

BIV:s Rapport 2019:1

CFD-beräkningar vid brandteknisk dimensionering - En Round Robin studie

*Nils Johansson
Christian Pelo
Johan Anderson
Robert Jansson McNamee*

Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap,
officiell svensk avdelning i Society of Fire Protection Engineers



www.sfpe-biv.se



BIV:s Rapport 2019:1

CFD-beräkningar vid brandteknisk dimensionering – En Round Robin studie

Nils Johansson
Christian Pelo
Johan Anderson
Robert McNamee

INLEDNING

I denna rapport redovisas en jämförande beräkningsstudie, en så kallad Round Robin, inom området brandteknisk dimensionering. En styrgrupp inom BIV har genomfört studien där nio anonyma beräkningsteam inom brandkonsultbranschen deltagit.

Styrgruppen har bestått av följande personer:

Nils Johansson, LTH
Christian Pelo, Ramboll
Johan Anderson, RISE
Robert McNamee, Brandskyddslaget (sammankallande)

Vi vill framföra ett stort tack till styrgruppen, alla som deltagit i Round Robin studien samt Petra Andersson från RISE och BIVs styrelse som hjälpt till och korrekturläst manuskriptet.

Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap, BIV, februari 2019

Robert McNamee
Ordförande

Håkan Frantzich
Styrelseledamot ansvarig för forskningsfrågor

SAMMANFATTNING

Föreningen för Brandteknisk Ingenjörsvetenskap (BIV) har genomfört en s.k. Round Robinstudie inom beräkningsområdet CFD. I studien utförde nio deltagande aktörer samma beräkningsuppgifter utan att veta vad de andra kommit fram till. Resultat-sammanställningen visar en relativt stor spridning som till största delen kan förklaras med att deltagarna gör olika ingenjörsmässiga val.

De två beräkningsfall som ingick i studien valdes för att utvärdera två olika processer, tiden till aktivering för ett sprinklersystem i en enkel geometri samt tiden till kritiska förhållanden för en lokal med komplex geometri. Vid beräkningarna av tid till aktivering var resultaten mellan 275 till 386 sekunder mellan deltagarna där deltagare F, G och H har kortare aktiveringstider jämfört med de sex andra deltagarna som var relativt lika. Huvudanledningen till denna spridning var att deltagare F och H använde FDS egen funktion för att beräkna sprinkleraktivering vilket i detta fall gav kortare tider än om man använder det separata programmet Detact-T2. Deltagare F och G använde också funktionen "spread rate" och ett något högre värde än den föreskrivna tillväxthastigheten på $0,012 \text{ kW/s}^2$ vilket också ledde till kortare aktiveringstider vilket inte är konservativt i detta fall.

Beräkningsfall 2 var en beräkning av tid till kritiska förhållanden i en riktig byggnad. Vid denna beräkning ser vi stora skillnader i resultat. Tid till kritiska förhållanden för 10 meters sikt varierar mellan 63 och 124 sekunder medan motsvarande intervall för 5 meters sikt är 80-140 sekunder. Även här har några av deltagarna beskrivit branden på lite olika sätt i beräkningsmodellen, men det går inte att lyfta fram någon enskild parameter som orsak till den stora variationen.

Den enda tydliga vägledningen som kan ges för tillfället är att man ska vara noggrann med hur man definierar branden. Det är svårt att dra några andra tydliga slutsatser från studien men den illustrerar hur komplexa riktiga scenarier blir och att fortsatt kartläggning av variationer vid beräkningar bör genomföras. Detta för att vid behov förslå åtgärder för att minska osäkerheterna i resultat vilket tex krav på någon form av utbildning, certifiering, bättre vägledningsdokument etc.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Bakgrund	1
2	Metod	4
3	Beskrivning av deltagare	5
4	Beskrivning av simuleringsuppgift	7
4.1	Case 1	7
4.2	Case 2	8
5	Resultat och analys	9
5.1	Case 1	9
5.2	Case 2	13
5.3	Enkät	16
6	Diskussion och Slutsats	20
7	Områden att studera i framtiden	22
	Referenser	23
	Bilaga A – Deltagare i förhållande till föregående studie	24
	Bilaga B – Brev: Scenario till simuleringsuppgift	27
	Bilaga C – Brev: Rekrytering	28
	Bilaga D – Beskrivning av case till deltagare	29

1 BAKGRUND

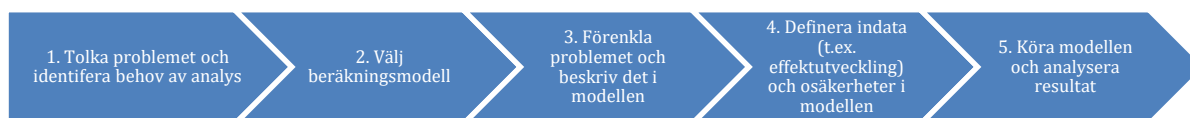
Tidigare var olika typer av handberäkningsmetoder det enda alternativet för kvantitativa brandtekniska analyser. Numera finns det dock flera olika typer av datormodeller tillgängliga och de senaste decennierna har användningen av datormodeller vid brandteknisk dimensionering ökat snabbt. Fältmodellen, *Fire Dynamics Simulator* (FDS) är idag den mest använda datormodellen för brandgasfyllnadsberäkningar i Sverige [1]. FDS är utvecklat av NIST i USA och har utvärderats och validerats noggrant vid flera tillfällen. Modellen har visats sig kunna prediktera brandgasspridning och brandgastemperatur i flerrumsgeometrier [2].

Vid användandet av komplexa modeller som alltid generar någon form av utdata som kan omsättas till ”vackra bilder” som FDS kan en så kallad ”Black Box Effect” uppstå vilket innebär att det är svårt för användaren att analysera tillförlitligheten i resultatet då det inte är lätt att förstå hur modellen fungerar. Därför är det viktigt att användaren känner till det fenomen som modelleras (i detta fall branddynamik) och hur programmet fungerar för att kunna specificera lämplig indata, använda lämpliga funktioner och tolka resultatet. Ett exempel på detta är modellering av brandplymer i FDS. Förhållandet mellan effekten per ytenhet och beräkningsnätets finmaskighet måste vara inom ett visst intervall annars blir plymen ovanför det som brinner onaturlig. Detta är något som en person med god kunskap om branddynamik bör kunna upptäcka.

I en Round Robin studie för beräkningar genomför ett antal oberoende organisationer eller enskilda användare samma beräkning. Några av dessa studier har visat en stor variation mellan olika användare trots att alla fick samma uppgift och information. Ett exempel på en sådan studie är den Round Robin som gjordes i samband med Dalmarnockstesterna i Skottland [3], där sju deltagande expertgrupper blev ombudade att utföra separata beräkningar av samma brandscenario. De fick information om bränsle (dvs möblering och inredning), rumsutförande och andra byggnadsegenskaper. Deltagarna bestämde själva vilken beräkningsmodell de skulle använda och hur brandtillväxten och brandspridningen skulle modelleras. Resultaten från samtliga expertgrupper analyserades och det visade sig att brandgaslagrets medeltemperatur avvek med 20-500% jämfört med data från testerna. Experterna gjorde sedan om sina simuleringar men med information om brandeffekten, då reducerades avvikelserna till 10-50%. När det gäller enskilda temperaturmätningar så avvek de med 20-800% i de första simuleringarna, och i de efterföljande med 20-200%.

Avvikelsen från testdata och variationen mellan deltagarna kan vid första anblicken anses vara orimligt stor. Utan att hävda att variationen är rimlig, så kan det ändå konstateras att deltagarna ställdes inför en mycket svår uppgift och en stor variation bör vara förväntad när deltagarna kan välja beräkningsmodell och behöver uppskatta brandspridning och brandeffekt. Scenariot som simulerades i den skotska studien skiljer sig markant ifrån det som brandkonsulter gör i sitt dagliga arbete med FDS. Dock ger resultatet en uppfattning om den variation som kan uppkomma vid denna typ av beräkningar. Det är emellertid svårt att veta var i beräkningsprocessen som variationen i resultat uppkommer, vilket är av intresse om variationen ska kunna påverkas.

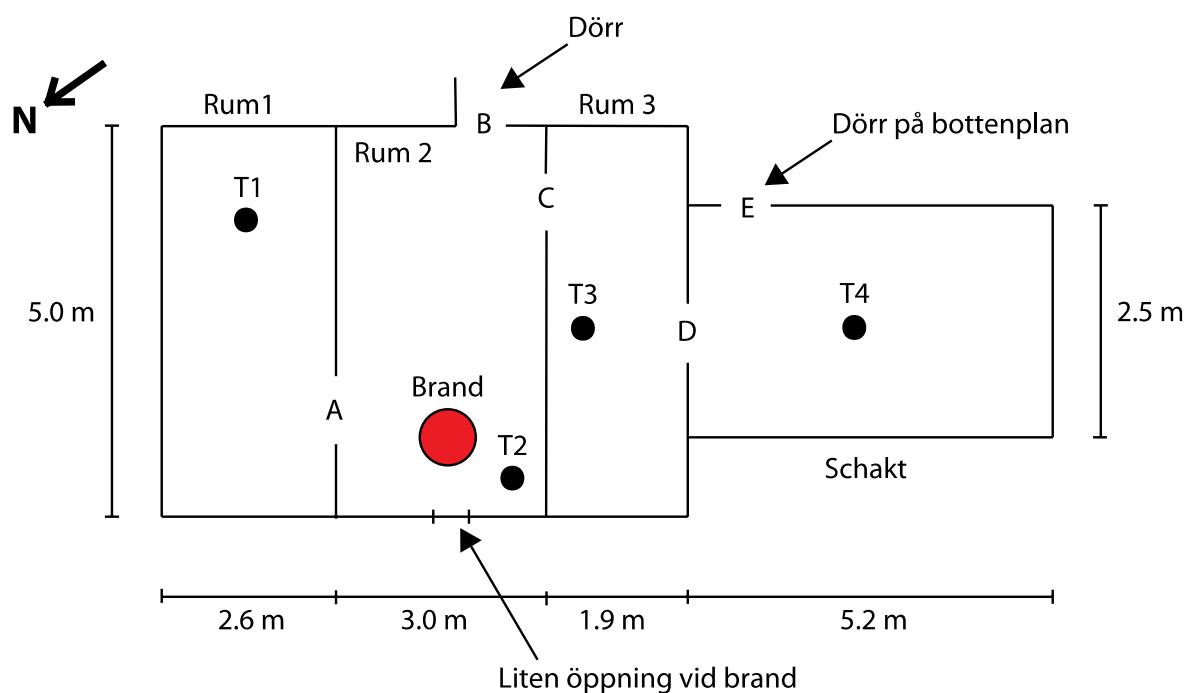
Ett sätt att minska variationen är att föreskriva brandeffekten vilket vi i Sverige gjort i samband med införandet av BBRAD [4]. Ytterligare ett sätt att minska den totala osäkerheten är att använda en enhetlig analysstruktur. Ett exempel på struktur av beräkningsprocessens olika delar redovisas i Figur 1.



Figur 1: Olika delar i beräkningsprocessen vid brandtekniska beräkningar.

I ett examensarbete vid Lunds Tekniska Högskola [1, 5] har en Round Robin studie genomförts där bara en begränsad del av beräkningsprocessen, "3. Förenkla problemet och beskriv det i modellen" och "4. Definiera indata", enligt Figur 1, studerats. I examensarbetet genomförde åtta erfarna brandkonsulter i Sverige en simulering med FDS. Deltagarna utförde uppgiften a priori, vilket innebär att simuleringarna utfördes utan tillgång till något försöksresultat. Deltagarna fick en beskrivning av scenariot och typen av bränsle och dess massförlustnivå. Deltagarna var dock ansvariga för att ta fram lämplig indata baserat på problembeskrivningen, köra simuleringen och leverera utdata.

Varje firma deltog med en brandprojektör med i genomsnitt fyra års erfarenhet av brandprojektering. Samtliga deltagare hade en examen inom brandteknik och alla hade varit involverade i minst 10 projekt där de använt CFD. Mer bakgrundsinformation om deltagarna finns tillgänglig i bilaga A.



Figur 2: Layout på Round Robin genomförd vid LTH [1, 5].

Utifrån resultatet från studien kan det konstateras att resultatet varierar mycket mellan deltagarna även om indata var väldefinierad. Det fanns relativt stora skillnaderna i hur bränslet och brännaren beskrevs i FDS, vilket resulterade i stora skillnader i effektutveckling. Dessutom gjorde flera av deltagarna en del mindre misstag när de satte upp sina indatafiler. Totalt resulterade detta i en betydande variation i de beräknade parametrarna. Det är viktigt att betona att små variationer i princip är oundvikliga vid brandteknisk projektering och att det inte nödvändigtvis är ett problem. Men direkta felaktigheter är självfallet inte bra. Studien fokuserade på en del i processen och gav deltagarna relativt detaljerad information om de rådande förhållandena. Trots det så var skillnaderna mellan deltagares beräkning av temperaturökning mer än 50%. Detta är betydligt mer

än den modellosäkerhet på 5-20% som kan förväntas för denna typ av beräkningsmodeller [2]. Dock ska dessa siffror inte jämföras direkt med varandra utan vidare analys men det visar ändå på vikten av att studera och lyfta fram den variation som finns bland användarna som en del av den totala osäkerheten.

Studien följdes upp med en enkätundersökning till deltagarna och där framkom det bland annat kritik kring det använda sceneriet, bl.a. ansågs geometrin inte motsvara en geometri som normalt analyseras i FDS samt att sättet som effektutvecklingen var beskriven på (d.v.s. med massavbrinning) inte är något som normalt används vid brandprojektering. På grund av detta kan det ifrågasättas i fall den påträffade variationen mellan deltagarna i studien motsvarar en eventuell variation vid ett scenario som är mer likt det som studeras i brandprojektering. Nästa steg är därför att genomföra ytterligare Round Robin studier med scenarier som förekommer oftare vid brandtekniska beräkningar. I denna rapport presenteras resultatet av en sådan studie, som administrerats och genomförts av en styrgrupp inom Föreningen för Brandteknisk ingenjörsvetenskap (BIV).

