	10
2.3.2 Planlægning og krisestyring.....	10
2.4 Beredskabet og brandvæsnet.....	11
2.4.1 Fokus på brand.....	11
2.4.2 Mulighed for nye brandmodeller.....	12
2.4.3 3D brandmodellens udbredelse og fremtid.....	14
2.5 Når tiden bliver en faktor.....	14
3. Eksempel på en brandmodel.....	17
3.1 Modellens udgangspunkt.....	17
3.2 Anvendelse og tilgængelighed.....	18
3.3 Metode til udarbejdelse af model.....	19
3.3.1 3D modellens rammer og implementering.....	19
3.3.2 Den grundlæggende model.....	22
3.4 Modellen i praksis.....	25
3.4.1 Modellens brug.....	25
3.4.2 Modellens farvelægning.....	26
4. Industry Foundation Classes.....	27
4.1 Udviklingen af IFC.....	27
4.2 IFC i Danmark.....	28

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 6 af 46

4.3 IFC understøttede brandrelaterede funktioner .....	28
4.3.1 Understøttede funktioner i IFC 2x4 RC3.....	29
4.3.2 Tilføjesfunktioner til IFC 2x4 RC3 .....	30
4.4 IFC problemer og styrker .....	31
5. Brand og IFC.....	33
5.1 De offentlige IFC krav .....	33
5.2 Brandspecifikke krav til 3D modeller.....	34
6. Konklusion .....	36
7. Hjemmesider .....	38
8. Artikler og bøger.....	39
Appendiks .....	41
I. Billeder af modellen i Realsite .....	41

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 7 af 46

## 1. Indledning

### 1.1 Byggeriets forandring

Byggeindustrien har altid været formet af sin viden og de værktøjer den har haft til rådighed. Romernes bue konstruktioner der står den dag i dag, baserede sig næsten udelukkende på materialernes evne til at optage tryk, da andre materialer til at optage træk, ikke på samme måde var tilgængelig og langtidsholdbare. Til at konstruerer de middelalderlige katedraler som blev bygget på know how, af håndværkere som havde prøvet sig frem, brugte man træelementer, men havde ikke i udstrakt grad mulighed for at beregne deres styrke.

Med bygningsberegningernes og bygningsingeniørens indtog blev byggeriet mere teoretiseret. Dette gav mulighed for at konstruere mere komplekse bygninger og systematisere byggeprocessen. Men denne teoretiske tilgang til byggeriet er også formet af de værktøjer, som er tilgængelige for beregning og visualisering. Med computerens introduktion i den ellers så konservative byggeindustri er der sket en rivende udvikling inden for bare de sidste fem til ti år. Disse værktøjer er gået fra at emitterer gammeldags papirtegninger i 2D, til nu hvor der i stor udstrækning bruges 3D modeller.

Der opbygges store mængder data om byggerier og specielt i større byggesager bliver der lagt en ikke ubetydelig mængde resurser i at producere datamaterialet. Det er derfor ved større byggerier hensigtsmæssigt at analysere hvordan denne information kan benyttes på den bedst mulige måde efterfølgende.


Med digitaliseringen af byggeriet er der åbnet en mulighed for at bruge bygningsinformationen som en resurse, ud over dens anvendelse til at konstruere og dokumentere byggeriet. I en bygnings levetid vil der være et væld af muligheder for at benytte 3D bygningsdata til andre formål end det oprindeligt var tænkt. Dette være sig bygningsreovering og vedligehold som relaterer sig direkte til bygningen. Andre kan være beredskabet og politiet som har et stort ønske om at større byggeriers rumlige geometri kan blive tilgængelig, så deres mandskab kan træne og planlægge realistiske senarier. En tredje mulig anvendelse er navigation i bygningen ved hjælp af smartphones eller PDA'er, hvor bygningsinformationen der skabes ved en bygnings tilblivelse, kan få en stor udbredelse.

Hermed er der banet vej for at tænke på omskabelse af bygningsinformation, så den ikke kun passer til byggefasen, men også så bygningsinformationen efterfølgende kan være tilgængelig for andre brugere end ingeniører.

Denne omformning eller filtrering af bygningsinformationen er individuel for de forskellige aktører som ønsker at benytte informationen. Der er dog fællestræk som vil blive belyst i denne rapport.

Den nye digitalisering af byggeriet har ikke bare skabt mulighed for besparelser og effektiviseringer i byggeriet; der er også opstået et nyt produkt, digitaliseringen i sig selv.



	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 8 af 46

## 2. Bygningsinformationsformidling

At formidle information om bygninger er den fornemste opgave en bygningsingeniør har. Beregningerne i en byggeproces har i sig selv ingen værdi hvis de ikke formidles på en måde så der kan handles på dem. Derfor er bygningstegninger og 3D modeller i høj grad bygningsingeniørens sprog. Men dette sprog skal tilpasses modtageren af informationen, ellers misforstås den eller benyttes slet ikke.

### 2.1 Mulige brugere af bygningsinformation

Gennem undersøgelserne til denne rapport er der blevet identificeret og belyst forskellige aktører der kunne drage nytte af bygningsinformation i forskellig udstrækning. Da den altovervejende producent af digital bygningsinformation er aktører inden for AEC, vil denne information være særligt egnet til at blive brugt af selv samme bygningsingeniører og de andre faggrupper involveret i en bygnings tilblivelse. Men som undersøgelsen har vist er der mange forskellige faggrupper der kan drage nytte af bygningsinformationen, hvis denne modificeres så den passer til formålet. Der er dog også nogle interessante fællestræk ved hvad der ønskes af informationer på tværs af aktører. Ved at omforme bygningsinformationen vil der skabes et potentiale for værdiskabelse med selve datamaterialet; både for bygherre, driftsherre og samfundet.

### 2.2 Renovering og vedligehold


#### 2.2.1 Model design indhold

I en bygnings levetid vil der uvægerligt være slitage på bygningerne som skal udbedres. Samtidig vil der med stor sandsynlighed blive ændret på både anvendelse og infrastruktur. For at kunne udfører mindre reparationer der ikke kræver ingeniørers indblanding, vil det være en stor fordel at have adgang til bygningsinformation som opfylder bestemte kriterier. Der er gennem interviews blevet belyst hvordan denne information kan udformes.

Det er vigtigt at se på informationsmængden og tætheden. Der er i digitale bygningsmodeller syv faser som en model gennemgår. Når en bygningsmodel når niveau 6 vil den ideelt indeholde alle de foregående informations niveauer. Det er derfor muligt at genskabe disse informationsniveauer ved af trække bestemte informationsparametre ud af niveau 6 modellen. Disse niveauer bliver beskrevet i [Karlshøj J., 2007] med følgende kategoribetegnelser:

- Kravmodel / Niveau 0
- Volumenmodel / Niveau 1
- Rummodel / Niveau 2
- Elementmodel / Niveau 3
- Bygningsdelmodel / Niveau 4
- Konstruktionsmodel / Niveau 5
- Som udført model / Niveau 6

Som udgangspunkt skal niveau 6 bruges som basis model, da det er af vital nødvendighed, at det som er anført i modellen også er det faktisk konstruerede, men dette informationsniveau er for detaljeret i forhold til hvad der kan benyttes til almindelig vedligehold. I [Karlshøj J., 2007] står der om niveau 6:

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 9 af 46

”... kan danne grundlag for udarbejdelse af anvisninger og driftsomkostninger i forbindelse med drift og vedligehold.”

Disse anvisninger kan med fordel tage udgangspunkt i det allerede producerede materiale og bibeholde sine visualiserings egenskaber som 3D model.

Der er gennemført interviews som har belyst informationsområder der er særligt relevant at medtage i en sådan model.

- Ventilationssystemer
- Elektriske installationer og føringsveje
- Brugsvandsinstallationer
- Varmesystemer
- Information svarende til en rummodel / Niveau 2

Hvis disse bygningsinstallationer beskrives i en niveau 2 model vil dette give mulighed for at bestemme helt præcist hvor en given installation befinder sig. Det giver samtidig mulighed for at tilføje metadata for den person som udfører arbejdet. I denne sammenhæng er metadata et meget vigtigt begreb da det er dette potentiale i 3D modellerne som er mest åbenlyst fordelagtigt.

Metadata beskrives i Det Digitale Fundament - Byggeriets Begrebskatalog - rev. 10. okt. 2004 på følgende måde:


”Metadata er data om data. Altså oplysninger, der beskriver eller tilføjer forskellig slags information om for eksempel et dokument. Metadata er mere præcist en struktureret beskrivelse af en informationsressources indhold og form. Metadata er i praksis at tilføje en ressource supplerende oplysninger om forfatter, titel, dateringer, emner i ressourcen osv.”

Ønsket om at kunne tilføje metadata til bygningsdele eller bygningsinstallationer efter bygningen er færdigbygget har været udtalt i specielt olieindustrien. Grundet de ekstreme forhold som denne branche er underlagt er der her et meget stort dokumentations krav, [Madsen S., 2007]. Fordelene ved denne dokumentationspraksis er en fuldstændig kortlægning og historik om de enkelte installationer og bygningsdele. Med digitaliseringen og 3D modellernes fremmarch er det blevet muligt for andre driftsherrer end dem i olieindustrien, at få samme dybdegående dokumentation. Dette kræver dog at der opstilles modeller der på en praktisk måde kan benyttes af de udførende personer.

En sådan model med metadata vil kunne vise de faktiske omkostninger over tid med en installation, og dermed give et retvisende billede af hvilken levetid en installation har og om der kan være områder med uforholdsmæssig store udgifter.

### 2.2.2 Model design brugerflade

For at kunne beskrive indviklede systemer på en utvetydig måde, og for at arbejdsgangene med hensyn til opdatering af databaser ikke bliver et forstyrrende element, skal flere ting vejes op mod hinanden. Det er her vigtigt at være opmærksom på de daglige arbejdsprocesser som modellen vil indgå i.

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 10 af 46

Der må tages det hensyn at der i sidste ende skal komme en omkostnings- eller kvalitetsgevinst ud af at bruge modellen, ellers har den ingen berettigelse i denne sammenhæng. Derfor er der brug for en stor grad af integration mellem modellen som benyttes af flere brugere. Der må således ikke arbejdes med flere modeller der kan påvirke hinanden. Hvis der f.eks. laves en konstruktionsændring i bygningen skal dette opdateres til samtlige modeller der arbejdes med som påvirkes af denne ændring. Dette vil være en meget arbejdstung proces hvis der manuelt skal rettes i mange modeller. Det er derfor ønskeligt at en grundmodel laves hvor alle ændringer gemmes og hvor der derefter laves modelbehandling så den relevante data præsenteres for brugeren. Til dette formål kan Industry Foundation Classes (IFC) filformatet benyttes, men som beskrevet senere i denne rapport kan der i skrivende stund være visse problemer med at benytte dette format. Et bedre og lige så udbredt alternativt filformat findes imidlertid ikke på nuværende tidspunkt i Danmark. Med udvidelsen af statens krav om udarbejdelse af IFC modeller til større offentligt byggeri i 2011, er dette yderligere en ting der taler for IFC som standard.

Med hensyn til at lave modellen tilgængelig for brugeren og udnytte 3D præsentationens potentiale, skal der være særlig fokus på effektivitet. En ineffektiv 3D platform som hæmmer det praktisk udførte arbejde kan føre til at det nye system forkastes. Derfor kan et fokus på mindre naturalisme og mere skematisk/abstrakt model være at foretrække i dette tilfælde.

## 2.3 Politiet

Med udgangspunkt i interviews med personer som arbejder i det danske politi er der blevet belyst en mængde forskellige områder hvor tilgængeligheden af bygningsinformation vil kunne lette og/eller højne kvaliteten af politiets arbejde.


Her er der udtrykt ønske om en informationsniveau 2 model, men med tilføjet information fra niveau 6 og muligheden for at tilføje metadata fra offentlige registre. Der er opstillet to mulige applikationsmuligheder som vil kunne støtte politiet i deres arbejde.

### 2.3.1 Visualisering til straffesager

For at kunne give den bedst mulige forståelse af et hændelsesforløb i en straffesag har politiet ofte brug for at kunne anskueliggøre personers færden, skudbaner m.m. i en bygning. Her kunne en bygningsmodel ligge til grund for det grafiske arbejde med at producere en sådan præsentation. Derfor vil en niveau 2 model med tilføjet information om overfladers beskaffenhed, døres hængsling og møblement være et udgangspunkt. Retssikkerhedsmæssigt er sådanne præsentationer vitale og derfor kan en bygningsmodel af en sådan type være positivt for samfundet.

