

Brandskyddsprojektering i en BIM-miljö



Briab Brand & Riskingenjörerna AB
NCC Building Sverige AB
DeBrand Sverige AB

SBUF ®

SVENSKA BYGGBRANSCHENS UTVECKLINGSFOND
The development fund of the Swedish construction industry

NCC 

DeBrand 

Brandskyddsprojektering i en BIM-miljö

Johan Norén, Briab Brand & Riskingenjörerna AB

Fredrik Nystedt, Briab Brand & Riskingenjörerna AB

Michael Strömgren, Briab Brand & Riskingenjörerna AB

Robert Möllard, Briab Brand & Riskingenjörerna AB

Mattias Delin, DeBrand Sverige AB

Brandskyddsprojekttering i en BIM-miljö

Johan Norén, Briab Brand & Riskingenjörerna AB

Fredrik Nystedt, Briab Brand & Riskingenjörerna AB

Michael Strömgren, Briab Brand & Riskingenjörerna AB

Robert Möllard, Briab Brand & Riskingenjörerna AB

Mattias Delin, DeBrand Sverige AB

SBUF ID - 13316

Briab FoU Report - 2018:01

Antal sidor: 51. **Illustrationer:** Fredrik Nystedt, Johan Norén, Robert Möllard

Nyckelord: Brandskydd, brandskyddsprojekttering, BIM, arbetsprocess, kontroll, kvalitet, projektering

Sökord: Brandskydd, BIM, arbetsprocess, kontroll, kvalitet, projektering, arbetsprocess, SBUF

Sammanfattning: Denna rapport sammanfattar projektet brandskyddsprojekttering i en BIM-miljö. Projektet syftar till att kartlägga kunskapsläget kring brandskydd i en BIM-miljö och att undersöka, utveckla och testa arbetsmetodik och arbetsprocess för att implementera brandrelaterade krav och funktioner i en BIM-miljö. Projektet har genomförts av Briab Brand & Riskingenjörerna AB, NCC Building Sverige och DeBrand Sverige AB. Projektet har finansierats av SBUF – Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond.

Briab FoU, Malmö, mars 2018.

Förord

I ett projekt finansierat av SBUF – Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond har Briab Brand & Riskingenjörerna AB, NCC Building Sverige AB och DeBrand AB i uppdrag att kartlägga kunskapsläget kring brandskydd i en BIM-miljö och att undersöka, utveckla och testa arbetsmetodik och arbetsprocess för att implementera brandrelaterade krav och funktioner i en BIM-miljö. Projektets medlemmar har bestått av Johan Norén, Fredrik Nystedt, Michael Strömgren och Robert Möllard från Briab Brand & Riskingenjörerna AB, Ulf Larsson och Thomas Järphag från NCC Building Sverige AB samt Mattias Delin från Debrand Sverige AB. Sökade part mot SBUF har varit NCC Building Sverige AB genom Thomas Järphag och projektet har pågått mellan perioden november 2016 till och med mars 2018.

Arbetet har utförts i samarbete med en referensgrupp bestående av representanter från olika delar av byggbranschen. Referensgruppen till projektet har bestått av följande personer under hela eller delar av projektet:

- Mårten Lindström, BIM Alliance
- Thomas Järphag, NCC Buildings Sverige AB
- Andreas Furenberg, Peab Sverige AB
- Max Bergström, Peab Sverige AB
- Emil Hagman, Skanska
- Michael Thydell, Sweco Architects AB
- Mattias Näll, Sweco Architects AB
- Johan Stribeck, Tikab strukturmekanik AB

Referensgruppens kunskap och bidrag med goda förslag samt sina nätverk har varit oersättliga. Genom referensgruppens engagemang har det skapats förutsättningar för att intervjua nyckelpersoner inom byggbranschen, fälttesta föreslagna arbetsprocesser och att sprida budskapet om projektet i olika forum.

Utöver referensgruppen vill vi även passa på att tacka de personer som ställt upp på intervjuer. De personer som deltagit i djupintervjuer är Adam Mohammadi, Skanska, Marcus Bengtsson, Locum, Magnus Ljung, Swedavia samt Ulf Larsson NCC Building Sverige AB och Mårten Lindström, BIM Alliance. Kompletterande intervjuer under pågående utvärdering har även hållits med Annamaj Larsson, Peab Sverige AB och Johanna Fredhsdotter Lager, NCC Building Sverige AB. Genom intervjuade personers erfarenhet, tankar och idéer har grunden lagts för att utveckla föreslagna arbetsprocesser och för att brandskyddsprojektering ska kunna bli en del av BIM i framtiden.

Malmö, 23 mars 2018

Johan Norén, Briab Brand & Riskingenjörerna AB
Projektledare

Sammanfattning

BIM är ett mångfacetterat begrepp som under senaste åren fått en allt bredare spridning. Fler och fler stora aktörer har börjat sin strävan att tillämpa BIM i sina processer, vilket i sin tur innebär stora förändringar i så väl arbetsprocess som kravställning.

Styrkan med BIM är att ge berörda parter tillgång till rätt information i rätt tid och möjligheten att samarbeta på en gemensam plattform. Men, skillnaden i digitaliseringsnivå mellan olika aktörs upplevs besvärande av byggbranschen och de stora vinsterna med BIM uteblir när inte alla konsultdiscipliner arbetar modellbaserat. Tyvärr, är brandskyddsprojektörer en av de discipliner som stått utanför utvecklingen och inte tagit sitt ansvar att följa med i den digitala utvecklingen inom byggbranschen.

I ett projekt finansierat av SBUF – Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond har Briab Brand & Riskingenjörerna AB, NCC Building Sverige AB och DeBrand Sverige AB försökt ändra på detta. Projektets syfte har varit att kartlägga kunskapsläget kring brandskydd i en BIM-miljö och att undersöka, utveckla och testa arbetsprocesser för att implementera brandrelaterade krav och funktioner i en BIM-miljö för olika mognadsgrader av BIM.

Projektets målsättning har varit att skapa förutsättningar för att brandskyddsprojektering ska kunna ske i BIM-miljö och för att lägga grunden för en framtida standardisering av utarbetade arbetsprocesser, förslag på parametrar och datahantering.

Arbetet omfattar en inledande litteraturstudie och djupintervjuer med olika aktörer inom byggbranschen för att samla in såväl nationella som internationella erfarenheter kopplade till BIM och brandskydd. Därefter har olika arbetsprocesser beroende på mognadsgraden av BIM definierats, fälttestats och utvärderats. Vid utvecklingen av arbetsprocesser har fokus dels varit på det decentraliserade informationsflödet, motsvarande BIM nivå 2 respektive ett mer integrerat och realtidsdrivet informationsflöde, motsvarande BIM nivå 3.

För respektive arbetsprocess har kritiska moment identifierats och förslag på hantering presenterats kopplat till rådande tekniska, organisatoriska och ansvarsmässiga förutsättningar. De olika arbetsprocesserna har fokuserat på att säkerställa fungerande projekterings- och informationsflöden för brandskyddsteknisk information. Detta så att både brandrelaterad information, i form av parametrar och tillhörande parametrisk information/värde samt visuell återgivning av olika brandskyddsrelaterade funktioner kan kommuniceras inom ett projekt. Beroende på projekteringsstadium har förslag på olika nivåer av information definierats. Baserat på styrvariabler och olika kravparametrar med specifika värden (exempelvis EI 60) tydliggörs de gällande brandskyddskraven för en byggnad eller anläggning utifrån aktuell skyddsnivå.

Kopplat till utvecklingen av olika arbetsprocesser har även olika funktioner för kontroll och granskning samt automatiserad regelkontroll undersökt och beskrivits översiktligt i förhållande till arbetsprocesserna.

För projekt som är på BIM nivå 2 (ett decentraliserat informationsflöde) krävs stort behov av samordning mellan olika discipliner och att brandprojektörer tillåts specificera brandskyddsrelaterade parametrar i respektive disciplins modell. För att återge visuell information så som brandcellsgränser, utrymningsvägar och placering av exempelvis handbrandsläckare upprättas en separat brandmodell med aktuell plangrafik (motsvarande 2D återgivning) som kan länkas in i övriga discipliners modeller eller utgöra en del av en samordningsmodell.

För projekt som är på BIM nivå 3 (ett integrerat och realtidsdrivet informationsflöde) sker projekteringen via molnbaserad databas och i en gemensam modell. Brandskyddsrelaterad information och krav definieras som parametrar i både modell och som information i en projektgemensam databas. I den gemensamma modellen definieras brandrelaterad plangrafik så som släckutrustning, vägledande markering och brandcellsindelning. Ett arbetsflöde via en gemensam databas och modell erbjuder bättre informationsflöde med realtidsuppdaterad information och större möjlighet för framtida utveckling av funktioner för kontroll och granskning.

För att driva utvecklingen framåt och lyckas med en framgångsrik implementering har även kritiska framgångsfaktorer och framtida utvecklingsbehov identifierats, som i många avseende är väsentliga för hela byggbranschen. De mest kritiska faktorerna är:

- Behov av ökad kunskap inom brandkonsultbranschen kring BIM som koncept och modellbaserad projektering,
- Stort behov av att standardisera begrepp, processer och datahantering inom hela byggbranschen och framför allt inom brandskydd,
- Att det i kommande versioner av IFC skapas en "*Model View Definition*" kopplad till brandskydd för att få ett programneutralt utbytesformat av data. Detta så att både brandrelaterad information i form av styrande parametrar och analysresultat kan kommuniceras oberoende av använd mjukvara,
- Behov av förändrade affärsmodeller som beaktar kvalitet, effektivisering och erbjuder ett "vinna-vinna" perspektiv för alla inblandade aktörer i ett projekt,
- Tydligare ansvarsfördelning och samarbete mellan olika aktörer och att legala aspekter följer med i digitaliseringens spår för alla aktörer i ett projekt,
- Framtida byggregler revideras utifrån struktur, innehåll och format för att få ökad logik och skapa möjlighet att göra exekverat datakod av våra brandskyddsregler.

Utifrån detta inledande projekt kring brandskyddsprojektering i en BIM-miljö är vår förhoppning och övertygelse att brand som disciplin ska vara en naturlig aktör inom BIM. På sätt skapas ytterligare förutsättningar för att nå de stora vinsterna som BIM erbjuder för hela byggbranschen.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte och mål	3
1.3	Målgrupp	3
1.4	Genomförande	3
2	INFORMATIONSSINSAMLING	5
2.1	Upplevd nytta och tidiga lärdomar	5
2.2	Kritiska framgångsfaktorer	6
2.3	God praxis	9
2.4	Informationsmängd i BIM-leveranser	11
2.5	Samgranskning och kollisionskontroller	13
2.6	Automatiserad kontroll och granskning	14
2.7	Brandskydd i BIM	15
2.8	Branschens önskemål och förväntningar	17
3	BRANDSKYDDSPROJEKTERINGENS ROLL I BYGGPROCESSEN	19
3.1	Programmet	20
3.2	Förslagshandlingsskedet	20
3.3	Systemhandlingsskedet	20
3.4	Bygghandlingsskedet	21
3.5	Byggskedet	21
3.6	Kommunikation och dokumentation	22
4	BRANDSKYDDSPROJEKTERING I BIM-MILJÖ - ARBETSPROCESSER	23
4.1	Det decentraliserade informationsflödet (BIM nivå 2)	23
4.2	Ett kollaborativt informationsflöde (BIM nivå 3)	25
4.3	Nivå av information och detaljeringsgrad	26
4.4	Brandskyddsprojektering i BIM-miljö – ökad kvalitet	30
5	FALLSTUDIER	31
5.1	Flerbostadshus i Uppsala	31
5.2	Ny arena i Uppsala	31
5.3	Ny högskola i Västerås	32
5.4	Flerbostadshus i Uppsala	33
6	FRAMGÅNGSFAKTORER OCH FRAMTIDA UTVECKLINGSBEHOV	35
6.1	Standardisering och interoperabilitet	35
6.2	Ansvar och legala perspektiv	36
6.3	Förändrade affärsmodeller	36
6.4	Roller och organisation	37
6.5	Behov av teknisk utveckling	37
6.6	Framtida regel- och kontrollstrukturer	37

7	SLUTSATSER	39
8	REFERENSER.....	41

1 Inledning

1.1 Bakgrund

BIM är ett mångfacetterat begrepp som under hela 2000-talet fått en bred spridning. Uppfattningen om vad BIM är och hur BIM kan användas varierar mellan olika aktörer. BIM handlar om att skapa och använda digitala modeller av byggnadsverk i samhällsbyggandet, vilket innebär att BIM har två innebörder:

- Byggnadsinformationsmodeller – de digitala modeller som skapas.
- Byggnadsinformationsmodellering – arbetssättet där digital information används och delas.

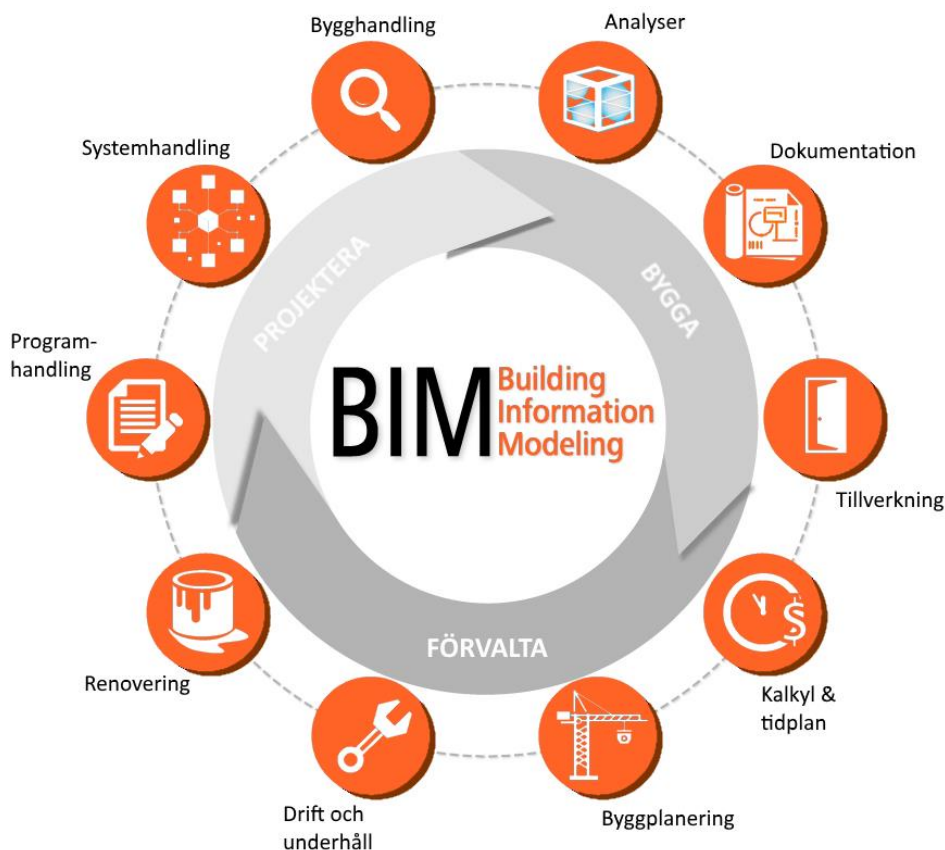
På senare år har flertalet initiativ både från bransch och stat skapat mer ordning och reda och allt oftare ställer byggherrar krav på att projekteringen ska ske i en BIM-miljö för att skapa bättre förståelse, öka samarbetet och produktivitet och skapa förutsättningar för framtida skeden. För att byggprocessen ska kunna dra full nytta av de möjligheter som BIM erbjuder krävs att alla parter arbetar i eller har förståelse för denna arbetsprocess. Som disciplin står brandskydd fortfarande vid sidan om och de handlingar som levereras nyttjar inte tillgänglig digital informationsteknik i särskilt stor utsträckning. Ett sådant tillvägagångssätt skapar onödigt fördröjning, försvårar samordning och minskar möjligheten att utföra effektiv kontroll. Med digital information som är tillgänglig och möjlig att dela med alla intressenter bidrar BIM med värde som en mer analog process inte kan ge.