2 METOD

Studien är genomförd i fem steg:

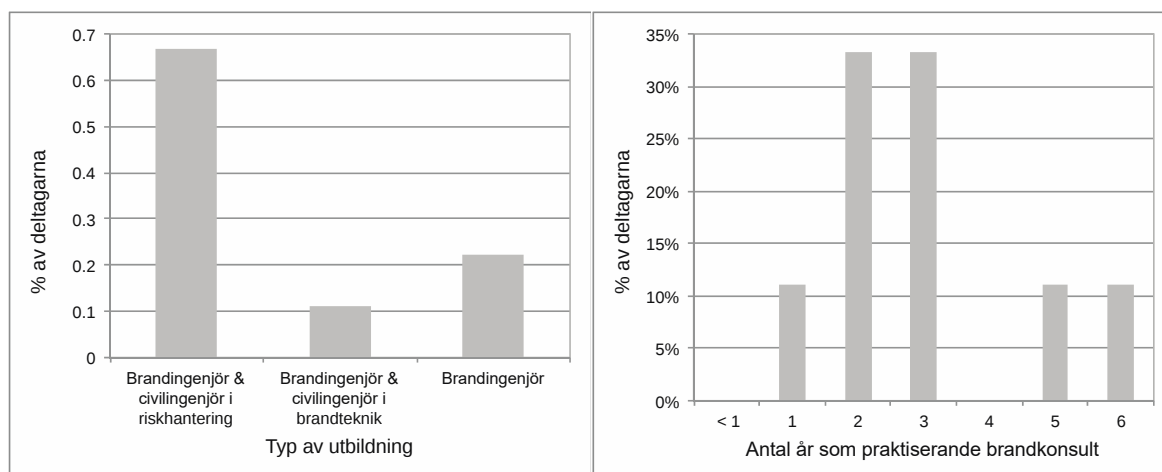
1. Insamling av förslag på simuleringsuppgift
2. Upprättande och beskrivning av simuleringsuppgift
3. Rekrytering av deltagare
4. Presentation av simuleringsuppgift för deltagarna och start av Round Robin
5. Insamling och analys av data

Information om studien presenterades första gången som en poster i samband med konferensen Brandskydd 2017. I postern presenterades studien och syftet med att genomföra den, likaså efterlystes förslag på beräkningsuppgifter som kunde ingå i studien. Ungefär samtidigt skickades även en uppmaning ut till BIV:s medlemmar att inkomma med förslag på simuleringsuppgift (se bilaga B). Styrgruppen valde sedan ut beräkningsfall 2 från de inskickade förslagen. Beräkningsfall 1 som har ett enklare upplägg definierades av styrgruppen.

Vid rekrytering av deltagare till studien användes BIV:s nyhetsbrev samt LinkedIn. Dedikerade e-mail till teknikansvariga på de största svenska brandkonsultfirmorna skickades också ut. Det brev som användes vid rekrytering återfinns i bilaga C.

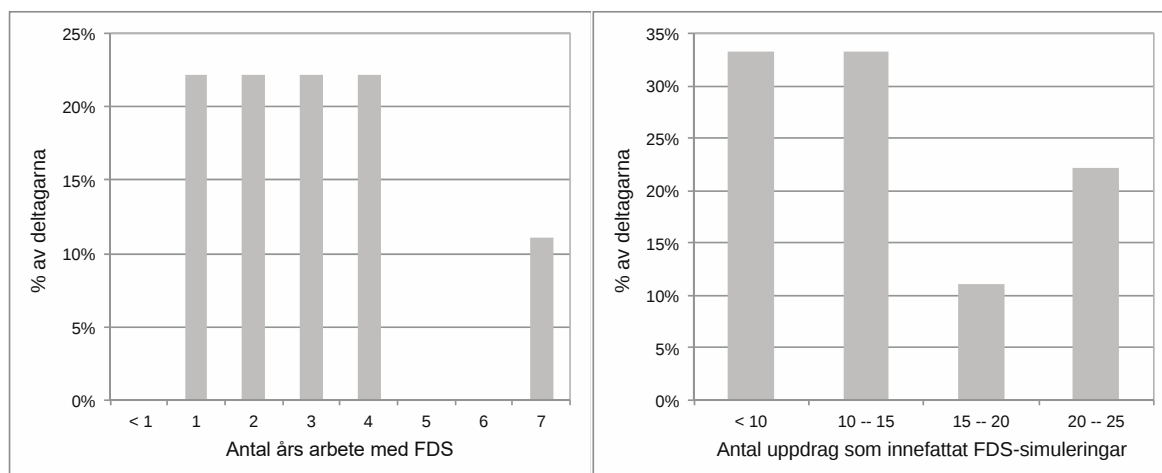
3 BESKRIVNING AV DELTAGARE

För att kunna sätta resultatet i en kontext behövs en beskrivning av deltagarna, en översiktlig beskrivning av deltagarna ges därför i detta kapitel. Totalt anmälde sig 14 deltagare till studien och dessa fick ta del av stimuleringsuppgiften. Av dessa skickade nio in fullständigt resultat och besvarade den efterföljande enkäten. De nio deltagarna representerade åtta olika företag. Samtliga deltagare var utbildade brandingenjörer och de hade jobbat som brandkonsulter i genomsnitt tre år (se Figur 3).



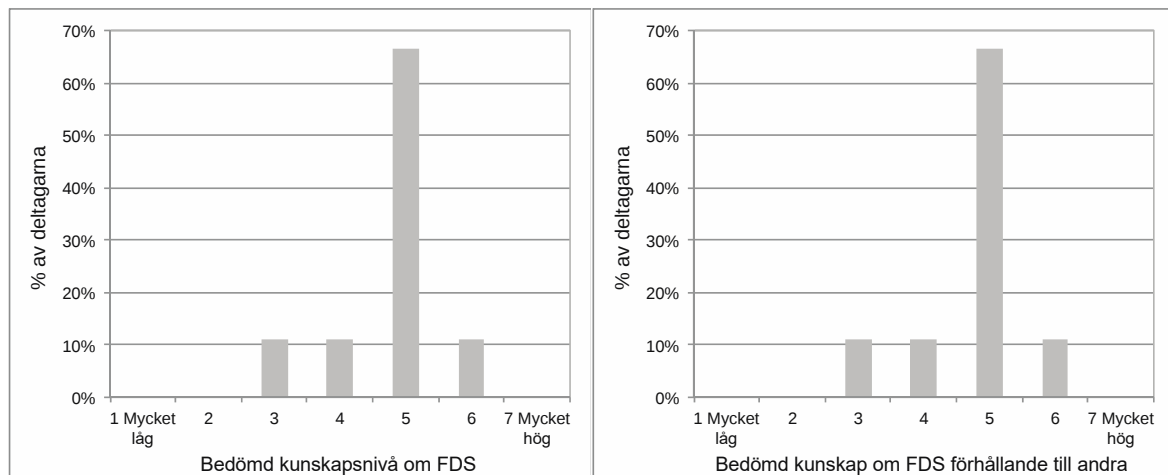
Figur 3: Deltagarnas utbildning (vänster) och antal år som praktiserande brandkonsult (höger). N=9.

Deltagarna hade i genomsnitt jobbat med FDS i tre år och en majoritet av deltagarna hade deltagit i 15 eller färre uppdrag som innefattat FDS simuleringar (se Figur 4), detta indikerar att deltagarnas erfarenhet i denna studie är något mindre än den tidigare studien gjord vid LTH (se bilaga A).



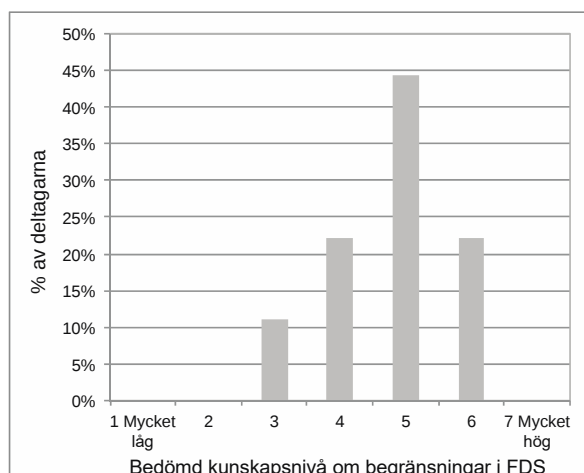
Figur 4: Antalet år deltagarna arbetat med FDS (vänster) och antal uppdrag som innefattat FDS-simuleringar som de arbetat med (höger). N=9.

Deltagarna fick även göra en subjektiv bedömning av sin kunskapsnivå om FDS och sin kunskapsnivå i förhållande till andra som arbetar med FDS. I båda fallen bedömde de att det låg strax över medel (se Figur 5). Vilket överensstämmer med den egenbedömning som gjordes av deltagarna i den föregående studien (se bilaga A).



Figur 5: Deltagarnas egenbedömning av sin kunskapsnivå om FDS (vänster) och sin kunskapsnivå i förhållande till andra som arbetar med FDS (höger). N=9.

Deltagarna skattade även sin kunskapsnivå om begränsningar i FDS till ett medel på 5 på en skala från 1 till 7 (se Figur 6).



Figur 6: Deltagarnas bedömda kunskapsnivå om begränsningar i FDS.

4 BESKRIVNING AV SIMULERINGSUPPGIFT

Deltagarna blev ombedda att genomföra två stycken olika beräkningsfall eller ”case”. Det första fallet var enkelt och tämligen avskalat medan det andra utformades för att vara likt ett mer verkligt beräkningsfall. Hela det underlag som deltagarna fick återfinns i bilaga D.

4.1 Case 1

Case 1 var en enkel hallbyggnad försedd med en automatisk vattensprinkleranläggning där tiden till aktivering beräknades. I FDS finns det flertalet olika valmöjligheter kring hur branden definieras där effektutvecklingen är en av de parametrar som kan inverka stort på resultaten. Då tiden till sprinkleraktivering är den avgörande faktorn för hur stor den effektutveckling som används i simulering blir, är det av stort intresse att utvärdera hur sprinklers introduceras i modellen och hur sedermera brandeffektkurvan ansätts efter sprinkleraktivering (att jämföra med en lokal utan sprinkler där effektutvecklingen inte är lika beroende på modellen i övrigt). Lokalens geometri och väggmaterial visas i Tabell 1.

Tabell 1. Indata för lokalen.

Lokal	Indata	Kommentar
Geometri (Längd x Bredd x Höjd)	40 x 50 x 7 m ³	Inre volym avses (innervägg till innervägg, golv till tak)
Öppning (Bredd x Höjd)	0,8 x 2,0 m ²	En dörr placeras på en vägg, 7,0 m från innervägg till dörrkant. Höjden på dörren är 2,0 m.
Material (Vägg)	Tjocklek = 0,20 m	Betong $\rho = 2\,300 \text{ kg/m}^3$ $C_p = 900 \text{ J/kgK}$ $k = 1,7 \text{ W/mK}$
Simulerings tid (s)	600	

De ingångsparametrar gällande modellering av branden som deltagarna blev ombedda att använda framgår av Tabell 2 och Tabell 3.

Tabell 2. Definition av branden

Branden	Indata	Kommentar
Tillväxthastighet (α)	0,012 kW/s ²	
Maximal effektutveckling	5 MW	
Förbränningsvärme	20 MJ/kg	Indata avseende förbränningsvärmets kan uttryckas enligt redovisad text i Tabell 3.

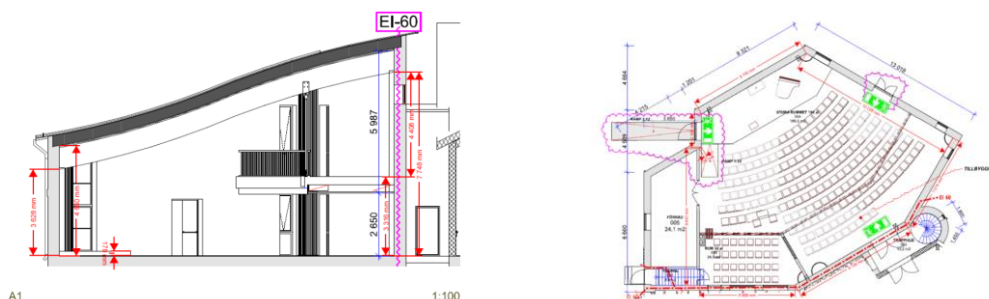
Tabell 3. Textskript för redovisande av förbränningsvärme.

Textskript för inmatning av aktuell bränsletyp i FDS, se referens [6]:
<pre> &REAC ID='BBRAD_20', FYI='BBRAD1 Bränsle med $\Delta H_c=20\text{MJ/kg}$', C=4.56, H=6.56, O=2.34, N=0.4, HEAT_OF_COMBUSTION=2.0E4, CO_YIELD=0.1, SOOT_YIELD=0.1 / </pre>

Sprinklersystemet var för scenariot utformat med aktiveringstemperatur 68°C och RTI 50 (ms)^{1/2}.

4.2 Case 2

Case 2 var en samlingslokal i mestadels ett plan samt en läktare på plan två. Lokalen hade en mer komplex geometri än Case1, vilken visas i Figur 1. Fokus här är att tiden till kritiska förhållanden i lokalen ska beräknas. Den tiden jämförs sedan med tiden till utrymning som angavs vara 174 sekunder i markplan och 147 sekunder på läktaren. Tiden till kritiska förhållanden bestäms av deltagarna i RRn genom att analysera relevant utdata, exempelvis värmestrålning, maximal temperatur samt sikt i lokalen. Den parameter som dock oftast är styrande när man gör utrymningsanalyser är sikten.



Figur 7. Sidovy samt vy över lokalens planlösning, beräkningsfall 2.

Byggnadens konstruktion bestod i grundläggning i form av betongplatta på mark, stomme av lättbetong och limträkonstruktion, yttertak (takpapp, isolering, trp-plåt samt cementfiberbunden träullsplatta), ytterväggar i form av fasadputs på lättbetong. Innerväggarna var specificerade som lättbetongväggar.