### 2.3.2 Planlægning og krisestyring

Da denne rapport omhandler større byggerier kan disse bygninger også indgå i politiets planlægnings og krisestyrings arbejde. Omkring alle betydningsmæssigt store bygninger ønsker politiet at opbygge planer som kan bruges ved kriser eller til at beskytte befolkningen og enkeltpersoner. Dette kan være i forbindelse med politiske topmøder, større demonstrationer, mulige mål for terrorvirksomhed og lignende.

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 11 af 46

For at kunne konstruere disse planer er bygningsinformation og information om bygningsområder af vital betydning. Disse bygningsinformationer som ligger oven på en niveau 2 model kan være:

- Opbevaring af farlige stoffer
- Opbevaring af trykflasker
- Kontakt informationer om ansvarspersoner fra offentlige databaser
- Rum med farlige genstande (Værksteder o.l.)
- Udendørs evakueringszoner: døde, sårede, pårørende
- Bestemmelse af skudfelter
- Ruteplanlægning for personel

Med disse oplysninger er det muligt at planlægge en aktions- og reaktionsplan så en eventuel krise kan håndteres på den bedst mulige måde. Overblikket over eventuelle faremomenter er af stor betydning og derfor vil en lokaleoversigt med påtegnet farevurdering være nyttig.

Kontakt informationer på ansvarspersoner er meget vigtig da det i flere situationer vil kunne skabe mere overblik. Her bliver i interviews fremhævet de såkaldte "school shootings" fra USA hvor der efterfølgende er blevet oprettet registre over ansvarspersoner. Disse kan med lokal viden hjælpe politiet i deres arbejde og være med til at planlægge eventuel krisehåndtering [FEMA 452, 2005].

Planlagte evakueringszoner er nødvendige da det er vigtigt at flytte personer væk fra et eventuelt farligt område. Det er samtidig vigtigt at have forskellige zoner så der kan ydes den korrekte hjælp. Alt dette planlægningsarbejde er allerede udført og ligger i politiets databaser. Bygningsdata kan her med fordel være en del af en terrænmodel så omgivelsernes beskaffenhed tages i betragtning.

For at kunne sikre offentligheden eller enkeltpersoner kan det have meget stor betydning at der er foretaget en skudfeltsanalyse af en bygning. Dette kan afdække hvor meget en person kan have udsyn til fra et givent punkt i bygningen. Med denne information er det muligt at planlægge ruter hvor politiet og andre indsatsenheder kan komme frem til personen, uden at blive opdaget.


Mange af disse oplysninger og planer kræver en hvis mængde sikkerhedsgodkendelser og det har derfor ikke været muligt i denne rapport at belyse potentialet for brug af bygningsinformation helt til bunds. Der er dog udtrykt et stort ønske fra samarbejdspartnere om at sådanne modeller i fremtiden skabes.

## 2.4 Beredskabet og brandvæsnet

### 2.4.1 Fokus på brand

I "Eksempelsamling om brandsikring af byggeri" står der om branddokumentation af bygninger:

"En brandteknisk dokumentation er en beskrivelse af bygningens anvendelse, placering, aktive og passive brandsikrings tiltag, redningsberedskabets indsatsmuligheder m.m. [...] Omfanget af den brandtekniske dokumentation bør tilpasses projektets omfang og kompleksitet."

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af	Forfatter: JBJ
	3D bygningsinformation	Side 12 af 46

På dette område er der allerede i dag en almen praksis, om at omskabe bygningsinformation til brandtegninger. Dette er et krav som myndighederne fremsætter i større byggesager, hvor det vurderes nødvendigt. I citatet kan ordet kompleksitet her bemærkes. Da der i skrivende stund opføres bygninger med større og større grad af geometrisk kompleksitet betyder dette at der skal tages særlige forholdsregler.

Grunden til at det i større byggerier bliver pålagt krav om bedre branddokumentation er statistiske studier hvor følgende ligning med god tilnærmelse gør sig gældende.

$$F_i = a \cdot (A_b)^b$$


Hvor:  $F_i$  er frekvensen for brandstart  
 $A_b$  er det totale areal af bygningen  
a og b er konstanter der følger bygningskategorier

Denne ligning og tilhørende bygningskategoritabel findes i "Information om brandteknisk dimensionering" fra Erhvervs- og Boligstyrelsen (2004). Den viser alt andet lige at des større areal en bygning har des større er dets brandfrekvens.

#### 2.4.2 Mulighed for nye brandmodeller

Brandmodeller har traditionelt været dokumentation i form af plantegninger hvor der er redegjort for bygningens udformning og anvendelse, en evakueringsstrategi og brandsikrende tiltag.

I takt med at flere og flere større byggeprojekter foregår med 3D bygningsmodeller er der mulighed for at forbedre visualiseringsmulighederne og tilgængeligheden af bygningsinformationer. Dette vil kunne skabe grundlaget for en mere effektiv respons i forbindelse med kriser så som brand, kemikalieudslip o.l. Der er gennem interviews fastlagt flere nødvendige informationsparametre der vil gøre en model brugbar i beredskabet og brandvæsnet.

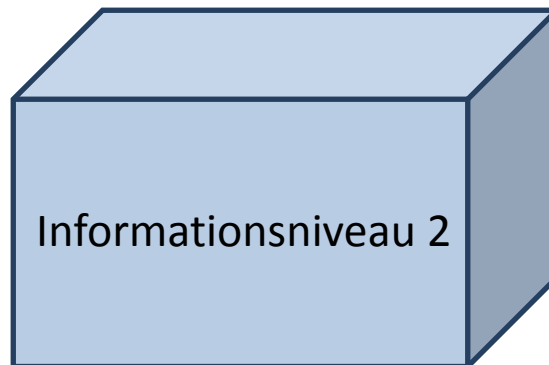
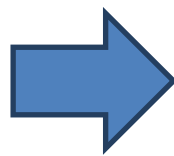
	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ Side 13 af 46



Gasser under tryk



- Afbrydningsmuligheder for elektricitet
- Afbrydningsmuligheder for naturgas
- Anvendelseskategorier af lokaler
- Brandsektioner og brandcellers placering




- Evakueringsveje
- Stigrørs placering
- Opmarchområder
- Evakueringszoner

Figur 1 Informationer som en 3D brandmodel kan indeholde.

Opbevaringen af gasser under tryk og brandfarlige væsker samt opbevaringen af giftige og miljøfarlige stoffer er i figuren markeret med mærkningssymboler fra Globally Harmonised System of Classification and Labelling of Chemicals, GHS. Disse symboler indføres fra januar 2009 og skal derfor benyttes fremover til mærkning af disse typer stoffer og er eksempler på hvilken informationer en 3D brandmodel kan indeholde.

Det der kendetegner redningsindsatsen fra brandvæsnet og beredskabet er at det foregår under stort tidspres især hvis der pågår en brandudvikling. Derfor er reaktionstid og den rette information til at tage optimale beslutninger, af vital betydning. Derfor skal bygningsinformation til beredskabet være kortfattet og umiddelbart forståeligt. Informationen skal være entydig, retvisende og nemt tilgængeligt.

En bygningsmodel i niveau 2, med klassifikation af rum, vil være grundlaget på hvilket andre oplysningslag lægges ind. Det er her vigtigt at der kun er angivet stationære bygningsdele så som murede vægge og andet som umiddelbart ikke kan kompromitteres af brand. Dette er af stor betydning da de brandfolk som skal benytte oplysningerne ikke må drage forkerte slutninger med hensyn til mulig røgudvikling og brandspredning. En opdeling i brandsektioner og brandceller er her også meget anvendelig.

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 14 af 46

Når der angives opbevaring af gasser og brandfarlige væsker skal der kun beskrives stationære opbevaringssteder. Da trykflasker og lignende udgør et stort faremoment skal disse sikres før der udføres sluknings- eller redningsarbejde. For at brandfolkene reagerer korrekt i situationen er det vigtigt at de ikke tager beslutninger på et forkert grundlag. Står der fejlagtigt angivet trykflasker på et område hvor disse ikke forefindes kan dette sinke slukningsarbejdet og i værste fald bringe menneskeliv i farer.

Da der i en brandsituation er tale om at forsøge at minimere de menneskelige, materielle samt miljømæssige skader skal der tages hensyn til giftige og miljøfarlige stoffer i bygningen. De giftige stoffer skal sikres så de ikke kan være til farer for redningspersonel og andre personer. Med hensyn til de miljøfarlige stoffer skal omgivelserne så vidt muligt beskyttes mod disse.

Som en del af det nuværende brandberedskab, benytter indsatskørertøjerne sig allerede af bærbar computer med et geografiske informations system (GIS) kort. Disse viser afbrydelsesmulighederne for elektricitet, naturgas og andre centraldistribuerede systemer. Denne mulighed viser hvordan digital information allerede i dag hjælper beredskabet og brandvæsnet i deres arbejde.

### 2.4.3 3D brandmodellers udbredelse og fremtid

Når der udbryder brand i en bygning er der ofte tale om omfattende skader. Med bygninger der bliver større og mere komplekse kan traditionelle brandbekæmpelsesteknikker ikke altid benyttes. Med større åbne kontorlandskaber, store åbne arealer der spænder på tværs af etager og bygningsgeometri som ikke umiddelbart er gennemskuelig, bliver det mere og mere essentielt at beredskabet er tilstrækkeligt informeret [Karlsson B., 2009].

Derfor bliver arbejdet med 3D modeller i fremtiden en del af det beredskab som skal nedbringe de menneskelige og materielle omkostninger ved brande. En udvikling drevet af ønsker om sådanne modeller vil med al sandsynlighed komme fra myndighederne. Der vil også være en stor gevinst at hente for forsikringselskaber og andre virksomheder som står til at miste store summer i tilfælde af en brand. Disse vil også kunne skabe mulighederne for at der vil blive stillet krav til 3D bygningsinformation, som er anvendeligt for beredskabet og brandvæsnet.

For at sådanne modeller kan anvendes af brandfolk som ikke i det daglige arbejder med 3D præsentationer af bygningsinformation skal der inkorporeres en stor grad af brugervenlighed. Den brugerflade som benyttes skal være meget naturalistisk da det er u hensigtsmæssigt at bruge tid eller resurser på at oplærer personalet. Derfor skal 3D modellen være umiddelbar forståelig og det grafiske output som brugeren skal forholde sig til skal være så tæt på virkeligheden som muligt. Det skal samtidig være muligt at finde klassiske plantegnings brandtegninger i systemet. Dette vil øge muligheden for brugeren af systemet at vælge hvilken præsentationsform der passer bedst til den forhåndenværende situation.

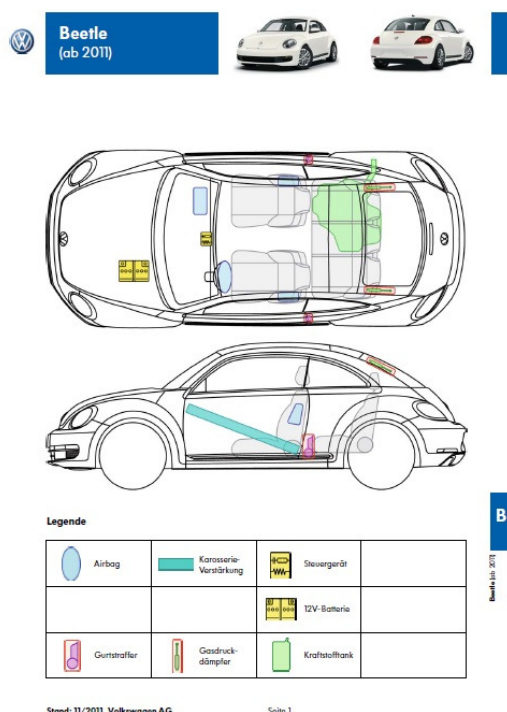
### 2.5 Når tiden bliver en faktor

Når bygningsinformationsmodelering (BIM) behandles som emne, er det ofte ud fra de krav og forventninger som de personer der arbejder med bygninger har. Dette er mennesker involveret i byggeprocessen eller vedligehold og de har bygninger som primært fokus. I denne kontekst er præcision og detaljering meget vigtig, da dette er hjørnesteinen i det udførende og vedligeholdende arbejde. Hvis der ikke er tilstrækkelig med information i en bygge proces er der plads til fortolkning, misforståelser, eller

arbejdet bliver simpelthen ikke udført. Disse krav gør sig dog ikke gældende i samme grad når fokus rettes mod personer som ønsker bygningsinformation, men ikke har dette som deres hoved fokusområde.