BIM har under de senaste åren fått ett allt större genomslag i byggbranschen. Fler och fler stora aktörer har börjat sin strävan att tillämpa BIM i sina processer, vilket i sin tur innebär stora förändringar i såväl arbetsprocess som kravställning. Styrkan med BIM är att ge berörda parter tillgång till rätt information i rätt tid och möjligheten att samarbeta på en gemensam plattform. I Sverige har utvecklingen inte nått lika långt som i andra länder där t.ex. offentlig förvaltning i bl.a. Finland, Hong Kong, Norge, Singapore, Storbritannien och Sydkorea ställer krav på användning av BIM.

Smart Built Environment, ett nationellt långsiktigt strategiskt innovationsprogram med syfte att förbättra samhällsbyggandets processer med digitaliseringen som drivkraft, har varit igång sedan 2016 och inom ramen för detta program pågår flera initiativ för ett digitaliserat samhällsbyggande – från kommunala översiktsplaner och detaljplaner till byggprojekt och förvaltning.

BIM gör det möjligt att skapa effektivare projektering och produktion med färre fel. Genom att använda BIM för visualisering, kalkylering, kollisionskontroller, produktionsplanering, byggplanering, analyser och under förvaltning förbättras kvaliteten i en byggnads hela livscykel. Med BIM är det möjligt att samarbeta med större tydlighet för alla inblandade under hela byggnadens livscykel (se Figur 1.1).

Flera konsultdiscipliner, har i allt större utsträckning övergått till modellbaserade leveranser men skillnaden i digitaliseringsnivå mellan olika projektörer upplevs besvärande av branschen.



Figur 1.1 BIM är en process som handlar om att skapa och använda digitala modeller av byggnader under hela dess livscykel - från projektering till förvaltning.

Idag levererar brandprojektörer oftast projekteringsunderlag som teknisk beskrivning som delvis visualiseras i form av enklare skisser eller på sin höjd ritningar till berörda discipliner, vilka sedan får lyfta in informationen i sina BIM-modeller. Den tekniska beskrivningen benämns oftast brandskyddsbeskrivning och utgör idag en blandning av föreskriftstext hämtad direkt från BBR – Boverkets byggregler och EKS – Boverkets konstruktionsregler, till beskrivningar av aktuell byggnad och utförande för att byggnaden ska utformas med en tillfredsställande säkerhet vid brand. Brandskyddsbeskrivningarna är förhållandevis svårtolkade för andra projektörer och övriga projektörer behöver arbeta intensivt för att hitta de krav som berör dem, tolka kraven och säkerställa att de hanterats i inom den egna designprocessen.

Dagens hantering av kritisk brandskyddsinformation skapar utrymme för misslyckad kommunikation då brandprojektören inte har kunskap eller kontroll över hur olika brandfunktioner redovisas. Bristerna i kommunikation och förståelse ökar risken för fel och kan generera stora kostnader som kan reduceras om det finns en standardiserad arbetsprocess för att integrera brandprojektering i övriga discipliners processer vid BIM-modellering. För att bli en mer naturlig del av byggprocessen behöver brand som disciplin inte enbart hitta sätt att bli en integrerad aktör och disciplin, utan behov finns även för att förbättra kommunikation och skapa samverkan över disciplinräns. genom att brand som disciplin skapar och implementerar metodik för att skapa möjlighet att själva arbeta modellbaserat med sin information uppnås större kontroll, kvalitet och effektivitet inom hela byggprocessen.

1.2 Syfte och mål

Syftet med projektet är att kartlägga kunskapsläget kring BIM och brandskydd och att utveckla och testa arbetsmetodik och arbetsprocesser för att implementera brandrelaterade krav och funktioner i en BIM miljö.

Vidare syftar projektet till att undersöka möjligheten att, via utvecklad arbetsmetod, definiera en systematiskt och effektiv granskning- och kontrollfunktion för att reducera möjliga fel och avvikelser och generera högre kvalitet i under projekteringen.

Målet med projektet är att tydliggöra och föreslå hur brand som disciplin ska kunna bli en naturlig aktör i en BIM-miljö för att kunna arbeta och leverera information modellbaserat. Detta i syfte att öka förståelsen för brandskyddets funktion i byggprocessen, minska fel i produktionen samt att säkra ett bättre kommunikationsflöde inom projekteringsgruppen och över olika skeden av byggprocessen för att skapa förutsättningar för att i framtiden standardisera arbetsflödet.

1.3 Målgrupp

Målgruppen för projektet är hela byggbranschen då brandskydd är en central del i en byggnads livscykel. Samhällets brandskyddsregler har påverkan redan från inledande idéskede och detaljplanearbete, genom hela projekteringen, utförandet av byggnaden och under byggnadens förvaltning.

Projektets resultat vänder sig främst dock till aktörer som är väl insatta i BIM och som på daglig basis arbetar modellbaserat. Projektrapporten som sådan, är skriven för att öka förståelsen för BIM som koncept för brandkonsultbranschen, beskriva de utmaningar och nyttor som skapas av att brand som disciplin inkluderas i rådande processer och hur dagens brandskyddsprojektering kan bli en del i BIM.

1.4 Genomförande

Projektet har genomförts dels utifrån en inledande del som har fokuserat på informationsinsamling och en del som behandlat processutveckling.

Informationsinsamlingen omfattar en litteraturstudie för att undersöka hur brandskyddsaspekter inkluderats i en BIM-miljö över tid utifrån ett internationellt perspektiv samt intervjuer med olika beställare, projektörer, byggare och brandprojektörer. Intervjuerna syftar till att fånga upp byggbranschens behov och önskemål och identifiera kritiska framgångsfaktorer för utvecklingen av arbetsprocesser för BIM och brandskydd under projekteringen av en byggnad eller anläggning.

Utifrån litteraturstudien, intervjuerna och projektgruppens kunskap om brandskyddsprojektering, kontroll och BIM-modellering har arbetsprocesser utvecklats utifrån olika nivåer av BIM mognad och förslag på kontroll och granskning har belysts i anslutning till arbetsprocesserna. För att utvärdera arbetsprocesserna har dessa fälttestats i olika pågående projekt.

2 Informationsinsamling

Nedan presenteras en utökad sammanfattning av den informationsinsamling som genomförts i projektet. Utifrån sökning i litteraturlösningsdatabaser och fördjupade intervjuer med olika aktörer i byggprocessen, så som beställare, projektörer och förvaltare, har rådande kunskapsläge kring BIM som process och behov av information kartlagts på ett översiktligt plan. Medan kunskapsnivån kring BIM och brandskydd har kartlagts mer fördjupat för att få en samlad bild om rådande kunskapsläge och önskad framtida utveckling för att förstå behovet och de möjligheter och utmaningar som föreligger i implementeringen av brand som disciplin i BIM.

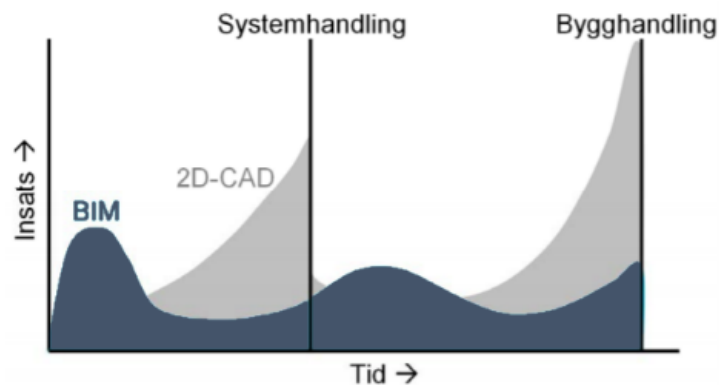
Fokus för informationsinsamlingen har varit nyttor med BIM, kritiska framgångsfaktorer och pågående nationella initiativ för bättre och tydligare informationshantering, informationsbehovet i olika skeden av byggprocessen samt samordning, kollisionskontroll och automatiserad kontroll och granskning.

2.1 Upplevd nytta och tidiga lärdomar

Flertalet studier visar på möjligheterna med BIM och hur BIM kan användas för en effektivare projekteringsprocess. En undersökning av Bosch m.fl. (2016) visar att visualisering, informationsdelning och kollisionskontroll är de fördelar som upplevs som de största vinsterna med BIM och utgör de främsta drivkrafterna för att implementera BIM i den egna verksamheten. Även om drivkrafterna är många för BIM så finns det även vissa hinder. Bosch m.fl. undersökning visar att det största upplevda hindret var att det saknas tydliga beställarkrav kring BIM och att samarbetspartners inte arbetar fullt ut i en BIM-miljö. Även stora investeringar i hård- och mjukvara upplevs som ett stort hinder. Även om flera tillfrågade inte upplevde BIM som en strategiskt viktig fråga ansåg de att de behöver implementera BIM för att visa att de hänger med i den tekniska utvecklingen.

Definitionen av BIM omfattar både själva modellen av byggnaden och processen där olika aktörer samverkar för att dela information om byggnaden med varandra. För att en BIM-modell inte enbart ska vara en tredimensionell visualisering av byggnaden krävs att modellen kompletteras med information om byggprocessen och byggnaden. En BIM-modell kan då användas till att göra kalkyler och tidplaner. I dessa sammanhang talas det om 4D- och 5D-modeller, vilket innebär att dimensionen tid respektive dimensionen kostnader inkluderas i modellen.

Tidigt identifierades flera fördelar och vinster med BIM i form av tid, kvalitet och ekonomi (Jongeling 2008). Tack vare underlag med högre kvalitet blir projekteringsprocessen tydligare, mer integrerad och effektivare, samtidigt som den upplevs som mer inspirerande och attraktiv. Möjligheten till visualisering skapar snabbare och enklare besluts- och försäljningsprocesser. Men det är under samordningsprocessen som den största nyttan finns. Färre missförstånd och större delaktighet kan minska mängden fel avsevärt. Arbetsbelastningen för projektering i en BIM-miljö skiljer sig betydligt från den där i huvudsak 2D-verktyg används, vilket illustreras i Figur 2.1. En anledning till att arbetsinsatsen är högre i startskedet är att BIM-verktygen i sig är mer komplexa och behovet av att göra projektspecifik information tillgänglig redan i ett tidigt skede av projektet.



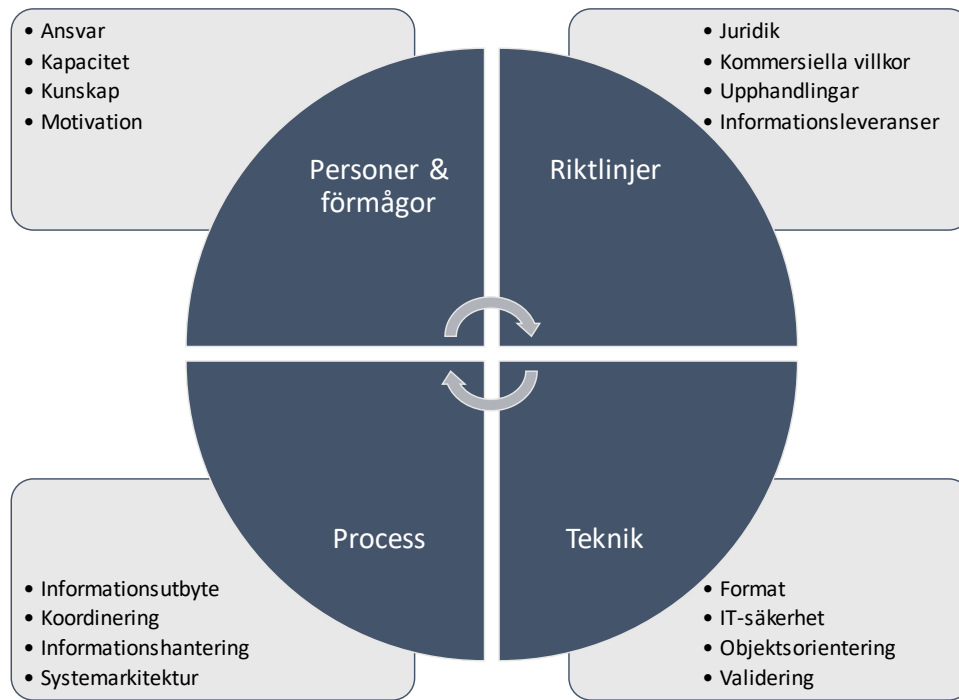
Figur 2.1 Skillnad i arbetsbelastning för projektering med BIM-verktyg (Jongeling, 2008).

Holzer (2016) lyfter fram flera exempel på bristande BIM-tillämpning i syfte att ta lärdom av de vanligaste misstagen som görs. Arbete i en BIM-miljö är en utvecklingsprocess där det är betydelsefullt att fånga upp både solskenshistorier och mindre lyckade exempel på BIM-implementering. Efter att ha intervjuat ett fyrtiotal BIM-managers kan Holzer presentera både fallgropar att undvika samt ett förslag till god praxis att lyckas med BIM-implementeringen. En vanlig utmaning är att en pseudo-användning av BIM, vilket innebär att ett traditionellt CAD-arbetsflöde, har använts för leveransen men utförarna anger att den använt sig av BIM, möjligtvis för att imponera på beställaren eller uppfylla myndighetskrav. BIM är mycket mer än att i slutfasen av en projektering skapa en 3D-modell. Den BIM-baserade arbetsprocessen innebär en större grad av samarbete och informationsdelning under hela projekteringen, något som en leverans av en 3D-modell kan ge sken av. De vinster som arbetet i en BIM-miljö innebär för leveransen uteblir.

En annan fallgrop är att de olika disciplinerna inte delar information med varandra i tillräcklig utsträckning. Övergången till ett BIM-baserat arbetssätt innebär initialt ett merarbete och möjligen en effektivitetsförlust för den enskilda disciplinen. Genom att kortsiktigt prioritera den egna vinsten framför projektet är inte direkt gynnsamt för beställaren. Därför blir det extra betydelsefullt att det inom projektet finns kunddrivna incitament, fungerande affärsmodell och en genomarbetad och förankrad BIM-manual. Ytterligare en fallgrop är om modellerna fylls upp med allt för mycket data, vilket gör dem tunga och svåra att dela och samordna. I BIM-manualen bör framgå vilken detaljeringsgrad som gäller i projektets olika skeden.

2.2 Kritiska framgångsfaktorer

Att lyckas med en implementering av BIM kräver ett branschgemensamt förhållningssätt på flera olika nivåer med utgångspunkt i riktlinjer, teknik, process samt personer och deras förmågor (EUBIM Taskgroup, 2017). Figur 2.2 visar exempel på faktorer där det behövs samsyn kring för att ett BIM-baserat arbetssätt ska kunna införas på ett framgångsrikt sätt.



Figur 2.2 Implementering av BIM kräver samsyn kring flera frågor relaterade till riktlinjer, tekniker, processer och de förmågor som krävs av involverade aktörer (EUBIM Taskgroup, 2017).

Riktlinjer berör i huvudsak administrativa och juridiska förutsättningar relaterade till BIM-leveranser. Det kan handla om standarder, nationella föreskrifter och bilagor eller branschgemensamma bestämmelser som ABK 09 – Allmänna bestämmelser för konsultuppdrag inom arkitekt- och ingenjörsvksamhet, AB 04 - Allmänna bestämmelser) för byggnads-, anläggnings- och installationsentreprenader. För att standardisera, systematisera och förbättra informationsflödet driver byggbranschen olika projekt så som CoClass (se avsnitt 2.2.1) och BIP – Building Information Properties (se avsnitt 2.2.2). Parallellt med att byggindustrin standardiserar och utvecklar system för effektivare informationshantering arbetar Boverket med koncept för dokumentationssystem för byggprodukter (Se avsnitt 2.2.3).