För att försöka minimera antalet parametrar som deltagarna kunde variera reducerades mängden tekniska system som skulle modelleras kraftigt jämfört med andra lokaler som kan vara aktuella att utvärdera med CFD (brandlarm, sprinkler, brandgasventilatorer etc.). Detta för att öka möjligheten att spåra anledningen till eventuellt stora variationer i resultaten samt för att minska arbetsbördan för deltagarna.

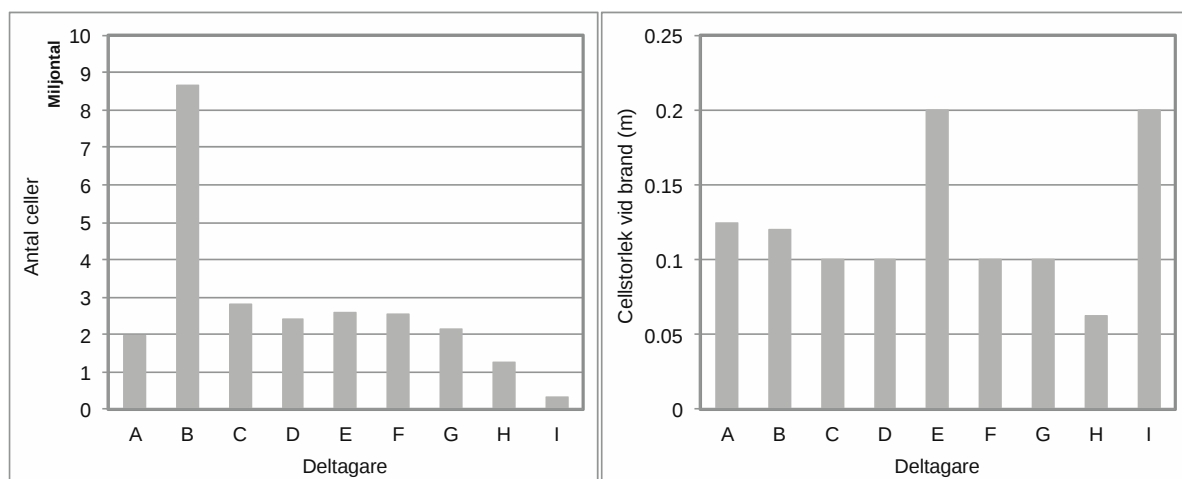
5 RESULTAT OCH ANALYS

Deltagarna i studien skickade in sina resultat från simuleringarna samt indatafilerna de använt. Resultaten avidentifierades och behandlades sedan av Nils Johansson (LTH) och Johan Andersson (RISE). Avidentifieringen var en av grundförutsättningarna för studien då syftet var att se på branschen i sin helhet. Alla deltagare använde sig av relativt nya versioner av FDS (6.X). Syftet med att studera indatafiler är att hitta förklaringar till eventuell variation i resultatet.

5.1 Case 1

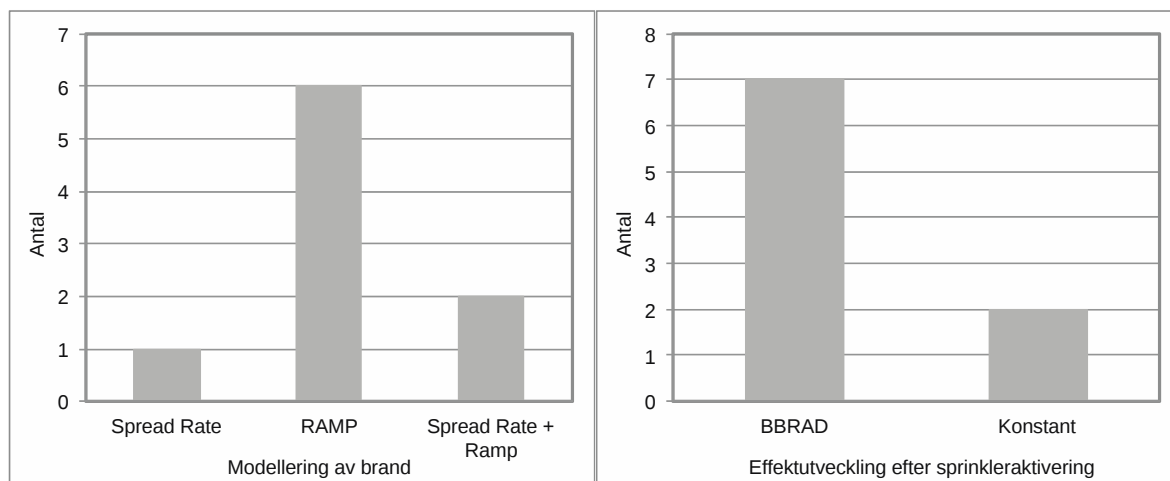
Indatafiler

Det totala antalet celler samt cellernas storlek kring branden varierade bland deltagarna (se Figur 8). Det totala antalet mesher varierade också stort, fem deltagare använde fem mesher, men flest använde deltagare B (totalt 28 mesher) medan deltagare E bara använde tre mesher. Deltagare B hävdade att den stora mängden mesher är nödvändig enligt rekommendationer från BIV [6].



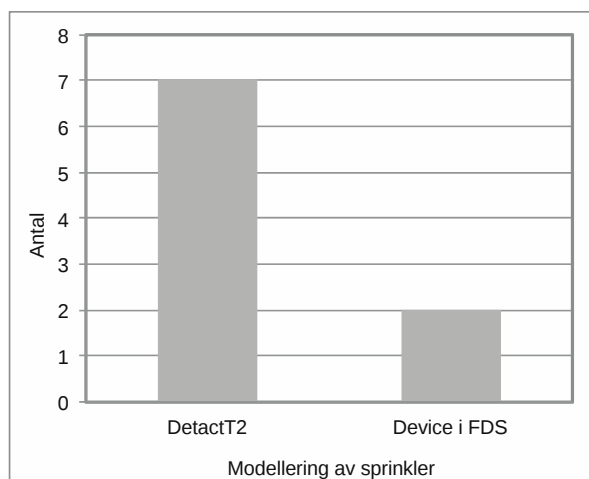
Figur 8: Totalt antal celler i Case 1 (vänster) och storleken (sidan) på cellerna kring branden (höger).

Enligt förutsättningarna för Case 1 (se avsnitt 4) skulle deltagarna föreskriva en brand som tillväxte med $0,012 \text{ kW/s}^2$ upptill 5 MW. Det finns olika funktioner för att modellera en tillväxande brandeffekt i FDS. Funktionen "Spread rate" rekommenderas i BIV:s tillämpningsstöd [6], eftersom den anses imitera en brandtillväxt enligt α - t^2 bäst, problemet är dock att det kan vara svårt att eventuellt sänka effekten efter maximal effekt uppnåtts. Deltagare D valde dock att använda funktionen "Spread rate" och sedan en konstant effektutveckling efter sprinkleraktivering. Deltagare F och G använde en kombination av "RAMP" och "Spread rate" och resterande valde att använda funktionen "Ramp". De två deltagare som använde en kombination verkar ha försökt följa BBRAD för modellering av effektutveckling efter sprinkleraktivering. En kombination av "RAMP" och "Spread rate" ger dock en omvänt exponentiellt avtagande effekt och inte avtagande effekt under en minut som föreskrivs i BBRAD. Två deltagare (D och H) valde att hålla effekten konstant efter sprinkleraktivering.



Figur 9: Funktion för att beskriva brandtillväxten i FDS (vänster) och metod för att ta hänsyn till påverkan av sprinkler på effektutvecklingen efter aktivering (höger).

Tiden tills dessa att sprinkler aktiveras beräknades med hjälp av det fristående datorprogrammet Detact-T2 [7] av en majoritet av deltagarna. Den tid som beräknads med Dataact-T2 användes som indata till effektutvecklingen. Två deltagare (F och H) använde en "Device" i FDS för att räkna ut detektionstiden.



Figur 10: Använd metod för att beräkna tiden till aktivering av sprinkler.

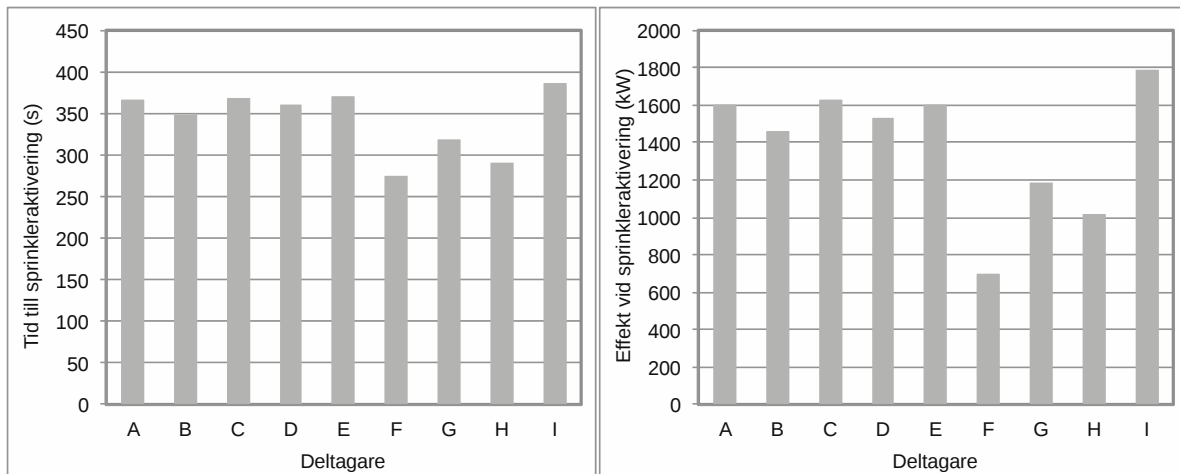
Resultat av beräkningar

Det skiljer mer än 110 sekunder mellan den längsta och kortaste tiden till sprinkleraktivering (se Tabell 4), den stora variationen beror på några enstaka deltagares resultat, majoriteten av deltagarna ligger inom ett 20 sekunders intervall. I Tabell 4, står variationskoefficienten för standardavvikelsen över medelvärdet.

Tabell 4: Sammanfattning av beräknade tider till aktivering av sprinkler

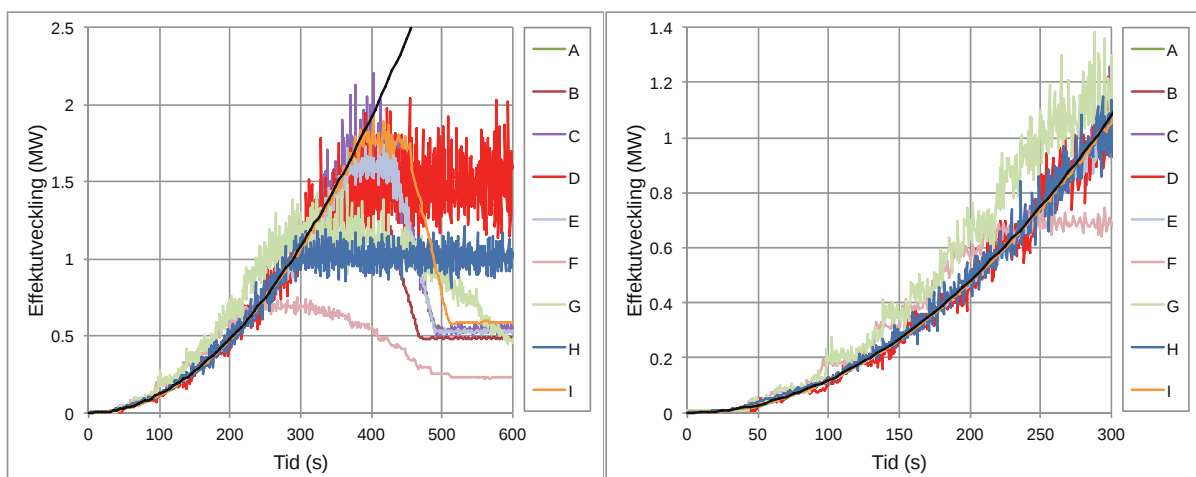
	Min. (s)	Max. (s)	Medel (s)	Std. (s)	Var.koef. (-)
Tid till aktivering	275	386	342	39	0,11

Tid till sprinkleraktivering och effekt vid sprinkleraktivering beror av varandra (se Figur 11) men på grund av effektutvecklingens exponentiella beroende av tiden så blir variationen större i effektutvecklingen. Att deltagare F och H har lägst aktiveringstid beror sannolikt på att de båda använt en funktion (Device) i FDS för att beräkna aktiveringstiden. Övriga deltagare har använt det fristående datorprogrammet detact-T2 [7] vilket ger längre och således mer konservativa tider. Även deltagare G har en kortare aktiveringstid, anledningen till det är att effektutvecklingen som deltagaren specificerat är något snabbare än $0,012 \text{ kW/s}^2$ (se Figur 12). Av samma anledning har deltagare F den kortaste tiden till sprinkleraktivering.



Figur 11: Tid till beräknad sprinkleraktivering (vänster) och effektutveckling vid sprinkler-aktivering (höger).

De effektutvecklingar som deltagarna använt framgår av Figur 12.



Figur 12: Effektutveckling i Case 1 erhållen från FDS under de första 600 sekunderna (vänster) och under tillväxtskedet (höger).

Deltagare F och G har båda använt funktionen ”Spread rate”. och använt ett något högre värde än vad som motsvarar en tillväxthastighet på $0,012 \text{ kW/s}^2$.

