

# 2015

## Brandteknisk riskvärdering av Familia



**LUNDS UNIVERSITET**  
Lunds Tekniska Högskola

Samuel Gren  
Emanuel Johansson  
Mårten Markselius  
Emil Persson  
Lunds universitet  
Rapport 9480  
29/5-2015



# Brandteknisk riskvärdering av Familia

Lund 2015

Samuel Gren

Emanuel Johansson

Mårten Markselius

Emil Persson

*Följande rapport är framtagen i undervisningen. Det huvudsakliga syftet har varit träning i problemlösning och metodik. Rapportens slutsatser och beräkningsresultat har inte kvalitetsgranskats i den omfattning som krävs för kvalitetssäkring. Rapporten måste därför användas med stor försiktighet. Den som åberopar resultaten från rapporten i något sammanhang bär själv ansvaret.*

**Avdelningen för Brandteknik**

Lunds Tekniska Högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 Lund  
Telefon: 046-222 72 00  
Hemsida: [www.brand.lth.se](http://www.brand.lth.se)  
E-postadress: [brand@brand.lth.se](mailto:brand@brand.lth.se)

**Department of Fire Safety Engineering**

Faculty of Engineering, LTH  
Lund university  
P.O. Box 118  
SE-221 00 Lund  
Sweden  
Telephone: +46 46-222 73 00  
Website: [www.brand.lth.se](http://www.brand.lth.se)  
E-mail: [brand@brand.lth.se](mailto:brand@brand.lth.se)

**Rapport/Report**

9480

**Titel/Title**

Brandteknisk riskvärdering av Familia  
Fire Safety Evaluation of Familia

**Antal sidor/Number of pages**

97

**Författare/Authors**

Samuel Gren  
Emanuel Johansson  
Mårten Markselius  
Emil Persson

Brandingenjörsprogrammet, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2015  
Fire Safety Engineering Program, Faculty of Engineering, LTH, 2015

**Nyckelord**

Familia, Brandteknisk riskvärdering, personsäkerhet, FDS, Pathfinder, utrymning, köpcentrum, brandskydd, kritiska förhållanden

**Keywords**

Familia, Fire Safety Evaluation, human safety, FDS, Pathfinder, evacuation, shopping centre, fire protection, critical conditions

**Bilder/Pictures**

Samtliga bilder är författarnas egna om inte annan källa anges / All pictures are the authors if not another reference is mentioned.

## **Abstract**

This report is written as a part of the course Fire Safety Evaluation at Lund University. It evaluates the fire safety at Familia. Familia is a relatively small shopping centre in the south of Sweden. It consists of 47 stores, restaurants and cafés.

The focus in this report is human safety, where means of egress is the main subject. The method used consists of the comparison of “required safe escape time” (RSET) and “available safe escape time” (ASET), where ASET is the time to evacuate before critical conditions occur and RSET is the time needed for safe evacuation. The building is considered safe if ASET is equal or longer than RSET. This report only evaluates the public areas where costumers are supposed to be located.

After the first risk analysis two fire scenarios which were of greatest danger were selected for further studies. Those scenarios have been evaluated with help of computer programs and hand calculations. Time to critical conditions has been hand calculated and simulated with FDS. The time for evacuation has been simulated with Pathfinder.

The conclusion of this report is that the human safety in case of fire at Familia is satisfying when the active fire systems are working properly. Despite this fact different ways to improve the human safety have been identified and presented.

## **Förord**

Vi vill tacka nedanstående personer för deras stöd under arbetet med denna rapport. Ni har bidragit med bra idéer och information.

Stefan Svensson	Handledare, Avdelningen för Brandteknik, LTH
Anders Mattsson	Technical officer, Familia
Håkan Frantzich	Universitetslektor, Avdelningen för Brandteknik, LTH
Jonathan Wahlqvist	Doktorand, Avdelningen för Brandteknik, LTH
Daniel Stepanovic	Brandingenjör, Räddningstjänsten Söderåsen

## Sammanfattning

I denna rapport utvärderas personsäkerheten vid händelse av brand i köpcentrumet Familia. Rapporten är skriven som en del i kursen Brandteknisk Riskvärdering vid brandingenjörsutbildningen vid Lunds Tekniska Högskola. Familia är ett relativt litet köpcentrum som ligger i handelsområdet Hyllinge Storcenter, mellan Åstorp och Helsingborg. Här finns sammanlagt 47 butiker, restauranger och caféer.

För att personsäkerheten skall vara godkänd krävs att ingen skall behöva utrymma under kritiska förhållanden. I rapporten utvärderas endast de allmänna utrymmen som kunderna kan komma att vistas på. Exempelvis personalrum tas ej i beaktning.

Ett platsbesök har gjorts där ett antal brandscenarier identifierades. Sedan har en grovanalys gjorts där två brandscenarier valts för vidare utvärdering. Dessa brandscenarier är följande:

- En brand i en tilltänkt liten klädesbutik där tillväxthastigheten är hög.
- En brand i en befintlig bokhandel.

Dessa scenarier har med hjälp av olika datorprogram och handberäkningar utvärderats gällande utrymning. Tiden till kritiska förhållanden har beräknats med hjälp av handberäkningar och simulerats med hjälp av FDS. Utrymningstiden har simulerats med hjälp av Pathfinder. Slutsatsen gällande brandskyddet på Familia idag är att då de aktiva systemen fungerar är brandskyddet i huvudsak tillfredsställande. För att rätta till de svagheter som finns i dagens brandskydd har ett antal åtgärdsförslag tagits fram för att kunna förbättra brandskyddet ytterligare.

De åtgärdsförslag som *skall* genomföras för att brandskyddet skall anses vara godkänt är:

- En rutin för regelbunden kontroll av utrymningsskyltar och deras synbarhet *skall* upprättas.
- Utrymningsvägar *skall* utformas på ett sådant sätt att inte motstridig information når personer som är på väg att utrymma Familia. Exempelvis kan de varnande meddelanden som sitter på dörrarna tas bort och ersättas av en tydlig instruktion att tryckknappen ska användas vid normal passage.

De åtgärdsförslag som *bör* genomföras för att brandskyddet skall anses vara godkänt är:

- Utbildningen och instruktionen till personalen *bör* utformas på ett sådant sätt att personalen i större utsträckning leder ut människor genom nödutgångar. Detta då utrymningssimuleringarna visar att om personalen i stor grad kan få kunder att utrymma via nödutgångarna som leder direkt ut i till det fria eller ut till det fria via brand- och transportgång blir den totala utrymningstiden kortare.
- Brand- och transportgångar *bör* tydliggöras på ett sådant sätt att personer som utrymmer får vägledning till var närmsta utgång till det fria finns.
- Handbrandsläckare som är lättillgänglig för personalen *bör* finnas till hands i de butiker som bara har en utrymningsväg.
- Vid ombyggnad eller avskiljning inom butiker *bör* rökdetektorers placering beaktas för att se till att detektering av brand är tillförlitlig inom alla utrymmen på Familia.
- OSB-skivor som i nuläget används som ytmaterial i brand- och transportgångar *bör* tas bort.
- Rutinen att låsa butikernas utgång mot gångstråken *bör* undersökas vidare. Eftersom personer kan komma att glömmas kvar i butiken.
- Rutinerna för det systematiska brandskyddet *bör* ses över och kontrolleras mer noggrant. Exempel på detta är kontroll av aktiva system och utbildning av personal.





## Nomenklaturlista

$a$	Dimensionslöst tal vid synfaktorsberäkning [-]
$C_{p,air}$	Värmekapaciteten för luft [kJ/kgK]
$D$	Ekvivalent bränslediameter [m]
$D_1$	Pöldiameter [m]
$D_2$	Avstånd från flamman till yta [m]
$g$	Tyngdaccelerationen 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
$h$	Takhöjd [m]
$L$	Flamhöjd [m]
$L_1$	Flammans kortsida [m]
$L_2$	Flammans långsida [m]
$\dot{m}$	Massflöde [kg/s]
$\dot{Q}$	Effektutveckling [kW]
$\dot{Q}^*$	Dimensionslös effektutveckling [-]
$\dot{q}''$	Strålningsintensitet mot utsatt yta [kW/m <sup>2</sup> ]
$RTI$	Response time index [m <sup>1/2</sup> s <sup>1/2</sup> ]
$S$	Dimensionslös faktor vid synfaktorberäkningar [-]
$T$	Temperatur [K]
$T_a$	Omgivnings temperatur [K]
$T_g$	Brandgasernas temperatur [K]
$T_\infty$	Omgivande temperaturen på luft [K]
$t$	Tid [s]
$\dot{V}_e$	Volymflöde ut [m <sup>3</sup> /s]
$z$	Höjd till brandgaslager [m]
$\alpha$	Tillväxtfaktor [kW/s <sup>2</sup> ]
$\rho$	Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]

$\rho_a$	Luftens densitet [kg/m <sup>3</sup> ]
$\rho_g$	Brandgasernas densitet [kg/m <sup>3</sup> ]
$\varepsilon$	Emissivitet [-]
$\sigma$	Stefan-Boltzmanns konstant $5,67 \cdot 10^{-8}$ [W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> ]
$\emptyset$	Synfaktor från flamman till yta [-]
$\emptyset_{del}$	Del av synfaktor från flamman till yta [-]
$\delta x$	Den största sidan på cellerna i FDS [m]

## Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte.....	1
1.3 Mål.....	1
1.4 Metod.....	1
1.5 Hjälpmedel i arbetet.....	2
1.6 Avgränsningar och begränsningar.....	3
2. Objektsbeskrivning.....	5
2.1 Historik.....	5
2.2 Byggnaden.....	5
2.3 Verksamhet.....	7
2.4 Skyddsmål.....	7
3. Befintligt brandskydd.....	9
4. Utrymningsteori.....	17
4.1 Kriterier för möjlig utrymning.....	17
4.2 Människors beteende vid brand.....	17
4.3 Utrymningsförloppet.....	18
5. Identifiering av brandscenarier.....	21
5.1 Grovanalys.....	21
Brandscenario 8. Brand i papperskorg.....	31
5.2 Riskmatris.....	32
6. Gemensamma förutsättningar och antaganden för de dimensionerade brandscenarierna.....	35
6.1 Troligt brandförlopp.....	35
6.2 Förutsättningar och antaganden för simuleringar i FDS.....	35
6.3 Utrymning.....	38
7. Dimensionerande Brandscenario A – Brand i en liten butik där tillväxthastigheten är hög.....	43
7.1 Specifika antaganden och värden till FDS-simuleringen av Brandscenario A.....	43
7.2 FDS-resultat.....	44
7.3 Tid till kritiska förhållanden.....	45
7.4 Specifika antaganden i Pathfinder för Brandscenario A.....	47
7.5 Tid till utrymning.....	47
7.6 Slutsats Brandscenario A.....	47
8. Dimensionerande Brandscenario B – Brand i Böcker & Blad.....	49
8.1 Specifika antaganden och värden till FDS-simuleringen av Brandscenario B.....	50
8.2 FDS-resultat.....	50
8.3 Tid till kritiska förhållanden.....	51

8.4	Specifika antaganden i Pathfinder för Brandscenario B.....	52
8.5	Tid till utrymning .....	53
8.6	Slutsats Brandscenario B.....	53
8.7	Känslighetsanalys – Brand på Böcker & Blad med icke fungerande sprinkler.....	53
9.	Förslag till förbättringar vid utrymning.....	55
9.1	Trolig utrymning .....	55
9.2	Styrd utrymning.....	55
10.	Diskussion .....	57
10.1	Utrymningssimuleringar.....	59
10.2	Personalens inverkan på brandsäkerheten .....	60
10.3	Reflektion .....	61
11.	Slutsats .....	63
11.1	Åtgärdsförslag .....	63
	Bilaga A. Detact T2.....	67
	Bilaga B. Enkätundersökning.....	69
	Bilaga C. Handberäkningar .....	77
	Bilaga D. Kontroll av FDS .....	81
	Bilaga E. FDS-resultat Brandscenario A.....	83
	Bilaga F. FDS-resultat för Brandscenario B.....	91
	Bilaga G. CFAST .....	97

## 1. Inledning

I denna rapport utvärderas personsäkerheten vid brand i Familia, ett köpcentrum med kapacitet för cirka 4200 personer.

### 1.1 Bakgrund

Rapporten är huvuddelen i kursen Brandteknisk Riskvärdering som ges av avdelningen för Brandteknik på Lunds Tekniska Högskola. Kursen Brandteknisk Riskvärdering (BTR) omfattar 15 högskolepoäng och sträcker sig över en termin.

Rapporten är skriven av fyra brandingenjörsstudenter. Till sin hjälp under arbetets gång har författarna haft en handledare från Avdelningen för Brandteknik, en handledare från Räddningstjänsten Söderåsen samt en kontaktperson från Familia.

### 1.2 Syfte

Syftet med rapporten är att utvärdera personsäkerheten vid brand i Familia och ge rekommendationer som kan medverka till en förbättring av brandskyddet i byggnaden baserat på den utvärdering som gjorts. Rapporten är framtagen huvudsakligen i utbildningssyfte för att ge författarna större vetskap gällande personsäkerhet vid utrymning och acceptanskriterier vid brand. Under arbetets gång har kunskap från tidigare kurser förenats med ny kunskap från kursen Brandteknisk Riskvärdering.

Syftet med kursen är även att öka den ingenjörsmässiga förmågan samt att kunna bygga och analysera modeller.

### 1.3 Mål

Målet med arbetet är att få svar på om det aktuella brandskyddet i Familia är godkänt ur utrymningssynpunkt. Detta avgjordes med hjälp av brandtekniska analyser.

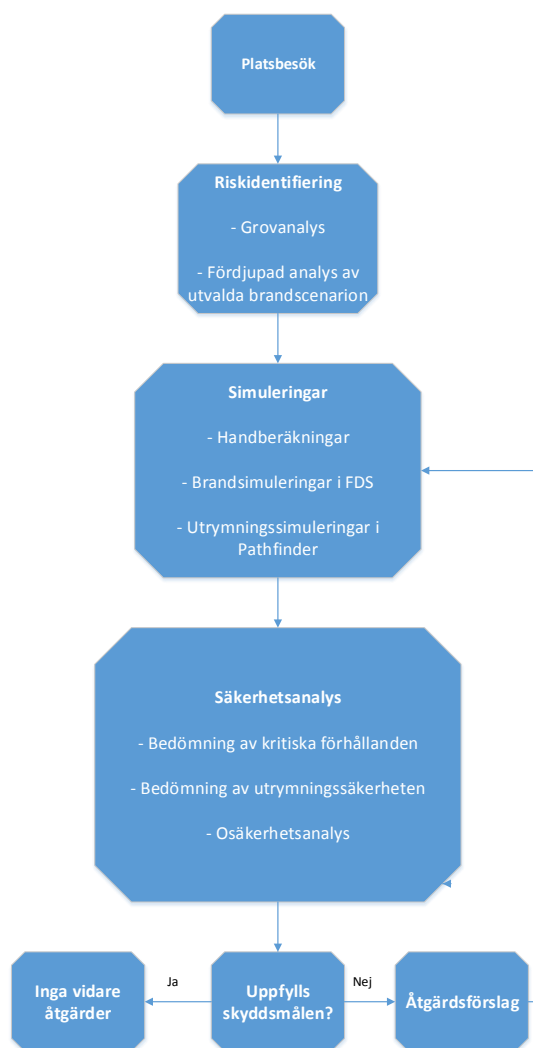
Förslag på åtgärder och förbättringar har tagits fram samt vilken påverkan dessa åtgärder har på risknivån.

### 1.4 Metod

För att få en tydlig bild av objektet gjordes till en början ett platsbesök. Här inhämtades viktig information om objektet. Platsbesök genomfördes tillsammans med handledare från Avdelningen för Brandteknik vid LTH, handledare från räddningstjänsten samt med kontaktpersonen på Familia. Vid platsbesöket utdelades även enkäter angående brandskyddet ut till anställda på Familia. Detta för att få en bild av hur den nuvarande kunskapen var bland anställda på varuhuset gällande brand och utrymning.

En objektbeskrivning har gjorts för att ge en tydligare bild av verksamheten. Även det befintliga brandskyddet har utvärderats och varit en grund under arbetets gång. Handberäkningar och simuleringar har gjorts för att få svar på om dagens brandskydd uppfyller kraven gällande säker utrymning.

Arbetet har följt arbetsgången som visas i figur 1 nedan.



Figur 1. Tillvägagångssätt genom arbetet.

### 1.5 Hjälpmedel i arbetet

De program som används vid simuleringar är Pyrosim, Pathfinder, FDS (Smokeview), Detact T2 samt CFAST. Även handberäkningar används som hjälpmedel under arbetets gång.

#### Fire Dynamics Simulator (FDS)

För att simulera brandförlopp och rökutveckling har ett CFD-program (computational fluid dynamics) använts kallat Fire Dynamics Simulator (FDS). Det räknar ut fluiders flöden med hjälp av Navier-Stokes ekvationer, däribland brandgaser från bränder. Det finns många simuleringsprogram inom detta område, det som FDS använder är en beräkningsmetod som heter LES, Large Eddy Simulator, vilket skiljer sig från andra CFD-program, men i de fall när man ska räkna på eld och brandgasbildning passar denna beräkningsmetod detta objekt. I de fallen programmet ej har möjlighet att använda de ekvationer som behövs används undermodeller som tagits fram empiriskt. I FDS delas geometrin upp i celler, där mass- och energibalanser löses för varje cell. Ett krav som måste uppfyllas är därför att geometrin inte kan anta runda former då dessa celler måste passa in i geometrin för modellen. Resultatet från simuleringarna inhämtas genom utdatafiler som kan behandlas med Excel eller bildbehandlingsprogram. Beroende på hur stora simuleringar som genomförs kan mycket tid och datorkapacitet krävas, även kontroller och kvalitetstester måste göras för att kontrollera giltigheten.

### Smokeview

Smokeview är det program som används för att visualisera de simuleringar som FDS räknar ut. Detta då en 3D-modell gör det möjligt för användaren att visuellt rotera runt objektet. Resultat kan inhämtas i form av genomskärningsbilder (slicefiles) men också uppspelning av brand och brandgasspridningsförlopp kan följas upp med Smokeview.

### Pyrosim

För att kunna modellera Familias geometri i FDS används programmet Pyrosim vilket gör det lätt för användaren att bygga upp simuleringsmodellerna.

### Pathfinder

Pathfinder har använts för utrymningssimuleringarna. Programmet bygger på empiriska försök som har lett fram till beräkningsmodeller för människor som utrymmer byggnader, vilka har översatts och tolkats till datormodeller. Pathfinder används därtill för att uppskatta hur lång tid en fullständig utrymning av Familia kan ta.