I denne rapport er beredskabet og brandvæsnet's behov i særlig grad belyst, og det særlige ved beredskabet er at deres behov for bygningsinformation skal ses i lyset af et meget stort tidspres. Der er ikke mulighed for at gå i detaljer og disse kan i nogen tilfælde virke meget hæmmende for brugen af bygningsinformation.

Dette ses i udviklingen af "rescue sheet" til biler og er specielt udbredt i Tyskland [FIA, 2010]. Dette papir placeres i bilen og benyttes af redningsfolk, i en ulykkesituation. Der er i bilers manual en næsten fuldstændig beskrivelse af bilens strukturelle opbygning og alle de hjælpeforanstaltninger som denne indeholder. Men disse er meget omstændelige og kan sjældent benyttes af redningspersonalet. Derfor er der udviklet dette én sides ark, der grafisk og hurtigt giver redningsmandskabet den information de skal bruge til at udføre deres arbejde.




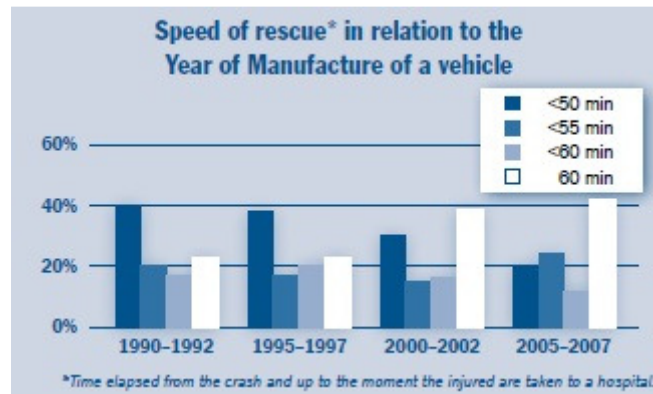
Figur 2 Rescue sheet for en VW Beetle model 2011, fra [VW, 2011]

Der kan trækkes mange paralleller mellem redning af ofre for trafikulykker og bygningsulykker. I takt med at biler bliver mere komplicerede kan redningsfolkene i mindre grad benytte den fremgangsmåde som traditionelt er blevet brugt. Værktøjer som før i tiden kunne bruges til at klippe igennem næsten alle dele af bilen, må i dag give op over for højstyrke stål konstruktioner. Når der er tale om hårdt kvæstede personer kan minutter være livsvigtige og derfor er det vigtigt at redningspersonerne ved f.eks. hvor batteriet er, så dette kan demonteres. På samme måde forholder det sig med moderne bygninger med afbrydning af naturgas og elektricitet.

At det ikke er uvæsentligt hvilken information der er tilstede på et ulykkessted beskrives af den næste tabel.



	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af	Forfatter: JBJ
	3D bygningsinformation	Side 16 af 46




Figur 3 Tiden det tager at fragte en tilskadekommen til hospitalet, set i forhold til bilens produktions år, fra [FIA, 2010]

Selv om der ikke kan trækkes en direkte parallel mellem moderne biler og bygninger, er det dog bemærkelsesværdigt at nye materialer og konstruktionsmetoder kan påvirke ellers sikre biler negativt når det gælder rednings tid.

Med dette eksempel er det klart at udviklingen af sikkerhed på et område ikke nødvendigvis skaber overordnet sikkerhed. Der skal hele tiden evalueres på hvordan redningsarbejdet kan forbedres, da der er en konstant udvikling i materialer og konstruktions typer.

Der skal skabes gode rammer for redningsfolk i bygninger og det er meget vigtigt at overfører bedre og mere teknisk viden til brandfolk [Karlsson B., 2009].

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af	Forfatter: JBJ
	3D bygningsinformation	Side 17 af 46

### 3. Eksempel på en brandmodel

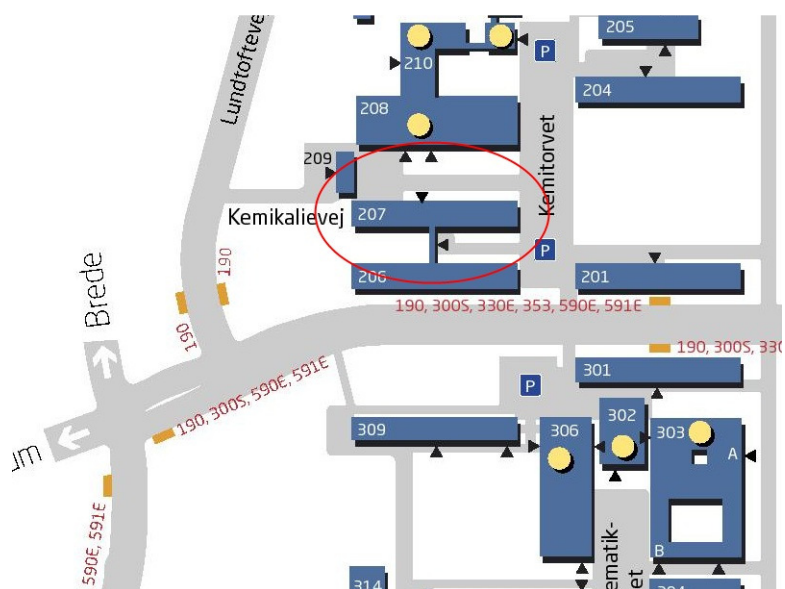
Som en del af denne rapport er der udarbejdet en 3D brandmodel i samarbejde med firmaet Utopian City Scape. Grunden til at denne type model er valgt frem for modellen til driftsherre eller politi er flere.

I analysen af hvad der var nødvendigt for at lave en tilfredsstillende model til driftsherre, blev flere faktorer udslagsgivende. For det første er der i driften af en bygning, store komplekse systemer der spiller sammen. At kortlægge disse på baggrund af det datamateriale som var tilgængeligt, ville koste flere mandetimer end der var til rådighed i dette projekt. En anden grund til at en driftsherre model blev fravalgt var at det præsentationsværktøj som Utopian City Scape har udviklet, skulle undergå flere forandringer før et tilfredsstillende resultat kunne opnås.

Med hensyn til politiets behov så krævede det som tidligere beskrevet, en mængde sikkerhedsgodkendelser at få de nødvendige planer. Dette var ikke en realistisk mulighed at få, og det efterfølgende produkt ville med stor sandsynlighed ikke kunne offentliggøres. Derfor blev en model til politiet fravalgt.

#### 3.1 Modellens udgangspunkt


3D brandmodellen som er udarbejdet til denne rapport vil i det følgende blive beskrevet baggrunden for valget af bygning og metoden til udarbejdelsen. Denne model tager udgangspunkt i bygning 207 på DTU's campus Lyngby.



Figur 4 Placering af bygning 207 på DTU campus Lyngby [adapteret fra APK DTU]

Denne bygning er en såkaldt 100 meter bygning, som der findes flere eksemplarer af på DTU campus Lyngby. Bygningen er valgt til denne rapport af flere årsager.

Bygningens placering gør at der ikke er fri adgang for køretøjer fra alle sider. Dette betyder at en god oversigt over området kan være medvirkende til, at der tages fornuftige valg i forhold til placeringen af udrykningskøretøjer. Der er samtidig, som anført på figur 4, en parkeringsplads for enden af kemikalievej foran bygning 209. Dette område kan på traditionelle kort se ud som om det er i samme niveau som resten

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ Side 18 af 46

af omgivelserne. På dette sted er det dog sådan at bygning 209 ligger i kælderniveau i forhold til 207 og dette gør sig også gældende for parkeringspladsen. Derfor kan en 3D repræsentation give et mere retvisende billede af området som ses på nedenstående billede.



Picture 1 Der ses tydelig en niveau forskel ved bygning 207, fra Realsite.dk

Der er ikke umiddelbar indsigt til alle adgangsveje til bygningen og der er flere mulige evakueringspunkter hvor personerne fra bygningen kunne være. Dette er anført på evakueringstegningerne inde i bygningen og kan være en fordel at udrykningspersonel også er bekendt med.


Bygningen indeholder mange funktioner der kan have betydning for redningsindsatsen. Der er i bygningen flere laboratorier, kontorer og opmagasineringsrum, og disses placering og hvilke faremomenter de indeholder, kan hjælpe indsatslederen i sit arbejde.

### 3.2 Anvendelse og tilgængelighed

Der er i forbindelse med udarbejdelsen af modellen foretaget en mængde interviews, både med brandteknisk personel og personer der beskæftiger sig med visualisering. Da tid er en meget vigtig faktor må interfacet og den grafiske præsentation ikke være tvetydig eller kræve stor tilvænning eller træning. Derfor er der lagt vægt på en simpel geometrisk præsentation i overensstemmelse med informationsniveau 2. Ud over denne rummodel er der lagt en geometrisk bygningsmodel i informationsniveau 3, så det er muligt at navigerer i modellen med en avatar.

En avatar beskrives af ordbogen.com på følgende måde:

”[IT](grafisk repræsentation af en person eller figur på nettet) **avatar** ”

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ Side 19 af 46

Det er samtidig vigtigt at holde mængden af polygoner nede i 3D brandmodellen. Objekter som er runde eller meget detaljetunge, skal så vidt muligt undgås. Dette er nødvendigt for at det ikke kræver for stor computerkraft at anvende modellen. Samtidig kan disse detaljer forstyrre det enkle udtryk af modellen, som tilstræbes.

I modellen er der lagt vægt på at trappeopgange er meget synlige da disse er vigtige, både som flugtveje og adgangsveje for brandpersonel. Samtidig er der givet farvekode som beskriver anvendelsen af bygningens forskellige rum.

### 3.3 Metode til udarbejdelse af model

For at udarbejde en fungerende 3D brandmodel er der flere faktorer der spiller ind. Det er nødvendigt at der er udarbejdet en 3D model af bygningen og i forbindelse med dette projekt har en sådan model været stillet til rådighed af Campus Service BIM afdeling.

Det er ligeledes nødvendigt at have et 3D præsentationsværktøj som disse modeller kan præsenteres i. Til dette projekt har firmaet Utopian City Scope stillet deres teknologi og ekspertise til rådighed.

#### 3.3.1 3D modellens rammer og implementering


Utopian City Scope har til denne rapport stillet deres 3D værktøjer til rådighed og bistået med teknisk assistance.

Utopian City Scope's software er udviklet til bl.a. at gøre slutbrugeren i en byggeproces i stand til at komme med valide input i en design og byggefase. Det er skabt for at give en naturalistisk fornemmelse når brugeren bevæger sig gennem 3D landskabet. Denne naturalisme gør at der ikke er noget krav om tekniske kompetencer hos brugeren af modellen. Dermed åbner værktøjet op for skabelsen af modeller der er forståelige for lægfolk og som rækker ud over fagfolk inden for byggesektoren.[UtopianCityScope, 2012]

Utopian City Scope har bl.a. lavet bygningsmiljøer til Nordhavnen hvor værktøjet har været med til at beskrive historisk signifikante bygninger. I forbindelse med arkitektkonkurrencer på DTU har værktøjet været brugt til at evaluere arkitektforslag i design fasen.

Det er netop værktøjets meget naturalistiske tilgang til 3D præsentationer sammenholdt med den store fleksibilitet som er indbygget i systemet, som gør dette værktøj særligt attraktivt. Utopian City Scope viser deres modeller ved hjælp af unity3D game engine software, det vil sige udviklet til computer spil, som gør det muligt at afvikle modellen i computerens web browser. Dette gør at der ikke skal downloades store CAD programmer for at kunne se visualiseringen. Samtidig er det muligt at lave animationer og andet der hjælper til forståelsen og oplevelsen af modellen.[Unity3D, 2012]

Som det kan ses på nedenstående billede er de visuelle fordele ved at benytte software udviklet til spil produktion umiddelbare. Denne naturalisme hjælper i brugervenligheden af modellerne og til at relaterer den computergenererede model til virkeligheden.

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ Side 20 af 46




Picture 2 Eksempel på realistiske lyseffekter ved brug af Unity3D, [Unity3D, 2012]

Til denne model er der benyttet Utopian City Scape's site, Realsite.dk. Dette er en hjemmeside der giver brugeren og udvikleren adgang til en 3D model verden, som er skabt af Utopian City Scape og som til denne model omfatter hele DTU Lyngby campus. På billedet her under kan det ses hvordan objekter tæt på brugeren er højdetaljeret, mens bygninger der er langt væk kun optræder som generiske repræsentationer. Dette nedsætter mængden af data som skal til for at benytte modellen og dermed belastningen af dataforbindelsen til serveren. Denne renderingshorisont kan sættes til længere eller kortere afstande alt efter brugerens ønske.