Värdet på "Spread rate" för ett en given tillväxthastighet, α , och effektutveckling per areaenhet, HRRPUA beräknas med följande ekvation:

$$\text{Spread rate} = \sqrt{\frac{\alpha}{\pi} \cdot \frac{1}{\text{HRRPUA}}}$$

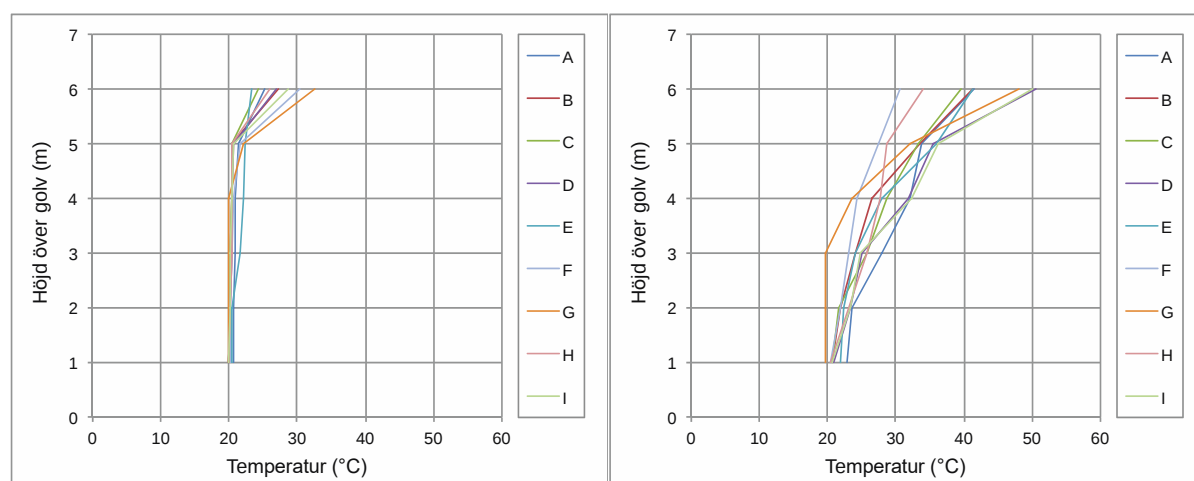
I Tabell 5 presenteras det beräknade värdet av "Spread rate" med ekvationen ovan för deltagare F och G. De värden som deltagare F och G använt är ca 15% högre än de framräknade vilket förklarar den snabbare brandtillväxten. Detta innebär en ca 20% högre effektutveckling efter 200 sekunder för deltagare F och G. I BIV's tillämpningsstöd för CFD simuleringar [6] anges att ett högre värde på "Spread rate" ger konservativa resultat och kan kompensera för det faktum att brandkällan ej kan modelleras som cirkulär. I avseendet att beräkna sprinklersystemets aktiveringstid anses det dock inte vara konservativt.

Tabell 5: Beräknat "Spread rate"-värde för deltagare F och G.

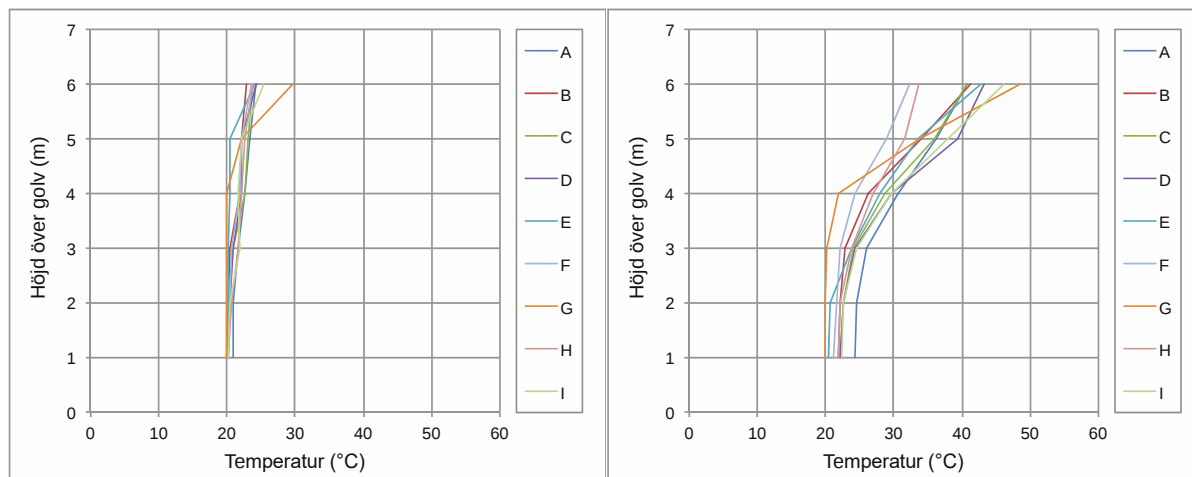
Deltagare	HRRPUA (kW/m ²)	Beräknad "Spread rate" (m/s)	Använd "Spread rate" (m/s)
F	853	0,0021	0,0024
G	979	0,0020	0,0023

Ett mått som kan användas för att beskriva hur väl upplöst brandplymen är i en FDS simulering är kvoten D^*/dx , där D^* är den karakteristiska diametern och dx är cellstorleken vid branden. Om upplösningen inte blir korrekt kommer plymens utseende att förändras. Hur D^* beräknas framgår av BIV:s tillämpningsstöd [6]. D^*/dx har i analysen av resultaten beräknats baserat på deltagarnas angivna värde på brandarea och HRRPUA. Måttet varierar mellan 5.8 till 15.5 och fyra deltagare ligger under 10. Normalt rekommenderas det att D^*/dx ligger mellan 10 och 20 nära branden.

Deltagarna ombads redovisa temperaturer på två ställen i lokalen. Eftersom aktiveringen av sprinkler sker vid olika tidpunkter kommer variationen i temperatur vara större senare under förloppet, vilket kan ses i de högra delarna av Figur 13 och Figur 14. De högsta temperaturerna innan sprinkleraktivering har dock deltagare G och F redovisat, vilket är rimligt eftersom de också haft en högre effektutveckling.



Figur 13: Temperaturprofil i mät punkt "norr" om brand vid 250 s (vänster) och 500 s (höger).

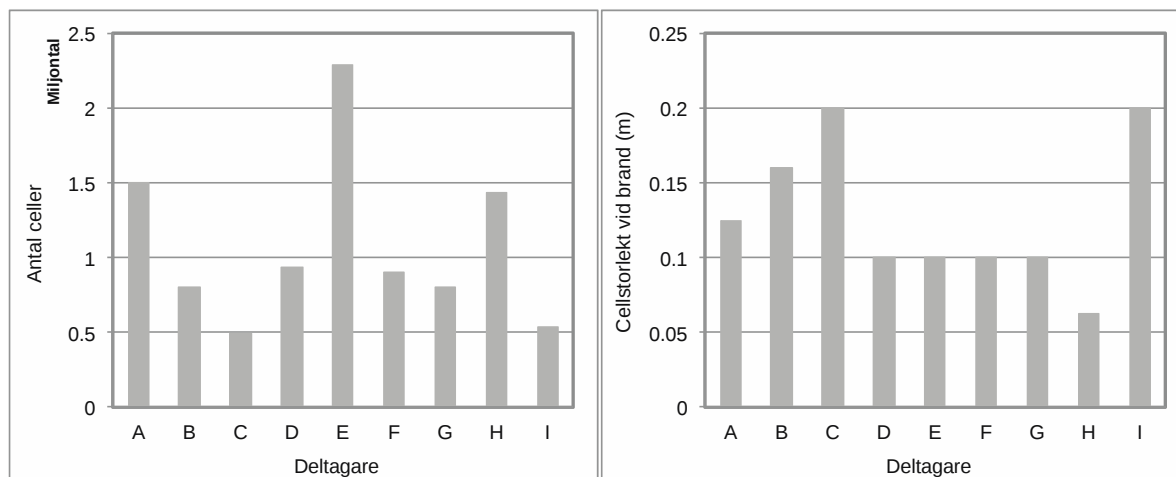


Figur 14: Temperaturprofil i mätpunkt “väster” om brand vid 250 s (vänster) och 500 s (höger).

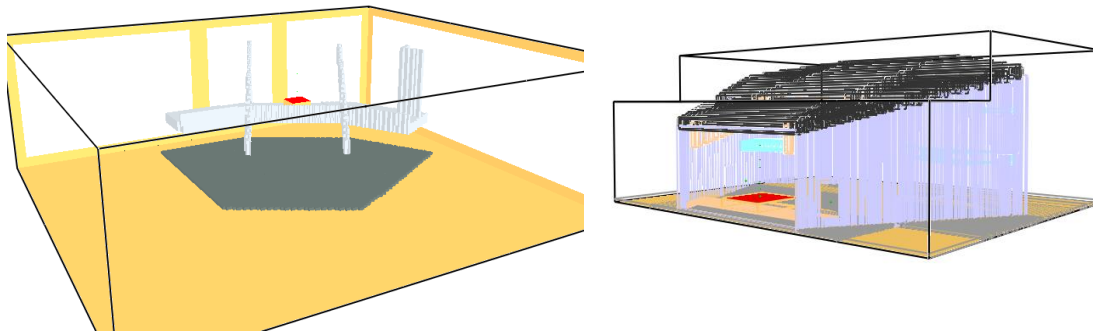
5.2 Case 2

Indatafiler

Precis som i Case 1 varierade det totala antalet celler samt cellernas storlek kring branden bland deltagarna (se Figur 15). Deltagare E använde flest celler och den främsta anledningen till det var att en stor domän användes (se Figur 16) Det totala antalet mesher varierade också stort, tre deltagare använde fyra mesher, men flest använde deltagare B (totalt 32 mesher) medan deltagare A bara använde två mesher.



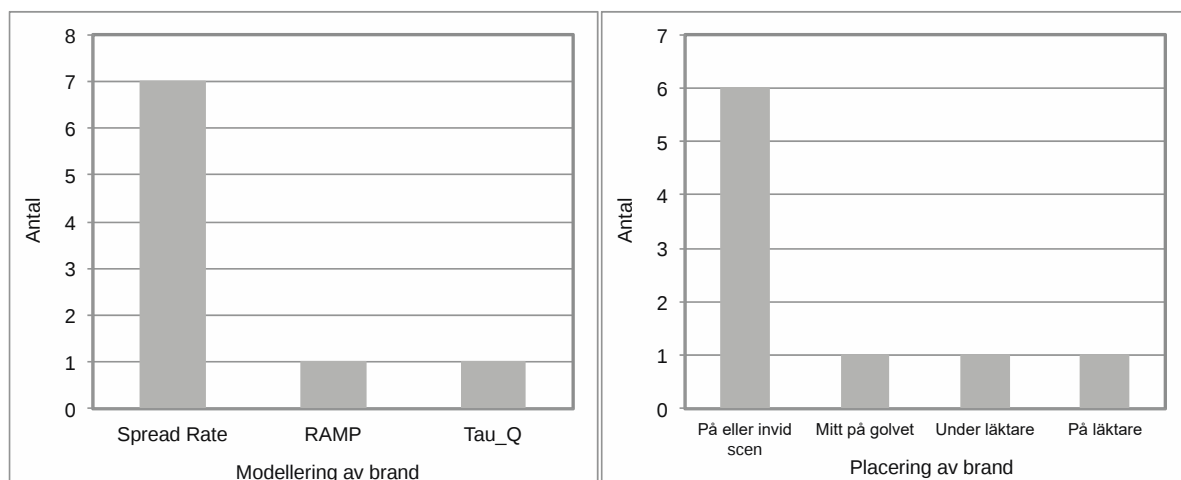
Figur 15: Totalt antal celler i Case 2 (vänster) och storleken (sidan) på cellerna kring branden (höger).



Figur 16: Jämförelse av domän hos deltagare E (vänster) och deltagare D (höger).

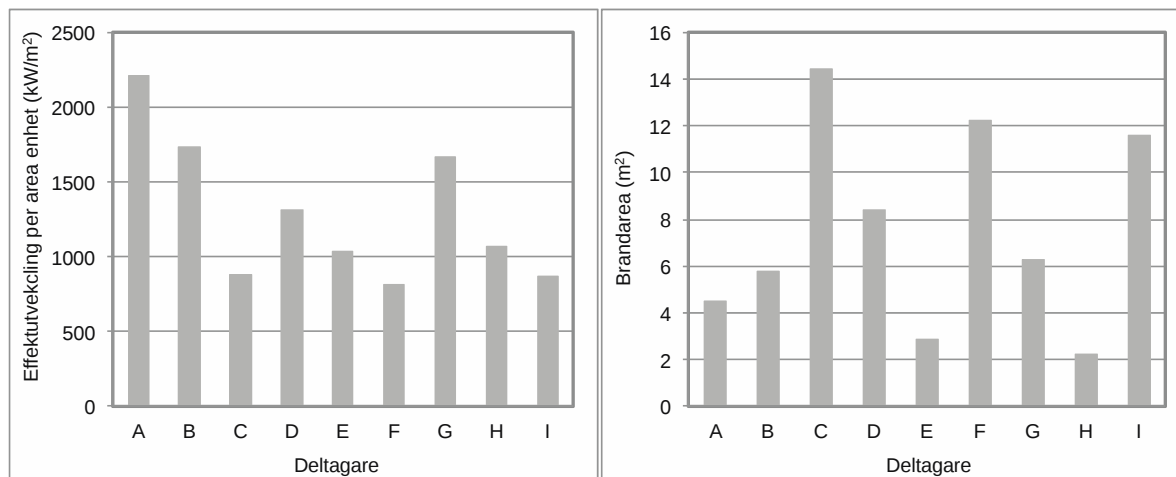
Deltagarna skulle använda brandscenario 1 enligt BRRAD [4], detta innebär en brand med tillväxthastighet $0,047 \text{ kW/s}^2$ och en maximal effekt på 10 MW. Samtliga deltagare, utom deltagare F, modellerade enbart en tillväxande brand, d.v.s. de begränsade den inte då 10 MW nås. En anledning till att deltagarna gjort så är förmodligen att de sedan tidigare vet att kritiska förhållanden troligen kommer uppkomma innan maximal effekt uppnås. Sju av deltagarna använde "Spread rate", övriga deltagare använde "RAMP" och "Tau_Q" (se Figur 17).

Deltagarna valde att placera branden på lite olika platser i lokalen och några av deltagarna har angett att de provat olika placering av branden. En övervägande majoritet har dock placerat branden på scenen (se Figur 17). Tid till kritiska förhållanden har dock inte skiljt sig åt särskilt mycket i de fall olika placeringar studerats.