### CFAST

CFAST(consolidated model of fire and smoke transport) är ett beräkningsprogram som används för simulering av brandgasbildning i uppritade geometrier. Den stora skillnaden från FDS är att CFAST bygger på en tvåzonsmodell vilket innebär att brandgaslagret och området under modelleras som varsin zon. Det är ett bra verktyg för att initialt göra enklare beräkningar som ligger till grund för större och mer komplexa FDS-simuleringar.

### Detact T2

Detta beräkningsverktyg används för att få en fingervisning om sprinkleraktivering. Detact T2 ger bland annat tid till sprinkleraktivering och hur stor en brand hinner bli innan sprinkleraktivering.

### Handberäkningar

Handberäkningar tillämpas i första hand för att kunna få ungefärliga svar på förenklade problem. Handberäkningar kan sällan ta hänsyn till komplicerade detaljer i verkliga fall men är generellt sett ett bra verktyg för att kunna ge ungefärliga svar.

## 1.6 Avgränsningar och begränsningar

Genom hela arbetet med rapporten har flera förenklingar och antaganden gjorts. Detta bidrar till att rapporten har vissa avgränsningar och begränsningar. Dessa avgränsningar och begränsningar kommer att diskuteras genom hela rapporten men nedan följer några av de mest övergripande.

Då rapportens syfte är att utvärdera personsäkerheten vid brand tas inte hänsyn till de miljömässiga och ekonomiska skador som kan uppkomma vid brand. Avgränsningar har även gjorts gällande antalet brandscenarier beroende på den begränsade tiden för utvärderingen av objektet. Detta beskrivs i detalj i kapitel 5.1 Grovanalys.

I denna rapport undersöktes inte byggnadens hållfasthet vid brand och därmed inte risken för att delar av byggnaden kan kollapsa i händelse av brand.

Räddningstjänstens medverkan vid utrymning tas ej i beaktning då utrymning antas ske under brandens initiala skede innan räddningstjänsten anländer till objektet. Räddningstjänstens säkerhet vid insats tas inte heller i beaktning på grund av detta.

Brandskyddsdocumentationen från år 2006 anses vara gällande då tillgång på eventuella uppdaterade versioner inte varit tillgängliga. Därför görs ingen vidare utvärdering gällande exempelvis gångsträcka till utrymningsdörr samt bredd på utrymningsdörrar med mera.

Denna rapport fokuserar på de delar av Familia som kunderna rör sig på och därmed inte på den personaldel som finns på ovanvåningen.

Familia angränsar till City Gross. I denna rapport tas endast Familia i beaktning. En eventuell brand och de brandskyddssystemen som finns på City Gross tas inte i beaktning då brandskyddet mellan de båda byggnadsdelarna anses vara tillräcklig, enligt brandskyddsdokumentation.



## 2. Objektsbeskrivning

Familia köpcentrum är beläget i nordvästra Skåne, i Hyllinge som ligger mitt emellan Helsingborg och Åstorp. Köpcentret ägs av Olav Thos Gruppen AS (Familia, 2015).

### 2.1 Historik

Familia öppnades i september 2006 och ligger i handelsområdet Hyllinge Storcenter. Redan innan Familia öppnades fanns det flera stora butiker i området exempelvis ICA Maxi, City Gross och Bauhaus (Familia, 2015).

### 2.2 Byggnaden

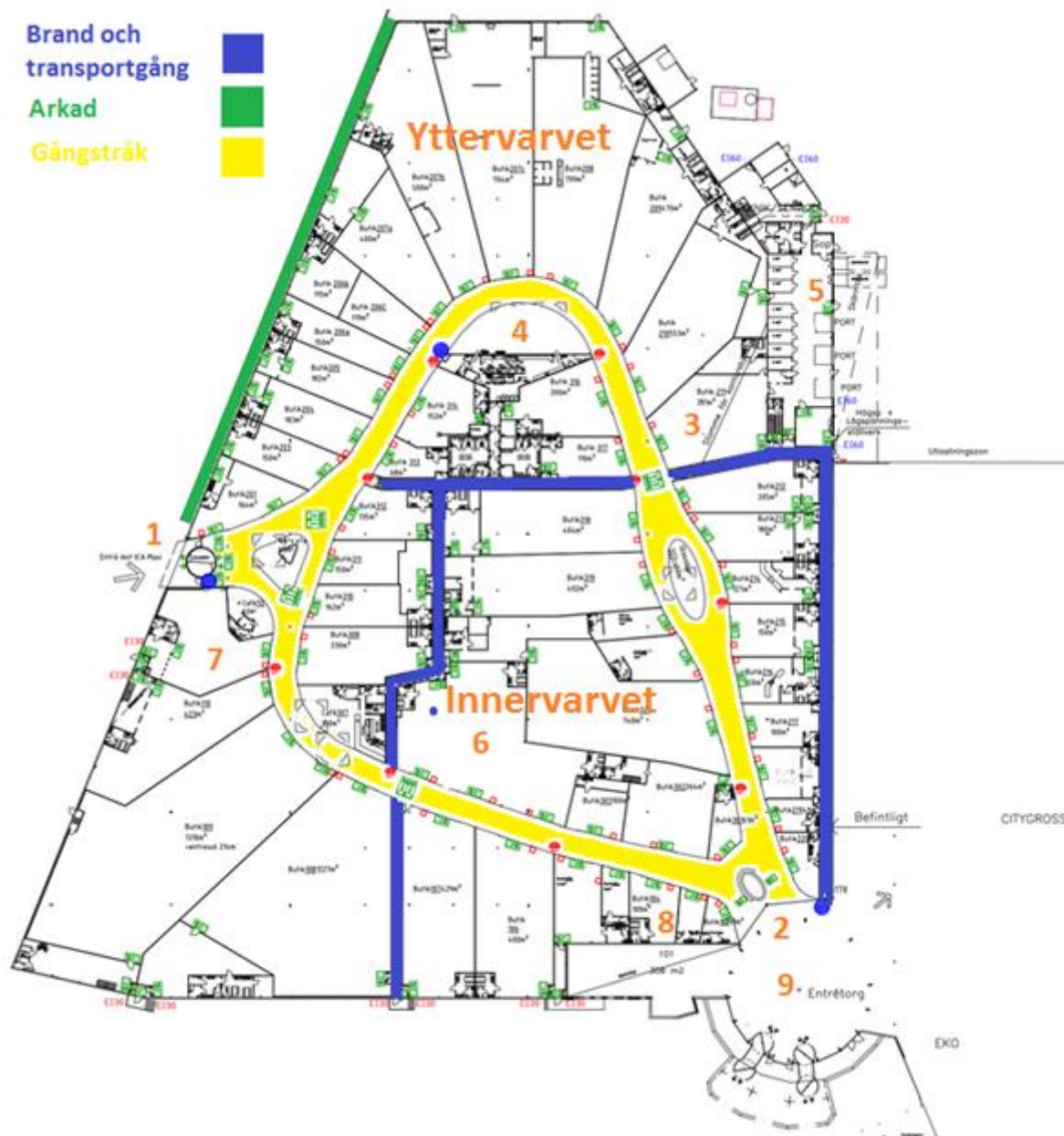
Idag finns det 47 butiker i köpcentret och ett flertal restauranger och matkedjor. Den totala handelsarean på Familia är cirka 22 000 m<sup>2</sup>. Takhöjden varierar mellan 6,5 och 7,0 meter. I butiksområdet vid cirka 4 meters höjd finns galler, likt de som visas i figur 2 och 3 nedan. Figur 4 på nästa sida visar var några av de mest väsentliga platserna på Familia för denna rapport är belägna (Mattsson, 2015) (Familia, 2015).



Figur 2. Galler över gångstråk.



Figur 3. Exempel på galler i butik.



Figur 4. Översiktlig bild Familia. Siffrorna förklaras nedanför denna bild.

1. Västra entrén
2. Södra entrén
3. Dressmann
4. Restaurang KHAI & MUI
5. Lager/sluss
6. Lekia
7. Böcker & Blad
8. Liten butik
9. Entrétorget

De butiker som ligger inom gångstråket, det vill säga de butiker som *inte* har någon nödutgång som leder direkt ut till det fria kommer i fortsättningen benämnas som butikerna i innervarvet. De butiker som är belägna utanför gångstråket, det vill säga de butiker som har en nödutgång som leder direkt till det fria kommer i fortsättningen benämnas som butikerna i yttervarvet.

## 2.3 Verksamhet

All försäljningsverksamhet i form av restauranger, butiker och caféer finns på bottenplan. Kontor, kök för personal samt personalrum finns på en ovanvåning. Butikerna skiljer sig åt när det gäller yta, utformning och verksamhet. På Familia finns butiker med sportartiklar, elektronik, leksaker med mera, men de vanligaste butikerna är klädesaffärer. Det finns få butiker med stora lager men vid behov kan butikerna hyra lager som finns i anslutning till lastkajen (5).

Det finns två entréer till Familia. Dels en i köpcentrumets västra delar som vetter mot ICA Maxi, denna kommer i fortsättningen att gå under namnet västra entrén (1). Den andra entrén vetter söderut mot det stora entrétorget. Denna ingång kommer i fortsättningen att gå under namnet södra entrén (2). Vid entrétorget (9) finns även ingången till City Gross. Detta innebär att entrétorget är ingång både till kunder som ska till Familia samt för de som vill handla på City Gross. Det är vid entrétorget som evenemang i form av exempelvis konserter anordnas. Här är det högt i tak och golvytan är stor.

Verksamheten i en butik är relativt enkel att byta. Detta innebär att olika butiker kan byta plats inom Familia. Anser en butik att de har för stor yta eller av någon anledning ligger på ett opassande ställe är det möjligt att flytta denna butik.