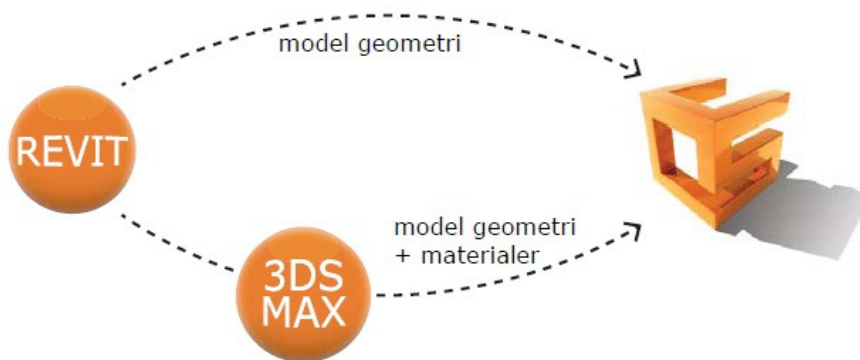
I modellen har Utopian City Scape sørget for at alle dele af modellen har korrekte størrelsesforhold. Dette gør at den avatar som det er muligt at benytte skaber den korrekte størrelsesfølelse.



Picture 3 Utopian City Scape oversigt over deres 3D model af DTU Lyngby Campus 2011

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af	Forfatter: JBJ
	3D bygningsinformation	Side 21 af 46

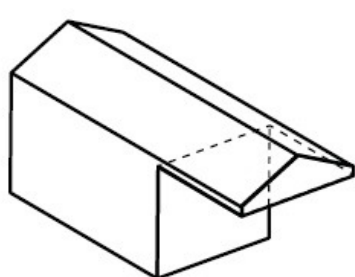
For at kunne importere bygningsmodeller til Realsite.dk, kan to metoder benyttes. Det er dog en mulighed at udvikle importværktøjer som kan håndtere andre formater og her tænkes med særlig interesse på IFC formatet.



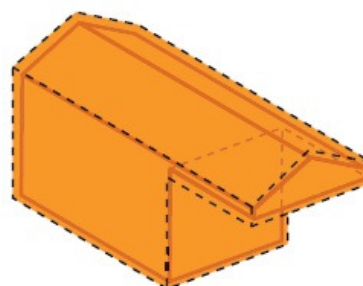
Figur 5 De nuværende importmuligheder til RealSite, [RealSite Teck, 2011]

Modellen konstrueres i Autodesk Revit og derefter eksporteres den som FBX fil, der er et 3D eksportformat. Det skal i den forbindelse nævnes at dette format er Autodesk's eget format og derfor fungerer upåklageligt med et andet Autodesk program, 3DS Max. I 3DS Max kan modellen yderligere manipuleres med farve og materialer. Da Revit kun eksporterer ren geometri i FBX format, skal figuren behandles hvis denne ikke skal fremstå som hvid når den benyttes i 3D verdenen.

Efter behandling uploades modellen til RealSite hvor der genereres et mesh der gør modellen interaktiv. Dette gør at der kan laves kollisioner med bygninger og andre solide objekter inde i 3D verdenen. Der er i udarbejdelsen af denne rapport gjort brug af geometri både med og uden kollision.




3D Model



RealSite Mesh Kollision

Figur 6 Eksempel på hvordan der skabes et mesh omkring solide objekter i Realsite, [RealSite Teck, 2011]

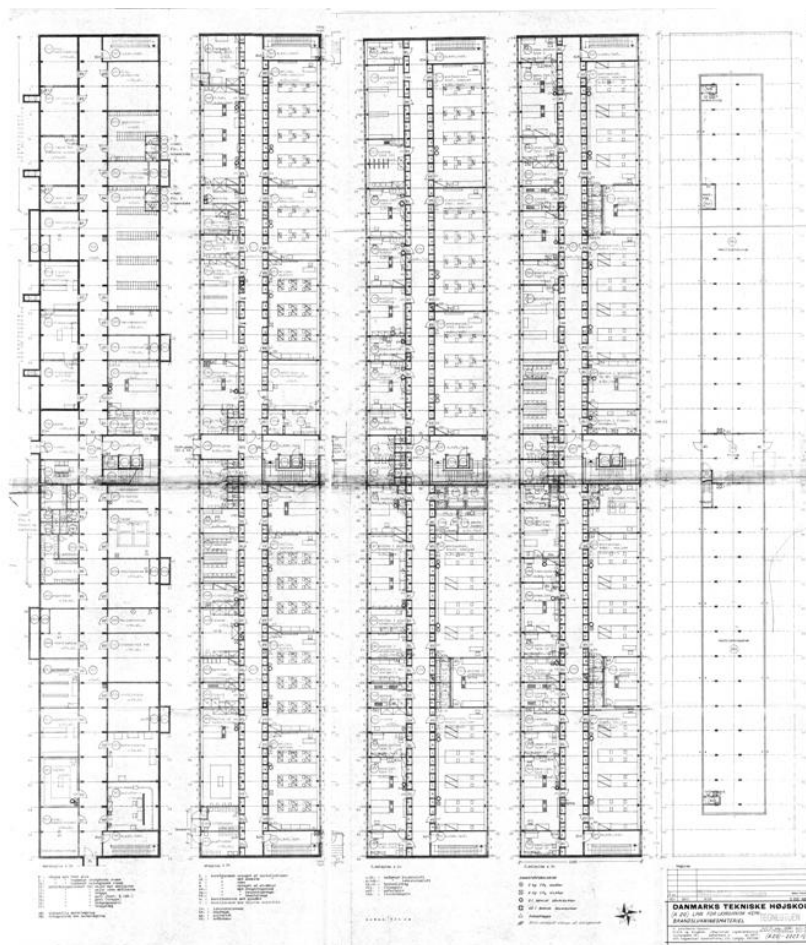
Herefter kan modellen placeres i verdenen, enten ved hjælp af at inkorporere modellen direkte i den underliggende verden, eller ved at indhente modellen fra et modelbibliotek. Dette modelbibliotek gør at der kan vises en eller flere etager i modellen særskilt i Realsite.

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af	Forfatter: JBJ
	3D bygningsinformation	Side 22 af 46

### 3.3.2 Den grundlæggende model

For at arbejdsprocessen med modellen kom så tæt på en tilpasning af en niveau 6 model, stillede DTU Campus Services BIM afdeling en 3D bygningsmodel til rådighed. Denne model er en detaljeret geometrisk beskrivelse af bygning 207 på DTU Lyngby campus.


Bygningen blev oprindeligt brandgodkendt d. 3. marts 1967. På dette tidspunkt blev brandplanerne som alle andre bygningstegninger lavet på papir og med symboler blev der indikeret hvor de forskellige slukningsremedier befandt sig. Denne tegnings formål var at dokumenterer at alle de foreskrevne forholdsregler som figurerede i det daværende bygningsreglement var overholdt. Det var aldrig tiltænkt at benytte disse tegninger til aktivt arbejde i felten. En af grundene til dette var den anselige fysiske størrelse af papiret som planen er trykt på. Brandgodkendelsen kan ses på følgende figur.



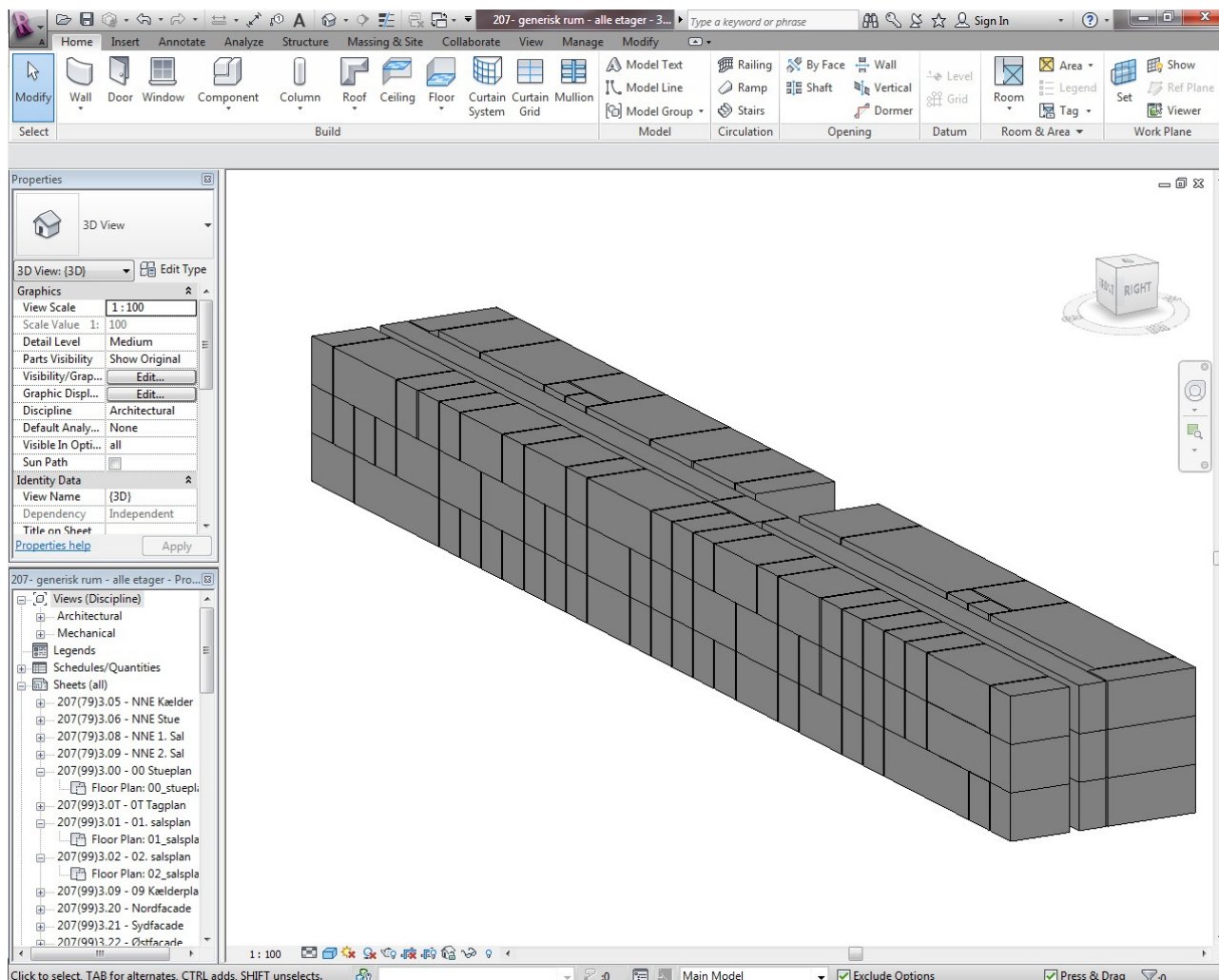
Picture 4 Den originale brandtegnig i A0 papir format, udlånt af DTU Campus Service BIM afdeling

Da der i eksporten af modellen til FBX formatet kun overføres geometri, skal der som tidligere nævnt efterbehandles på denne i 3DS Max for at få den ønskede farvede model.

Efter at have identificeret hvilke dele af bygningen der ville volde problemer ved en grafisk repræsentation er disse undersøgt og vurderet for deres forståelsesmæssige vigtighed. Runde flader f.eks. afrundede hjørner i modellen er blevet forenklet så de computergrafisk ikke belaster modellen.

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 23 af 46

For at kunne lave den ønskede opbygning af modellen med rumanvendelse og mulighed for at kunne tilskrive rum attributter så som opbevaring af trykflasker ol. er der skabt et rumlag i Revit modellen. Som det kan ses på nedenstående billede er der opdelt for hvert rum i bygningen.



Picture 5 Rummodel skabt i Autodesk Revit


Der er oprettet en generisk familie som repræsenterer rummene.

Der er i Revit muligt at skabe familier der er grafiske repræsentationer af bygningsobjekter og symboler. Disse kan dannes på to måder, Application Programming Interface (API) og User Interface (UI). Denne rummodel er dannet ved hjælp af en familie skabt med UI. Da familier dannes på baggrund af en af de templates som findes i Revit, er der til denne brugt en generisk template.