Figur 17: Funktion för att beskriva brandtillväxten i FDS (vänster) och placering av branden (höger).

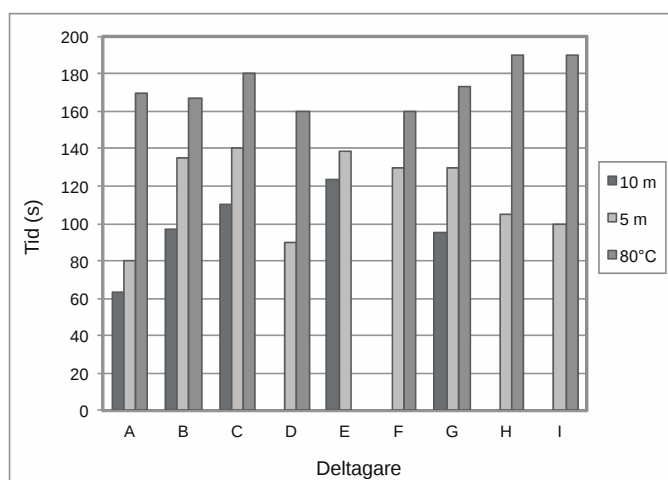
Det är välkänt att arean på branden påverkar brandplymen, en lägre HRRPUA (dvs. samma effekt men med större area) ger större inblandning med luft och lägre hastighet i plymen. Sambandet mellan brandarea, effektutveckling och storleken på celler påverkar hur väl FDS kan modellera turbulensen kring branden. I tabell 3 i BIV:s tillämpningsstöd [6] ges ett spann på HRRPUA och samtliga deltagare ligger inom detta. Anledningen till att brandarea multiplicerat med HRRPUA inte blir 10 MW för samtliga deltagare är att inte alla deltagare valt att köra simuleringen upp till 10 MW.



Figur 18: Angiven effektutveckling per area-enhet (vänster) och maximal brandarea (höger).

Resultat av beräkningar

Samtliga deltagare beräknade att tiden till kritiska förhållanden kommer att understiga tiden det tar att utrymma lokalen, vilken angetts i instruktionerna. Samtliga deltagare kom också fram till att kritiska förhållanden först uppkommer på läktaren (entresolplan). Flera deltagare angav att 5 m sikt var det kriterium som ansågs vara mest relevant att studera i detta fall. Det är dock en tämligen stor spridning i resultatet, variationskoefficienten (standardavvikelsen över medelvärdet) är 20% för siktberäkningarna och skillnaden mellan kortast och längsta tid är 60 sekunder (se Figur 19).



Figur 19: Beräknad tid till kritiska förhållanden med avseende på 10 m sikt, 5 m sikt och temperaturen 80°C i brandgaserna.

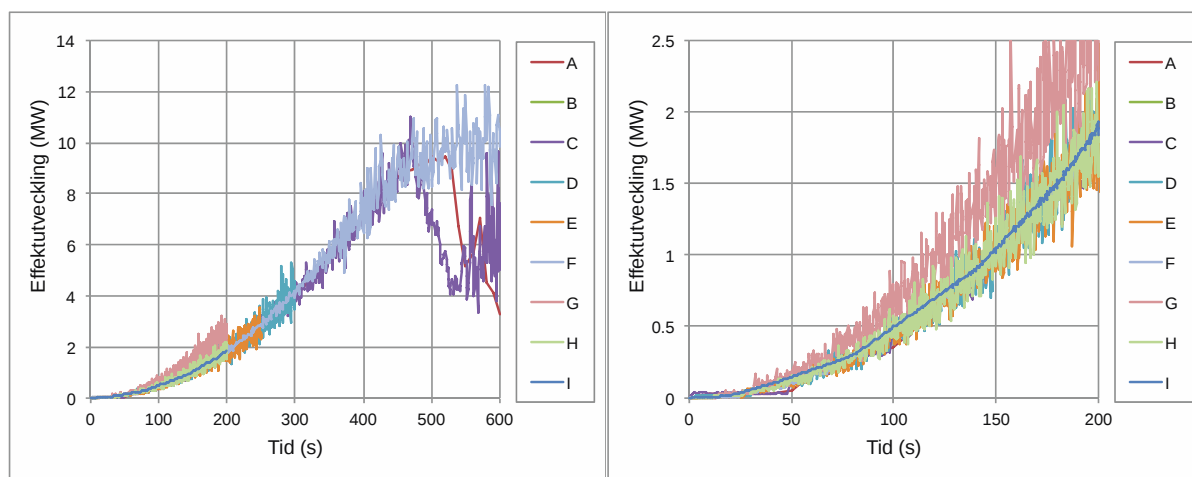
Tabell 6: Sammanfattning av beräknade tider till kritiska förhållanden.

	Min. (s)	Max. (s)	Medel (s)	Std. (s)	Var.koef. (-)
10 m	63	124	98	20	0,23
5 m	80	140	117	23	0,20
80°C	160	190	174	12	0,10

De effektutvecklingar som använts framgår av Figur 20. Deltagare G har använt ett något högre värde på "Spread rate" än vad som motsvarar en tillväxthastighet på 0.047 kW/s². I detta fall innebär det att effektutvecklingen överskattas med 30-40% efter 150 sekunder, vilket är konservativ

och deltagare G förefaller i sin rapportering vara medveten om detta och gjort det konservativa antagandet för att kompensera för att det inte är möjligt att modellera cirkulära bränder i FDS. Eftersom kritiska förhållanden uppkommer innan maximal effekt uppnås har det troligtvis ansetts att det inte är nödvändigt att kompensera för detta. Förutom deltagare G har samtliga deltagare som använt funktionen "Spread rate" angett ett värde som överensstämmer med beräknat värde med ekvationen ovan (se Tabell 7).

Värdet på D^*/dx kring branden har beräknats, så som i Case 1, för samtliga deltagare och det varierade mellan 13 och 25.



Figur 20: Effektutveckling i Case 2 erhållen från FDS under de första 600 sekunderna (vänster) och under de första 200 sekunderna (höger).

Tabell 7: Beräknat "Spread rate"-värde för de deltagare som använt funktionen "Spread rate".

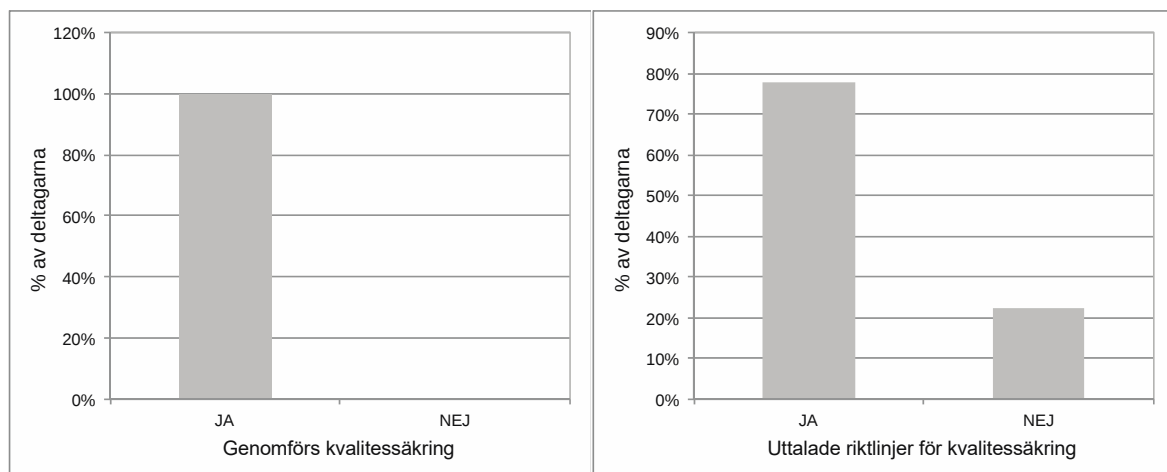
Deltagare	HRRPUA (kW/m ²)	Beräknad "Spread rate" (m/s)	Angiven "Spread rate" (m/s)
A	2214	0,0026	0,0026
C	882	0,0041	0,0041
D	1308	0,0034	0,0034
E	1038	0,0038	0,0038
F	816	0,0043	0,0043
G	1667	0,0030	0,0036
H	1064	0,0037	0,0038

5.3 Enkät

Efter det att deltagarna genomfört stimuleringsuppgifterna blev de ombudda att fylla i en enkät online. Delar av resultatet i enkäten har redan redovisats (se kapitel 3, Beskrivning av deltagarna). De frågor som berörde kvalitetssäkring och upplevelsen av simuleringsuppgifterna presenteras i detta avsnitt.

I Figur 21 redovisas svaren på följande två frågor:

- Genomförs kvalitetssäkring för alla företags FDS-simuleringar?
- Har företaget några uttalade riktlinjer/rutiner för hur kvalitetssäkring av FDS simuleringar ska genomföras?

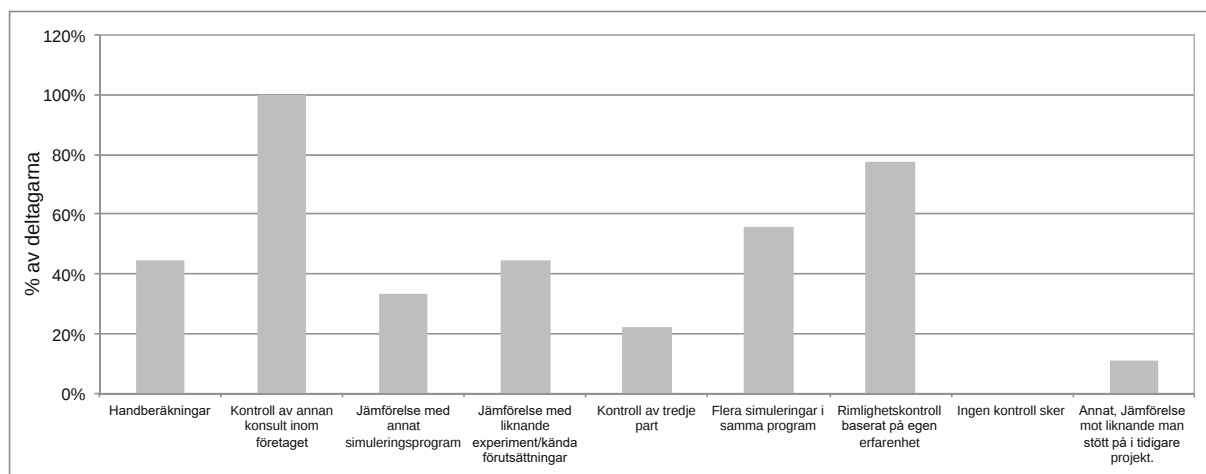


Figur 21: Svar på frågor kring om kvalitetssäkring genomförs (vänster) och om det finns uttalade riktlinjer (höger).

Deltagarna kunde i enkäten ange de rutiner och riktlinjer för kvalitetssäkring som användes på företaget. Följande punkter sammanfattar de fritextsvar som erhöles.

- Checklista inspirerad av BIV:s tillämpningsdokument.
- Granskas av någon med minst likvärdig kompetens som handläggaren.
- Dokumenterad egenkontroll.
- Checklistor för både in- och utdata.
- Intern kvalitetsgranskning.

I Figur 22 ges de alternativ som valdes av deltagarna när de ombads: ”Välj de/det alternativ som används för att kontrollera genomförda FDS simuleringar på företaget”. Flera val var möjliga och det var dessutom möjligt att ange ”Annat” genom ett fritext svar, vilket en deltagare gjorde. Kontroll av annan konsult inom företaget förekom alltid och någon form av rimlighetskontroll baserade på egen erfarenhet är också vanligt.

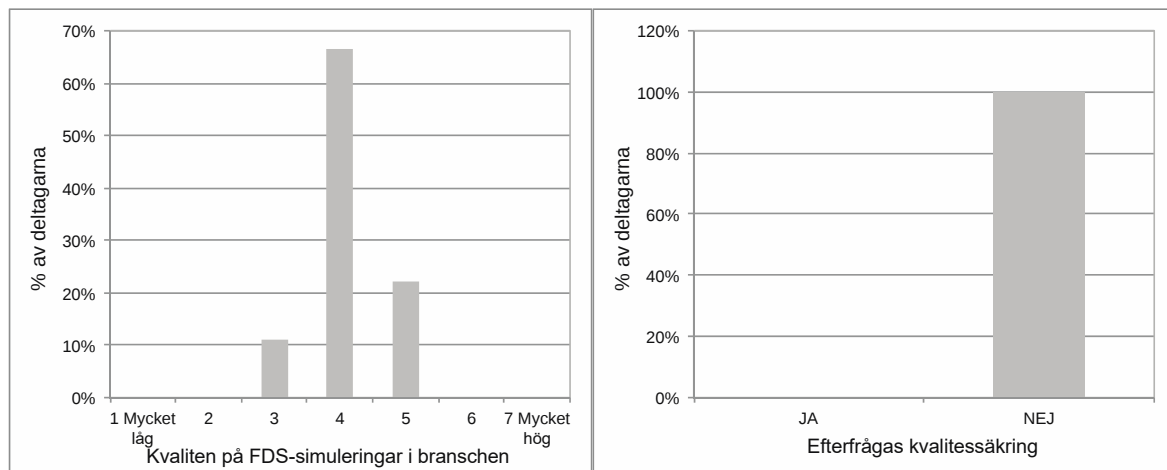


Figur 22: Metoder som deltagarna angav för att kontrollera beräkningar med FDS på företaget.

I Figur 23 redovisas svaren på följande två frågor:

- Vilken kvalitet bedömer du att FDS-simuleringar generellt sett håller i branschen?
- Brukar er kvalitetssäkring av FDS-simuleringar efterfrågas vid kontroller av andra aktörer?

Deltagarna i föreliggande studie värderar kvalitén på FDS-simuleringar i branschen något lägre än vad som gjordes av deltagarna i föregående studie (se bilaga A).