Med avseende på teknik handlar det om att skapa ett system som är neutralt i förhållande till vilken mjukvara som används. Här spelar IFC – Industry Foundation Class en stor betydelse i form av ett standardiserat neutralt och öppet filformat som möjliggör samgranskning av flera modeller oberoende av vilken mjukvara de skapats i (Forbes & Ahmed, 2010).

Ytterligare en betydelsefull faktor är själva arbetsprocessen. Hur och när ska informationsutbyte ske? Ska information finnas tillgänglig i en molnstruktur där uppdateringen blir tillgängliga för samtliga aktörer i realtid? Eller sker delningar av information görs på fastställda tidpunkter? Processer för koordinering, samordning, kollisionsskontroll och granskning bör fastställas och förankras tidigt i ett projekt. Slutligen kräver en lyckad implementering av BIM att nya förmågor utvecklas och även nya yrkesroller som BIM-manager och BIM-samordnare. Sveriges Kommuner och Landsting, SKL (2017) utvecklar dessa delar ytterligare med fokus på digitalisering inom offentliga fastighetsorganisationer.

Tillgången till uppdaterade bibliotek med innehåll (content) som kan föras in i modellen som plangrafik är ytterligare en faktor som är avgörande för lyckas med BIM-implementering. Idag saknas ett standardiserat format för BIM-innehåll, vilket utgör ett hinder för samarbete och produktivitet. Det är visserligen möjligt att hämta hem digital information från tillverkare, men Candela, (2015) menar att den snabbt blir föråldrad. Efterhand som tekniken utvecklas bör molntjänster nyttjas i allt större grad för att säkerställa att rätt information används vid varje BIM-leverans och säkerställa informationsflödet över byggnadens livscykel.

2.2.1 CoClasses

Sverige har sedan 1970-talet tillämpat BSAB-systemet (från Bygandets Samordning AB). Från 2016 har systemet successivt börjat ersättas av det nya klassifikationssystemet CoClass (Svensk Byggtjänst, 2016) som är utvecklat för att vara tillämpbart i den allt mer digitaliserade samhällsbyggnadssektorn.

CoClass-systemet bygger på BSAB och är ett systemkoncept för katalogisering och strukturering av byggdelar och system i byggnader där allt som ryms i den byggda miljön är representerat. Syftet med systemet är att möjliggöra effektiviseringar i projekt genom att kommunikation blir mer enklare och tydligare. Genom CoClass-benämningarna kan innehåll utöver det visuella ges intryck, t.ex. byggdelarna och deras relationer, egenskaper, innehåll, miljö- och energiegenskaper, brandskyddsprestanda och behov av underhåll (Svensk Byggtjänst, 2016).

Trafikverket (2018) har under 2017 succesivt påbörjat implementeringen av CoClass som stöd i Trafikverkets handlingsplan för BIM och med siktet på att säkerställa informationshantering över en anläggnings hela livscykel. CoClass är byggd för att vara internationellt kompatibel och förväntas också att bidra till utveckling av internationella klassifikationssystem. I den utsträckning det är möjligt följer CoClass de klasser som finns i det internationella IFC-systemet. CoClass kommer även att vara tillgängligt på engelska. Genom att CoClass är utvecklat för att täcka alla olika skeden för byggnadsverk så blir det ett gemensamt språk som håller över tid.

I praktiken innebär CoClass att både informationsflöden och beteckningar blir standardiserade. När samma benämningar används av olika discipliner och delar i branschen minskas risken för tolkningsutrymme och misskommunikation. Begreppen följer en hierarki och består av systemövergripande objekt såsom byggnadsverk ner till komponentnivå. Icke-visuella begrepp som egenskaper, funktionella system och utrymmen finns också representerade.

För brandskydd ges därmed möjlighet att använda befintlig begreppsstruktur och att tillämpa specifika fackbegrepp inom brandskyddsområdet.

2.2.2 Building Information Properties

Building Information Properties, BIP¹, är ett system för att hantera beteckningar och egenskaper för byggnadsobjekt. Systemet är kopplat till koderna i BSAB för byggdelar och produktionsresultat. Liksom CoClass utgår BIP från det internationellt IFC-formatet. Projektet i vilket BIP utvecklades initierades av BIM Alliance (Bipkoder, n.d.).

Skillnaderna mellan CoClass och BIP är bl.a. att CoClass är mer generisk och kan användas under hela livscykeln. BIP är mer fokuserad på specifika skede, så som projektering, produktion eller förvaltning. Beteckningar i BIP har större variation i hur de är uppbyggda medan CoClass har en tydligare systematik. Genom att BIP använder sig av typkoder och typ kan objekt med samma egenskaper grupperas även om de tillhör olika klasser enligt CoClass systemet.

För brandskyddsområdet skulle det t.ex. kunna vara att fönster och dörrar som tillhör olika klass enligt CoClass ändå delar typ enligt BIP vad gäller brandmotstånd (FireRating).

2.2.3 Boverkets uppdrag inom digitalisering

Parallellt med att samhällsbyggnadssektorn satsar och utvecklar system för effektivare informationshantering arbetar Boverket och andra myndigheter för att underlätta digitaliseringen. För byggprodukter kommer det att bli krav på att information om ingående byggprodukter för byggnaden bevaras över tid (Boverket, 2015). Datahantering av byggprodukter och deras egenskaper benämns som en loggbok (Regeringen - Näringsdepartementet, 2017a) som ska finnas över tid. Tidpunkt för införande av krav på loggbok är inte fastställt men Boverket ska redovisa uppdraget till regeringen 15 juni 2018. Initialt kommer endast större byggnader att omfattas men kravet ska senare utvidgas vilket ställer stora krav på standardiserat och likriktad informationshantering och system för att säkerställa efterlevnad under byggnadens hela livscykel.

Boverket har även fått ett uppdrag som löper från 2018 till 2020 som handlar om att underlätta digitaliseringen i samhällsbyggnadssektorn (Regeringen - Näringsdepartementet, 2017b). Uppdraget innebär bl.a. att Boverket ska verka för att kraven i byggreglerna ska kunna hanteras digitalt i byggprocessens olika delar. Hela byggprocessen berörs av uppdraget och där ska Boverket i samverkan med Lantmäteriet verka för att processen blir effektivare och underlättar enhetlig tillämpning.

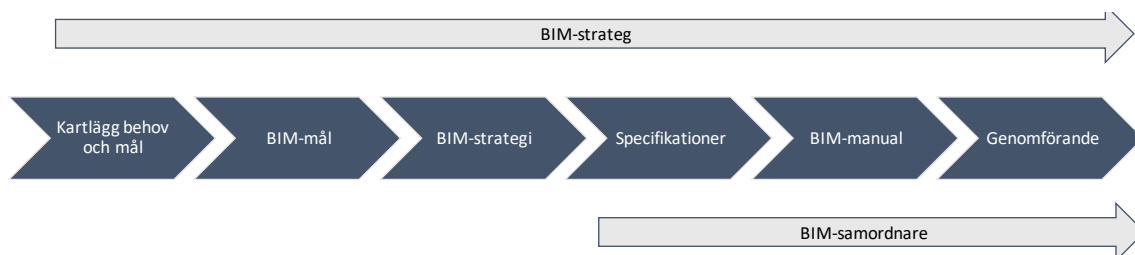
2.3 God praxis

När projekteringen ska ske i en BIM-miljö skapas ett behov av nya yrkesroller som BIM-strateg och BIM-samordnare (Westerlund, 2013). En BIM-strateg arbetar med strategiska övergripande frågor tidigt i projekten och tar fram projektets BIM-strategi, ger råd i BIM-frågor, avgör vilken BIM-kompetens som krävs samt ser till att det finns en tydlig kravspecifikation inför upphandlingen.

Det är upp till BIM-strategen att rekommendera vilken nivå på BIM som ska tillämpas i projektet beaktande vad som ryms inom tillgänglig teknik, vad som tillför nytta och hur

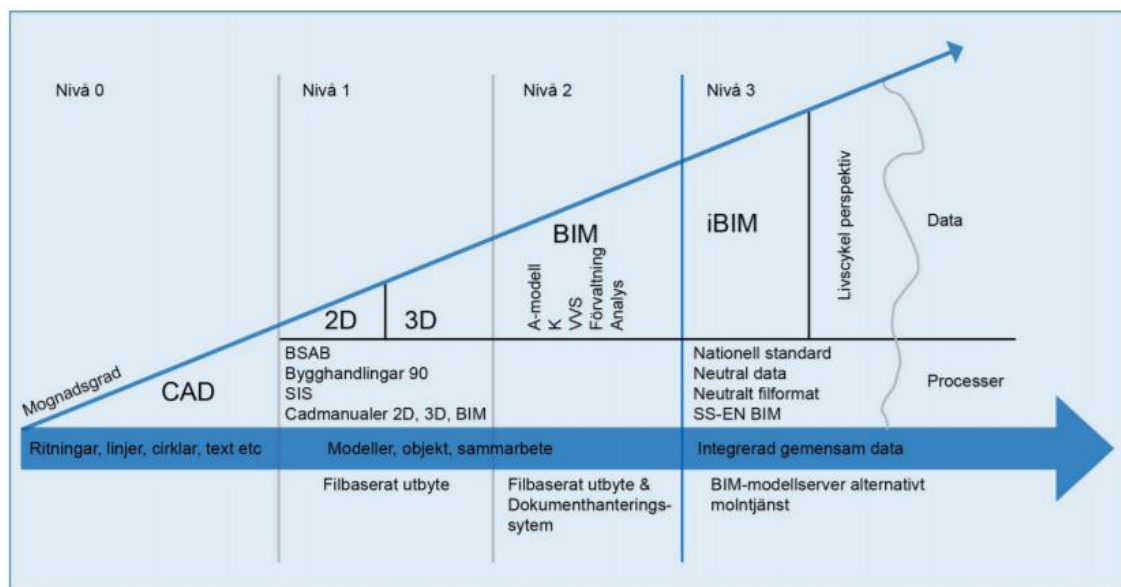
¹ <http://www.bipkoder.se>

projektet kan optimeras. Olika nivåer på BIM utgår från mognadsgraden hos ett projekt kopplat BIM och syftar till att skapa gemensam kravnivå rörande teknik, hantering av data och samarbete. I Figur 2.4 presenteras hur olika statliga aktörer arbetar för att skapa gemensamma kravnivåer (Albertsson & Lidén, 2014). BIM-samordnarens arbetsuppgifter tar vid när målbilden och strategin är fastställd och det är BIM-samordnare som på taktik- och metodiknivå ska få programmen att fungera, att samordna modellerna och leda BIM-samordningsmöten. I Figur 2.3 visas en övergripande bild av de aktiviteter som berör BIM-strategin och BIM-samordnaren i projekteringskedet.



Figur 2.3 Övergripande bild av BIM-strategens och BIM-samordnarens aktiviteter för att säkra vinster med BIM (Westerlund, 2013)

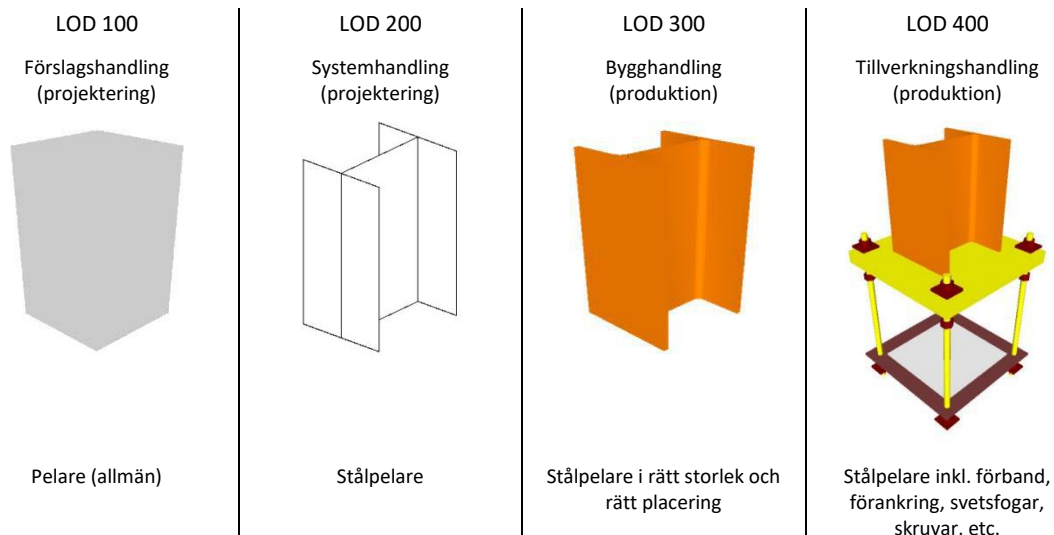
BIM-strategen och BIM-samordnaren arbetar tillsammans med att ta fram projektets BIM-manual som innehåller riktlinjer för BIM-modellering, projektledning och projektfaser, arkitektdesign, teknisk design och analyser, konstruktion, kvalitetsarbete, mängdning och beräkningar, miljö- och energiberäkningar, BIM för förvaltning, etc. När nya aktörer blir en del av BIM är det väsentligt att strateger och samordnare har förståelse för den nya disciplinens arbetsätt och processer.



Figur 2.4 Skiss på olika nivåer på BIM utifrån en britisk förlaga. Utgångspunkten är var man befinner sig och var man strävar mot med sitt BIM-arbete (Albertsson & Lidén, 2014).

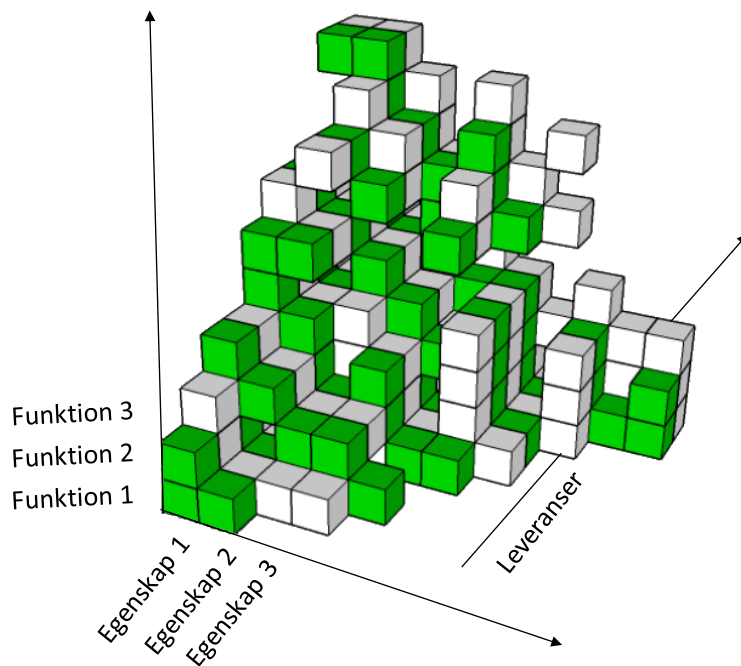
2.4 Informationsmängd i BIM-leveranser

LoD – Level of Development är ett centralt begrepp i en BIM-miljö och används för att beskriva modellens detaljeringsnivå relaterat till geometrin för ett objekt. I Figur 2.5 visas olika LoD för en stålpelare.



Figur 2.5 Illustration av LOD – Level of Development för en stålpelare i en BIM-modell, (BIMforum, 2017), modifierad.

LoD har ett begränsat användningsområde sett ut ett livscykelperspektiv. Därför föreslår Jongeling och Nordberg (2017) att begreppet bestämningsgrad ska användas i Sverige för att definiera informationsmängder i informationsleveranser i livscykeln av den byggda miljön. En informationsmängd är information som kan delas och lagras digitalt. Den kan bestå av ett dokument, en databas eller en modell. Bestämningsgraden är direkt relaterad till en viss informationsmängd och beskriver detaljeringsgrad i relation till var den befinner sig i byggnadens livscykel. Jongeling och Nordberg föreslår vidare att bestämningsgraden utgörs av kombinationer av livscykelsteg, informationsnivå och aspekt där de olika livscykelstegen som avses är utredning, projektering, produktion, användning och avveckling. Informationsnivåer kan utgöras av funktionellt system, konstruktivt system, komponent, placering, dimensionen och detaljer, vilka mer relaterar till LoD (se Figur 2.5). Den konceptuella modell som redovisas av Jongeling och Nordberg beskriver informationsmängder i BIM-leveranser som olika funktionella eller konstruktiva system som struktureras med hjälp av egenskaper. Från början innehåller BIM-leveransen endast ett fåtal system, vilka beskrivs med ett fåtal egenskaper. Med tiden ökar komplexiteten och BIM-leveranser innehåller allt större informationsmängd, se Figur 2.6.