Besökarantalet på Familia varierar stort. Under vardagar är aktiviteten låg för att sedan öka under helgen. Under en hektisk dag innan jul kan uppemot 7500 personer besöka köpcentret varav högst 2000 personer bedöms befinna sig i köpcentret samtidigt (Mattsson, 2015).

## 2.4 Skyddsmål

Det som beaktas i rapporten är personsäkerheten. Personer riskerar att avlida eller skadas om de inte har utrymt byggnaden innan kritiska förhållanden uppstår. Skyddsmålet blir därför att krävd tid för säker utrymning är kortare än tiden tills kritiska förhållanden uppstår.



### 3. Befintligt brandskydd

På Familia finns det både passiva och aktiva brandskyddssystem. Dessa system skyddar genom att dämpa eller förhindra branden från att spridas. Utöver detta har personalen och organisationen en viktig roll i brandskyddet. Informationen i detta kapitel är hämtat från brandskyddsdokumentation utfärdad av Ångpanneföreningen, från Anders Mattsson samt från platsbesöket på köpcentrumet.

#### Sprinkler

Hela byggnaden har försetts med automatiskt sprinklersystem enligt SBF 120:5. Sprinklersystemet försörjs via en brandvattendamm och sprinklercentralen är belägen i den nordöstra delen av byggnaden. Riskklassen för butiker och lager är HL3 vilket gjort att dessa ytor är installerade med våtrörssystem med en vattentäthet på 12,5 mm. Torrörssystem är installerade på lastbryggor och på varumottagningar. För att sprinkler skall fungera plan enligt är den tillåtna lagringshöjden 3,2 m. I lager och butikdelar är sprinklerhuvuden av typen ”Quick Response” med ett  $RTI \leq 50 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$ . Däremot i varumottagningen finns sprinklerhuvuden av typen ”Standard Response” med ett  $RTI \leq 100 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$ . Ett lågt RTI värde innebär tidigare aktivering. Utrymningslarmet aktiveras automatiskt vid sprinkleraktivering (ÅF, 2006).

I varuhuset finns punktsprinkler installerade, i form av fritössprinkler (Mattsson, 2015). Dessa aktiveras automatiskt vid brand och vid aktivering bryts elektriciteten och gas till värmeapparater i köket. Fritössprinklerna har utförts med system typ ”GW MysteryHood Twin Nozzle System” (ÅF, 2006).

#### Brand- och utrymningslarm

Familia är försett med automatiskt brandlarm och brandlarmet är vidarekopplat till SOS alarm. Brandlarmet är utfört enligt SBF 110:6 (Mattsson, 2015).

Optiska rökdetektorer är placerade i taket med en täthet på minst 1 detektor/300 m<sup>2</sup> (ÅF, 2006). Totalt finns det 222 rökdetektorer och 14 värmedetektorer på Familia (Mattsson, 2015).

I gångstråket är maximala avståndet mellan detektorer 25 m. I utrymningsvägar och teknikutrymmen har rökdetektorer placerats enligt SBF 110:6. Arkaden (utomhuslängan utmed nordvästra delen mot Ica Maxi sett) har försetts med värmedetektorer (ÅF, 2006).

Förutom rökdetektorer finns även larmknappar utplacerade på följande platser:

- Brandlarmscentral (1 st.)
- Butikslager (1 st./lager i butiker >300 m<sup>2</sup>)
- I utrymningskorridor vid dörr till det fria (4 st.)
- Kassor (1 st./kassa)

Totalt finns det 70 larmknappar utplacerade på strategiska platser på Familia.

Då en detektor aktiveras skickas ett larm till larmlagringscentralen. Den ansvariga för larmlagringen får kvittera larmet och undersöka vad som hänt. Varken utrymningslarmet aktiveras eller räddningstjänsten larmas då endast en detektor aktiveras (Mattsson, 2015). Då två oberoende rökdetektorer aktiveras skickas ett automatiskt brandlarm till räddningstjänsten samt brandlarm och utrymningslarmet aktiveras (Mattsson, 2015). När brandlarm aktiveras stängs övriga ljudanläggningar i varuhuset samt karuselldörrar och skjutdörrar öppnas. Räddningstjänsten larmas och

magnetuppställda dörrar i brandcellsgränser stängs automatiskt. Brandgasventilationen aktiveras i entréorg och gångstråk samt blyxtljus tänds runt om på Familia (ÅF, 2006).

Vid brandlarmsaktivering samt vid sprinkleraktivering startar utrymningslarmet. Utrymningslarmet har akustisk signal och kombineras med ett i förväg inspelat talat meddelande. Larmet hörs i samtliga butiker och gångstråk och det är även möjligt att aktivera larmet manuellt (ÅF, 2006). Det talande meddelandet är informativt och berättar att man måste lämna köpcentrumet på grund av brand (Mattsson, 2015).

### Ventilation

Familia har utförts med ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning, det vill säga ett FTX-system. Innan frånluftskanalerna når aggregaten som sitter i taket har de försetts med rökdetektorer.

Tornet i entréorget har försetts med luckor som bidrar till självdrag. Dessa luckor stängs vid aktivering av centralt brandlarm (ÅF, 2006).

För aggregat i separat brandcell stänger aggregatspjäll och fläktar vid:

- Larm från rökdetektor i aktuell kanal.
- Aktivering av centralt brandlarm
- Aktivering av sprinklerlarm

För aggregat som betjänar mer än en brandcell har brandspjäll av klass E60 installerats överallt utom till utrymningskorridor där klass E30 gäller (ÅF, 2006).

Brandspjäll stänger vid:

- Larm från rökdetektor i aktuell kanal
- Aktivering av centralt brandlarm
- Aktivering av sprinklerlarm
- Spänningsbortfall

Eftersom byggnaden är försedd med sprinklersystem har kanalerna utförts oisolerade (ÅF, 2006).

### Brandgasventilation

Brandgasventilation finns installerat i gångstråk, brand- och transportgång samt entréorg med placering enligt figur 5 på nästa sida.

För brandgasventilationen i brand- och transportgång gäller följande:

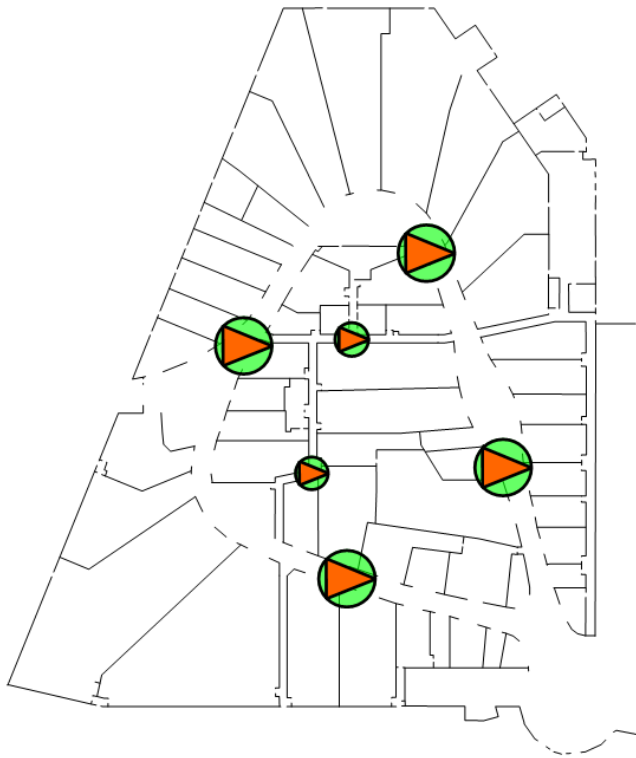
- Aktiveras automatiskt vid minst en brandgasdetektor i aktuellt område.
- Aktivering kan även ske manuellt via manöverdon vid brandförsvarstablån.
- Kapaciteten är 20 omsättningar per timme.
- Totalt finns två utsugningspunkter i brand och transportgång, se figur 5 på nästa sida.

För brandgasventilationen i gångstråk och entréorg gäller följande:

- Aktiveras automatiskt via två rökdetektorer i butiksplan.
- Aktivering kan även ske manuellt via manöverdon vid brandförsvarstablån.
- Kapaciteten är 40 m<sup>3</sup>/s fördelat på fyra fläktar i gångstråken (ÅF, 2006). På besöket noterades att brandfläktarnas kapacitet var 13,9 m<sup>3</sup>/s. Det är oklart varför informationen skiljer sig och antagandet har gjorts att kapaciteten är 13,9 m<sup>3</sup>/s.

Ingen brandgasventilation finns i butikerna (ÅF, 2006).

Det är okänt hur tilluften är dimensionerad och hur den aktiveras.



Figur 5. Orientering av brandgasfläktar.

Inga brandtekniska krav finns på kabel till brandgasventilation på grund av att brandgasventilationen aktiveras vid kabelavbrott.

Det utrymme som sammanbinder byggnaderna, det vill säga entrétorget och anslutningen till entrétorget är försett med mekanisk brandgasventilation. På detta sätt kommer inte brandgaser att kunna spridas mellan byggnaderna.

Mekanisk brandgasventilation kan vara ett mycket effektivt verktyg för att öka personsäkerheten vid utrymning då brand inträffar. Detta då brandgasventilationen transporterar bort brandgaser som både är toxiska, kan orsaka höga temperaturer, kan bidra till strålning och orsaka dålig sikt. Två problem som uppstår är följande: en övertro på systemet, det vill säga att dimensioneringen kan vara för klen tilltagen eller mekaniska fel kan uppstå. Det andra problemet är att evakueringen av brandgaser kan vara för stor. Detta leder till att frisk luft från lagret nedan brandgaslagret kan gå igenom brandgaslagret och direkt ut i det fria utan att ta med sig brandgaser. Detta fenomen kallas plugholing. Det som kan förstora denna effekt är att brandgasventilationen har för stor utsugningshastighet eller är för lågt placerad i taket gentemot brandgaslagret. Det är därmed bättre att ha många små öppningar än en stor (Jie, Kaiyuan, Wei, & Ran, 2009). Försök visar dock att brandgasventilationens area spelar mindre roll i en byggnad utrustad med sprinkler jämfört med en som inte är det (Ingason & Arvidson, 2001).