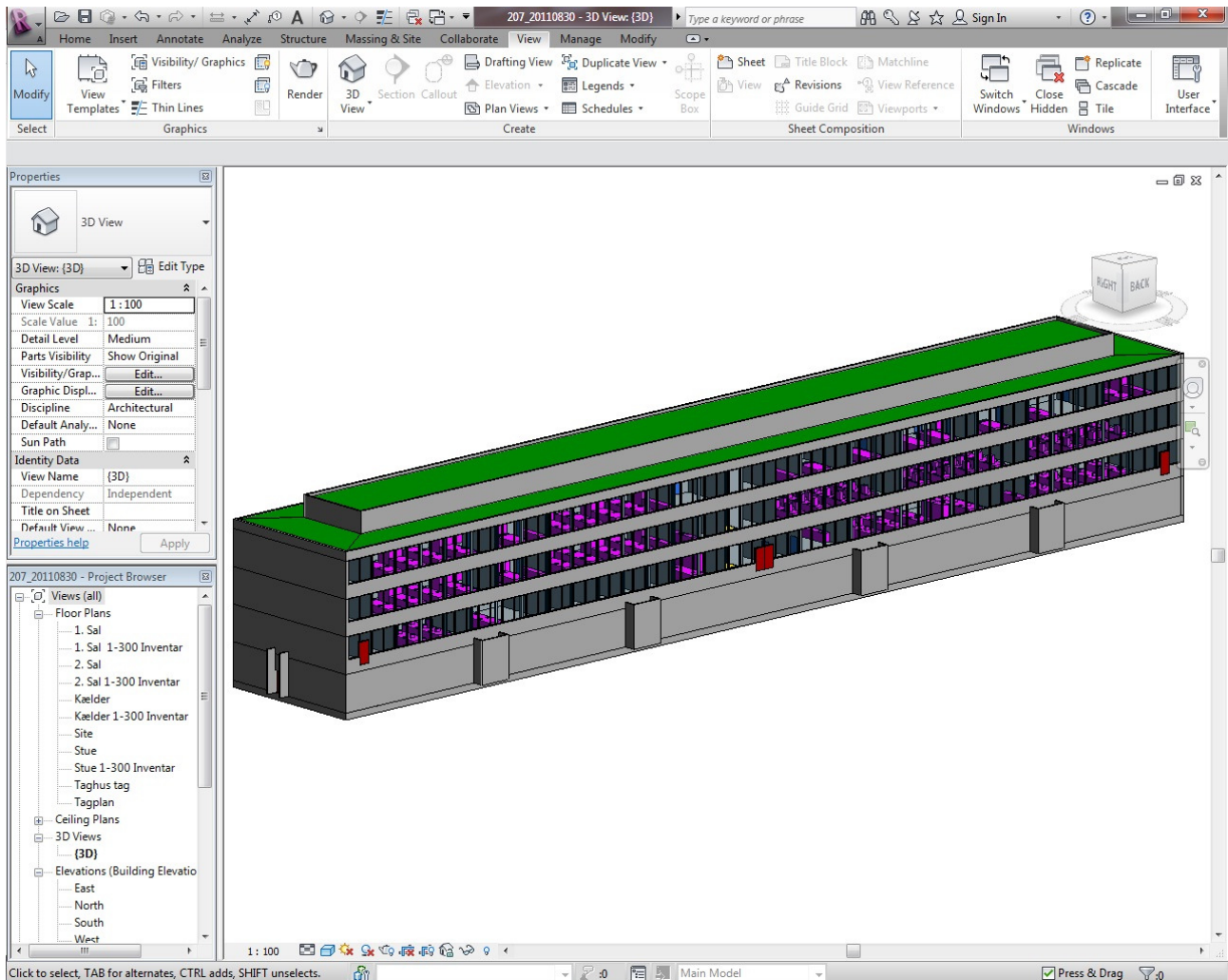
Dette er ikke af væsentlig betydning for den efterfølgende 3D præsentation, siden der kun eksporteres geometri i FBX formatet.

Denne rummodel niveau 2 er efterfølgende blevet farvet og gjort halvvejs transparent. Dette er for at give bedre overblik når avataren bevæger sig i rummene. Samtidig er der med denne model fravalgt kollision så rummene i bygningen så disse ikke hindre avataren adgang.



	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ Side 24 af 46


Derfor eksporteret yderligere en model fra Revit. Den er en elementmodel som er informations niveau 3. Der er i denne model ikke medtaget døre, inventar og andre brandbare bygningsdele. Denne model er for at kunne navigerer rundt i bygningen med en avatar.



Picture 6 Bygning 207 på Lyngby campus med døre inventar og kælder, skabt af DTU Campus Service BIM Afdeling

Inden denne model er eksporteret er den blevet forsimplet. Både af hensyn til den grafiske præsentation og da der ikke må være information i modellen som kan kompromitteres ved brand. Dette kan f.eks. være brandbart bygningsinventar. Den forsimplede model er derefter eksporteret til FBX format hvor bygningsgeometrimodelen er blevet behandlet så vinduer er gennemsigtige, i 3DS Max. Dette gøres på samme måde og af samme grund som farvning af niveau 2 modellen.

Det er med disse få trin muligt at lave grundlaget for en 3D brandmodel ved hjælp af Revit og 3DS Max. Der er i denne model to informationslag. Det ene er bygningens geometri og det andet er rummenes anvendelse. Denne forfatter ser store muligheder for at automatisere hele processen med skabelsen af 3D brandmodeller ved hjælp af IFC formatet. Det vil i de efterfølgende kapitler klarlægges hvad der skal til for at en sådan løsning vil være mulig i fremtiden.

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ Side 25 af 46

### 3.4 Modellen i praksis

Det er med denne model ønsket at komme så tæt på en brugbar model som muligt. Derfor er den udarbejdet i samarbejde med Lyngby-Taarbæk Kommunes beredskab.

#### 3.4.1 Modellens brug

Der er i modellen lagt vægt på at det grafiske udtryk af modellen er simpelt og funktionelt. Der er en høj grad af naturalisme, samtidig med at den bygning som der er tale om har et andet visuelt udtryk en de omkringliggende.




Picture 7 Modellen importeret til Realsite

Der er dog ikke arbejdet med brugerinterfacet, og der er derfor ikke specialiserede features for visning. Disse er det dog muligt at udvikle i et senere projekt.

Der er i den nuværende model mulighed for at se enkelt etager og disses anvendelse. Da denne mulighed er indbygget i Utopian City Scape's almindelige visning, er denne brugt til modellen. Der kan i appendiks ses flere eksempler på modellens udseende ved forskellige etagers visualisering.

Det er muligt at bevæge sig frit rundt i modellen og se relationerne mellem de forskellige rum. Samtidig kan adgangsveje evalueres, da avataren som det er muligt at bevæge sig rundt med og som tidligere beskrevet er i korrekt størrelsesforhold.

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af	Forfatter: JBJ
	3D bygningsinformation	Side 26 af 46

### 3.4.2 Modellens farvelægning


Som et led i at sørge for den hurtige fortolkning af modellen er der lagt farve på de forskellige rum i modellen efter hvilken anvendelsestype der er tale om. Orange rum er laboratorium rum hvor der forekommer farlige væsker eller gasflasker under tryk. Blå er kontorer der i brandmæssige sammenhænge ikke er særligt interessante. Gule korridorer og grønne trappeopgange symboliserer flugtveje og mulige fremføringsveje for materiel. Eksemplet på bygningen kun med rum og uden bygningsgeometri i Realsite ses her under.



Picture 8 bygningsinformationsniveau 2 i Realsite

For at gøre endnu mere brug af muligheden af 3D visualisering kan, brandceller, brandsektioner og aktive slukningssystemer præsenteres i modellen. Denne mulighed kan simpelt implementeres som et ekstra lag der kan tændes for i modellen.

Efter præsentation for beredskabschefen i Lyngby Taarbæk kommune, er der udtrykt stor interesse for at benytte modellen til forskellige formål. Som træningsværktøj til særlige bygninger og situationer ses den udviklede model som et anvendeligt supplement. En fremtidig øvelse vil kunne vise hvilke forbedringer en 3D brandmodel kan skabe. Det ses som en realistisk mulighed at en sådan foretages.

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af	Forfatter: JBJ
	3D bygningsinformation	Side 27 af 46

## 4. Industry Foundation Classes

For at disse brandmodeller kan blive en integreret del af bygningsinformationen genereret ved byggeri og vedligehold er det hensigtsmæssigt at digitaliserer og automatiserer processen mest muligt. Derfor er der i denne rapport belyst hvordan en sådan proces kunne forløbe, med udgangspunkt i Industry Foundation Classes, forkortet IFC.

For at kunne udveksle bygningsinformation på tværs af programmer, blev der i 1997 udviklet første version af Industry Foundation Classes. Dette er en såkaldt åben standart der udvikles af buildingSMART International der er en non-profit organisation som de sidste 15 år har arbejdet med at udvikle formatet. [Det DigitaleByggeri, 2012] Gennem opdateringer er flere og flere bygningsrelaterede informationer understøttet af formatet.

BIM arbejdet er præget af de firmaer der udvikler software til dette arbejde. Derfor er en standart som IFC uundværlig hvis der ikke skal opstå format problemer. Gennem historien er der utallige eksempler på at sådanne "format krige" opstår. For at imødegå dette og skabe større produktivitet skal IFC kunne håndteres af alle de programmer som indgår i en bygnings opførelse, vedligehold og nedrivning.

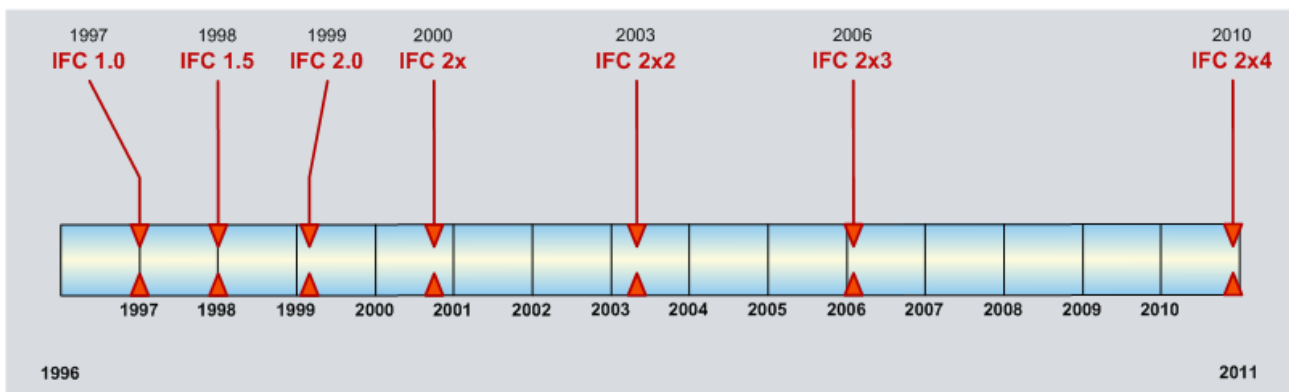
Dette projekt er ikke færdiggjort da der stadig er flere funktioner som ikke dækkes af formatet. Der udvikles til stadighed på at gøre IFC mere alsidigt og omfatte flere facetter af byggeriet. Samtidig har der været forskellige fortolkninger af hvordan IFC skulle importeres og eksporteres fra forskellige softwareudviklere.

IFC 2x4 er under udvikling og forventes færdig medio 2012 og er i gang med at blive optaget som ISO/IS 16739. [buildingSmart, 2012].


### 4.1 Udviklingen af IFC

I begyndelsen af 1990'erne gik Autodesk sammen med 12 andre virksomheder inden for bygningsmodelleringsfeltet og skabte grundlaget til det der i dag hedder buildingSmart. Denne non-profit organisation står for at vedligeholde og videreudvikle IFC formatet.

Gennem årene er der udkommet flere versioner af IFC hvor den nyeste hedder IFC 2x4.



Figur 7 beskriver udgivelsesdatoerne for IFC versionerne, fra [buildingSMART, 2012]

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af	Forfatter: JBJ
	3D bygningsinformation	Side 28 af 46

Gennem en stor grad af frivilligt arbejde i industrien er der kommet flere forskellige områder som i dag understøttes af IFC. Med et mål om at kunne agere bindeled i hele byggeprocessen mellem flere programmer og et væld af brugere, er IFC kommet langt.