Figur 2.6 Konceptuell modell för informationsmängder i BIM-leveranser (Jongeling & Norberg, 2017), modifierad.

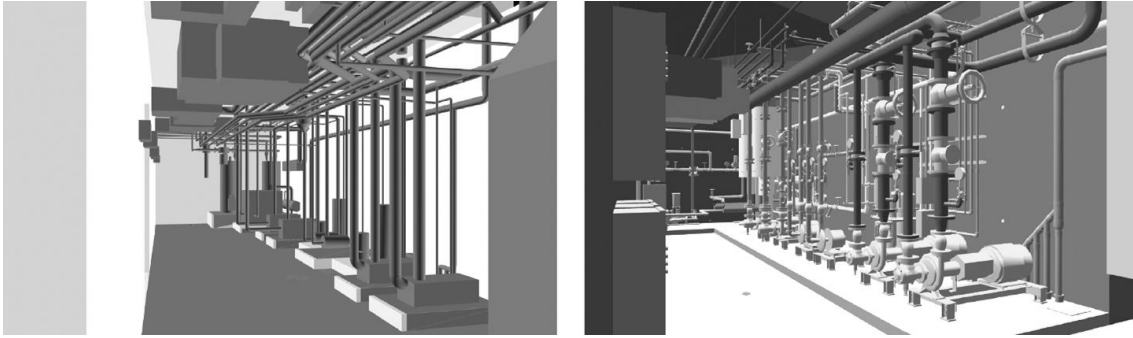
Jongeling och Nordberg exemplifierar den konceptuella modellen med en BIM-leverans för grundläggningen av ett hisschakt som beskriver bestämningsgraden för två funktioner och två egenskaper, se Tabell 2.1.

Tabell 2.1 Exempel på funktioner och egenskaper i en BIM-leverans.

Funktion	Egenskap
Prefabricerade betongväggar	Vikt
Platsgjutna betongväggar	Längd

Komplexiteten ökar efterhand som fler funktioner och egenskaper kravställs under olika livcykelsteg. Kraven kan kompletteras med fysiska lägen (i modellen) och vem eller vilka som ansvarar för dem. Varje BIM-leverans följer dock huvudprincipen att funktionerna (objekten) klassificeras och definieras av olika egenskaper.

McConahey & Lyzun (2013) illustrerar liknade tankegångar i Figur 2.7 där skillnaden i detaljeringsgrad mellan bygghandling och valt utförande visualiseras. I bygghandlingen ska det säkerställas att det finns plats för installationerna och vilket utrymme de upptar. Rördragning ska visas med behov av fritt utrymme, dock utan detaljer som flänsar och ventiler. När väl lösningen valts så hämtas specifika data från tillverkare och detaljeringsgraden i modellen ökar betydligt. Det är oftast först i detta skede som det går att slutföra samgranskning och kollisionkontroller.



Figur 2.7 Illustration av skillnad i detaljeringsnivå mellan bygghandling och valt utförande (McConahey & Lyzun (2013)).

2.5 Samgranskning och kollisionskontroller

Möjligheten till effektiv samordning, samgranskning och kollisionskontroll är några av de största fördelarna med en BIM-baserat arbetssätt. Kollisioner kan delas in i tre grupper:

- Hårda kollisioner där byggnadselement och installationer upptar samma volym i den fysiska världen.
- Mjuka kollisioner där projekteringsfel gör att det blir platsbrist för andra delar, t.ex. tillgänglighet, brandskydd eller isolering.
- Tidplanskollisioner där produktionsplan inte matchats mot personalförsörjning, utrustning, inköp, etc.

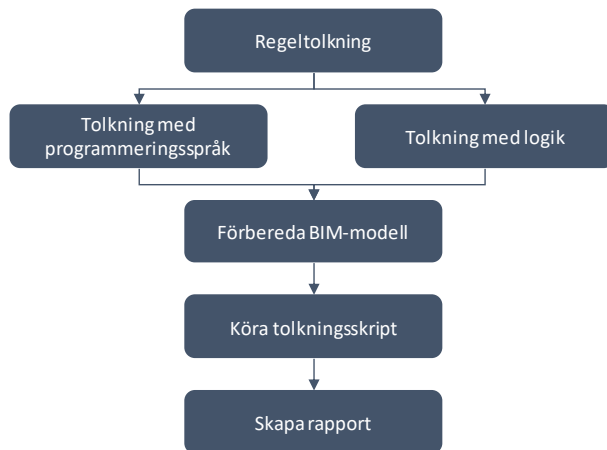
Kollisionskontrollerna fokuserar vanligen på de hårda kollisionerna och brister i samordning mellan arkitekt/konstruktör och teknikdisciplinerna el och VVS under själva projekteringsfasen. Men Wang m.fl. (2014) visar att en stor mängd fel inträffar under de senare skederna, när exakt utförande och utformning har fastställts. Det är främst när samordningen sker löpande, från förslagshandling till produktion som nyttan maximeras via modellbaserat arbetssätt. Wang m.fl. (2014) presenterar ett ramverk för kollisionskontroll som kan användas under projektering och produktion. Ramverket består av fyra steg:

- Förslagshandling. Koordinering baserat på olika krav och budget.
- Systemhandling. Koordinering av utrymme och platsbehov.
- Bygghandling. Koordinering av byggbarhet.
- Produktionsplan. Koordinering av faktiskt utförande.

Via en fallstudie av ett stort sjukhusbygge i Shanghai har Wang m.fl. (2014) visat att störst antal kollisioner upptäcks vid samgranskning av bygghandlingarna (71 %), vilket vida överskrider det antal kollisioner som upptäcktes till och med systemhandlingen (20 %). Vikten av att kontinuerlig samgranskning, speciellt efter bygghandling och upphandling, skapar möjlighet till stora kostnadsbesparingar. Det är även av stor vikt att säkerställa kravuppfyllnad genom projektets olika skeden och inte minst vid färdigt utförande. Utifrån ett brandskyddsperspektiv krävs det att det kan påvisas att samtliga krav definierade av samhället är uppfyllda för att få ta en byggnad eller anläggning i bruk.

2.6 Automatiserad kontroll och granskning

Flertalet länder har försökt att utveckla system för automatisk kontroll av regeluppfyllnad i en BIM-modell (Ismail m.fl, 2017). I genomgången litteratur presenteras olika system som samtliga bygger på samma grundläggande struktur enligt Ismail m.fl. 2017, vilken visas i Figur 2.8.



Figur 2.8 Generell struktur för regelkontroll (Ismail m.fl, 2017).

Regeltolkningen görs antingen i ett programmeringsspråk eller med hjälp av logik. Svårigheten ligger inte i att skapa reglerna, utan att översätta byggreglerna till exekverbar kod.

Byggreglerna har en struktur och använder begrepp som ofta är svåra att lyfta ur sitt sammanhang. Vidare har byggreglerna endast en liten grad av generalisering och en hög detaljeringsgrad med flera val som styr utförande. Exempelvis förekommer det i svenska byggregler i storleksordningen tio möjliga alternativ avseende personantal som var och ett påverkar vilket krav som ska tillämpas.

Lee m.fl. (2016) beskriver hur Sydkoreas byggregler har översatt till en regelbaserad exekverbar kod. Arbetsgången beskrivs närmre i Figur 2.9.

<p>1. Ursprunglig lydelse</p> <p>En ägare till en byggnad (undantaget vissa byggnader enligt särskild paragraf) vilken har sex eller fler våningar och en total golvyta på 2000 m² eller mer ska vara försedd med hiss. I förekommande fall ska hissens storlek och utförande specificeras av inrikesdepartementet.</p>
<p>2. Förenklad lydelse</p> <p>En byggnad med sex eller fler våningsplan och en total golvyta på 2000 m² eller mer ska ha en hiss installerad.</p>
<p>3. Översatt förenklad lydelse</p> <p>TAS 1 (tillstånd): En byggnad med sex eller fler våningsplan och en total golvyta på 2000 m² eller mer</p> <p>TAS 2 (innehåll): En byggnad ska ha en hiss installerad</p>
<p>4. Konfigurering</p> <p>TAS 1 (tillstånd): Antal våningar (6 eller fler) Total golvyta (2000 m² eller mer)</p> <p>TAS 2 (innehåll): Installera (Hiss)</p>
<p>5. Logisk enhet</p> <p>getBuildingFloor() ≥ 6, getTotalFloorArea() ≥ 2000 m² isExist(Hiss)</p>
<p>6. Skript</p> <pre>IF (getBuildingStoriesCount () >= 6 AND getBuildingArea () >= 2000) isExist (Hiss) = SANT END IF</pre>

Figur 2.9 Process för att skapa en exekverbar kod av de Sydkoreanska byggreglerna (Lee et al., 2016)

Lee m.fl. gick igenom fler än 15 000 lydelse i den Sydkoreanska bygglagstiftningen, filtrerade och klassificerade dem för att sedan skapa den exekverbara koden, vilket är en tidskrävande uppgift och utmaning för berörd myndighet. Solihin & Eastman (2015) drar liknande slutsatser och konstaterar samtidigt att det i framtiden krävs en helt annan typ av regelskrivning för att underlätta automatisk kontroll.

Dimyadi m.fl. (2014) och Choi m.fl. (2014) visar hur ett datorstöd kan utvecklas för att stötta brandskyddsprojektören och till viss del automatisera kontrollen av regeluppfyllande. Samtliga författare visar att tekniken finns för att möjliggöra automatisk kontroll men att svårigheten snarare ligger i att översätta byggreglerna till programmeringsspråk.

2.7 Brandskydd i BIM

SFPE – Society of Fire Protection Engineers har tagit fram ett s.k. "position statement" hur brandingenjörsvetenskapen kan dra nytta av BIM (Society of Fire Protection Engineers (SFPE), 2011). SFPE konstaterar att BIM är ett dynamiskt och kraftfullt verktyg som kan användas i alla faser av en byggnads livscykel. SFPE identifierar några huvudsakliga områden där brandskydd kan integreras med BIM.

Först och främst belyste SFPE att den information som traditionellt visas på brandritningar kan föras in i modellen. Det handlar om t.ex. brandcellsgränser, utrymningsvägar, vägledande markering, personantal, släckutrustning, etc. Sedan kan särskild mjukvara för dimensionering av t.ex. sprinkler och brandlarm utvecklas.

En sådan mjukvara kan direkt använda sig av informationen i modellen och uppdateras i realtid efterhand som det sker ändringar. Här möjliggör BIM effektiva kontroller för att identifiera kollisioner mellan olika installationer och byggelement. Vidare kan verktyg för analytisk dimensionering, t.ex. analys av brandgasspridning och utrymning integreras direkt i modellen utan behov av att bygga upp separata geometrier.

Utvecklingen under de senaste åren har dock inte fokuserat på eller integrerat brandskyddstekniska aspekter i någon större omfattning. Utan utvecklingen har primärt handlat om installationer och hur disciplinerna ventilation, el och värme/sanitet kan integrera sin projektering i BIM. Brandskydd i form av brandlarm och släckanläggningar är exempel på sådana installationer som hanterats (Shino, 2013). Brandskydd har dock i första hand behandlats som en installationsdisciplin lika el och VVS.

Projektering och redovisning av brandskyddsrelaterad information som brandcellsgränser, utrymningsvägar, angreppsvägar, etc. förekommer relativt sällan även om Shino uppmärksammar att det går att uppnå stora kvalitetsvinster om denna information görs tillgänglig som egenskaper i BIM-leveransen. Eventuella avvikelser från brandskydds krav skulle kunna beaktas som mjuka kollisioner vid en samgranskning. Shino (2013) exemplifierar en möjlig framtida nytta med brandskydds information i BIM. Med tillgång till personbelastning i olika utrymmen skulle BIM-modellen kunna bestämma att det krävs exempelvis tre utgångar på vardera 1,2 m fri bredd. Om personantalet ändras i senare del av projekteringen skulle modellen kunna programmeras till att varna om den tillgängliga dörrbredden ej är tillräcklig.

Ytterligare exempel på tillämpningar är att integrera mjukvaror för simulering av brandförlopp, t.ex. FDS – Fire Dynamics Simulator med BIM (Dimyadi m.fl., 2008). Detta har i första hand syftat till att bygga geometrier och i andra hand för att kunna simulera bränder direkt i modellen. Dock har flera projekt med syfte att simulera bränder i modellen eller integrera olika programvaror för brandsimulering avslutats innan det blivit en fungerande process eller kommersiell produkt. Exempelvis fokuserade Project Scorch på att inkludera FDS i BIM-mjukvaran Revit (Autodesk Labs: Project Scorch).

Det utvecklas även mjukvara för att analysera personflöden för att dimensionera utrymning i BIM-modeller (Wang m.fl., 2014). Under senaste året har det även initierats programutveckling kring molnbaserade analysverktyg för utrymningssimuleringar för några av de större BIM-mjukvarorna.

Det har även väckts tankar om att försöka automatisera brandskyddsprojekteringen, både med avseende på "kollisionskontroll" mot byggreglerna, men även för att kunna utföra enkla analyser och beräkningar (Taciuc & Dederichs, 2014). Dock är utvecklingen kring detta relativt begränsat i dagsläget.

Wang m.fl. (2015) beskriver hur BIM kan användas av brandskyddsorganisationen i förvaltningsskedet med fokus på bl.a. underhåll av brandskyddinstallationer som handbrandsläckare, inomhusbrandposter, brand- och utrymningslarm och släcksystem. Wang m.fl. föreslår en särskild modul för BIM-baserat underhåll som kan hjälpa organisationen att snabbt få tillgång till rätt information för olika komponenter så som namn, fabrikat, placering, inspektionsintervall, tidpunkt för kontroll, anmärkningar, ansvar, bruksanvisning, etc. och använda informationen för förvaltningstekniskt underhåll av brandskydd.

2.8 Branschens önskemål och förväntningar

Inom ramen för projektet har branschens önskemål och förväntningar på integreringen av brandskydd i BIM-miljön samlats in via referensgruppsmöten och djupintervjuer. Företrädare för projektörer, entreprenörer och fastighetsägare har delat med sig av sina erfarenheter och idéer på framtida tillämpningar. Sammanfattningsvis handlar önskemålen om tillgång till uppdaterad och tillgänglig information. Att integrera brandskydd i BIM-miljön handlar just om att göra informationen tillgänglig för alla parter och undvika statiska tvådimensionella ritningar, vilka kan vara svårtolkade och snabbt bli inaktuella. Under projekteringen underlättas arbetet av möjligheten till visualisering där VR-teknik bör kunna användas både för att t.ex. placera ut objekt som skyltar för vägledande markering direkt i modellen, ta fram information för specifika objekt och göra en digital förbesiktning och kontroll. Det är också önskvärt om det på rumsnivå går att skapa listor över krav och jämföra dessa med projekterat utförande.

Den traditionella kollisionsskontrollen under samgranskningen där eventuella konflikter mellan olika installationer och byggelement identifieras bör utökas till att även omfatta kontroll av kravuppfyllnad då föreslagen utformning jämförs med brandskyddstekniska krav. I ett tidigt skede skulle det kunna handla om att ett rum är försett med nödbelysning och i ett senare skede att projekterad nödbelysningen uppfyller kraven på strömförsörjning, belysningsstyrka, aktivering, etc. Slutligen, under produktion, när nödbelysningen installerats går det att matcha faktiskt utförande mot ställda krav.