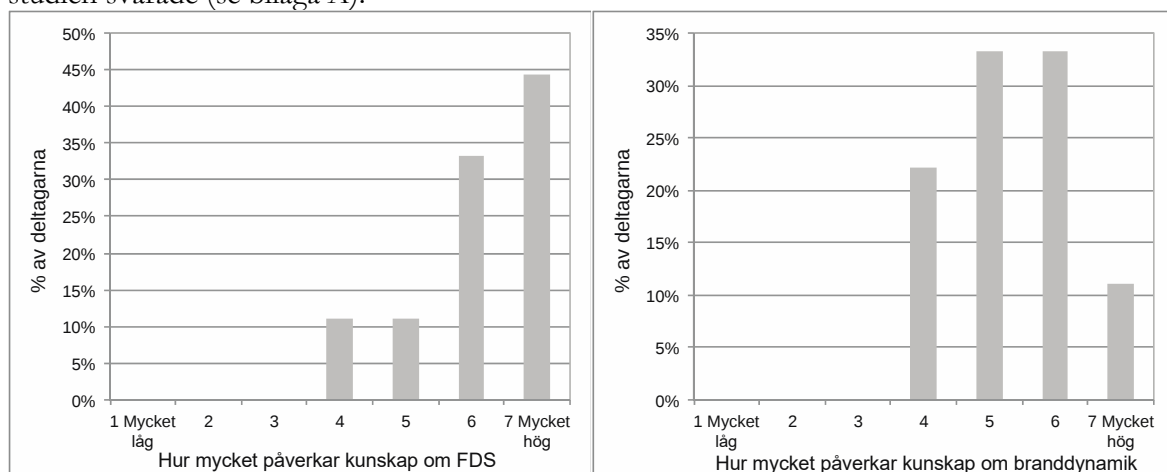


Figur 23: Svar på frågor kring om kvalitén på FDS-simuleringar i branschen (vänster) och om kvalitetssäkring efterfrågas (höger).

I Figur 24 redovisas svaren på följande två frågor:

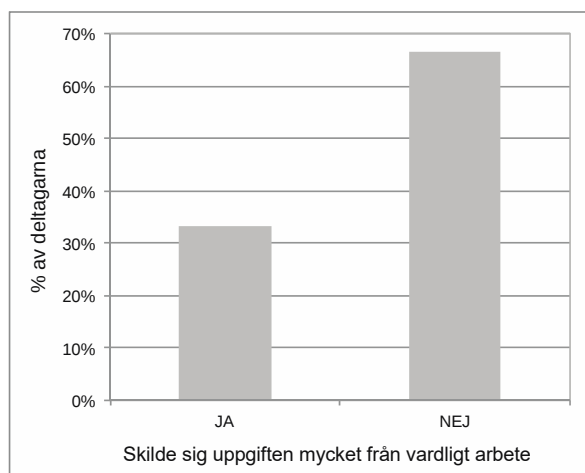
- Hur mycket tror du generellt sett att användarens kunskap om FDS påverkar resultatet av en simulering?
- Hur mycket tror du generellt sett att användarens kunskap om bränder och brandförlopp påverkar resultatet av en FDS-simulering?

Deltagarnas svar på dessa frågor stämmer tämligen bra överens med vad deltagarna i den tidigare studien svarade (se bilaga A).



Figur 24: Svar på frågor kring hur mycket kunskap påverkar resultatet av FDS-simuleringar (vänster) och hur mycket kunskap inom brandförlopp och branddynamik påverkar (höger).

Slutligen ombads deltagarna att svara på frågan: ”Upplevde du att uppgiften skilde sig mycket från det vardagliga arbetssättet med brandsimuleringar i FDS?”. Som framgår av Figur 25, svarade en majoritet att det gjorde den inte. De som svarade ”JA” angav att framförallt Case 1 skilde sig från vad de normalt simulerar. Skillnaden är stor jämfört med den tidigare studien vid LTH där samtliga deltagare angav att uppgiften skilde sig mycket från vardagligt arbete (se bilaga A). Detta bekräftar att arbetsgruppen lyckats med att genomföra en Round Robin med scenarier som förekommer vid brandtekniska beräkningar.



Figur 25: Deltagarnas svar på frågan om uppgiften skilde sig från mycket från deras vardagliga arbete med FDS.

6 DISKUSSION OCH SLUTSATS

FDS är ett kraftfullt verktyg som kan användas för att göra avancerade och detaljerade beräkningar. Det kräver dock att användaren har god kunskap om programmet och dess funktioner. Givetvis är det också viktigt att ha goda kunskaper om branddynamik så att man kan välja det mest lämpliga sättet att modellera brandförloppet samt kunna tolka resultaten.

Det är viktigt att betona att små variationer i princip är oundvikliga vid brandteknisk projektering och att det inte nödvändigtvis är ett problem. Olika brandprojektörer kan göra olika vid modellering utan att något behöver vara direkt fel. Men skillnader i hur branden modelleras (t.ex. tillväxthastighet, maximal effekt och area) påverkar resultatet mycket och frågan är hur stora skillnader som kan accepteras. Det är givetvis rimligt att känslighetsanalyser genomförs, men med tanke på de olika möjligheter som finns för olika val i FDS så kan mängden känslighetsanalyser snabbt bli övermäktigt. Ett annat alternativ är att konsekvent göra konservativa bedömningar och använda de mest konservativa valen för modellering i FDS, detta kan dock leda till en onödigt stor säkerhetsmarginal.

BBRAD liksom BIV:s tillämpningsdokument för CFD är ett bra stöd vid brandtekniska beräkningar med FDS och utan denna typ av råd och vägledningar är det sannolikt att variationen i denna Round Robin hade varit betydligt större.

De två beräkningsfall som ingick i studien valdes för att utvärdera två olika processer vid brandtekniskdimensionering, tiden till aktivering för ett sprinklersystem i en enkel geometri samt tiden till kritiska förhållanden för en lokal med komplex geometri. Vid beräkningarna av tid till aktivering varierade resultaten mellan 275 och 386 sekunder mellan deltagarna där deltagare F, G och H har kortare aktiveringstider jämfört med de sex andra deltagarna som var relativt lika. Huvudanledningen till denna spridning var att deltagare F och H använde en funktion i FDS för att beräkna sprinkleraktivering vilket i detta fall gav kortare tider än om man använder det separata programmet Detact-T2. Deltagare F och G använde också funktionen ”spread rate” och ett något högre värde än den föreskrivna tillväxthastigheten på $0,012 \text{ kW/s}^2$ vilket också ledde till kortare aktiveringstider vilket inte är konservativt i detta fall.

Beräkningsfall 2 innebar en beräkning av tid till kritiska förhållanden baserat på ett verkligt projekteringsunderlag. I denna beräkning var skillnader i resultat stora. Tid till kritiska förhållanden för 10 meters sikt varierar mellan 63 och 124 sekunder medan intervallet för 5 meters sikt var 80-140 sekunder. Även här har några av deltagarna beskrivit branden på lite olika sätt i beräkningsmodellen, men det går inte att lyfta fram någon enskild parameter som orsak till den stora variationen. Detta illustrerar hur komplexa riktiga scenarier blir och att fortsatt kartläggning av variationer vid beräkningar bör genomföras för att vid behov ge vägledning.

Den enda tydliga vägledningen som kan ges för tillfället är att man ska vara noggrann med hur man definierar branden. Det är svårt att dra några andra tydliga slutsatser från studien men den illustrerar hur komplexa riktiga scenarier blir och att fortsatt kartläggning av variationer vid beräkningar bör genomföras för att vid behov förslå åtgärder för att minska osäkerheterna i resultat tex krav på någon form av utbildning, certifiering, bättre vägledningar etc.

Efter genomförda simuleringar fick deltagarna svara på en enkät. En specifik fråga som deltagarna fick i enkäten var:” Upplevde du att uppgiften skilde sig mycket från det vardagliga arbetssättet med brandsimuleringar i FDS?” och en majoritet svarade att det gjorde den inte och studien har

därigenom uppfyllt sitt syfte att genomföra en Round Robin med scenarier som förekommer vid brandtekniska beräkningar.

I enkäten har majoriteten av deltagarna bedömt sig inneha en hög kunskapsnivå kring FDS samt att nivån är högre i förhållande gentemot andra brandingenjörer som arbetar med samma mjukvara. Med anledning av de effektkurvor som har redovisats, i synnerhet i kombination med sprinklersystem, finns det anledning för modellerande och granskande konsulter att vara självkritiska kring sin egen kunskapsnivå om mjukvaran och säkerställa att den effektutveckling som erhålls i resultatfilerna överensstämmer med den som är önskvärd.

7 OMRÅDEN ATT STUDERA I FRAMTIDEN

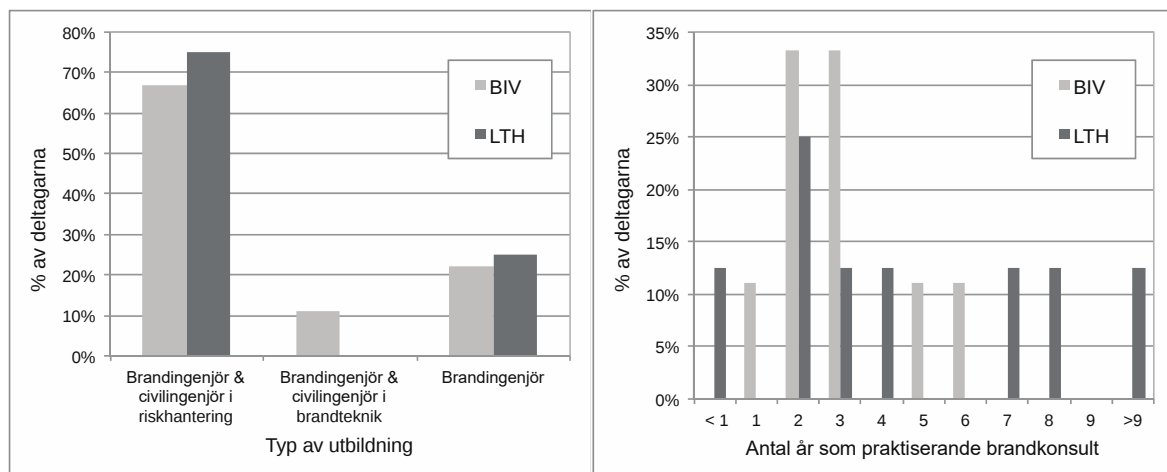
BIV har för avsikt att fortsätta med fler Round Robins och att genomföra en översyn av stöddokumentationen för att öka kunskaperna kring de ingenjörsmässiga val som ofta behöver göras i samband med FDS-analyser. Framtida Round Robins kan även täcka andra områden än CFD, som t.ex. utrymningsberäkningar och hur tillsyn genomförs inom räddningstjänsten.

REFERENSER

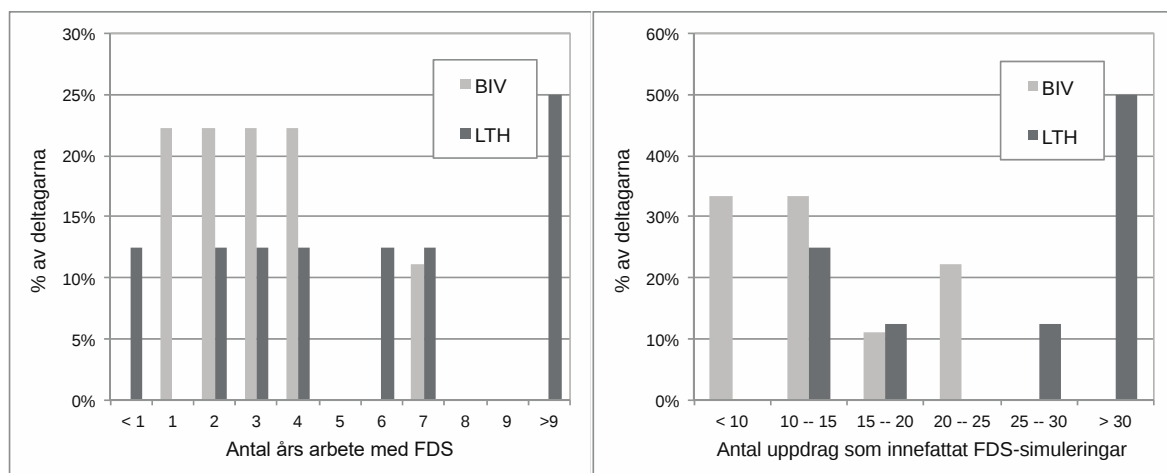
1. Ekholm, M, "Jämförelse av FDS-simuleringar" Division of fire Safety Engineering, Lund University, report 5488, Lund Sweden, 2015.
2. McGrattan, K., Peacock, R., & Overholt, K. (2014) Validation of Fire Models Applied to Nuclear Power Plant Safety, *Fire Technology*, <http://dx.doi.org/10.1007/s10694-014-0436-z>
3. Rein, G, Torero-Cullen, J, Jahn, W, Stern-Gottfried, J, Ryder, NL, Desanghere, S, Lazaro, M, Mowrer, F, Coles, A, Joyeux, D, Alvear, D, Capote, JA, Jowsey, A, Abecassis-Empis, C & Reszka, P (2009), Round-robin study of a priori modelling predictions of the Dalmarnock Fire Test One, *Fire Safety Journal*, vol 44, no. 4, pp. 590-602. <http://dx.doi.org/10.1016/j.firesaf.2008.12.008>
4. Boverket, "Boverkets ändring av allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd – BFS 2013:12 BBRAD 3". Karlskrona, Sweden, 2013.
5. Johansson, N. & Ekholm, M. (2018) Variation in Results Due to User Effects in a Simulation with FDS, *Fire Technology*, <https://doi.org/10.1007/s10694-017-0674-y>
6. Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap (BIV) (2013) BIV Tillämpningsdokument 2013/2: Vägledning för CFD-modellering.
7. Evans, D.D., Stroup D.W. (1985). Methods of Calculating the Response Time of Heat and Smoke Detectors Installed Below Large Unobstructed Ceilings, NBSIR 85–3167, National Bureau of Standards, Gaithersburg, MD (July, 1985).