## 4.2 IFC i Danmark

Siden d. 1. marts 2011 har IFC fået en speciel status i Danmark. Den danske stat har fra denne dato sat krav til den dokumentation som kræves af offentlige byggerier af en vis størrelse. [Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2011]

Der er herigennem åbnet mulighed for at skabe en myndighedsdrevet udvikling af IFC. Dette ses også flere andre steder i verden, hvor myndigheder indfører krav om IFC formateret bygningsdokumentation. [Autodesk, 2011]

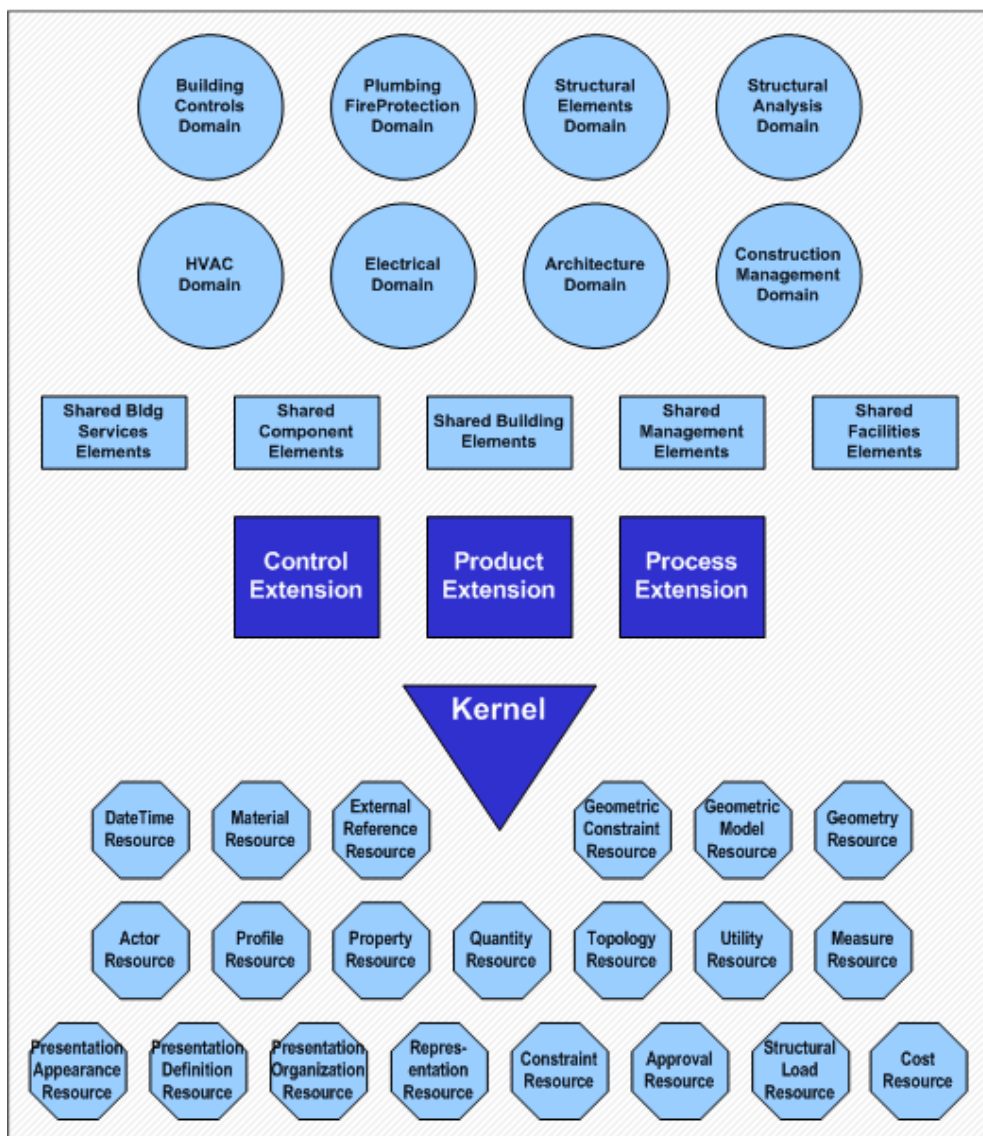
## 4.3 IFC understøttede brandrelaterede funktioner

Siden IFC 2x2 har 'IfcPlumbingFireProtectionDomain' været en del af standarden. For at kunne benytte IFC effektivt til at udvikle brandmodeller af eksisterende bygningsdata er det muligt at udnytte allerede eksisterende muligheder i standarden. For fuld beskrivelse af de enkelte nævnte dele, se [buildingSMART, 2012]. De beskrevne er fra IFC 2x4 Release Candidate 3 (RC3), hvis opbygning ses på den efterfølgende figur. Denne er valgt da det forventes at denne version i 2012 vil blive færdig og optages som ISO standard. Dette vil gøre de pointer som pointeres i denne rapport valide i fremtiden.

Der er i de følgende afsnit brugt en mængde engelske fagudtryk som forfatteren for at minimere meningsforstyrrende elementer ikke har valgt at oversætte i teksten. Derfor er det muligt i den følgende tabel at se definitioner på disse udtryk.

Udtryk	Dansk oversættelse	Betydning i IFC
Entity	Enhed	I IFC 2x4 findes der 775 entitys der definerer alle de grundlæggende objekter i modellen.
Property set	Egenskaber	Ved hjælp af disse kan der tilskrives egenskaber til entitys, så disse får større detalje grad.
Lable	Merkat	En beskrivelse i ord som kan forstås af mennesker. Knyttes til IfcLable.
Boolean	Boolean	Boolean data kan have to tilstande, sandt eller falsk. Det er derfor muligt at sætte Property sets til at give en entity en værdi inden for dette property set på sandt eller falsk.

Tabel 1 Ordforklaring på visse termer som benyttes til at beskrive IFC



Figur 8 Skema over kerne opbygningen af IFC 2x4 [bearbejdet fra buildingsmart-tech.org]

#### 4.3.1 Understøttede funktioner i IFC 2x4 RC3.


I det efterfølgende er der nævnt funktioner som understøttes i IFC 2x4 RC3.

##### **IfcZone**

Denne entity benyttes til at gruppere **IfcSpaces** og kan anvendes til at inddele en bygning. Det er igennem IfcZone muligt at benytte 'Firecompartment' for at beskrive en brandsektion. Denne mulighed findes ligeledes i IFC 2x3. IfcSpace's kan grupperes ind til en ifcZone ved at benytte IfcRelAssignsToGroup.

##### **Pset\_ZoneCommon**

Dette property set er relateret til IfcZone. Under dette findes **OccupancyNumber** som er det maksimale antal mennesker der må være i et område. Dette beskrives med **IfcCountMeasure** som angiver antallet af mennesker.

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af	Forfatter: JBJ
	3D bygningsinformation	Side 30 af 46

### IfcSpace

Denne entity beskriver et afgrænset stykke af bygningen eller en del af de omkringliggende terræn og kan påsættes et eller flere property set. Dette kan være meget værdifuldt siden beskrivelsen af bygningen på denne måde kan blive meget højopløselig. Med Pset\_SpaceCommon kan der bestemmes væg og gulvbeklædning. Det er også muligt at sætte Pset\_SpaceFireSafetyRequirements på disse så det er muligt at identificerer brandrelaterede tiltag.

### Pset\_SpaceFireSafetyRequirements

Det er her under muligt at identificerer en række egenskaber som kan tilskrives et IfcSpace.

- **FireRiskFactor** er et lable som kan sættes på et IfcSpace. Dette kan beskrive faren ved et rum. Efter som den er tilknyttet IfcLabel kan dette beskrives med op til 255 tegn. Dette kan kobles sammen med en tabel over anvendelsesklasser og disses farlighed.
- **FlammableStorage** beskriver om et rum indeholder særligt brandbare materialer. Dette er tilknyttet IfcBoolean og kan derfor udtrykkes som sandt eller falsk.
- **SprinklerProtection** og **SprinklerProtectionAutomatic** er ligeledes tilknyttet IfcBoolean og giver udtryk for om et rum har eller ikke har aktiv brandbeskyttelse.
- **FireExit** beskriver om et rum kan benyttes som flugtrute. Dette beskrives også med IfcBoolean, dette vil sige sandt eller falsk.

### IfcFireSuppressionTerminal

Dette beskriver en bred vifte af brandforanstaltninger. Den kan blive defineret med følgende property set:

- **Pset\_FireSuppressionTerminalTypeBreechingInlet** beskriver i detaljer en rørdeling som kan benyttes af brandbekæmpende personel.
- **Pset\_FireSuppressionTerminalTypeFireHydrant** benyttes til at beskrive stigrør i bygninger. Disse kan have forskellige rørtilslutninger og vandgennemstrømning, og en del andre variable som kan defineres og hjælpe til at bestemme hvilket udstyr der skal benyttes i en given situation.
- **Pset\_FireSuppressionTerminalTypeHoseReel** kan anvendes når der er adgang til skabe med opmagasinerede brandslanger. Disse slangers beskaffenhed kan også defineres.
- **Pset\_FireSuppressionTerminalTypeSprinkler** i forbindelse med at definerer hvor enkelte sprinklere er placeret og hvor stor effekt disse har. Dette er dog i en detaljeringsgrad som på nuværende tidspunkt kan være overflødig.

### Pset\_SensorTypeFireSensor


Under entityen **IfcSensor** kan der laves property set Pset\_SensorTypeFireSensor. Dette kan være relevant hvis der i nye bygninger er et real time overvågning af varmeudvikling.

#### 4.3.2 Tilføjelsesfunktioner til IFC 2x4 RC3

For at kunne understøtte brandmodeller kan det være nyttigt at tilføje følgende til standarden.

Under **Pset\_SpaceFireSafetyRequirements** kunne der med fordel tilføjes **ToxicStorage** og **EnviromentalhazzardStorage**. Disse to benævnelser vil kunne hjælpe redningsmandskabet med at fokusere på særligt farlige områder af en bygning.

Her kan også tilføjes **PressurizedGasStorage** for at sikre at denne fare bliver håndteret på en forsvarlig måde.

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af	Forfatter: JBJ
	3D bygningsinformation	Side 31 af 46

Disse tilføjelser skal kunne beskrive enkelte rum, det vil sige benyttes som property set til IfcSpace. Grunden til at de skal sættes på rum og ikke på enkelte objekter i selve rummet er at denne opløsningsgrad i modellen, ikke i skrivende stund er mulig. Det er derfor bedre for brandfolkene at få information om at der er en bestemt fare i et rum og ikke kvantificere den. Grunden til dette er for at undgå en forudindtaget opfattelse af situationen, som kan bringe brandfolkene i fare.

IFC kan i det store hele allerede i dag understøtte alle de funktioner som beredskabet og brandfolk skal have adgang til for at skabe en simpel og effektiv 3D brandmodel. De tilføjelser som er foreslået i dette afsnit bygger på den i afsnit 2.4.2 opgjorte liste.

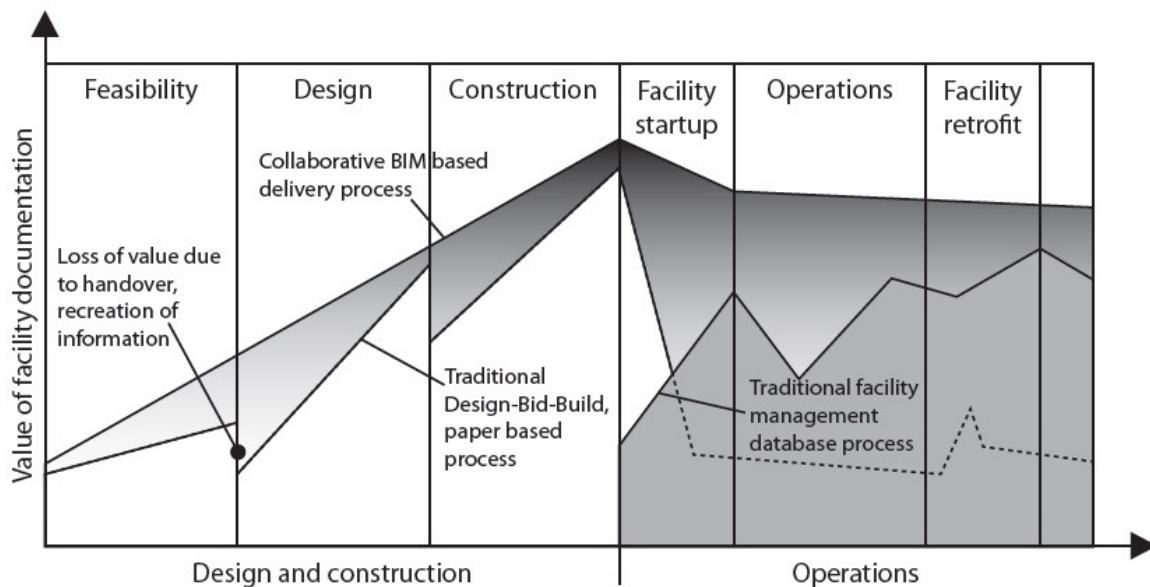
#### 4.4 IFC problemer og styrker

For at kunne betragtes som en endegyldig standard skal IFC være understøttet af alle de potentielle brugeres programmer. Dette er desværre ikke tilfældet i dag.