Under själva byggtiden kan BIM bli ett värdefullt verktyg för att göra utförandekontroll. För varje objekt, t.ex. en dörr i en brandcellsgräns, kan det finnas information i modellen hur denna dörr ska installeras för att uppnå rätt brandklass. Denna information presenteras i form av en arbetsberedning och med hjälp av fotodokumentation och signaturer går det att på ett effektivt sätt följa upp att byggnaden uppfyller ställda krav. Kvaliteten på egenkontrollen, utförandekontrollen och besiktningen ökar, vilket i sin tur har en positiv påverkan på hela leveransen och skapar bättre förutsättningar för en byggnads eller anläggnings hela livscykel.

Efterhand som lokaler verksamhetsanpassas eller byggs om sker förändringar i modellen. Här behöver informationen som berör brand vara tillgänglig och dynamisk. Väggar flyttas, rumsstorlekar ändras, öppningar tas upp. När så sker underlättas arbetet av att, i en dynamisk modell, ha tillgång till information som maximalt tillåtet personantal, brandtekniska klasser, utrymningsväg etc. Då blir det möjligt att tidigt förstå omfattningen och kostnaden för ändringen, samt undvika att ändringar utförs vilka faller utanför byggnadens användningsområde och förmåga.

Vidare är nyttan med samlad brandskyddsinformation rörande installationer extra stor under förvaltningsskedet. I samband med inspektioner och kontroller kan all information finnas tillgänglig digitalt, istället för på separata ritningar och beskrivningar för ventilation, sprinkler, brandlarm, osv. Ytterligare en stor förväntad nytta är möjligheten till ett effektivare underhållsarbete. När en felrapport kommer in bör det, via en modell, gå att ta fram specifik information om berörd komponent och därmed säkerställa rätt reservdelar utan tidskrävande platsbesök.

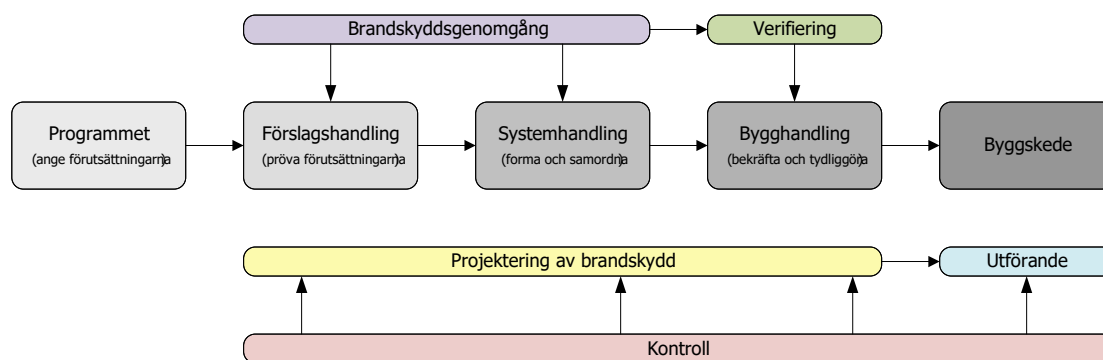
3 Brandskyddsprojekterings roll i byggprocessen

I detta avsnitt redovisas hur brandskyddsprojekteringen, traditionellt sett, bedrivs relaterat till olika skeden i byggprocessen. Eftersom det inte finns en enhetlig standard för denna process förekommer flera olika i Sverige men de har i princip samma agenda:

- Fastställande av kravbilden
- Övergripande projektering av hur kravbilden ska uppfyllas
- Detaljerad projektering av hur kravbilden ska säkerställas

Fortsättningsvis redovisas detta i en av de förekommande processerna, principerna kan översättas även till andra former av projekteringsprocesser.

Utöver projekteringsprocesserna ska även lovprocesser och upphandlingsprocesser hanteras. Dessa tas inte upp här. Den viktigaste påverkan som dessa kan ha på projekteringen är vilken entreprenadform som tillämpas i upphandlingen eftersom det kan styra vem som genomför detaljprojekteringen. Genomgången nedan görs utan ställningstagande till det eftersom de tekniska behoven i princip är desamma och skillnaden främst är av juridisk karaktär. Fokus ligger på själva projekteringen, men även i andra skeden finns behov av insatser från brandsakkunnig rörande utförandekontroller, stöd kring tekniska lösningar och kommunikation. I vilket skede som brandskyddsprojekteringen påbörjas varierar mellan olika projekt och beskrivningarna i detta avsnitt syftar till att öka förståelsen om lämpliga aktiviteter relaterat till byggprocessens olika skeden, aktiviteter som är kritiska för framdriften av ett projekt och som behöver inkluderas i arbetsprocesserna för brandskyddprojektering i BIM. I Figur 3.1 visas hur brandskyddsprojekteringen samt den efterföljande kontrollen av utförandet relaterar till byggprocessen.



Figur 3.1 Brandskyddsprojektering i byggprocessen.

Det bör göras en tydlig skillnad mellan styrande handlingar och resulterande handlingar. Brandskyddsbeskrivningen är under projekteringen alltid styrande. Dessutom är varje skede som helhet styrande för det nästföljande skedet. Kontroll av att resulterande handlingar uppfyller de styrande kraven måste alltid ske innan ett skede kan avslutas. I relationshandlingsskedet är alla handlingar resulterande.

3.1 Programmet

Programmet syftar till att fastställa en kravbild. Programmet redovisar byggherrens krav och vision beträffande byggnadens funktion, egenskaper och prestanda. Till kravbilden hör även exempelvis detaljplanens krav. Programmet utgör således en plattform för projekteringen och kartlägger alla förutsättningar och villkor som kan påverka den kommande projekteringen.

Brandskyddsprojekteringen har oftast inte initierats i detta skede, utom i större infrastrukturprojekt. Visserligen kan arkitekten kontakta brandkonsult för att försäkra sig om att idéerna till byggnadens gestaltning och utformning är realistiska, men vanligen sker detta först i nästa skede – förslagshandlingsskedet (se avsnitt 3.2) – som inleder själva projekteringen. Eventuell brandskyddsprojektering i programskedet genomförs enligt vad som anges i avsnitt 3.2.

3.2 Förslagshandlingsskedet

Förslagshandlingsskedet är där den övergripande projekteringen påbörjas. Förslagshandlingsskedet syftar till att pröva förutsättningarna angivna i programmet. Övergripande frågor som form och utseende, planlösning, bärande system, tekniska försörjningssystem studeras. Olika lösningar ställs mot varandra för att hitta bästa alternativ. Utifrån dessa studier och med beaktande av ekonomiska och tidsmässiga ramar, tas beslut om vidare bearbetning mot system- och bygghandlingar.

I förslagshandlingsskedet inleds oftast brandskyddsprojekteringen genom att påbörja arbetet med att ta fram ett förslag som konkretiserar lämpligt förslag på utformning av brandskyddet för byggnaden eller anläggningen, dess verksamhet och byggherrens önskemål. Detta sammanställs i en brandskyddsbeskrivning. Syftet med projekteringen i detta skede är att göra en översiktlig inventering och identifiering av risker genom att:

- Studera byggnadens eller anläggningens utformning och verksamhet.
- Identifiera särskilda förutsättningar som har påverkan på brandskyddets utformning.
- Presentera idéer till utformning av brandskyddet.
- Tydliggöra övergripande samhällskrav och eventuella egenambitioner från byggherren kring brandskyddet i en styrande handling, en brandskyddsbeskrivning.

3.3 Systemhandlingsskedet

Systemhandlingsskedet syftar till att forma och samordna helheten. Byggnadens eller anläggningens utformning skapas genom att utveckla, samordna och anpassa de olika system som byggnaden eller anläggningen består av. Helheten ska då motsvara byggherrens vision. Systemhandlingsskedet är mycket viktigt, då de flesta beslut som påverkar slutproduktens funktion, prestanda och egenskaper fattas här. Normalt strävar man mot att fastställa planlösning, val av tekniska system samt kritiska snitt i systemhandlingsskedet.

Det gör systemhandlingsskedet till en mycket viktig fas för brandskyddsprojekteringen. Den översiktliga inventering och identifiering av risker som initierades i förslagshandlingsskedet utvecklas vidare med ökad detaljeringsgrad. Brandskyddsgenomgången där byggnadens och verksamhetens förutsättningar redovisas, gällande samhällskrav eller byggherrensegenambitioner konkretiseras och tillsammans med övriga discipliner arbetas ett förslag till utformning av brandskyddet fram. Under systemhandlingsprojekteringen avslutas den övergripande projekteringen.

3.4 Bygghandlingsskedet

Bygghandlingsskedet syftar till att bekräfta och tydliggöra systemlösningarna redovisade i de tidigare skedena och utgör den detaljerade projekteringen. Bygghandlingsskedet är det mest tidskrävande projekteringsskedet. Detaljeringsgraden ökar så att mängd, kvalitet, form, mått, färg, utseende, yta, ordningsföljd tydliggörs och struktureras. Under bygghandlingsskedet är det kritiskt att säkerställa att valda lösningar och tänkta produkter uppfyller de aktuella brandskyddskraven. Med dagens arbetsätt sker detta tyvärr i begränsad omfattning vilket skapar osäkerheter och risken för fel under byggskedet ökar.

Ofta är bygghandlingarna juridiska handlingar i avtal mellan byggherren och entreprenören. Fel i bygghandlingarna kan därför få allvarliga konsekvenser för projektets ekonomi och tidplan.

3.5 Byggskedet

I byggskedet ska projekteringen vara färdig men det är vanligt att det krävs smärre förändringar eller att önskemål om materialsubstitution ger mindre revideringar i bygghandlingarna vilket då kräver kompletterande bygghandlingsprojektering. Under byggtiden finns också behov av kontroll av utförande inom ramen för byggherrens egenkontroll eventuellt kompletterat med kontroll av certifierad sakkunnig brand (SAK). Det kan också finnas behov av att ge stöd under själva utförandet på byggarbetsplatsen.

Byggskedet kan delas upp i tre skeden – startskede, byggskede och slutskede. Vid det tekniska samrådet, för att erhålla startbesked, ska byggnadens tekniska lösningar kunna redovisas och kontrollplanen ska fastställas där brandskyddet utgör en viktig del. Under startskedet utformas och upprättas en produktionsplan. Under byggskedet är utgångspunkten gällande bygghandlingar och utförandet blir utifrån de resurser, rutiner och styrmedel som anges i produktionsplanen. I slutskedet av driftsätts, provas och injusteras byggnadens delar, system och helhet. Därefter upprättas relationshandlingar samt plan för kontroll och underhåll av byggnadens brandskydd. När kontrollplanen är uppfylld kan kontrollansvarige ansöka om slutbesked och när sådant erhållits kan byggnaden tas i bruk.

Under själva byggskedet har entreprenören oftast ett behov av kompletterande information om brandskyddets utformning. Beroende på entreprenadform och den brandkonsultens roll kan det uppstå frågor kring möjliga alternativ till de lösningar som presenterats i tidigare skeden beroende på tekniska utmaningar eller ofullständig projektering. Det är också viktigt att genomföra normerande kontroller under

byggskedet för att kunna verifiera att brandskyddet utförts enligt brandskyddsprojekteringen. Flera betydelsefulla delar av brandskyddet är inte praktiskt möjliga att kontrollera i slutskedet, utan dessa behöver kontrolleras fortlöpande under byggskedet. Det är även av största vikt att samordnad funktionsprovning utförs i slutskedet för att säkerställa att olika brandskyddsinstallationer fungerar som avsett.

3.6 Kommunikation och dokumentation

I de olika skedena dokumenteras och sammanställs relevant brandskyddsinformation och förslag på lösningar i en brandskyddsbeskrivning och vid färdigställd byggnad i en brandskyddsdokumentation. I handlingarna presenteras detaljer som är nödvändiga för att utforma brandskyddet på ett tillfredsställande sätt utifrån krav från Boverket eller egenambitioner. Konkret handlar det om brandtekniska klasser på avskiljande och bärande byggnadsdelar (väggar, dörrar, fönster, pelare mm), indelning av byggnaden i olika brandceller, tydliggörande av krav på ytskikt på väggar, specifikationer för släcksystem, utformning av brand- och utrymningslarm, kapacitet på brandgasventilation, etc.

Dokumentationen saknar ofta den precision som behövs för att uppnå önskad kvalitet (oberoende om det är samhällets miniminivå eller byggherrens egenambition) då krav och lösningar är allmänt beskrivna, skrivna på fackspråk som för andra aktörer är svårt att förstå och det saknas tydlig koppling mellan krav och lösning. Detta skapar utmaningar för alla inblandade och det kan leda till onödiga projektrisker. Genom att transformera information från tvådimensionella ritningar och textbeskrivningar till en tredimensionell modellvärld, där all brandskyddsinformation är tillgänglig via modeller och databaser, skapas bättre förutsättningar för väl fungerande kommunikation och målet att uppfylla branschens förväntningar på en modern, integrerad och mer precis brandskyddsprojektering.

4 Brandskyddprojektering i BIM-miljö - arbetsprocesser

Utifrån inledande litteraturgenomgång, intervjuer med olika intressenter i byggbranschen och den tradition som finns kring brandskyddsprojektering har olika arbetsprocesser för BIM utarbetats. Vid utvecklingen av arbetsprocesser har fokus dels varit på det decentraliserade informationsflödet, motsvarande BIM nivå 2 respektive ett mer integrerat och realtidsdrivet informationsflöde, motsvarande BIM nivå 3. Nedan beskrivs de framarbetade arbetsprocesserna utifrån de olika BIM nivåerna som kan råda i olika projekt.

4.1 Det decentraliserade informationsflödet (BIM nivå 2)

Brandskyddsprojektering i det decentraliserade informationsflödet, BIM nivå 2, utgår från att respektive disciplin i projekteringsprocessen arbetar i sina egna modeller, lokalt inom respektive organisation, och där de olika disciplinmodellerna sammanställs till en samordningsmodell med givna intervall. Utifrån att definiera styrande parametrar och parametrisk information/värde skapas förutsättningarna för att tydliggöra olika krav och säkerhetsnivå utifrån olika styrvariabler och att specificera vilken disciplin som är berörda av kraven.

I ett inledande skede definieras och kartläggs önskad skyddsnivå för projektet utifrån samhällets krav, beställarambition och projekteringskedje. Olika brandrelaterade parametrar, så som brandklass, utrymningsväg, ytskiktssklass, ytor som ska sprinklas tydliggörs i projektet utifrån aktuell byggnads förutsättningar. Beroende på typ av parameter kan dessa anges som till exempel "längd", "fritext" eller som "Boolesk" parameter.