BILAGA A – DELTAGARE I FÖRHÅLLANDE TILL FÖREGÅENDE STUDIE

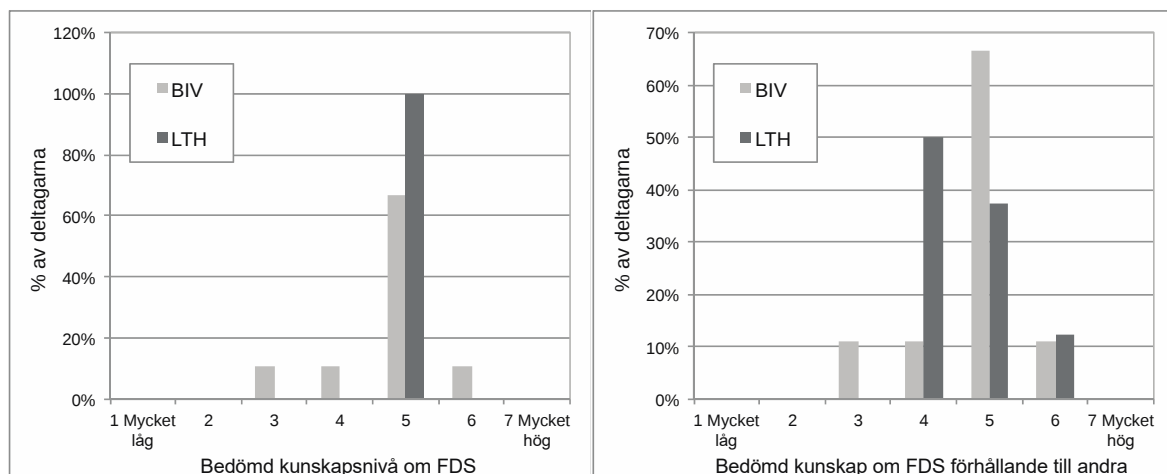
I denna bilaga presenteras deltagarnas svar på i den genomförda enkätstudien tillsammans med de svar som erhöles av deltagarna i den tidigare studien utförd vid LTH.



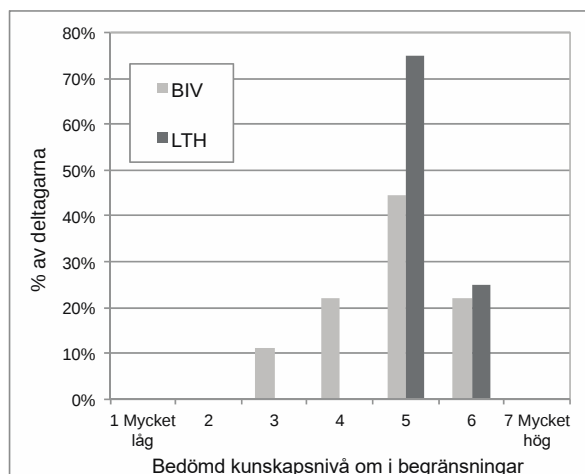
Figur A - 1: Deltagarnas utbildning (vänster) och antal år som praktiserande brandkonsult (höger) i studien från LTH och i föreliggande studie (BIV).



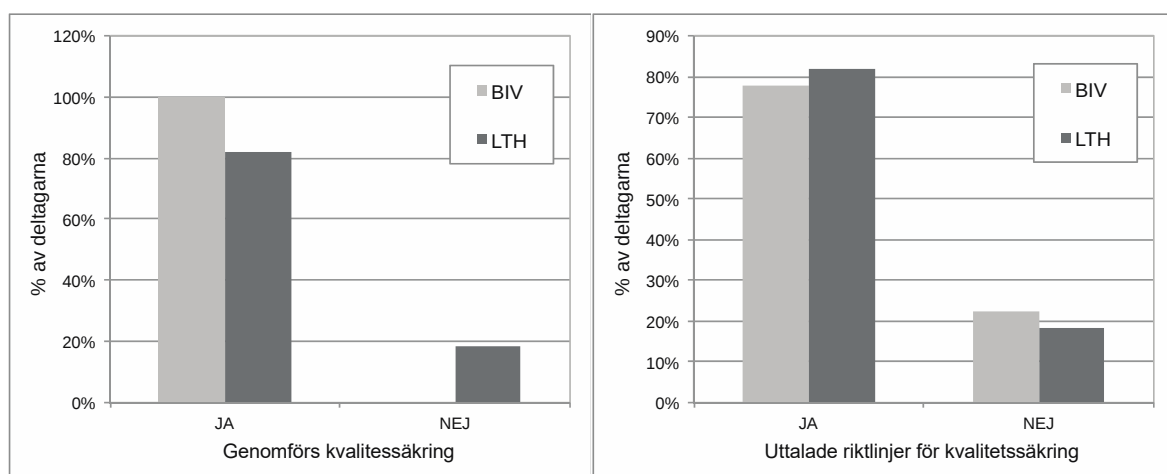
Figur A - 2: Antalet år deltagarna arbetat med FDS (vänster) och antal uppdrag som innefattat FDS-simuleringar som de arbetat med (höger) i studien från LTH och i föreliggande studie (BIV).



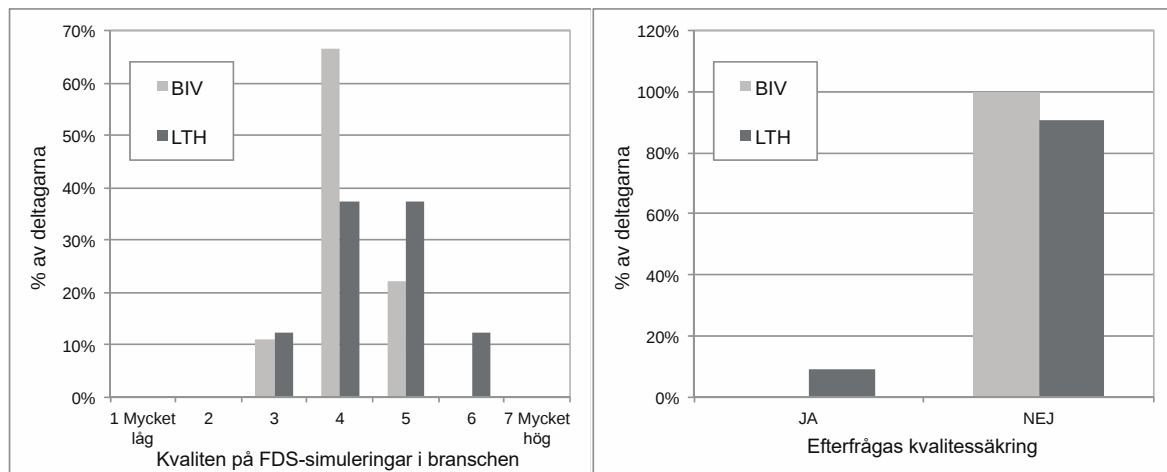
Figur A - 3: Deltagarnas egenbedömning av sin kunskapsnivå om FDS (vänster) och sin kunskapsnivå i förhållande till andra som arbetar med FDS (höger) i studien från LTH och i föreliggande studie (BIV).



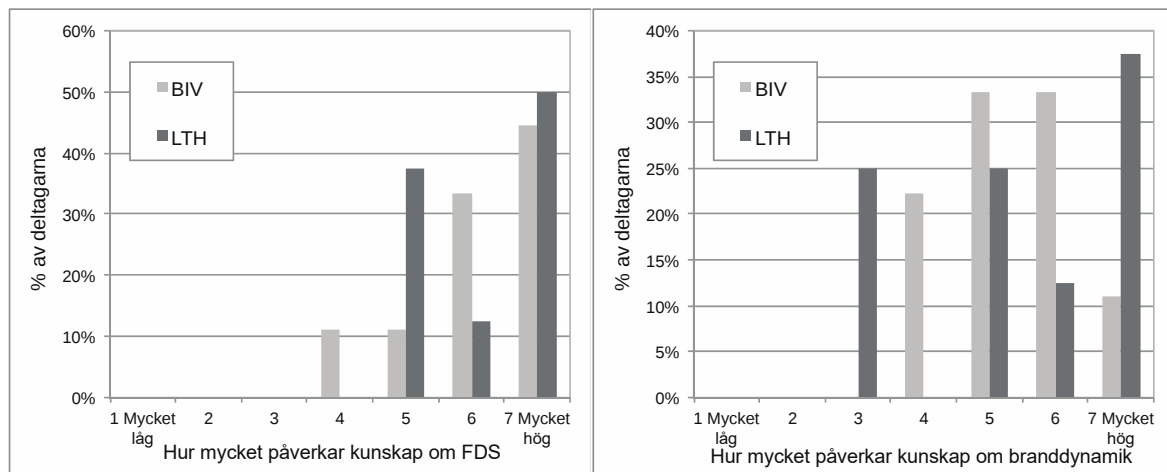
Figur A - 4: Deltagarnas bedömda kunskapsnivå om begränsningar i FDS i studien från LTH och i föreliggande studie (BIV).



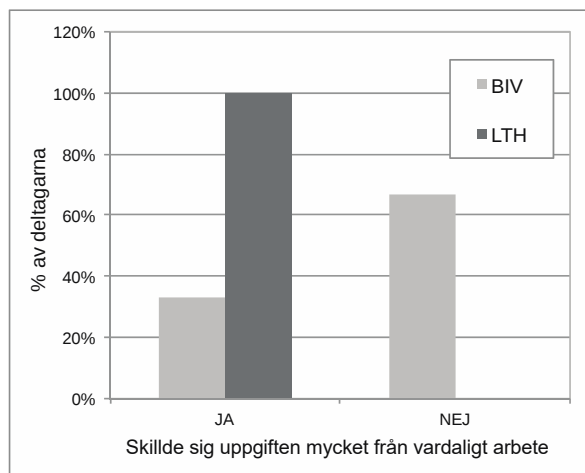
Figur A - 5: Svar på frågor kring om kvalitetssäkring genomförs (vänster) och om det finns uttalade riktlinjer (höger) från LTH och i föreliggande studie (BIV).



Figur A - 6: Svar på frågor kring om kvalitén på FDS-simuleringar i branschen (vänster) och om kvalitetssäkring efterfrågas (höger) från LTH och i föreliggande studie (BIV).



Figur A - 7: Svar på frågor kring hur mycket kunskap påverkar resultatet av FDS-simuleringar (vänster) och hur mycket kunskap inom brandförlopp och branddynamik påverkar (höger) från LTH och i föreliggande studie (BIV).



Figur A - 8: Deltagarnas svar på frågan om uppgiften skilde sig från mycket från deras vardagliga arbete med FDS från LTH studien och i föreliggande studie (BIV).



Insamling av scenarioförslag till BIV:s Round Robin studie inom CFDområdet

För att höja kvaliteten och trovärdigheten inom ingenjörsområdet brandberäkningar organiserar föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap (BIV) en Round Robinstudie inom CFD området. En Round Robin studie inom beräkningsområdet är en studie där man jämför vad olika deltagare kommer fram till givet identiska instruktioner.

Studien delas in i följande steg:

- Insamling av scenarioförslag för CFD beräkningar inkluderat vilken utdata som ska jämföras. Det är viktigt att scenarierna inte är för omfattande då vi eftersträvar en bred anslutning. Förslagen är företrädesvis sådant som görs till vardags på brandkonsultföretag. E-posta era förslag till robert.mcnamee@brandskyddslaget.se senast 2017-11-15.
- Projektet presenteras på Brandskydd 2017, 8- 9/11, med en poster där scenarioförslag efterlyses.
- Med utgångspunkt från de inskickade förslagen definierar styrgruppen Round Robin studien.
- Studien drar igång och deltagarna får två månader på sig att göra beräkningarna.
- Resultaten skickas till Johan Anderson (RISE) och Nils Johansson (LTH) som sammanställer och oidentifierar vem som kommit fram till vad. Detta anses nödvändigt eftersom målet är att se på spridningen i resultat inom området brandberäkningar med CFD och inte att hänga ut vissa deltagare.
- Ett resultatseminarium anordnas där resultaten diskuteras med utgångspunkt från en preliminär rapport.
- Presentation av resultaten och slutsatserna sker på BIV-konferensen 2-3 maj 2018 (preliminärt datum).

Mvh,

Styrgruppen: Robert McNamee (Brandskyddslaget), Johan Anderson (RISE), Nils Johansson (LTH) och Christian Pelo (Ramböll)

BILAGA C – BREV: REKRYTERING.



Intresseanmälan för deltagande i en Round Robinstudie

För att höja kvaliteten och trovärdigheten inom ingenjörsområdet brandberäkningar organiserar föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap (BIV) en Round Robinstudie inom CFD området. En Round Robinstudie inom beräkningsområdet är en studie där man jämför vad olika deltagare kommer fram till givet identiska instruktioner.

Styrgruppen för studien har nu hämtat in förslag på scenario av BIVs medlemmar. Utifrån det material som kommit in har två scenarier valts ut, ett enkelt nerskalat scenario och ett scenario som avses representera en simuleringsuppgift som en brandkonsult kan stå inför.

Tanken är att låta ett flertal erfarna CFD-användare självständigt simulera dessa scenarier utifrån samma information. Målet med projektet är att ge en fingervisning om hur stor variationen är vid brandtekniska beräkningar med CFD-modeller.

För att kunna genomföra denna studie behöver vi er hjälp som deltagare i studien. För att delta krävs att du arbetar aktivt med brandsimuleringar i CFD, och har deltagit i minst 10 olika simuleringsprojekt. För att det inte ska ta för mycket tid i anspråk för deltagarna kommer uppgiften vara väl specificerad och någon större analys av resultat krävs inte av utföraren.

Samtliga deltagares resultat behandlas givetvis anonymt och ska vara gjorda helt oberoende av varandra. Resultaten skickas till Johan Anderson (RISE) och Nils Johansson (LTH) som sammanställer och avidentifierar resultatet. Detta anses nödvändigt eftersom målet är att se på spridningen i resultat inom området brandberäkningar med CFD och inte att hänga ut vissa deltagare.