#### Kommunal räddningstjänst

Familia ligger i Räddningstjänsten Söderåsens ansvarsområde. Beräknas tid till Familia från den närmsta stationen Åstorp som är en deltidstation är 15 minuter. Räddningstjänstens aktiva medverkan i utrymningen bortses från i denna rapport.

#### Släckutrustning

I butiksdelens allmänna ytor samt i lager finns inomhusbrandposter. Avståndet till brandposterna är aldrig över 25 meter. Brandposterna har formstabil slang med en längd på 30 meter och en dimension



på ¾ tum (ungefär 1,9 cm), enligt SS-EN 671-1. Brandposterna är utmärkta med vimpel enligt AFS 1997:11 och är anslutna till sprinklernätet. Brandlarm aktiveras då brandpost startas (ÅF, 2006).

I byggnaden finns även handbrandsläckare installerat. Handbrandsläckarna är placerade på ett sådant sätt att avståndet till släckutrustning aldrig är mer än 25 meter. Släckarna innehåller skum och i storköken har skumsläckarna kompletterats med koldioxidsläckare (ÅF, 2006).

#### Samverkan mellan sprinkler och brandgasventilation

När sprinklersystem och brandgasventilation används tillsammans uppkommer en rad problem då de till viss del motverkar varandras effekt. Ett av de stora problemen är att brandgasfläktarna ökar luftflödet i byggnaden och därmed syretillförseln till branden. Detta kan göra att sprinklersystemet blir otillräckligt för att hantera den allt intensivare branden. Detta kommer troligtvis inte orsaka problem vid en brand i en butik i Familia då brandgaserna inte transporteras ut direkt i gångstråket där brandgasventilationen finns. Innan brandgaserna når gångstråket måste brandgaslagret sjunka till butikens öppningshöjd. Detta gör att tiden till sprinkleraktivering inom butiken inte bör bli längre då brandgasventilation används parallellt med sprinkler.

Ett problem som kan uppstå vid sprinkleraktivering är att vattensprayen från sprinklersystemet blandar om och sänker temperaturen på brandgaserna vilket innebär att brandgasfläktarnas effektivitet kan minska (Ingason & Arvidson, 2001).

#### Belysning och skyltar

Utrymningsvägar och samtliga utrymmen dit allmänheten har tillträde har försetts med nödbelysning. Driften av nödbelysningen är säkrad under minst 60 minuter vid händelse av strömavbrott. Belysningen har utförts i brandteknisk klass EI 15 och tänds automatiskt vid spänningsbortfall (ÅF, 2006).

EI 15 innebär en brandklassning där *E* är integriteten, vilket innebär förmågan hos ett byggnadselement att motstå brand på en sida utan att branden sprider sig till den oexponerade sidan genom läckage av lågor eller heta gaser. *I* är isoleringen, vilket innebär byggnadselementets förmåga att vid brand bibehålla temperaturen på den oexponerade sidan av en vägg under en viss nivå. 15 betyder i detta fall att integriteten och isolering uppfyller provningsmetodens krav under 15 minuter (Boverket c, 2013).

Nödbelysningen har placerats på lägsta möjliga höjd och ljusstyrkan är inte mindre än 1 Lux. Samtliga utrymningsvägar har försetts med skyltar enligt AFS 1997:11 (ÅF, 2006).

I köpcentrumet finns blyxtljus utmed brand och servicegångar samt utmed brand och transportgången (Mattsson, 2015).

Vid platsbesöket upplevdes skyltningen i butiksdelens som tydlig och enkel att följa. Däremot i brand och transportgångarna och i brand och servicegången upplevdes skyltning vara sämre utformad. Det var svårt att veta vad som var en utrymningsdörr och vad som var en dörr som inte leder vidare ut till det fria. Nödbelysning enligt AFS 1997:11 är placerad ovan utrymningsdörrar i tydlig grön färg. Utrymningsdörrarna i brand och transportgångarna hade en skyltning som liknar de skyltningar som visas i figur 6 på nästa sida.





Figur 6. Exempel på två utformningar av nödutrymningsdörrar på Familia.

### Brandcellsindelning

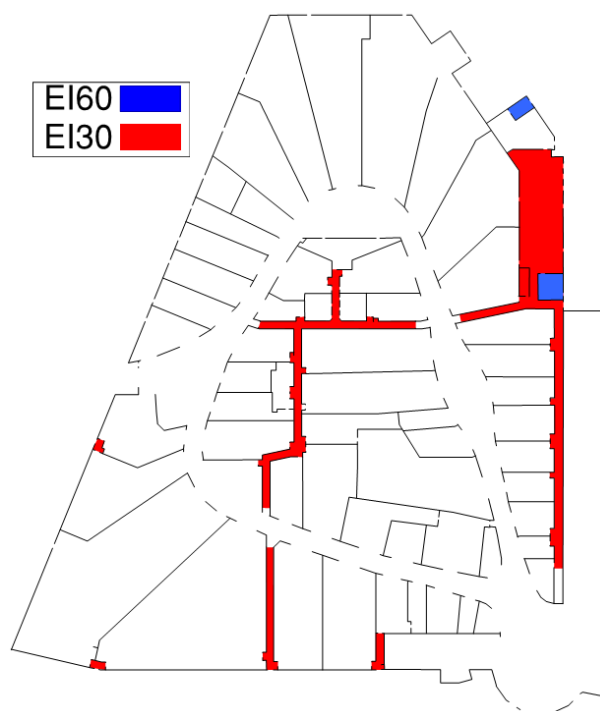
Familia består i stort sätt av en enda brandcell, främst mot det yttre men även gentemot City Gross. De butikavskiljande väggar som finns mellan butikerna är otäta, däremot har butiksfrenten mot gångstråket gjorts tät. Detta behöver inte betyda helt tät mot brandgaser. I taket mellan butikerna finns stora överföringar och hål vilka bidrar till att brandgaser kan transporteras mellan butiker. Däremot kan endast brandgaser nå gångstråket via den vanliga ingången till butiken.

I Familia finns två rum innehållande låg- och högtransformator samt sprinklercentral med brandcellsindelning av klass EI 60. Även ställverk är av klass EI 60 (ÅF, 2006).

Brandgångar, transport- och utrymningsvägar, kontorsdel, trapphus samt lager är av brandteknisk klass EI 30 (ÅF, 2006).

Dörrar i brandcellsgränser är försedda med automatisk dörrstängare.

I figur 7 på nästa sida visas en förenklad brandcellsindelning av Familia.



Figur 7. Brandcellsindelning i Familia.

#### Material

I tabell 1 nedan visas vad för typ av material huvuddelen av byggnaden består av.

Tabell 1. Översikt gällande Familias övergripande materialkonstruktion (ÅF, 2006).

Byggnadsdel	Material
Bärverk	Stål
Bjälklag	HDF (Betong)
Yttervägg	Utfackningsvägg (Gips, plywood/mineralull/plåt)
Innervägg	Lätt konstruktion (Gips/plywood+stålregel)
Fasad	Plåt
Yttertak	Plåt/mineralull/cellplast m.m.
Taktäckning	Duk (Klass t)
Isolering	Cellplast (delvis i tak) i övrigt obrännbar

#### Max antal personer

I brandskyddsdokumentationen används 4200 personer som det dimensionerande personantalet i utrymningsbedömningarna. Dessa beräkningar grundar sig i det redovisade förhållandet mellan butiksyta kontra lager och personalutrymme i butikerna. Där detta inte redovisas antas 80 % vara butiksyta. Utöver detta antas att 25 % av butikernas försäljningsyta ockuperas av annat. Detta innebär att cirka 12 000 m<sup>2</sup> av Familia är tillgängligt utrymme för kunder och då 0,357 personer/m<sup>2</sup> används blir maximalt antal kunder cirka 4200 samtidigt (ÅF, 2006).

#### Utrymningsvägar

Hela Familia omgärdas av ett kommunikationsstråk där varje butik har sin huvudingång. Dessa leder till den västra entrén och den södra entrén.

Den största butiken är dimensionerad för mindre än 600 personer, därmed kommer ingen butiklokal att behöva mer än två av varandra oberoende utrymningsvägar. De butiker där arean är mindre än 280

m<sup>2</sup> behövs endast en utrymningsväg, då längsta avståndet ut i kommunikationsstråket är mindre än 15 meter (ÅF, 2006).

Mitt i Familia finns en T-formad utrymningskorridor med tre utgångar, likt figur 4 visar. Denna är till för de butiker som inte har utrymning direkt ut till det fria. Denna utrymningskorridor mynnar ut i kommunikationsstråket. Detta har enligt brandskyddsdocumentationen ansetts vara acceptabelt då det vid mynning är kort avstånd till de utrymningsvägar som leder ut till det fria.

Övriga butiker med två utrymningsvägar går direkt ut i det fria förutom ett fåtal som mynnar ut i en brand- och transportkorridor på nordöstra sidan.

Det finns tre utrymningsplaner placerade i Familia. Dessa beskriver alla utrymningsvägar.