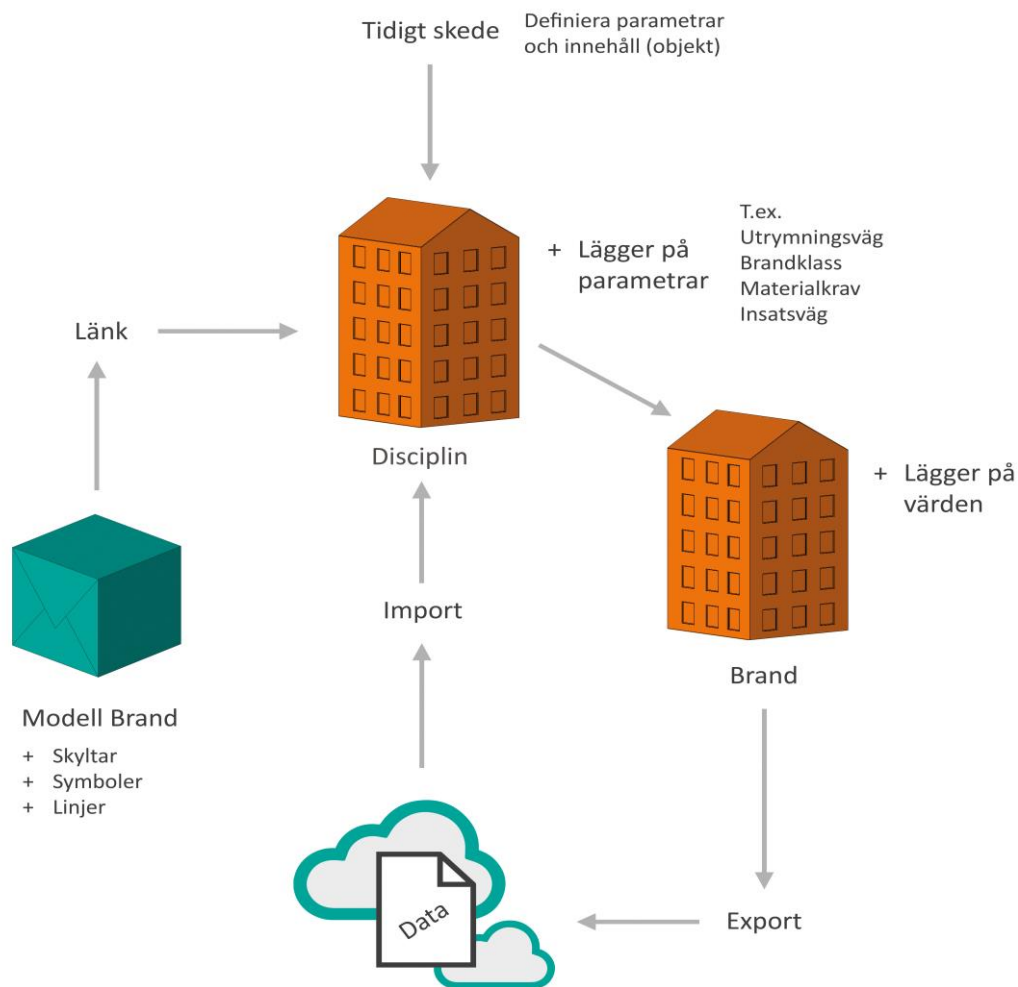
Om Revit används grupperas parametrik under gruppen "Fire protection" och läggs in i projektets gemensamma "shared parameter file". Aktuella parametrar bör definieras av brandprojektören för att säkerställa kvaliteten på parametrarna.

De discipliner som arbetar inom Revit importerar den parametrik som påverkar deras modells olika objekt. (ex väggar, dörrar, fönster, pelare, tekniska installationer). För projektörer med andra programvaror än Revit skapas lokala parametrar i aktuellt programspråk för samma brandskyddsrelaterad funktion.

När parametrar är definierade och inkluderade i övriga discipliners modeller kopierar brandprojektören respektive disciplins modell, alternativt applicerar värden direkt i modellen och synkroniserar mot berörd disciplin. De kopierade modellerna delges parametriska värden (t.ex. via objektslistor i Excel-format) utifrån aktuell skyddsnivå och typ av dimensioneringsmetod. Dessa importeras sedan tillbaka till respektive disciplins modell. Exempelvis kan parametern "brandklass" få värdet "EI 60" på väggobjekt som ska ha ett visst brandmotstånd.

För att visualisera och rumsligt placera olika brandskyddsrelaterad information och objekt, exempelvis släckutrustning, vägledande markering och linjer för brandcellsindelning, skapas plangrafik i en separat brandmodell. Brandmodellen länkas in i övriga discipliners modeller och utgör en del av den samordnade modellen.

I Figur 4.1 presenteras en schematisk figur över arbetsflödet för BIM nivå 2.



Figur 4.1 Schematisk beskrivning av brandskyddsprojektering i BIM-miljö vid ett decentraliserat informationsflöde, BIM nivå 2.

Med hänsyn till projekterings framdrift kommer processen vara iterativ där mer och mer brandskyddsrelaterade information inkluderas med ökad detaljeringsgrad. Exempelvis, vid första processloopen införs brandskyddstekniska krav på rumsnivå, i loop två införs krav på objektsnivå (manuellt eller via automatiserade funktioner), i loop tre införs krav på specifika brandrelaterade objekt så som t.ex. dörrbeslagning och typ av dörrstängare på dörrar i brandcellsgränser.

I avsnitt 4.3.2 presenteras ett förslag på vilken brandskyddsinformation som bör införas vid olika projekteringskedan för att skapa rätt detaljerings- och informationsnivå.

4.2 Ett kollaborativt informationsflöde (BIM nivå 3)

I ett kollaborativt informationsflöde, motsvarande BIM nivå 3, cirkuleras information mellan ett projekts olika aktörer via gemensamma modeller och databaser där informationsmängden och noggrannheten i detaljeringsgrad ökar när ett projekt förflyttar sig över projekteringens olika skeden. Utgångspunkten är att BIM-data finns i en gemensam databas (molnbaserad) och att samtliga discipliner arbetar med samma modell, men med olika editeringsmöjligheter.

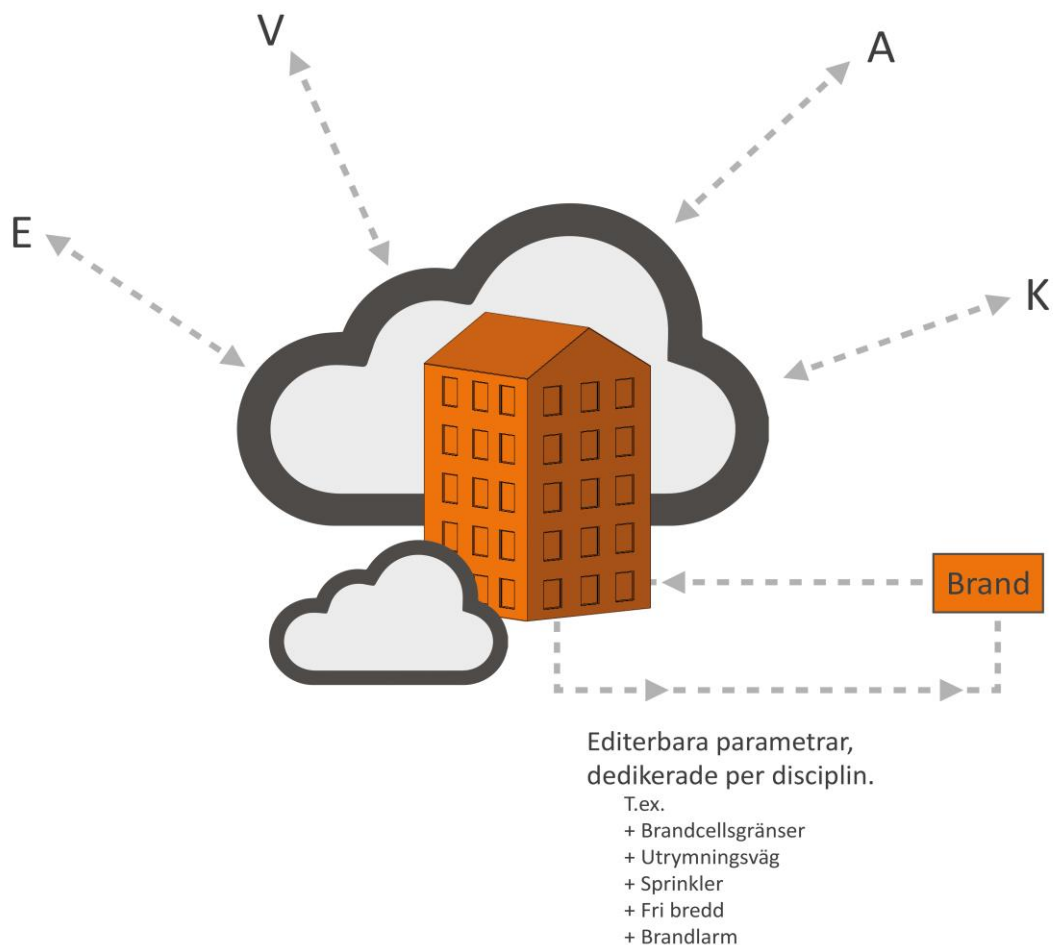
Genom att arbeta mot en molnbaserad databas och i en gemensam modell specificeras brandrelaterad information dels som parametrar i en modell och dels som information i en projektgemensam databas. Informationen kan editeras i realtid utan att behöva importera/exportera objektlistor mellan olika discipliner och aktörer.

I den gemensamma modellen definieras även brandrelaterat "*content*" som släckutrustning, vägledande markering och linjer för brandcellsindelning via plangrafik. Ett arbetsflöde via en gemensam databas och modell erbjuder bättre informationsflöde med realtidsuppdaterad information. Det skapar även förutsättningar för brandprojektören och övriga i ett projekt att bättre styra vilka parametrar som behövs i respektive skede, vilken typ parametern ska vara och vilket värde respektive parameter ska ha utifrån gällande skyddsnivå.

Processen utgörs av följande steg:

- I ett inledande skede definieras och kartläggs önskad skyddsnivå för projektet utifrån samhällets krav och beställarambition.
- En gemensam modell upprättas och länkas till en molnbaserad databas. Olika editeringsmöjligheter definieras för olika discipliner och roll i projektet.
- Brandprojektören skapar aktuella parametrar på olika objekt i modellen och tydliggör vilken typ av parameter det ska vara likt för det decentraliserade arbetsflödet.
- Brandprojektören preciserar värden på de definierade parametrarna (exempelvis brandskyddsteknisk klass *EI 60* på parametern "*brandklass*") utifrån aktuell skyddsnivå.
- Brandprojektören definierar vilket "*content*" som ska inkluderas och var detta ska placeras rumsligt i den gemensamma modellen i form av plangrafik.

Nivån på information ökas beroende på vilket projekteringsskede projektet befinner sig. I avsnitt 4.3.2 presenteras ett förslag på vilken brandskyddsinformation som bör införas i ett projekts olika skede för att skapa rätt detaljerings- och informationsnivå. I Figur 4.2 presenteras en schematisk figur över arbetsflödet för BIM nivå 3.



Figur 4.2 Schematisk beskrivning av brandskyddsprojektering i BIM-miljö vid ett kollaborativt informationsflöde enligt BIM nivå 3. För exempelvis sprinkler och brandlarm definieras ytor som ska förses med installationerna och vilken kvalitet som ska uppfyllas.

4.3 Nivå av information och detaljeringsgrad

Nedan presenteras förslag på nivå på information beroende på hur ett projekt drivs framåt. Beroende på skede i projekteringsprocessen specificeras olika parametrar med olika detaljeringsgrad. Nedan presenteras olika typer av parametrar och ett schematiskt förslag på detaljeringsnivå för olika skeden.

4.3.1 Styrparametrar och kravparametrar

Utifrån strukturen på svenska brandskyddsregler styrs skyddsnivån i en byggnad eller anläggning utifrån olika överordnade och styrande variabler, vilka definierar samhällets skyddsnivå för det byggnadstekniska brandskyddet. Exempel på sådana styrvariabler är byggnadsklass (grundas på byggnadens komplexitet, våningsantal, personantal mm), verksamhetsklass (utifrån en byggnads eller anläggnings tänka användningsområde så som bostad, arbetsplats, sjukhus), brandbelastning (hur mycket energi som kan frigöras vid brand i en specifik brandcell) och olika typer av aktiva system som ska finnas i byggnaden.

Med hjälp av de övergripande styrvariablerna definieras skyddsnivån och tillhörande krav som byggnaden eller anläggningen ska uppfylla utifrån samhällets krav eller utifrån egenambitioner från en beställare. Dessa krav införs i modeller eller databas som styrande parametrar och får olika parametrisk information/värde beroende på skyddsnivå.

Beroende på skede förslås att en första nivå (nivå 1) av information skapas på rumsobjekt (grupperade till brandceller) och som specificerar olika brandceller, utrymmesfunktioner, ex utrymningsväg, sluss, och dimensionerande mått så som längsta gångavstånd inom en brandcell eller utrymningsväg.

Som nivå 2 föreslås att krav och brandskyddsrelaterade parametrar anges för specifika objekt som har kritisk påverkan på en byggnads eller anläggnings brandskydd. Detta kan t.ex. vara brandteknisk klass på dörrar och fönster, ytskiktsskrav på väggar, golv och tak samt olika tekniska funktioner som ska finnas i olika brandcellen som sprinkler, nödbelysning och utrymningslarm. I nivå 2 bör även brandskyddsteknisk utrustning i form av plangrafik införas i en brandmodell som kan länkas in i övriga discipliners modeller.

I nivå 3 presenteras specifika krav och funktioner på de ingående brandskyddsfunktionerna. Detta kan vara typ av brandspjäll, typ av brandskyddsteknisk kabel, dörrbeslagning och dörrstängare på dörrar i brandcellsgräns och typ och funktion av vägledande markering. I Tabell 4.1 presenteras förslag på olika styrparametrar, parametrar på rumsnivå och objektsnivå med tillhörande parametrisk information/värde samt typ av plangrafik.

Tabell 4.1 Exempel på olika styrparametrar, parametrar på rums- och objektsnivå samt förslag på content/plangrafik i en brandmodell.

Styrvariabler	Parametrar på rumsnivå	Parametrar på objektsnivå	Plangrafik i en brandmodell
Byggnadsklass	Utrymmesfunktion	<i>Dörr i brandcellsgräns</i>	Vägledande markering
Brandbelastning	Trapphus Tr2	Dörrbeslag	
Verksamhetsklass	Trapphus Tr1	Dörrstängare	
Personantal	Utrymningsväg	Brandklass	Handbrandsläckare
Area på brandcell	<ul style="list-style-type: none"> • Antal • gångavstånd • Minsta bredd 	<i>Fönster för utrymning</i>	Brandposter
Räddningstjänstens insatsmöjlighet	Brandklass	Storlek	Brandförsvarstablå
	<ul style="list-style-type: none"> • Avskiljande • Bärande 	Beslag	
	Ytskikt	<i>Spjäll</i>	Brandgasventilation
	<ul style="list-style-type: none"> • Vägg • Tak • Golv • Dörr 	Typ	
	Taktäckning	Upphängningsanordning	
	Brandgasventilation	Isolering	
	Stigarledning	Detektering	
	Utrymningslarm	Styrfunktion	
	Släcksystem		

4.3.2 Parametrar vid olika projekteringskedan

De olika nivåerna kan teoretiskt även hänföras till projekteringsprocessens olika skeden där nivå 1 motsvarar information som krävs på program- och förslagshandlingsnivå, nivå 2 motsvarar systemhandlingsprojektering och nivå 3 är motsvarande bygghandlingsnivå. I Tabell 4.2 presenteras exempel och förslag på information i de olika nivåerna, vilka parametrar som kan användas och hur värden kan definieras, utifrån ett brandskyddstekniskt perspektiv.

Tabell 4.2 Förslag på nivå av information för olika projekteringskedan.

Skede	Parameter	värde
Programhandling Förslagshandling	Styrparametrar Byggnadsklass Verksamhetsklass Brandbelastning Rtj-insatstid < 10 min	Br1 Vk3A < 800 MJ/m ² Ja
	Rumsobjekt: Brandklass - avskiljande Utrymningsväg Sprinkler	EI 30 Ja Ja
Systemhandling	Parametrar på rumsnivå Brandklass <ul style="list-style-type: none"> • Vägg • Ytskikt • Taktäckning • Bärande Utrymningsväg <ul style="list-style-type: none"> • Bredd • Avstånd Brandgasventilation <ul style="list-style-type: none"> • Standard Brandlarm <ul style="list-style-type: none"> • Standard Sprinklersystem <ul style="list-style-type: none"> • Standard 	EI 60 B,s1d0 Broof R60 Ja > 1,20 m < 30 m Ja SS 883006: 2013 Ja SS-EN 54-1:2011 Ja SBF 120:8
	Parametrar på objektsnivå Dörrar <ul style="list-style-type: none"> • Brandklass • Röktäthet • Beslag Dörrstängare	EI230 Sm SS- EN 179 -C1
Bygghandling	Spjäll Typ Upphångningsanordning Isolering Detektering	Brandgas EI15 EI60 Ja

4.3.3 Hantering av parametrik

Exempel på hur brandrelaterad information definieras via parametrik presenteras i Tabell 4.3. De olika brandskyddsrelaterade egenskaperna utifrån "Property Set" och parametrik. I tabellen presenteras de olika egenskapernas eller parametrarnas som finns standardiserade i ISO 12006-3 – strukturering av information om byggnadsverk, del 3: ramverk för objektsorienterad information (International Organization for Standardization, 2007), buildingSMART (2018) och som utgör begrepp i IFC version 4.