Stort set alle de kilder som denne forfatter har beskæftiget sig med i forbindelse med denne rapport har bedømt IFC som en ufærdig standard. Langsom implementering i software og unøjagtighed i data overførsel er bare nogen af de klager der er blevet refereret. Dette kan have mange grunde og er bl.a. beskrevet i [Karlshøj J., 2007].


Det kan derfor undre hvorfor der så bliver indført myndighedskrav og meget andet som støtter op om IFC som standard.

Dette kan skyldes at IFC har et så stort potentiale for AEC (Architecture, Engineering and Construction) og byggeindustriens udvikling, at dette ikke kan overses. På den næste figur er dette potentiale stillet skematisk op. Her ses det hvordan muligheden for at overfører data fra en proces i byggeriet til en anden kan skabe store gevinster. Dette er både i form af færre fejl og mindre arbejde med at gengætte bygningsdele i andre programmer.



Figur 9 Data tab i dokumentationen af byggeri gennem flere bygnings faser [Eastman et al., 2008]



	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 32 af 46


Samtidig med at der ikke tabes data, åbnes der også mulighed for at lave projekter som 3D bygningstegninger der i opdaterbarer. Da bygningsinformation i mange sammenhænge kun er brugbar hvis den er helt præcis i forhold til virkeligheden, kan IFC være svaret. En central IFC bygningsinformations database hvor alle informationer om ændringer i bygningen bliver opdateret til, hvor det samtidig er muligt at trække de nødvendige informationer ud.

Et sådan system er allerede udviklet i et samarbejde mellem Technische Universiteit Eindhoven, Netherlands Organisation for Applied scientific Research TNO og The Building Information Modelserver. BIMserver er gratis, udvikles non-profit, understøtter IFC og har en mængde features til at filtrerer modeller samt samarbejde flere om den samme model.[BIMserver, 2012]

Et andet tiltag, som taler for at IFC er ved at blive mere tilgængeligt, kommer fra Autodesk. Den 13. september 2011 blev IFC eksport funktionen i Revit frigivet som Open Source. Dette var et svar på de stigende myndighedskrav som kommer fra forskellige nationer i verden. Det er nu muligt for personer der arbejder i Revit at optimerer deres IFC eksport filer og derved gøre fortolkningen af IFC formatet ensartet.[Autodesk, 2011]

Open Source betyder at Autodesk lader sin programkode til IFC eksport funktionen i Revit vær tilgængelig for alle. Dette betyder samtidig at det er muligt for den enkelte at omskabe denne programkode så den passer til et specifikt formål. Der er også mulighed for at få disse ændringer indført i efterfølgende versioner af Revit ved hjælp af et feedback system.

Med disse to nye muligheder inden for IFC modellering, Revit IFC eksporter og BIMserver, er det efter denne forfatters mening, nu muligt at lave og integrerer IFC på en måde som er grundtanken bag denne rapport. Nemlig at gøre bygningsinformation tilgængelig for andre end de specifikt bygnings faglige personer. At de ikke har været benyttet i denne rapport skyldes at det grafiske præsentationsværktøj som er en meget vigtig del af denne udbredelse af bygningsinformation, ikke på nuværende tidspunkt understøtter IFC.

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af	Forfatter: JBJ
	3D bygningsinformation	Side 33 af 46

## 5. Brand og IFC

For at kunne udnytte det fulde potentiale i bygningsvisualisering til beredskabet og brandfolk skal en model være opdateret. Den rigtige, nyeste og let forståelige information må være mantraet for en model til brandfolk. Der vil derfor i det efterfølgende blive gjort rede for en mulig metode til at implementere en sådan model.


### 5.1 De offentlige IFC krav

Der findes i dag nogle overordnede krav til hvad der skal afleveres til offentlige bygherre. Disse kan findes i "Bekendtgørelse om krav til anvendelse af Informations- og Kommunikationsteknologi i byggeri" nr. 1381 af 13-12-2010. Denne bekendtgørelse gælder for alle offentlige byggerier som overstiger 5 millioner kr. og af denne projekt sum skal staten finansiere mere end 50 % af byggeriet. Der stilles i denne bekendtgørelse fem krav som statslige bygherre skal sørge for bliver anvendt.

- Dansk Bygge Klassifikation
- Projektweb
- Digitale bygningsmodeller i 3D
- Digitalt udbud med mængder
- Digital aflevering

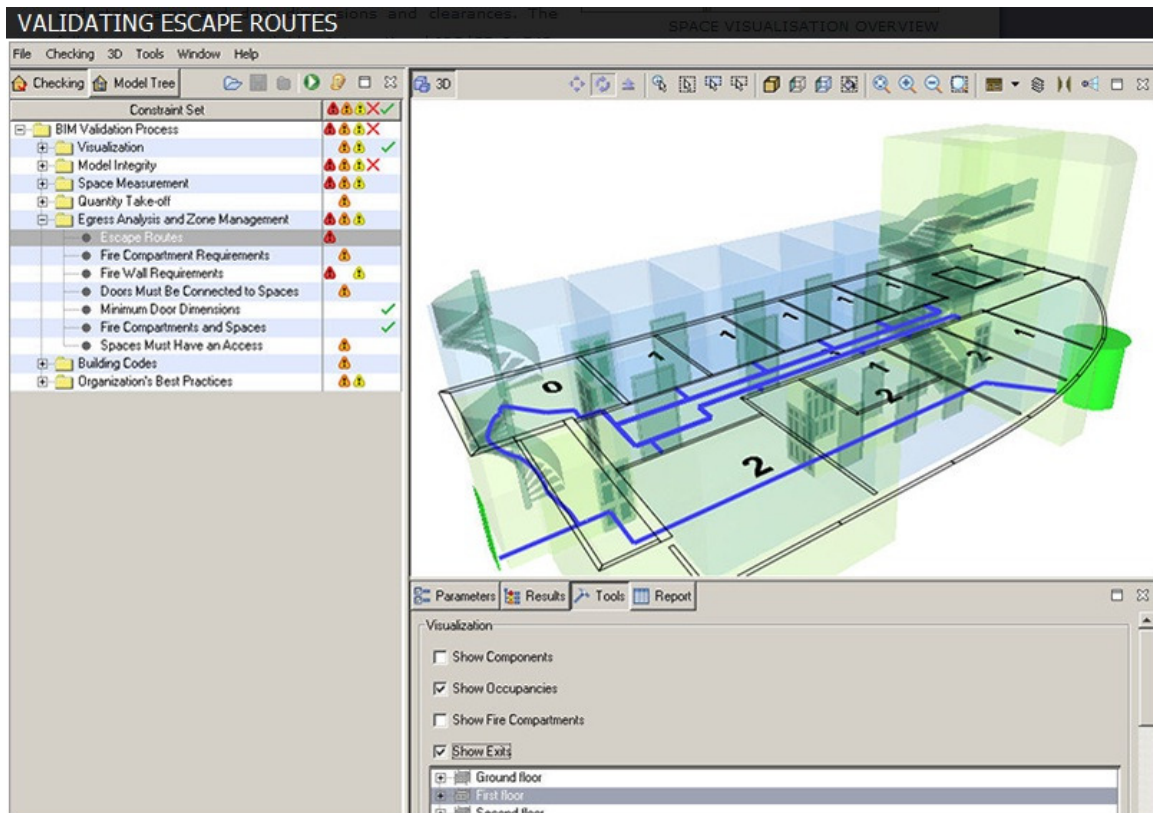
Disse krav til Informations- og Kommunikationsteknologi (IKT) i byggeriet beskrives i [Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2011].

Sammen med de andre nordiske lande har de danske myndigheder forsøgt at øge brugen af IKT. Dette er for at øge produktiviteten og samarbejdet mellem forskellige faser i byggeriet.

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 34 af 46

## 5.2 Brandspecifikke krav til 3D modeller

Som det er beskrevet i afsnit 4.3 findes der flere funktioner i IFC som understøtter udviklingen af en 3D brandmodel. Det er dermed muligt med programmer så som Solibri at kontrollere om en given model lever op til de flugtvejskrav som stilles af myndighederne. Der kan ses et eksempel på dette på følgende billede.




Picture 9 Et eksempel på muligheden for at kontrollere flugtveje i en IFC fil ved hjælp af Solibri, adapteret fra [Bimproducts, 2012]

For at kunne benytte en 3D bygningsmodel til brand er det vigtigt at have for øje den arbejdsgang som er når der bekæmpes brande.

Det forudgående arbejde med at skabe brandsikre bygninger omfatter næsten alle bygningstyper med standartkrav til brandsikkerheder.[Bygbjerg H., 2005] Dermed er det med de fleste bygninger ikke nødvendigt på nuværende tidspunkt at udarbejde 3D modeller.

Modellerne skal kun benyttes i det omfang at det ikke er muligt at handle korrekt ud fra de informationer det er muligt at få ved at observerer en bygning. Dermed er små husbrande eller større brande i simple bygningskomplekser, så som bolig ejendomme, ikke egnede til at benytte 3D modeller.

Der findes dog nogle bygninger som har brandvæsnet særlige bevågen hed. Dette er bygninger hvor en brandudvikling kan have særligt store konsekvenser eller være svær at bekæmpe.


	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 35 af 46

Der er her tale om bygninger med følgende karakteristika, med eksempler fra Lyngby-Taarbæk kommune:

- Særlig farlig industriproduktion, Hempel koncernens maling fabrik
- Høj kulturarvsværdi, Eremitageslottet
- Indviklet bygningsgeometri, Lyngby Storcenter

Dertil kommer der bygninger hvor mange mennesker opholder sig og som af den ene eller den anden grund kan forventes at have problemer med at rede sig selv i sikkerhed.

Der findes mellem 10 og 15 bygninger som falder inden for disse kategorier i Lyngby Taarbæk kommune. Dermed er det en overkommelig opgave at tilvejebringe modeller af disse bygninger til brandvæsnet og beredskabet. Der er i forvejen særligt fokus på disse bygninger og en 3D model vil gøre det muligt at træne disse bygningers geometri og de særlige forhold der gør sig gældende i forskellige brandsenarier.

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 36 af 46

## 6. Konklusion

Digital bygningsinformation er et produkt som der er et stort ønske om at udnytte.

Der er i denne rapport belyst flere mulige brugere af 3D bygningsinformation efter bygningen er færdigt bygget. De grupper som er nævnt i rapporten, er det forfatterens vurdering, vil have den største indvirkning på at få bygningsinformation gjort tilgængeligt. Dette gælder i særdeleshed kravet om brandsikkerhed som kan komme fra myndighederne.

Med større kompleksitet kommer større krav til information. Bygninger bliver ved hjælp af moderne byggemetoder og strømninger inden for arkitekturen mere geometrisk udviklede. De bliver også sikret mere mod katastrofer, med nye brandsikre materialer og strenge lovkrav om store mængder traditionel branddokumentation. Til dette ses en 3D brandmodel som et lovende værktøj for brandbekæmpelse.

Dette koblet med et opdaterbart, åbent filformat vil skabe et nyt og kraftigt værktøj til 3D brandplans modellering. Den eneste standart som i Danmark kan danne grundlaget for en sådan er IFC. Disse planer skal gøre brug af IFC standartens understøttede brandbeskrivelses dele. Med et krav om opdatering af bygningsinformation til driftsherre kan denne information ligge til grund for udarbejdelsen af andre aktørers 3D bygningsmodeller.

IFC er ikke en moden standart som andre rapporter har konkluderet. Det er dog muligt at med en koordineret indsats mellem driftsherrer og myndigheder at standarten kan modnes gennem en blanding af myndighedskrav og markedskrav til mere effektiv informationsudveksling. Der findes værktøjer på markedet i dag som vil gøre dette mål til virkelighed.


Samtidig er IFC 2x4 på vej til at blive en ISO standart, og dette vil formentlig skabe mere troværdighed omkring formatet.

For at 3D brandmodeller kan blive et troværdigt og nyttigt værktøj skal flere krav være opfyldt. Den skal være simpel, gennemskuelig og hurtig. Da minutter og sekunder tæller i redningsarbejdet, skal modellen hjælpe med overblik og nedsætte redningstiden.