#### Systematiskt brandskyddsarbete

SBA, eller systematiskt brandskyddsarbete sker enligt tids- och planeringskalender ifrån fastighetsägaren, Olav Thos Gruppen AS. Systematiskt brandskyddsarbete utförs även enskilt av varje butik.

Varje dag genomförs brandronder. En innan Familia öppnar och en av Securitas under eftermiddagen. Securitas genomför även brandronder efter stängning. Vederbörande ser då till att nödbelysningen lyser samt att utrymningsvägarna är fria. En gång i veckan testas branddörrarna. Brandlarmet och sprinklersystemet provas varje månad och en gång i kvartalet görs en utökad provning (Mattsson, 2015).

Även sprinklersystemet kontrolleras regelbundet. Manometrar kontrolleras en gång i veckan och varje kvartal utförs ett flödestest på systemet (Mattsson, 2015).



Figur 8. Utrymningsväg i så kallad brand- och transportgång.

I brand- och transportgång samt i brand- och servicegång finns OSB-skivor uppsatta längst väggarna som figur 8 visar. Få test verkar vara gjorda för just OSB-skivor, men dessa anses fungera likt plywood-skivor (Frantzich, 2015).

Tester som genomförts visar att plywood-skivor är av ytskiktclass III enligt svensk standard och av ytskiktclass D enligt den europeiska klassningen, Euroclass. Ytskikt av klass III skall ”ej ge upphov

till övertändning inom 2 minuter i ett litet rum”. Enligt brandskyddsdocumentationen skall ytskikt och beklädnader på väggar i utrymningskorridorer vara av klass I. Ytskikt av klass I skall ”ej medverka till övertändning i ett litet rum” (Sundström, 2001).

Då dagens OSB-skivor anses vara av ytskiktsklass III uppfylls i dagsläget inte de krav som finns gällande ytskikt i utrymningskorridorer.

#### Resultat från enkätundersökningen

För att få reda på hur den befintliga brandskyddskännedomen är bland butikernas medarbetare genomfördes en enkätundersökning. 50 exemplar delades ut slumpmässigt bland de flesta butikerna. De 41 svar som insamlades var anonyma och det var frivilligt att svara på frågorna. En sammanställning av resultaten från enkätundersökningen finns i bilaga B. De viktigaste resultaten presenteras nedan.

Överlag har personalen på Familia god kännedom kring brand och utrymning vid brand. Majoriteten har deltagit i utrymningsövningar och personalen har mycket god kännedom om var närmaste utrymningsväg finns samt endast 5 av 38 säger sig ha sett en utrymningsväg vara blockerad. Personalen har även god kännedom om var närmaste släckutrustning finns och 31 av 38 känner sig bekväm med att använda utrustningen. 36 av 38 kände sig säkra på vad de skulle göra om brand uppkommer. När det kommer till frågorna kring hur personalen agerar och vilket ansvar de har vid brandlarm vet de flesta vad de ska göra. De flesta butiksanställda ska se till att utrymma sin butik på kunder, hänvisa till återsamlingsplatsen, stänga butiken och sedan själva utrymma.

## 4. Utrymningsteori

Nedan definieras kritiska förhållanden, det normala utrymningsförloppet samt hur människors generella beteende är vid händelse av brand.

### 4.1 Kriterier för möjlig utrymning

När personer försöker utrymma spelar ett antal parametrar in på om detta är möjligt att genomföra på ett säkert sätt. För att uppfylla godtagbar nivå för utrymningen måste ett antal kriterier uppfyllas. Dessa kriterier rör nivån på brandgaslagret, sikt, värmestrålning, temperatur och toxicitet. Tillgänglig tid till utrymning är tiden till dess att kriterierna inte längre uppfylls. Denna tillgängliga tid jämförs sedan med den aktuella tiden för utrymningen. Är den aktuella utrymningstiden kortare än tiden till kritiska förhållanden är det säkert att utrymma. I tabell 2 nedan redovisas vilka kriterier som används för kritiska förhållanden ska anses vara uppnådda.

Tabell 2. Kriterier för kritiska förhållanden.

Kriterium	Nivå
<b>1. Brandgaslagrets nivå ovan golv</b>	Lägst 1,6 + (rumshöjden (m) x 0,1)
<b>2. Siktbarhet, 2,0 meter över golv</b>	10,0 m i utrymmen > 100 m <sup>2</sup> , 5,0 m i utrymmen ≤ 100 m <sup>2</sup> . Kriteriet kan även tillämpas för situationer där köbildning inträffar i ett tidigt skede vid den plats kön uppstår.
<b>3. Värmestrålning/Värmedos</b>	Max 2,5 kW/m <sup>2</sup> eller en kortvarig strålning på max 10 kW/m <sup>2</sup> i kombination med max 60 kJ/m <sup>2</sup> utöver energin från en strålningsnivå på 1 kW/m <sup>2</sup> .
<b>4. Temperatur</b>	Max 80 °C
<b>5. Toxicitet, 2,0 m ovan golv</b>	Kolmonoxidkoncentration (CO) < 2000 ppm Koldioxidkoncentration (CO <sub>2</sub> ) < 5 % Syrgaskoncentration (O <sub>2</sub> ) > 15 %

För att exponeringen vid utrymning skall bedömas som godtagbar krävs att kriterium 1 samt 3-5 eller kriterium 2 samt 3-5 måste uppfyllas. Detta betyder att trots ett brandgaslager som är under 2,3 meter från golvet kan utrymning vara möjligt då sikten fortfarande är över fem eller tio meter, beroende av storleken på utrymmet. Däremot om sikten är under fem eller tio meter, beroende på utrymme, måste brandgaslagret nivå ovan golvet vara minst 1,6 meter. Dock är en förutsättning för att exponering vid utrymning skall bedömas som godtagbar i de fall kriterium 1 eller kriterium 2 inte uppfylls att kriterium 3-5 är uppfyllt (Boverket b, 2013).

För säker utrymning krävs:

$$tid_{tillgänglig} > tid_{aktuell\ utrymning}$$

### 4.2 Människors beteende vid brand

Människor är inte vana vid att utrymma. Denna ovana leder till ökande grad av osäkerhet och stress. Hur en person uppträder och agerar är högst personligt. Under utrymningens gång tas många beslut på en relativt kort tid. Alla dessa beslut i en nödsituation passerar genom följande tre stadier:

- Förståelse och tolkning av situationen
- Förberedelse
- Genomförande

Det tidiga skedet av utrymningsförloppet karakteriseras ofta av osäkerhet, ineffektivitet och missförstånd. Personer som förväntas utrymma vet inte vad de skall göra och försöker finna

information innan de startar utrymning. För att undvika oro och osäkerhet bland personerna som skall utrymma är det viktigt att förmedla information. Ett tydligt utrymningslarm leder till att besluten kring utrymningen kan bli enklare.

Undersökningar visar att personer hjälps åt mycket under utrymningar. Mindre grupper bildas och gemensamma beslut tas. Detta leder till snabbare utrymning i de fall någon tidigt tar initiativ och andra börjar följa och långsammare då ingen tar initiativ (Frantzich, 2001).

Auktoritet är någonting som påverkar personers beteende vid utrymning. Personer ser ofta upp till en auktoritär person och väljer att följa denna. Därför är personalens beteende vid utrymning på ett varuhus extra viktig. Vet personalen vad de ska göra vid utrymning och agerar säkert och beslutsamt sprider sig detta till de kunder som vistas på varuhuset.

Något som kan förlänga utrymningstiden är den motivation personer har till att utrymma. Då någon har investerat tid i en aktivitet minskar ofta motivationen till att utrymma. Exempel på sådana aktiviteter är att stå i kö till en kassa eller precis ha beställt mat på en restaurang. Tiden till dess att förflyttningstiden startar riskerar då att bli längre. Framförallt då situationen är otydlig blir beteendet med låg motivation till utrymning vanlig. Utrymningstiden påverkas även av lokalkännedomen. Personer med god lokalkännedom, exempelvis anställda vid varuhus använder i större utsträckning närmsta utrymningsväg. De som har dålig lokalkännedom, exempelvis kunder i ett varuhus väljer ofta att utrymma samma väg de kom in (Frantzich, 2001).

### 4.3 Utrymningsförloppet

Den aktuella utrymningstiden motsvarar tiden från att branden startar tills dess att samtliga personer har utrymt. Utrymningstiden kommer att variera beroende på hur många personer som finns i lokalen och var i lokalen som branden uppstår, men skall uppfyllas för samtliga platser i byggnaden. Den aktuella utrymningstiden kan delas upp i olika perioder (Frantzich, 2001):

- *Varseblivningstid*

Varseblivningstiden innebär tiden från att branden uppstår till dess att personer vet att den uppstått. Detta kan vara tiden till att någon upptäcker branden men är oftast tiden till att ett brandlarm aktiveras. Varseblivningstiden för personer som ser en brand är sällan kortare än 30 sekunder. Varseblivningstiden är mycket beroende av vilket sorts brandlarm som finns i lokalen. Då tiden för larmlagring ingår i varseblivningstiden är det viktigt att detta system fungerar väl. För att minska varseblivningstiden kan ett automatiskt brandlarm installeras (Boverket, 2006).

- *Förberedelsetid*

Detta är den tid det tar för en person att uppfatta att ett brandlarm har aktiverats, uppfatta vad som sagts i ett talat meddelande, hjälpa andra personer att förstå att ett brandlarm aktiverats, bestämma om utrymning är nödvändigt, försöka bekämpa branden med mera. Denna tid kan vara högst personlig på grund av att personer agerar olika vid brand. Faktorer som påverkar denna tid är typ av verksamhet, orienterbarhet i lokalen, personegenskaper, utrymningslarm samt beteende av personal på plats.