Fullständig information kring stimuleringsuppgiften skickas ut senast 10:e januari och deltagarna ska lämna in sitt resultat senast 10:e mars. I samband med arbetet är det även möjligt att vissa följdfrågor kan komma att ställas till deltagarna.

Ert deltagande bidrar framför allt till ökad kunskap och kvalitet inom området och ger er samtidigt möjligheten att se hur ni ligger till jämfört med andra i branschen.

Vänligen använd följande länk för att göra en intresseanmälan (ditt namn kan ej ses av andra deltagare):

<https://doodle.com/poll/dfzv7rt4mtsi7g7>

Vi är mycket tacksamma om ni kan ställa upp!

Om ni har några frågor eller funderingar är ni välkomna att höra av er till:

nils.johansson@brand.lth.se

Med vänliga hälsningar

Styrgruppen, Robert McNamee (Brandskyddslaget), Johan Anderson (RISE), Nils Johansson (LTH) och Christian Pelo (Ramböll)

BILAGA D – BESKRIVNING AV CASE TILL DELTAGARE



Beräkningscase 1 i BIV:s Round Robin

1 BAKGRUND

Detta scenarieförslag för CFD-beräkning utgör Beräkningscase 1 i BIV:s Round Robin studie. Utgångspunkten vid framtagandet av caset har varit att ge en tydligt avgränsad beräkningsuppgift för aspekter som är viktiga vid användande av CFD-analys vid brandskyddsteknisk projektering.

1.1 Syfte

Syftet med beräkningscase 1 är att modellera en enkel lokal försedd med sprinkler samt redovisa relevant utdata.

2 SCENARIODEFINITION

Det studerade scenariot omfattas lokal försedd med automatiskt vattensprinklersystem. De aktuella ingångsparametrarna för Beräkningscase 1 redovisas här nedan.

Aktuella ingångsparametrar gällande modellering av rummet ses i Tabell 1.

Tabell 1. Ingångsparametrar för lokalen.

Lokal	Indata	Kommentar
Geometri (Längd x Bredd x Höjd)	40 x 50 x 7 m ³	Inre volym avses (innervägg till innervägg, golv till tak), se skiss.
Öppning (Bredd x Höjd)	2,0 x 2,0 m ²	En dörr placeras mitt på en av långsidorna, 24 m från innervägg till dörrkant. Höjden på dörren är 2,0 m.
Material (Vägg)	Tjocklek = 0,20 m	Betong $P=2\,300\text{ kg/m}^3$ $C=900\text{ J/kgK}$ $K=1,7\text{ W/mK}$
Simulerings tid (s)	600	

Aktuella ingångsparametrar gällande modellering av branden kan ses i Tabell 2.

Tabell 2. Ingångsparametrar för branden

Branden	Indata	Kommentar
Tillväxthastighet (α)	0,012 kW/s ²	
Maximal effektutveckling	5 MW	
Förbränningsvärme	20 MJ/kg	Indata avseende förbränningsvärmes kan uttryckas enligt redovisad text i Tabell 3.



Tabell 3. Textskript för redovisandes av förbränningsvärme.

Textskript för inmatning av aktuell bränsletyp i FDS*:

```
&REAC ID='BBRAD_20',  
    FYI='BBRAD1 Bränsle med delta Hc=20MJ/kg',  
    C=4.56,  
    H=6.56,  
    O=2.34,  
    N=0.4,  
    HEAT_OF_COMBUSTION=2.0E4,  
    CO_YIELD=0.1,  
    SOOT_YIELD=0.1 /
```

*Följande textskript återfinns i BIVSs tillämpningsdokument 2/2013-Utgåva 1 CFD-beräkningar med FDS, 2013.

Tabell 4. Utformning av sprinklersystemet

Riskklass	OH
Aktiveringstemperatur	68°C
RTI	50 (ms) ^{1/2}

5 UTDATA

Följande utdata ska erhållas:

Tabell 5. Utdata

Typ	Höjder, Z-led (m)	Placering, X/Y-led	Totalt antal mätpunkter
Punktmätning av gastemperatur	0.5, 1.0, 1.5	I dörröppning	3
Punktmätning av gastemperatur	1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0	Två olika platser 15 meter från centrum av branden, se skiss.	6 x 2 = 12
Punktmätning av gashastighet	0.5, 1.0, 1.5	I dörröppning	3

Utöver de utdata som anges i Tabell 5 ska följande även levereras.

- Aktiveringstid för sprinklersystemet
- Minst tre slice files ska tas med i modellen:
 - o Slice file som skär igenom brandens mittpunkt i x-led.
 - o Slice file som skär igenom brandens mittpunkt i y-led.
 - o Slice file vid sprinklerhuvudet i z-led.
- Ytterligare mätpunkter/volymer/slice files får även placeras ut där användaren anser detta vara lämpligt.
- Indata fil

6 REDOVISNING

Utdata och resultatets tillförlitlighet värderas (hur värderingen är gjord ska anges).



Resultaten från beräkningarna, indatafil och värdering skickas till Nils Johansson på LTH eller Johan Anderson på RISE. De kommer sedan av avidentifiera avsändaren och sammanställa alla resultat.

nils.johansson@brand.lth.se

johan.anderson@ri.se

BILAGA: SKISS (ej i skala)



Takhöjden är 7 m över hela lokalen.



Beräkningscase 2 i BIVs Round Robin

1 BAKGRUND

Detta scenarieförslag för CFD-beräkning utgör beräkningscase 2 i BIV:s Round Robin studie. Utgångspunkten vid framtagandet av förslaget har varit att:

- det ska vara en typ av beräkning som är vanligt förekommande för en brandkonsultfirma
- utgångspunkten för beräkningen ska vara analytisk dimensionering av möjlighet till utrymning enligt BBRAD3 (BFS 2011:27 med ändringar t.o.m. 2013:12)
- byggnadens volym ska vara begränsad för att beräkningen inte ska bli allt för krävande avseende datorkraft
- scenariot ska göra det möjligt att jämföra hur olika deltagare i studien väljer att mäta och tolka kritiska parametrar utifrån krav i BBRAD3

2 OBJEKTSBESKRIVNING

Aktuell del av byggnaden är en samlingslokal. Den är till största delen i ett plan, men sittplatser finns även på en läktare.

Byggnaden är utförd med heltäckande brand- och utrymningslarm.

Ingen brandgasventilation finns i aktuell del av byggnaden.

Inget automatiskt släcksystem finns i aktuell del av byggnaden.

Aktuell del av byggnaden är försedd med nödbelysning och genomlysta vägledande markeringar.

Byggnadskonstruktion:

Grundläggning: Betongplattor grundlagda på mark.

Bärande stomme: Lättbetong och limträkonstruktion.

Yttertak kyrksal: Papptak, isolering, trp-plåt, cementbunden träullsplatta

Ytterväggar: Fasadputs på lättbetong.

Övriga innerväggar: Lättbetong.



3 BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR

CFD beräkningen ska utgå från kraven i BBRAD3 för Erfordrat brandscenario 1. Det innebär att brandscenariot ska motsvara ett troligt värsta fall och att installerade tekniska system kan antas fungera som avsett.

Total utrymningstid (varseblivningstid, förberedelsestid och förflyttningstid):

Markplanet: 174 s, varav 67 s kötid

Övre planet: 147 s, varav 40 s kötid

Förenklat antas personerna vara jämt fördelade på samtliga utrymningsvägar och utrymningen avslutas därmed samtidigt vid samtliga utrymningsvägar.

4 UNDERLAG

Plan- och sektionsritning bifogas. Aktuell del av byggnaden är i markplan:

- Stora Rummet 192 pl – 004

- Rum 32 pl – 006 (vikväggen ska vara helt öppen i beräkningen)

På övre planet:

- Läktare – 101

5 UTDATA

Utdata ska väljas så att tid till kritisk påverkan vid brand för verifiering av utrymningssäkerhet enligt BBRAD3 kan göras. Tid till kritisk påverkan avseende kriterium 2–5 i Tabell 7 i BBRAD3 ska redovisas och jämföras med angiven tid för utrymning.

Om något kriterium inte nått nivå för kritisk påverkan vid CFD-simuleringens slut redovisas istället den nivå som uppnåtts på kritiska platser i lokalen.

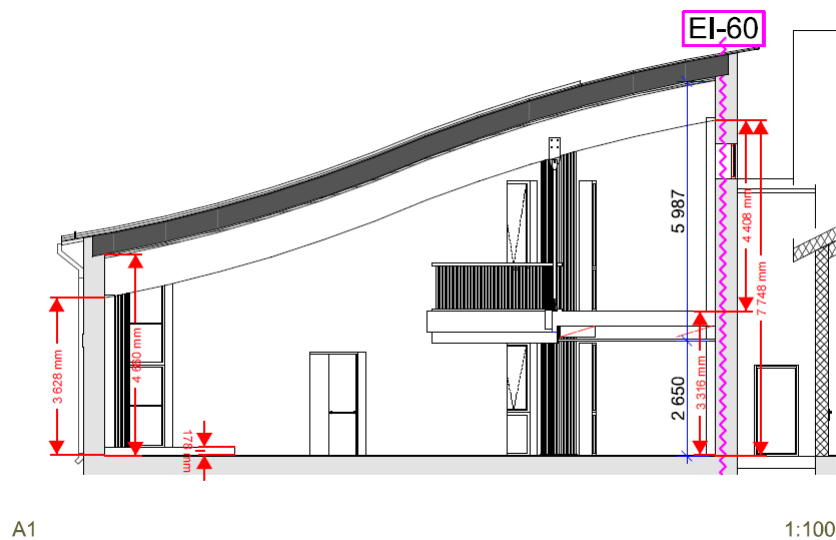
Kriterium för kritiska förhållanden ska, i relevanta fall, redovisas i diagramform som funktion över tid. Det ska tydligt markeras på ritning var i lokalen mätningen har gjorts. Kriterierna ska även, där det är relevant, redovisas med s.k. "slice files".

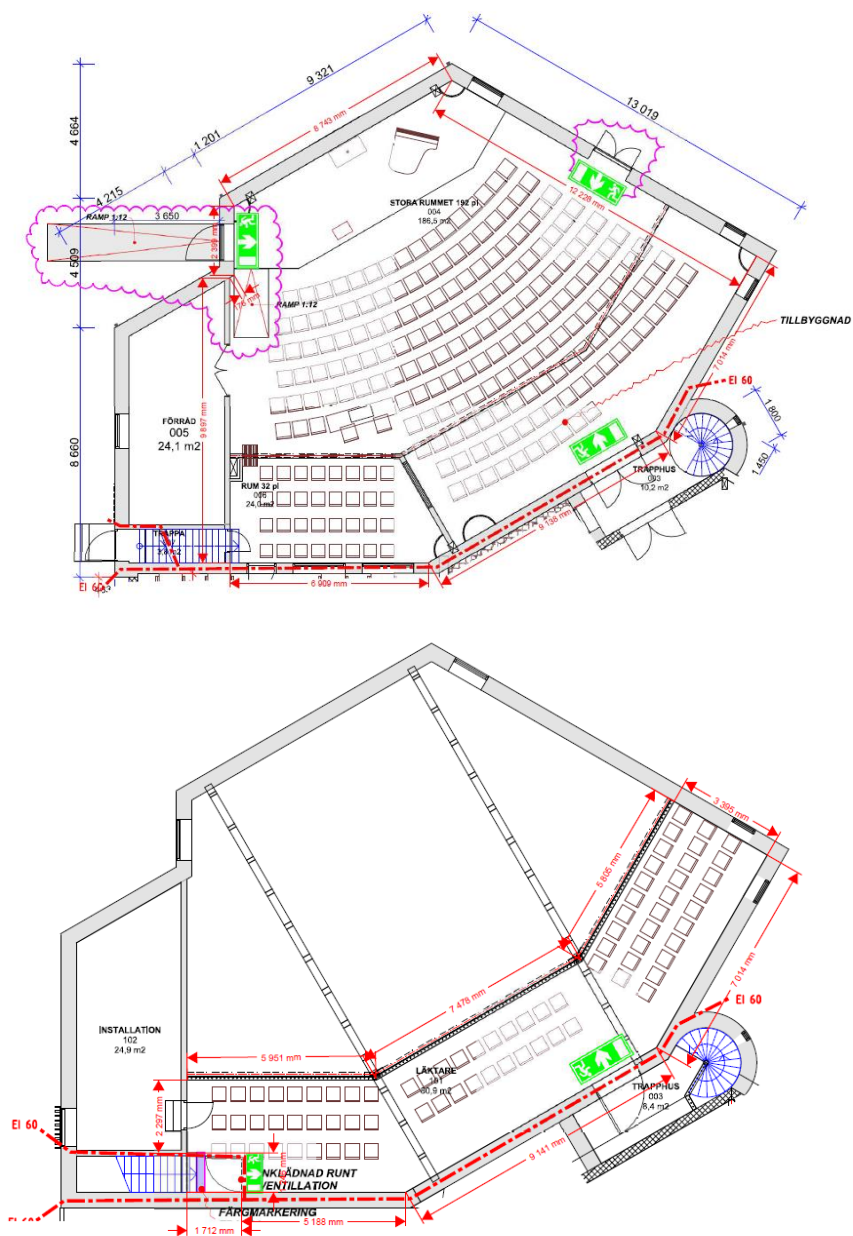
6 REDOVISNING

Resultaten från beräkningarna samt indata fil skickas till Nils Johansson på LTH eller Johan Anderson på RISE. De kommer sedan av identifiera avsändaren och sammanställa alla resultat.

nils.johansson@brand.lth.se

johan.anderson@ri.se





BIV – Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap – är officiell avdelning (chapter 47) till den internationella organisationen Society of Fire Protection Engineers (SFPE). Sedan 1996 verkar BIV för ett bra brandskydd i samhället.

För att uppnå sitt syfte arrangerar BIV seminarier, konferenser och andra arrangemang med anknytning till brandskydd.

Mer information finns på www.sfpe-biv.se

Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap,
officiell svensk avdelning i Society of Fire Protection Engineers