Der er i denne rapport udarbejdet en sådan model over bygning 207 på DTU Lyngby campus. Denne model er lavet i Utopian City Scapes 3D præsenteringsværktøj. Dette gør at modellen kan køre i en web browser, loader hurtigt og er meget naturtro. Der er klassificeret rum anvendelse og mulighed for at lave brandplaner med evakuerings zoner i terræn.

Der er stadig et stykke til at processen med at lave 3D brandplaner kan laves uden manuelt arbejde. Men da det gennem arbejdet med denne rapport viser sig at der ikke er tale om mange arbejdstimer pr. bygning, og der samtidig er muligheder for at få IFC modeller til at gøre en væsentlig del af de manuelle arbejder, er dette absolut muligt.

Samtidig er mængden af bygninger der er interessante at have 3D brandtegninger over begrænset. Der er kun behov for at lave disse modeller hvor der er særlige omstændigheder der gør slukningsarbejdet besværligt eller der er særligt store omkostninger ved en brand.


	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 37 af 46

Fremtidige praktiske afprøvninger med brandvæsnet og 3D modeller vil vise hvor store fremtidsperspektiver der er for udviklingen af disse modeller. Der er fremsat ønske om at disse foretages med baggrund i det producerede materiale i denne rapport.

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 38 af 46

## 7. Hjemmesider


1. [Beredsskabsstyrrelsen, 2012]      <http://www.kemikalieberedskab.dk/faresymbol.shtml>
  
2. [Bimproducts, 2012]                      <http://www.bimproducts.net/>  
- [http://www.bimproducts.net/bim\\_solibri\\_2.htm](http://www.bimproducts.net/bim_solibri_2.htm)
  
3. [BIMserver, 2012]                          <http://bimserver.org/>  
- <http://bimserver.org/about/features/>  
- <http://bimserver.org/about/who-is-doing-this/>
  
4. [buildingSMART, 2012]                      <http://buildingsmart-tech.org>  
- <http://buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x4/rc3/html/index.htm>
  
5. [DetDigitaleByggeri, 2012]                  <http://www.detdigitalebyggeri.dk>  
- <http://www.detdigitalebyggeri.dk/tech-article/ifc-%E2%80%93-ifc-modeller>
  
6. [UtopianCityScape, 2012]                      <http://www.utopiancityscape.com/website/>
  
7. [Unity3D, 2012]                                <http://unity3d.com/>  
- <http://unity3d.com/unity/engine/rendering#6>  
- <http://unity3d.com/unity/engine/physics>

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 39 af 46


## 8. Artikler og bøger

1. [Autodesk, 2011] Autodesk Revit IFC Exporter Open Source Announcement FAQ (2011)
2. [Bygbjerg H, 2005] Henrik Bygbjerg (2005)  
"Brandsikring af byggeri" 2. udgave  
Dansk Brand- og Sikrings Institut (DBI)
3. Det Digitale Fundament - Byggeriets Begrebskatalog - rev. 10. okt. 2004
4. [Eastman et. al., 2008] Chuch Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston (2008):  
"BIM Handbook; a guide to building information modeling for owners, managers, designers,  
engineers, and contractors."  
New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.
5. "Eksempelsamling om brandsikring af byggeri", Erhvervs- og Bolistyrelsen (2006)
6. [Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2011] Erhvervs- og Byggestyrelsen (2011):  
"Vejledning til Bekendtgørelse om krav til anvendelse af Informations- og  
Kommunikationsteknologi i byggeri, nr. 1381 af 13-12-2010"
7. [FEMA 452, 2005] Milagros Kennett, Eric Letvin, Michael Chipley, Terrance Ryan (2005):  
"Risk Assessment",  
Federal Emergency Management Agency
8. [FIA, 2010] FIA Foundation for the Automobile and Society (2010):  
"The On-Board Rescue Sheet - Helping the rescuer"
9. "Information om brandteknisk dimensionering", Erhvervs- og Bolistyrelsen (2004)
10. [Jeong Y., 2007] Yeon-Suk Jeong, Charles Eastman, Rafael Sacks, Israel Kaner (2007):  
"Data Interoperability Benchmark Test - Between Architect and Precast Fabricator – Part B",  
Building Information Modeling (BIM) for Precast Concrete, Georgia Tech
11. [Karlshøj J., 2007] Karlshøj, J., Bennetsen, J.C., Kjems, E., Svidt, K., Nybo, E., Jørgensen, J., Stenild,  
K.(2007): "Håndbog i 3D-modeller",  
Rambøll, Aalborg Universitet, Arkitema og NCC
12. [Karlsson B., 2009] Dr. Björn Karlsson & Dr. Stefan Svensson (2009):  
"A DECADE OF SCANDINAVIAN RESEARCH AIMED AT BENEFITING THE FIRE SERVICE",  
Iceland Fire Authority, Reykjavik, Iceland, and Swedish Civil Contingencies Agency, Revinge, Sweden
13. [Madsen S., 2007] Lektor Svend Ole Madsen, Ph.D. (2007):  
"Analyse af den danske offshoresektor - Virksomhedsudvikling og klyngeperspektiver",  
Teknologicenter Offshore Center Danmark, Teknologicenter AluCluster, Syddansk Universitet
14. [RealSite Tech, 2011] "Interaktiv visualiseringsmodel Version 2.2",  
Oktober 2011 © Utopian City\_Scape



	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ
		Side 40 af 46

15. [VW, 2011] Volkswagen (2011):  
"Rettungsdatenblätter Volkswagen"  
Artikelnummer: 002.2200.51.00
  
16. [Wong, 2009] DR. ANDY K. D. WONG, PROF. FRANCIS K .W. WONG, DR. ABID NADEEM (2009):  
"COMPARATIVE ROLES OF MAJOR STAKEHOLDERS FOR THE IMPLEMENTATION OF BIM IN VARIOUS COUNTRIES"  
The Hong Kong Polytechnic University

	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ Side 41 af 46

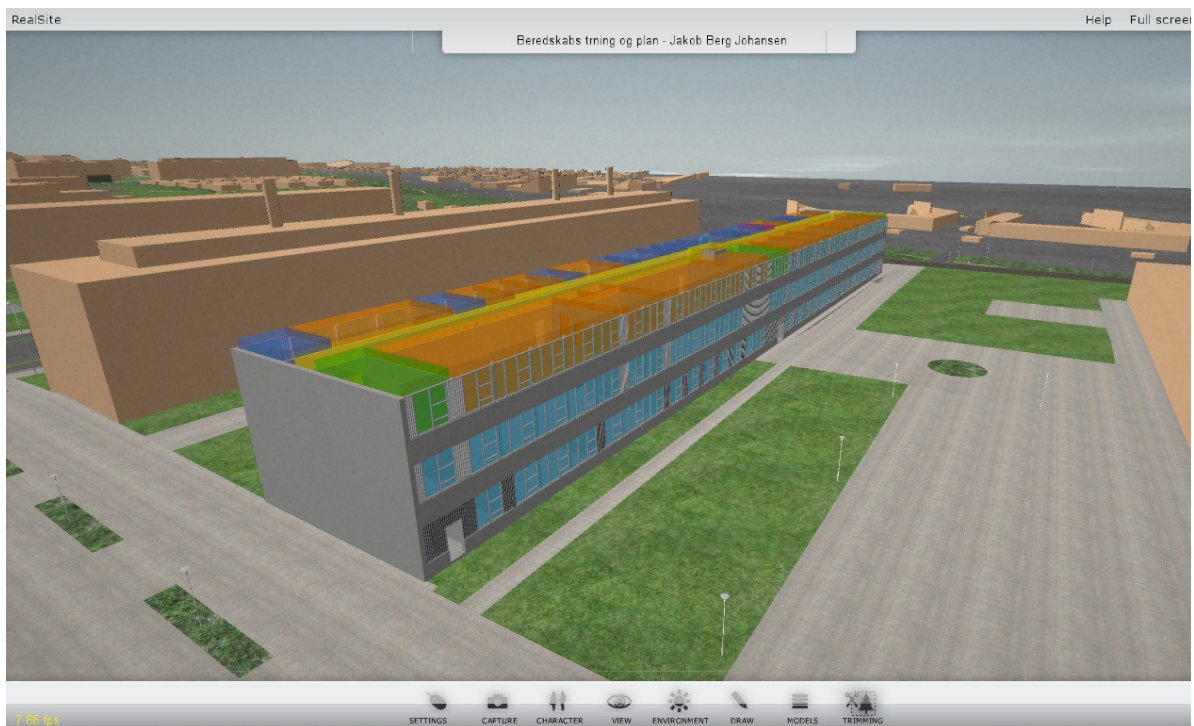
## Appendiks


### I. Billeder af modellen i Realsite

På billedet ses 2. Sal i bygning 207



På billedet ses 2. Sal i bygning 207 med rum anvendelse




	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af	Forfatter: JBJ
	3D bygningsinformation	Side 42 af 46

På billedet ses 1. Sal i bygning 207



På billedet ses 1. Sal i bygning 207, med rum anvendelse



	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ Side 43 af 46

På billedet ses stuen i bygning 207



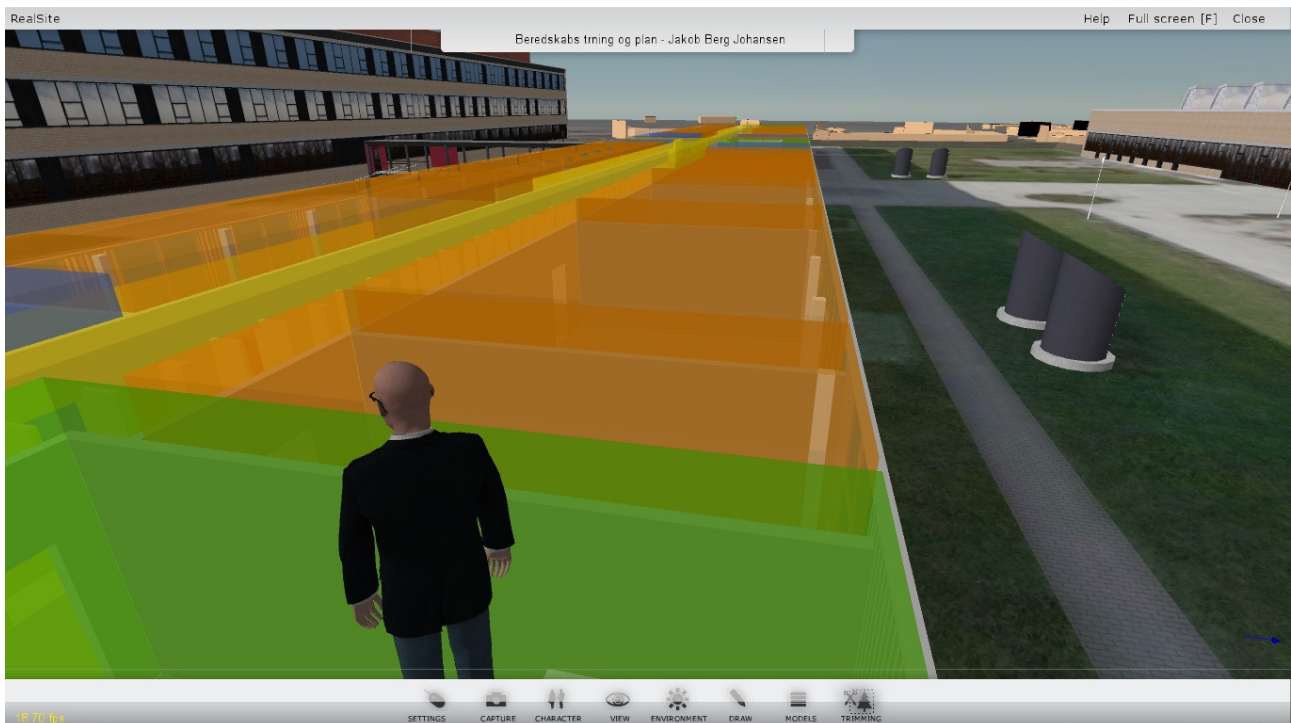
På billedet ses stuen i bygning 207, med rum anvendelse




Her ses alle rum under bygningsgeometri



Stueetagen af bygning 207 navigeret med en avatar



	Bachelorprojekt ved DTU•BYG	Dato: 31-01-2012
	Tilgængelighed og design af 3D bygningsinformation	Forfatter: JBJ Side 45 af 46

Følgende billede viser muligheden for at vise etager hver for sig



Der er ligeledes muligt at se bygningen fra oven som vist i følgende eksempel