Mycket kan göras för att minska förberedelsetiden. Genom att göra det tydligt för personer vad dom skall göra när en incident uppstår kommer förberedelsetiden att minska. Med ett bra brandlarm tillsammans med ett tydligt meddelande behöver personer inte tänka på om de skall utrymma eller inte. Genom att ha släckutrustning lättillgänglig behöver inte lika lång tid läggas på att försöka finna denna. Tydligt utmärkta utrymningsvägar gör att personer slipper tänka på var dom skall gå och detta bidrar till en kortare förberedelsetid. När det gäller varuhus med ett informativt talat meddelande kan förberedelsetiden antas vara 1 minut (Boverket, 2006).

- *Förflyttningstid*

Detta är hur lång tid det tar för personerna att förflytta sig till en säker plats. Förflyttningstiden beror på hur personerna är fördelade i lokalen, hur stora utrymningsvägarna är, vilken typ av människor som finns i lokalen och vilken förmåga de har att förflytta sig. I varuhuset kommer det att finnas alla typer av människor i alla åldrar. Gånghastigheten påverkas inte bara av vilken typ av personer som skall utrymma utan även av yttre faktorer exempelvis belysningsnivå och utrymningsskyltar. Förflyttningstiden i denna rapport kommer att beräknas med hjälp av datormodeller.

När varseblivningstiden, förberedelsetiden och förflyttningstiden är känd kan den aktuella utrymningstiden beräknas enligt:

$$\text{tid}_{\text{aktuell utrymning}} = \text{tid}_{\text{varse}} + \text{tid}_{\text{förberedelse}} + \text{tid}_{\text{förflyttning}}$$

(Boverket, 2006)





## 5. Identifiering av brandscenarier

I detta kapitel presenteras de brandscenarier som identifierats på besöket.

### 5.1 Grovanalys

Nedan följer grovanalysen som ger en första inblick i de största riskerna på Familia sett ur brandsynpunkt.

#### Genomförande av grovanalys

Det antal brandscenarier som kan inträffa i ett köpcentrum som Familia är många. Alla dessa scenarier kan omöjligt utvärderas. Vid platsbesöket identifierades därför ett flertal scenarier som kommer utvärderas närmare. För att få fram de scenarier som anses mest troliga och ha störst konsekvens, även kallat värsta troliga scenario, görs en grovanalys. I grovanalysen görs en förenklad bedömning av sannolikheten samt konsekvensen för varje brandscenario. Det är viktigt att inte bara sannolikhet eller konsekvens tas i beaktning utan hänsyn till båda två samtidigt. Ses bara till konsekvens kommer höga konsekvenser som i princip aldrig kan inträffa blir för betydande i grovanalysen. Tas endast sannolikhet i beaktning för val av scenarier kan konsekvenserna blir obetydliga. Sannolikheten för att dessa scenarier skulle inträffa kan tänkas vara i princip obetydlig. För att finna värsta troliga scenario måste ett flertal parametrar för varje scenario utvärderas. Exempel på dessa parametrar är antändningskälla, brandspridning, brandbelastning, effektutveckling, rökspridning och möjlighet att utrymma med flera. När det gäller konsekvensen kommer i denna grovanalys problemen kring utrymning vara det som tas i störst beaktning.

Nedanstående frågor har under grovanalysen varit en bakgrund till valen av scenarier. De har tagits i beaktande med avseende på kritiska förhållanden och utrymningsmöjligheter.

- Var kan det tänkas börja brinna?
- Startar branden i eller nära anslutning till samlingslokaler och vad får det för konsekvens?
- Blockerar branden utrymningsväg eller är i närheten av utrymningsväg?
- Hur snabb kommer tillväxthastigheten och brandspridningen att bli?
- Hur stor kan brandbelastningen tänkas vara?
- Vilken verksamhet finns i byggnaden? Är det mycket människor på platsen?
- Vad händer om en brand startar i ett utrymme som inte är övervakat av ett fungerande brandlarm?

(Nystedt, 2000)

(Räddningsverket, 2003)

#### Sannolikhet och konsekvens

Sannolikheten och konsekvensen för brand på de olika platserna på Familia uppskattas kvalitativt. Detta grundar sig på de observationer som gjordes under platsbesöket. När det gäller konsekvensen tas endast personsäkerheten i beaktning.

När det gäller brandorsak inom handel under 2012 var det i 30 % av fallen tekniskt fel som låg bakom och i 18 % av fallen anlagd brand. Detta innebär att det i princip kan börja brinna överallt. När det gäller sannolikheten för brand jämfört mellan olika butiker anses därför sannolikheten vara ungefär densamma. I alla butiker finns det risk för tekniskt fel eller anlagd brand (MSB, 2012). Scenarier kan alltid delas upp i fler scenarier med små variationer mellan varje scenario, till exempel exakt var branden befinner sig eller variationer i tillväxthastighet. Då detta görs delas även sannolikheten upp mellan dem. I grovanalysen i det här kapitlet fokuserar på generella scenarier som omfattar en större mängd delscenarier.

Nedanstående scenarier anses vara de scenarier som ger tydligast bild av alla de brandscenarier som finns på Familia och de som kan komma att finnas i framtiden. Brandscenarierna har utvärderats kvalitativt och varje scenario har fått en siffra mellan 1-5 gällande sannolikhet och konsekvens, där 1 innebär lägst sannolikhet/konsekvens och 5 innebär högst sannolikhet/konsekvenser. Observera att sannolikhets- och konsekvensbedömningarna är relativa varandra och inte kan användas utanför rapportens sammanhang.

#### Brandscenario 1. Brand i Dressmannbutik

Dressmann är en klädesbutik. Här säljs allt från strumpor till kavajer. Butiken har två utrymningsvägar. Dels en till gångstråket och dels en till det brand- och transportstråk som går söder om butiken, se figur 4. Utrymningsvägen till brand- och transportstråket är intryckt i en hörna och dörren ut är svart och anses svår att hitta. Däremot är utrymningsskylten ovanför dörren tydlig, se figur 10. Takhöjden i butiken varierar. Vid utgången är takhöjden kring 7 meter, däremot längre in i butiken är takhöjden 6,2 meter.



Figur 9. Dressmann sett utifrån gångstråket.



Figur 10. Otydlig utrymningsdörr och utrymningsskylt på Dressmann.

Brandbelastningen i butiken är stor då man tryckt in mycket kläder. Passagerna mellan klädhyllorna är smala. Även utanför Dressmann i gångstråket står det klädställ. Detta gör att även om utgången till gångstråket är bred kan vissa komplikationer uppkomma vid utrymning. Potentiella antändningskällor är elfel eller anlagd brand.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 3

#### Brandscenario 2. Brand vid entrétorg

Vid Familias sydvästra hörn ligger entrétorget. Här möts personer som kommer från Familia samt personer som handlat på City Gross. Vid platsbesöket fanns bilar utställda på entrétorget men även konserter anordnas här. Flödet av människor här befaras stundtals stort. Totalt finns det sex utrymningsvägar till det fria. Det finns stora karusellörrar men även vanliga utrymningsdörrar. Se figur 11 och 12 på nästa sida.





Figur 11. Utgångar till de fria från entrétorget.



Figur 12. Familia sett från entrétorget.

Brandbelastningen på entrétorget kommer att variera. Vid en vanlig dag är torget näst intill tomt, förutom de bilar som är utställda. Bilarna bidrar till en stor brandbelastning men sannolikheten för att bilarna antänds anses vara mycket låg. Då takhöjden är upp till 11 meter anses konsekvensen i form av brandgasspridning vara låg. Detta gör att utrymningen i andra delar av Familia inte bör påverkas. Vid exempelvis konserter kan det tänkas finnas mycket brännbara material. Detta bidrar till en stor brandbelastning, och även risken för brandspridning kommer att öka. Både sannolikheten och konsekvensen kommer att öka vid dessa typer av arrangemang.

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 2

### Brandscenario 3. Brand i kök (restaurang)

Den största restaurangen på Familia är KHAI & MUI. Restaurangen är belägen långt ifrån huvudentréerna i köpcentrets norra del. Serveringen sker på en öppen yta som är integrerad med gångstråket. Köket kan utrymmas dels till serveringen och vidare ut i gångstråket eller genom utrymningsvägen som leder till brand och servicegången söder om köket, se figur 4. Då restaurangen inte ligger nära någon av de stora entréerna anses konsekvensen för brand i KHAI & MUI inte vara förödande gällande utrymningen.

Takhöjden i köket är relativt låg. Den varierar något men ligger mellan 2,5 och 3 meter. Takhöjden över serveringen är liksom i resten av köpcentrumet cirka 7 meter vilket gör att risken för att brandgaser försvårar utrymningen värderas som låg.



Figur 13. Köket i restaurang KHAI & MUI.



Figur 14. Serveringen i anslutning till restaurang KHAI & MUI.

Brandbelastningen i köket kan anses vara medelhög. Väggarna är kaklade och mycket av inredningen består av metall. Det som kan tänkas brinna är framförallt sopor som ackumuleras, till exempel fritureljor. Sannolikheten för brand är stor då mycket mat lagas här men risken för brandspridning anses vara låg.

Sannolikhet: 4

Konsekvens: 1

#### Brandscenario 4. Brand i gångstråk (möbler och träd)

Generellt utmed gångstråken finns det inte mycket brännbart. Exempel är enstaka soffgrupper, restaurang- och butiksserveringar med stolar och bord och dekoration med träd. Risken för brand på någon av dessa platser anses vara liten då antändningskällorna behöver vara stora för att en brand ska kunna utvecklas.