Tabell 4.3 Exempel på namngivning av olika brandskyddsrelaterade parametrar. Property Set utgår främst från IFC version 4.

Svenskt namn	Egenskap (Property_set)	Parametertyp/Property	Berörda objekt
Brandklass	Pset_FireResistanceRating	Text	Walls, Doors, Windows, Columns, Beams
Byggnadsklass	Pset_FireRiskFactor	Text	Project
Allmänna brandskyddstekniska krav	Pset_SpaceFireSafetyRequirements	Value	Specifika objekt
Utrymningsväg	Pset_FireExit	Boolean	Rooms, Doors, Windows
Rum med sprinkler	Pset_SprinklerProtection	Boolean	Rooms
Övertrycksättning	Pset_AirPressurization	Boolean	Rooms
Ytskikt (väggar, golv och tak)	Pset_SurfaceSpreadOfFlame	Text	Walls, floor
Röktät	Pset_SmokeStop	Boolean	Doors
Spjäll	Pset_DamperTypeFireDamper	Text	Specifika objekt
Brand- och brandgasspjäll	Pset_DamperTypeFireSmokeDamper	Text	Specifika objekt
Brandsensor	Pset_SensorTypeFireSensor	Value	Specifika objekt

Det finns ett stort behov av fler standardiserade brandskyddsrelaterade begrepp för olika egenskaper än de som finns standardiserade idag. Det behövs exempelvis standardiserade begrepp kring brandbelastning, insatsväg för räddningstjänsten, beslagning på dörrar med mera. Nya egenskaper bör utgå från terminologistandarden för brandtermer ISO 13943:2017 (International Organization for Standardization, 2017) och koppla till objektsorienterad information i form av "Property Set" och typ av parameter. För att få en fungerande internationell standardisering är det önskvärt att begrepp och brandskyddsrelaterad information även införs i framtida versioner av IFC-format.

4.4 Brandskyddsprojektering i BIM-miljö – ökad kvalitet

Genom att implementera de föreslagna arbetsprocesserna för brandskyddsprojektering i BIM-miljö finns en stor potential för att öka kvaliteten i projekten. Med ett modellbaserat arbetssätt och ett gemensamt format går det lättare att följa upp att krav och specifikationer är uppfyllda. Avvikelse upptäcks tidigare genom ett iterativt arbetsflöde och strukturerat informationsflöde. De potentiella vinsterna för kvaliteten i ett projekt är bland annat:

- 1) Samordning förenklas och konflikter med andra discipliners krav och lösningar kan identifieras tidigt vilket både minskar kostnader och ökar kvaliteten.
- 2) Kostnadsuppskattningar kan göras noggrannare och tidigare i processen vilket ökar chansen till bra och kostnadseffektivt brandskydd.
- 3) Efterlevnad av myndighetskrav och projektspecifika krav kan granskas och kontrolleras lättare och matchas mot de lösningar som föreslås.

Men, för att säkerställa en effektiv kontroll av lösningar och att samhällets eller beställarambitioner är uppfyllda är det nödvändigt att granskningsprocessen och begrepp är standardiserade.

Kvalitetsfrågor är i fokus inom brandskydd och en ny nordisk teknisk specifikation (INSTA/TS 952) kopplat till kontroll och granskning av brandskyddstekniska krav förväntas publiceras till sommaren 2018 (Inter Nordic Standardization (INSTA), 2018). I specifikationen anges när och hur kontroller och kvalitetssäkring bör ske utifrån olika processteg för byggprocessens olika skeden – från projektering till utförande och förvaltning. Under själva projekteringen av brandskydd föreslås att fyra kontroller genomförs vid olika tidpunkter för att säkerställa att det är rätt förutsättningar, rätt dimensioneringsmetod, att genomförda analyser är rätt (kopplat till indata, utdata och beräkningsförfarande) samt att slutsatser och lösningar är i enlighet med projektets krav. Föreslagna kontroller för brandskyddsprojekteringen kan integreras i de föreslagna arbetsprocesserna i avsnitt 4.1 och 0.

I byggskedet kan en väl genomförd projektering i BIM-miljö utgöra ett värdefullt redskap för en strukturerad egenkontroll för att säkerställa kvaliteten på den färdiga byggnaden. I dagsläget, med traditionella bygghandlingar, är det ett område som är i starkt behov av förbättring.

5 Fallstudier

För att få en förståelse kring hur väl processerna fungerar i praktiken har fallstudier gjorts i projekt med olika ändamål och BIM mognadsgrad och ambition. Tillgänglig tid och skede i de olika projekten har styrts vilka delar av arbetsprocesserna som applicerats och vilken detaljeringsgrad och informationsmängd som hanterats och kommunicerats. Utgångspunkten har dock varit att testa olika BIM nivåer för att hitta eventuella utmaningar och begränsningar för föreslagna arbetsprocesser och för att identifiera hur en framtida implementering av arbetsprocesserna bör göras över tid.

5.1 Flerbostadshus i Uppsala

Ett större flerbostadshus ska uppföras i centrala Uppsala. Projektet är i ett systemhandlingsskede och projekteringen har pågått under drygt 1,5 år. Projektet leds av NCC. Den brandskyddstekniska projekteringen har gjorts via förenklad dimensionering med inledande kommunikation via brandskyddsbeskrivning och tillhörande brandskisser med orienterande information.

För det modellbaserade projekteringen har fokus varit på visuell återgivning av information i nivå med BIM nivå 1. Projektet samordnades via en gemensam webbaserad projektservr. För brands projektering användes programvaran Revit.

Arkitektens modell användes som underlag för att skapa en brandmodell innehållande brandcellsindelning, utrymningsvägar och placering av vägledande markering. Brandmodellen skapades som ett 3D underlag men med grafisk återgivning i 2D av linjer och markeringar för samtliga plan. Modellen fungerade att länka in till annan disciplin så att denne kan skapa egna vyer och granskningsfunktioner. För intern granskning och för disciplin som inte arbetade modellbaserat levererades underlag även i PDF- och DWG-format.

Slutsats

Slutprodukten med grafik var i nivå med det som tidigare brukade levereras från brand, men kunde även användas för export i PDF- och DWG-format och som underlag i en 3D-modell. Leverans av grafisk information i brandmodellen och med tillhörande brandrelaterade förutsättningar och krav i en brandskyddsbeskrivning bedöms kunna möta BIM nivå 1 då brandrelaterad "content" införs som plangrafik.

5.2 Ny arena i Uppsala

En ny arena med tillhörande kontorsbyggnad ska uppföras i Uppsala. Projektet är i ett systemhandlingsskede och projekteringen har pågått ca 1 år. Brandskyddet har projekterats via analytisk dimensionering och en brandskyddsbeskrivning med tillhörande skisser har upprättats och kommunicerats inom projektgruppen. Projektet har som ambition att arbeta på BIM nivå 2.

Projektet samordnades på en webbaserad projektserver. Genom inledande dialog med arkitekten definierades nödvändiga parametrar för brandprojektering i arkitektens modell. Stegvis inkluderades mer parametrik och tillhörande värde under projektets framdrift. De första parametrarna som inkluderades var brandklass för dörrar och väggar, fri bredd för dörrar i utrymningsväg, utrymningsväg för rumsobjekt. Under den fortsatta projekteringen inkluderades även parametrar och värden för brandlarm, nödbelysning, sprinkler och utrymningslarm. Arbetsprocessen fortlöpte enligt föreslagen arbetsprocess enligt avsnitt 4.1. Som komplement till parametrikhanteringen (via Excel-listor) upprättades en brandmodell i Revitformat med grafik, så som brandcellsgränser och vägledande markering, som kunde länkas in till andra discipliners modeller. Vid leveransen levererades även underlaget i PDF- och DWG-format.

Slutsats

Föreslagen arbetsprocess enligt avsnitt 4.1 har möjlighet att uppnå BIM nivå 2, men det finns ett beroende av export/import av värden i form av Excel-listor. Tyvärr var tillgänglig export/import funktion i Revit inte tillfredställande vilket är en förutsättning för ett fungerande informationsflöde. Med hänsyn till detta utvecklades ett specifikt export/import API till Revit för att hantera och säkerställa informationsflödet av brandrelaterad information. Under projektet uppmärksammades även de organisatoriska utmaningarna som föreligger med att börja projektera i BIM; det krävs mer planering, bättre förberedelse och mer intern samordning inför leveranser.

5.3 Ny högskola i Västerås

En ny högskola ska uppföras i Västerås där ny- och tillbyggnad görs. Projektet är i slutskedet av bygghandlingsprojekteringen. Brandskyddet har projekterats via analytisk dimensionering och en brandskyddsbeskrivning med tillhörande skisser har upprättats och kommunicerats inom projektgruppen. Projektet har som ambition att arbeta på BIM nivå 2.

Projektet samordnades via en webbaserad projektserver och brand använde Revit som verktyg. Inledande projektering fokuserade på granskning av övriga discipliners handlingar med hänsyn till det sena skedet brand kom in i processen och att skapa grafik i en separat brandmodell via i 2D planer. Syftet var dock att skapa brandrelaterad parametrik i andra discipliners modeller, men det fanns en osäkerhet inom projekteringsgruppen kring brands kunskapsnivå och förmåga. Under skedets senare del ändrades arkitektmodellens struktur och i och med detta erbjöds brand att få med några få brandrelaterade parametrar kopplat till brandklass på väggar och dörrar.

Leveransen bestod av en brandmodell i Revitformat och underlag i PDF-format med grafisk återgivning av brandcellsindelning, brandteknisk klass på dörrar och markering av utrymmen som utgör utrymningsvägar.

Slutsats

På grund att brand kom in sent i processen var det lågt intresse från övriga discipliner att få in all den information brand önskade. Arbetsprocessen beskriven i avsnitt 4.1 fungerade i praktiken trots projektets skede. Dock behövs det en tydlig kommunikation och förklaring kring hur brands information ska inkluderas i olika discipliners modeller och att övriga discipliner har en vilja att göra så. Motståndet belyser de utmaningar som finns utifrån både legala och ansvarsmässiga perspektiv och det kan upplevas att det skapar merarbete för en enskild disciplin även om totala arbetsinsatsen i projektet blir mindre. Det är väsentligt att planera och tydliggöra vilken typ och i vilken omfattning information ska införas i modellen samt att det blir en tydlig ansvarsfördelning mellan olika discipliner i ett projekt.

5.4 Flerbostadshus i Uppsala

För att under möjligheten att projektera via ett mer centraliserat och kollaborativt arbetssätt, motsvarande BIM nivå 3, har utvärdering gjorts i ett projekt för ett flerbostadshus i Uppsala. Brand som disciplin har fått möjlighet att vara med från starten och etablera en bra kontakt med projektets BIM strateg och olika discipliners BIM-samordnare.

I projektet kan brand använda sig av projektets gemensamma modeller med datahantering via en molnbaserad server. Samtliga discipliner har tillgång till arkitektens modell så att det går att lägga på information direkt i berörd geometri utan att behöva exportera/importera data mellan olika discipliners modeller.

För att få in de parametrar brand använder i projektet upprättades initialt en lista med aktuella parametrar. Arkitektens BIM-samordnare la in parametrarna i modellen och synkroniserade modellen mot molnet. Brand som disciplin kan själv definiera och inkludera parametrarna i modellen, men för att underlätta samordning och kontroll så överläts detta till BIM-samordnaren i projektet.

Leveransen är en synkroniserad modell som innehåller all data och geometri.

Slutsatser

Att arbeta modellbaserat via molnlösning (BIM nivå 3) är det mest ideala sättet att genomföra implementering av brandprojektering i BIM-miljö. En av de största fördelarna är att ingen aktör i projektet behöver vänta på den senaste informationen, utan leverans sker kontinuerligt och skapar ett bättre informationsflöde mellan olika discipliner.

Eftersom alla arbetar mot en och samma modell är det dock extra viktigt med samma utgåva av programvara. Om någon aktör arbetar med en äldre utgåva påverkas modellens kompatibilitet och modellen blir inte tillgänglig för samtliga. Samma gäller om någon arbetar i en nyare version.

6 Framgångsfaktorer och framtida utvecklingsbehov

Digitaliseringen och utvecklingen av BIM-baserade arbetsflöden leder till att många aktörer tillsammans kan arbeta effektivare och det finns stor potential att skapa stora vinster för alla inblandade i byggprocessen. Cerovsek (2011) pekar på några faktorer som är helt avgörande för att kunna implementera BIM. De tre viktigaste områdena enligt Cerovsek (2011) är standardisering för att skapa en bas för vidare utveckling, interoperabilitet mellan olika programvaror och att livscykelperspektivet för BIM-modeller och data beaktas. Kopplat till dessa områdena finns flera viktiga komponenter som måste säkerställas för att inte begränsa utveckling och implementering av brandskyddsprojektering i BIM-baserade arbetsprocesser.

I andra länder har man bland annat identifierat kritiska framgångsfaktorer kopplat till ansvarsfrågor, legala aspekter, rådande affärsmodeller, organisatoriska och kompetensmässiga förutsättningar och tekniska utmaningar som kan begränsa utvecklingen och implementeringen enligt Eadie, McLernon & Patton (2015) och Olatunji (2011). I Sverige har liknande undersökningar gjorts för att visa på framgångsfaktorer för lyckad implementering enligt Bosch (2016). Som tillägg till den internationella genomgången är även regelstruktur och kontrollfunktioner kritiska framgångsfaktorer. Nedan sammanfattas några av de huvudsakliga framgångsfaktorerna som behöver beaktas under det framtida utvecklingsarbete för att kunna förändra dagens arbetsätt och för att öka sannolikheten för lyckad implementering av föreslagna arbetsprocesser för brandskyddsprojektering i en BIM-miljö inom hela byggbranschen.

6.1 Standardisering och interoperabilitet

Behovet av standardiseringen är stort ur flera olika aspekter. Till exempel är det viktigt att data, specifikationer och krav går att matcha mot det innehåll som avses byggas in i olika byggnader och anläggningar. För ett effektivt utbyte mellan olika skeden är det viktigt att parametrar och egenskaper redovisas i standardiserat format. Det ställer också krav på harmonisering av begrepp och nomenklatur så att dessa fungerar med digitala verktyg och med olika utbytesformat så att informationen kan följa med en byggnad eller anläggning under hela dess livscykel.

Standardiseringen kopplat till BIM sker huvudsakligen inom BuildingSMART respektive ISO och motsvarande spegelgrupper inom CEN. Samarbete sker mellan dessa organisationer. BuildingSMART äger IFC-formatet och utvecklar det, samtidigt som de har formella samarbeten med ISO.

Standardiseringen knyter an till flera andra framgångsfaktorer och blir viktiga nycklar i det nödvändiga utbytet mellan olika aktörer. Detta är aktuellt för att säkerställa interoperabilitet mellan olika system. I standardiseringen inom ISO arbetar man med interoperabilitet i tre huvudområden; *data dictionary*, *process map* och *exchange requirements* (ER) och *data model*. Dessa definieras i EN ISO 12003-3 som bland annat handlar om termer och nomenklatur, EN ISO 29481 som handlar om arbetsprocesser respektive EN ISO 16739 som handlar om datahantering.

För att komma framåt med standardiseringen av brandskyddsrelaterad information i modellformat bör detta ske på en internationell arena och drivas branschgemensamt. Här spelar IFC format en stor betydelse i form av ett standardiserat neutralt och öppet filformat som möjliggör samordning, och i förläningen samgranskning, av olika discipliners modeller, oberoende av vilken mjukvara de skapats i. Det är således kritiskt att det i kommande versioner av IFC skapas en "Model View Definition" kopplad till brandskydd. Detta så att både brandrelaterad information i form av styrande parametrar och parametrisk information/värde och analysresultat kopplat till brandförloppsutredningar och utrymningsanalyser kan kommuniceras mellan olika parter, oberoende av använd mjukvara.

6.2 Ansvar och legala perspektiv

Ansvarsfrågan är en avgörande aspekt och handlar dels om olika aktörers roller och vad som händer vid eventuella tvister, fel och misstag under projektering och utförande. Även själva bygglovsprocessen i sig ställer specifika krav. Arbete i BIM-miljö förändrar ansvaret kring presenterade lösningar och leveranser, vilket också innebär att avtalsstrukturer och vilka handlingar som ses som gällande vid avtalsskrivning bör ses över och eventuellt förändras. Det uppkommer även nya risker vad gäller säkerhetsfrågor. Hur ska exempelvis stöld av data eller attacker som skadar data hanteras? Utmaningen finns redan idag, men bedöms bli större ju mer digital byggprocessen blir. Behörigheter och rätt nivå på åtkomst av data behöver styras i varje enskilt projekt, men bör så långt som möjligt följa standardiserade förhållningssätt. Vidare behöver även ansvarsfrågan mellan byggherre och förvaltare av ett byggnadsverk tydliggöras så att det säkerställs att de har kompatibel programvara för att hantera data över tid och mellan olika skeden i en byggnads livscykel. Framtidssäkring av data är därför nödvändig. Med rätt information i ett standardiserat format säkerställs nyttan i senare skeden för byggnaden vilket skapar möjligheter för ett bättre och mer effektivt underhållsarbete via nya utvecklade tjänster kring exempelvis systematiskt brandskyddsarbete.

6.3 Förändrade affärsmodeller

Genom modellbaserad projektering och utvecklad datahantering via gemensamma databaser skapas möjlighet för automatisering av olika moment inom projektering och utförande. Detta kan (och bör) generera stora tidsvinster för hela projektet. Men, med dagens affärsmodell, som primärt utgår från att sälja kompetens via timmar, saknas det affärsmässiga incitamenten för att främja effektiviseringen. För att verkligen lyckas med implementering av BIM behövs således nya affärsmodeller utvecklas för alla aktörer i byggbranschen och implementeras som värdesätter kompetens på annat sätt än antal nerlagda timmar i ett projekt och som även erbjuder ett "vinna-vinna" perspektiv för alla inblandade aktörer.

6.4 Roller och organisation

Arbetsprocesser i BIM-miljö kräver även annan kompetens inom delvis nya områden. Det behövs nya roller inom en organisation som har kunskap kring modellhantering och datahantering. Roller som idag oftast inte finns hos brandkonsulter. Detta kommer utmana befintliga strukturer och inarbetade arbetssätt. Men det är nödvändigt med en organisatorisk förändring och nya roller för att följa med i den digitala utvecklingen som sker i byggbranschen och för att kunna dra full nytta av ett modellbaserat arbetssätt.

Det krävs även en tillräcklig grad av kollektiv förståelse kring begrepp och koncept samt att viljan finns för samverkan mellan olika aktörer för att pådriva utvecklingen och implementeringen i byggbranschen och i synnerhet i brandkonsultbranschen.

6.5 Behov av teknisk utveckling

Den tekniska utvecklingen av digitala verktyg har stor potential att utveckla den traditionella brandskyddsprojekteringen och skapa bättre informationsflöde, tydligare kommunikation och presentera rätt information vid rätt tid. Detta till berörd aktör, i respektive skede i byggprocessen och i förlängningen byggnadens eller anläggningens hela livscykel. Verktyg och programvara som används behöver dock vara kompatibla med varandra så att olika discipliner och aktörer kan kommunicera och arbeta effektivt i samverkan. Med avseende på teknik handlar det om att skapa ett system som är neutralt i förhållande till vilken mjukvara som används.

Det finns även stora möjligheter med ny teknik inom till exempel Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) och sensorområdet som kan påskynda implementeringen av brandskydd i ett mer digitalt format. Både VR och AR kan användas för att underlätta kommunikation och skapa bättre förutsättningar för gemensam problemförståelse mellan olika parter. Exempelvis kan räddningstjänsten erbjudas bättre förståelse för brandskyddet i byggnaden vid en insats. Vinsterna med VR har bland annat undersökts i ett tidigare projekt finansierats av SBUF (Roupé, Johansson, & Tallgren, 2017).

Styr och övervakning utgör ofta en viktig del av brandskyddet och har en stor potential att tillsammans med brand som disciplin utvecklas via framtidadigitala verktyg.

6.6 Framtida regel- och kontrollstrukturer

Regel- och kontrollstrukturer påverkar möjligheterna för att införa nya arbetsprocesser för BIM. Dagens svenska byggregler, som är komplexa i sin natur kan vara svåra att beskriva via exekverbar programkod och få in i en datormodell. Detta skapar hinder för automatisering av kontroll och regelefterlevnad och påverkar kvalitetssäkringen negativt. Men det finns en stor potential i att möjliggöra effektivare regelkontroller. Vissa regler kan vara lättare än andra att kontrollera. Speciellt om reglerna har en högre detaljnivå. Dock är detta en utmaning för brandskyddsområdet där det finns en uppdelning i förenklad respektive analytisk dimensionering.

Praktiska exempel ett proaktivt arbete med byggreglerna finns bland annat i Norge. I Norge har arbetet med att digitalisera byggreglerna pågått under de senaste två decennierna och under senaste året har brandskyddsreglerna reviderats för att skapa bättre logik i regelstrukturen. På sätt finns det nu framtida möjlighet för utveckling av automatiserad regelkontroller.

7 Slutsatser

Utifrån den inledande informationsinsamlingen via litteraturgenomgång och djupintervjuer med olika aktörer i byggbranschen har två olika arbetsprocesser kopplat till brandskyddsprojektering i BIM-miljö utvecklats. Arbetsprocesserna har utarbetats för olika mognadsgrader av BIM och fokus har varit på projekt som befinner sig på BIM nivå 2 respektive på BIM nivå 3.

För respektive arbetsprocess har kritiska moment identifierats och förslag på hantering presenterats kopplat till rådande tekniska, organisatoriska och ansvarsmässiga förutsättningar. De olika arbetsprocesserna har fokuserat på att säkerställa fungerande projekterings- och informationsflöden för brandskyddsteknisk information. Detta så att både brandrelaterad information, i form av parametrar och tillhörande parametrisk information/värde samt visuell återgivning av olika brandskyddsrelaterade funktioner kan kommuniceras inom ett projekt. Beroende på projekteringsstadium har förslag på olika nivåer av information definierats. Baserat på styrvariabler och olika kravparametrar med specifika värden (exempelvis EI 60) tydliggörs de gällande brandskyddskraven för en byggnad eller anläggning utifrån aktuell skyddsnivå.

De olika arbetsprocesserna har vidare utvärderats i pågående projekt för att identifiera styrkor och svagheter och dra lärdom kring hur en framtida implementering inom byggbranschen bör gå till. Kopplat till utvecklingen av olika arbetsprocesser har även olika funktioner för kontroll och granskning samt automatiserad regelkontroll undersökt och beskrivits översiktligt i förhållande till arbetsprocesserna.

För projekt som är på BIM nivå 2 krävs stort behov av samordning mellan olika discipliner och att brandprojektörer tillåts specificera brandskyddsrelaterade parametrar i respektive disciplins modell. För att återge visuell information så som brandcellsgränser, utrymningsvägar och placering av exempelvis vägledande markering upprättas en separat brandmodell med aktuell plangrafik som kan länkas in i övriga discipliners modeller eller utgöra en del av en samordningsmodell.

För projekt som är på BIM nivå 3 sker projekteringen via molnbaserad databas och i en gemensam modell. Brandskyddsrelaterad information och krav definieras som parametrar i både modell och som information i en projektgemensam databas. I den gemensamma modellen definieras brandrelaterad plangrafik så som släckutrustning, vägledande markering brandcellsindelning. Ett arbetsflöde via en gemensam databas och modell erbjuder bättre informationsflöde med möjlighet till realtidsuppdaterad information och större potential för framtida utveckling av funktioner för kontroll och granskning.

För att driva utvecklingen framåt och lyckas med en framgångsrik implementering har även kritiska framgångsfaktorer och framtida utvecklingsbehov identifierats, som i många avseende är väsentliga för hela byggbranschen. De mest kritiska faktorerna är:

- Behov av ökad kunskap inom brandkonsultbranschen kring BIM som koncept och modellbaserad projektering,
- Stort behov av att standardisera begrepp, processer och datahantering inom hela byggbranschen och framför allt inom brandskydd,
- Att det i kommande versioner av IFC skapas en "Model View Definition" kopplad till brandskydd för att få ett programneutralt utbytesformat av data. Detta så att både brandrelaterad information i form av styrande parametrar och analysresultat kan kommuniceras oberoende av använd mjukvara,
- Behov av förändrade affärsmodeller som beaktar kvalitet, effektivisering och erbjuder ett "vinna-vinna" perspektiv för alla inblandade aktörer i ett projekt,
- Tydligare ansvarsfördelning och samarbete mellan olika aktörer och att legala aspekter följer med i digitaliseringens spår för alla aktörer i ett projekt,
- Framtida byggregler revideras utifrån struktur, innehåll och format för att få ökad logik och skapa möjlighet att göra exekverat datakod av våra brandskyddsregler.

8 Referenser

- Albertsson, T., & Lidén, L. (2014). Gemensamma kravnivåer på BIM hos statliga aktörer. Autodesk Labs: Project Scorch. (n.d.). Retrieved from <https://beta.autodesk.com/welcome/key/D4L4D1MQM7K9X7CN>
- BIMforum. (2017). Level of Development (LOD) Specification for Building Information Models – Part I. Retrieved from <http://bimforum.org/lof/>
- Bipkoder. (n.d.). Retrieved from <http://www.bipkoder.se>
- Bosch, P. (2016). Hinder och drivkrafter för BIM i medelstora entreprenadföretag. SBUF-rapport 13069. Retrieved from <http://ezproxy.leedsbeckett.ac.uk/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsswe&AN=edsswe.oai.DiVA.org.hj.31183&site=eds-live&scope=site>
- Bosch, P., Isaksson, A., Lennartsson, M., & Linderoth, H. (2016). Hinder och drivkrafter för BIM i medelstora entreprenadföretag. SBUF-rapport 13069. Retrieved from <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:951327/FULLTEXT02>
- Boverket. (2015). *Dokumentationssystem för byggprodukter vid nybyggnation, Rapport 2015:46*. Karlskrona.
- buildingSMART. (2018). buildingSMART Data Dictionary. Retrieved from <http://bsdd.buildingsmart.org/>
- Candela, B. Y. G. (2015). Future of Engineering Taking BIM to the next level, (November), 2015.
- Cerovsek, T. (2011). A review and outlook for a “Building Information Model” (BIM): A multi-standpoint framework for technological development. *Advanced Engineering Informatics*, 25(2), 224–244. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2010.06.003>
- Choi, J., Choi, J., & Kim, I. (2014). Development of BIM-based evacuation regulation checking system for high-rise and complex buildings. *Automation in Construction*, 46, 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.12.005>
- Dimyadi, J., Clifton, C., Spearpoint, M., & Amor, R. (2014). Computer-aided Compliance Audit to Support Performance-based Fire Engineering Design. *Proceedings of 10th International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods*, (November). <https://doi.org/10.13140/2.1.5142.7521>
- Eadie, R., Mclernon, T., & Patton, A. (2015). an Investigation Into the Legal Issues Relating Tobuilding Information Modelling (Bim). *Rics Cobra Aubea 2015*, (July), 8. Retrieved from [http://www.rics.org/Global/An Investigation into the Legal Issues Relating to Building Information Modelling.pdf](http://www.rics.org/Global/An%20Investigation%20into%20the%20Legal%20Issues%20Relating%20to%20Building%20Information%20Modelling.pdf)
- EUBIM Taskgroup. (2017). *Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector*.
- Forbes, L., & Ahmed, S. (2010). *Modern construction: lean project delivery and integrated practices*.

- Holzer, D. (2016). Chapter 1 : Best Practice BIM. *The BIM Manager's Handbook: Guidance for Professionals in Architecture, Engineering, and Construction*, 11–42. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=mqnQCwAAQBAJ&pgis=1>
- Inter Nordic Standardization (INSTA). prINSTA/TS 952 Fire Safety Engineering – Review and Control in the Building Process (2018).
- International Organization for Standardization. ISO 12006-3:2007 Preview Building construction -- Organization of information about construction works -- Part 3: Framework for object-oriented information (2007).
- International Organization for Standardization. ISO 13943:2017 Fire safety – Vocabulary (2017).
- Ismail, A. S., Ali, K. N., & Iahad, N. A. (2017). A Review on BIM-Based Automated Code Compliance Checking System. *International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS)*.
- Jongeling, R. (2008). BIM istället för 2D-CAD i byggprojekt En jämförelse mellan dagens byggprocesser baserade.
- Jongeling, R., & Norberg, H. (2017). *Bestämningsgrad för Informationsleveranser*.
- Lee, H., Lee, J. K., Park, S., & Kim, I. (2016). Translating building legislation into a computer-executable format for evaluating building permit requirements. *Automation in Construction*, 71, 49–61. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.04.008>
- McConahey, B. Y. E., & Lyzun, J. (2013). Managing the dark zones of the building, (October), 46–51.
- Olatunji, O. A. (2011). A preliminary review on the legal implications of BIM and model ownership. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 16(August 2010), 687–696. <https://doi.org/http://www.itcon.org/2011/40>
- Regeringen - Näringsdepartementet. (2017a). Uppdrag att komplettera förslag om dokumentationssystem för byggprodukter vid nybyggnation, N2017/04495/PBB.
- Regeringen - Näringsdepartementet. Uppdrag att verka för en enhetlig digital tillämpning av plan- och bygg lagen (2017).
- Roupé, M., Johansson, M., & Tallgren, M. V. (2017). *Virtuell Produktions Modell i Skala 1:1 på Byggarbetsplatsen. SBUF Rapport 13033*.
- Shino, G. K. (2013). BIM and fire protection engineering. *Consulting-Specifying Engineer*, 50(3), 34–41.
- Society of Fire Protection Engineers (SFPE). (2011). Building Information Modeling and Fire Protection Engineering, Position Statement P-05-11. Retrieved from https://c.ymcdn.com/sites/sfpe.site-ym.com/resource/collection/4BF68F67-A493-4737-8E84-1247C90AF8D1/111023_SFPE_BIM_POSITION_STATEMENT_Final.pdf
- Solihin, W., & Eastman, C. (2015). Classification of rules for automated BIM rule checking development. *Automation in Construction*, 53, 69–82. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.003>

-
- Svensk Byggtjänst. (2016). *CoClass – Nya generationen BSAB Klassifikation och Tillämpning*.
- Sveriges Kommuner och Landsting (SKL). (2017). *BIM – digitalisering av byggnadsinformation*.
- Taciuc, A., & Dederichs, A. S. (2014). Development of IFC Based Fire Safety Assessment Tools, (May).
- Trafikverket. (2018). *Digitaliseringens möjligheter*.
- Wang, B., Li, H., Rezgui, Y., Bradley, A., & Ong, H. N. (2014). BIM based virtual environment for fire emergency evacuation. *Scientific World Journal*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/589016>
- Wang, S.-H., Wang, W. W.-C., Wang, K. K.-C., & Shih, S. S.-Y. (2015). Applying building information modeling to support fire safety management. *Automation in Construction*, 59, 158–167. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.02.001>
- Westerlund, M. (2013). *Tydliga rollbeskrivningar underlättar BIM-arbetet*. OpenBIM. Stockholm. Retrieved from http://www.bimalliance.se/library/2637/tydliga_rollbeskrivningar_underlattare_bi_marbetet_webb.pdf