På vissa platser, till exempel den plats som visas i figur 15 på nästa sida, kan brandbelastningen vara högre eftersom det finns mycket soffor, stolar och bord. Vid västra entrén finns ett tydligt exempel på när en högre brandbelastning i gångstråket kombineras med närhet till en utrymningsväg. Se figur 15 på nästa sida.





Figur 15. Gångstråket i närheten av café.

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 3

#### Brandscenario 5. Brand i teknik- och lagerutrymmen

Då butikerna har små lager finns även lagerutrymme i anslutning till lastkajen/slussen, se figur 4. Vid platsbesöket var slussen välstädd och brandbelastningen var låg. Däremot under mer hektiska tider kan slussen och lagren tänkas ha en högre brandbelastning i form av gods. I lagret rör sig inte lika mycket människor som i övriga delar av köpcentret vilket gör att en tidig visuell detektion inte är lika trolig. Det gör att en brand kan tänkas bli relativt stor. Däremot är konsekvenserna gällande personsäkerheten inte lika stora på grund av att färre personer rör sig här. Inte heller konsekvenserna gällande utrymningen anses problematiska då lagerutrymmet vid lastkajen är avskilt genom brandcellsgräns.



Figur 16. Bråte i lagerutrymme.

Från lager/sluss finns det fem utrymningsvägar. Dessa utrymningsvägar var enkla att nå vid platsbesöket men med mer gods och varor kan utrymningen komma att försvåras. Trolig branduppkomst i denna del av köpcentrumet är elfel.



Figur 17. Lager/sluss.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 2



### Brandscenario 6. Brand i Lekiabutik

Lekia säljer alla typer av leksaker. I butiken finns hög brandbelastning per ytenhet. Passagerna är trånga vilket leder till snabb brandspridning. En stor del av leksakerna är gjorda av plast men här finns även saker som är gjorda av tyg, vilket vid en brand kommer bidra till snabb brandspridning. Lekia ligger i Familias innervarv vilket betyder att det inte finns någon utrymningsväg direkt till det fria. Här finns en utrymningsväg som leder in i den brand- och transportgång som finns för butikerna som är belägna i innervarvet. Den andra utrymningsvägen är genom in- och utgången vidare ut till gångstråket. En brand i Lekia skulle kunna försvåra utrymningen på det sätt att personer inte skulle kunna passera i gångstråket utanför butiken och heller inte skulle kunna ta sig ut genom den brand- och transportgång som leder till det fria.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 3



Figur 18. Lekia sett från gångstråk.



Figur 19. Exempel på brännbart material på Lekia.

### Brandscenario 7. Brand på Böcker & Blad

Böcker & Blad säljer böcker, vykort och liknande. Väggarna är fyllda av böcker vilket leder till hög brandbelastning och passagerna är trånga vilket skulle bidra till snabb brandspridning. Det finns tre utrymningsvägar ut från Böcker & Blad men endast en av dessa leder direkt ut till det fria. De andra två är in- och utgångar till butiken från gångstråket. Detta innebär att en brand i butiken skulle kunna bidra till att det blir omöjligt att passera gångstråket utanför butiken. Detta leder till att den västra entrén till Familia inte går att använda som utrymningsväg. Det kan även bli problem med att passera gångstråket utanför butiken. Problemen kring utrymmen gör att konsekvensen för detta scenario anses vara stor.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 4



Figur 20. Exempel på brännbart material på Böcker & Blad.



Figur 21. Böcker & Blad sett från gångstråk. Höger om butiken ses den västra entrén.

### Brandscenario 8. Brand i papperskorg

Innehållet i papperskorgar kan variera mycket vilket gör att även rökutvecklingen kommer att variera. Längs med gångstråket finns ett flertal papperskorgar utplacerade. Dessa är av metall och står inte i direkt anslutning till butikerna. Papperskorgarna står ofta bredvid en pelare eller liknande. Risken för brandspridningen anses därför vara liten. Brandbelastningen i papperskorgarna är liten jämfört med butikerna. En brand i en papperskorg anses vara enkel att upptäcka då många människor rör sig i gångstråket och papperskorgarna skall vara synliga för kunderna. En brand av denna typ bör inte innebära stora problem gällande utrymning. Detta på grund av att strålningen kommer vara relativt svag. Däremot kan det tänkas bli problem gällande brandgasspridning. Papperskorgar har brunnit utanför köpcentret vid ett antal tillfällen tidigare och vid dessa tillfällen har det antagits vara anlagda bränder. Dock har inga större problem uppstått vid dessa bränder. Dessa problem hade kunnat bli större om en papperskorg inomhus hade börjat brinna.

Sannolikhet: 4

Konsekvens: 1

### Brandscenario 9. Brand i liten butik där tillväxthastigheten är hög

Många av brandscenarierna i grovanalysen är snarlika. Skillnaden för butikerna gällande konsekvens är små. Utrymningsförutsättningarna är i de flesta fall det som skiljer butikerna åt. Det faktum att butikerna kan komma att flytta ut och att nya verksamheter kan komma att flytta in gör att andra brandscenarier förutom de som identifierades vid platsbesöket kan vara viktiga att ta i beaktning.

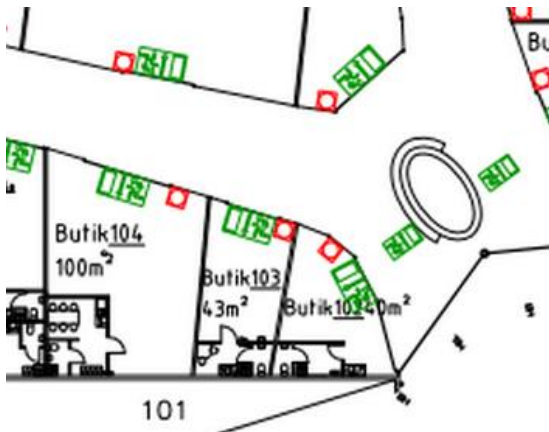
För att ta reda på vilken geometri som är den värsta tänkbara ur brandgasspridningssynpunkt har simuleringar i CFAST genomförts. Som simuleringarna i CFAST visar sker rökspridningen från en liten butik snabbare jämfört med en stor, se bilaga G. Detta innebär att konsekvenserna gällande utrymningen för små butiker bör vara värre än stora. När det gäller tänkbar effektutveckling av en brand anses denna effektutveckling vara ungefär densamma i en stor butik som i en liten butik.

Brandgaser som lämnar en stor butik hinner kylas av betydligt mer innan de lämnar butiken jämfört med en liten butik. Därmed kommer brandgaserna från en liten butik att vara varmare när de når gångstråket. Detta innebär att temperaturen i gångstråket utanför en liten butik kommer att vara högre. Mindre butiker i anslutning till gångstråk och stora korridorer kan därmed anses vara farligare ur brandsynpunkt (Drysdale, 2011). En butik som är placerad nära en utrymningsväg anses kunna bidra till störst problem ur utrymningsynpunkt. Se figur 22 och 23.

I butik 103 finns idag ingen verksamhet. En ny verksamhet som flyttar in antas ha hög tillväxthastighet och hög brandbelastning i Brandscenario 9. Scenariot kan tänkas vara en värsta tänkbara blandning mellan övriga brandscenarier i grovanalysen.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 4



Figur 23. Geometri för Brandscenario 9 (butik 103).



Figur 22. Översiktlig bild av placering för Brandscenario 9.



#### Brandscenario 10. Brand i transformatorrum

En brand i transformatorrummet skulle kunna orsaka elavbrott och stora ekonomiska skador. Sannolikheten för att en brand orsakad av elfel ska uppstå anses vara relativt hög i sammanhanget men då transformatorrummet är avgränsad av brandcell som är klassad EI60 anses konsekvenserna för personsäkerheten vara små.

Sannolikhet: 4

Konsekvens: 1

#### Brandscenario 11. Brand i stor butik

Det finns många butiker på Familia som har stor area och hög brandbelastning. Exempel på detta är Intersport och Cassels. Då de stora butikerna upptar en stor del av Familias area anses sannolikheten för en brand i en stor butik vara hög. Däremot blir rökspridningen i en stor butik inte lika omfattande som i en liten. Konsekvenserna gällande utrymning vid en brand i en stor butik anses därför vara små. I butiker som är över 280 m<sup>2</sup> finns alltid minst två av varandra oberoende utrymningsvägar. I kombination med att det tar längre tid för brandgasspridning anses konsekvenserna för en brand i stor butik bli låg relativt andra scenarier.

Sannolikhet: 4

Konsekvens: 2

### 5.2 Riskmatris

I figur 24 på nästa sida följer en riskmatris där sannolikheten och konsekvensen för varje brandscenario bedöms. Observera att bedömningarna av sannolikhet och konsekvens är relativt varandra och kan inte användas utanför detta sammanhang. Riskmatriser bidrar till att göra möjligt att på ett enkelt sätt rangordna de olika scenariernas risknivåer. De scenarier som finns i matrisens övre högra hörn är de scenarier som har högst risknivå. Dessa scenarier har bedöms ha höga sannolikheter och konsekvenser och behöver därför analyseras djupare. De scenarier som finns i matrisens undre vänstra hörn har låg sannolikhet och konsekvens och utgör därför obetydliga eller små risker, därför kommer de inte att analyseras djupare (Räddningsverket, 2003).

<b>(Sannolikhet)</b> <b>5</b>					
<b>4</b>	Scenario 3 Scenario 10 Scenario 8	Scenario 11			
<b>3</b>		Scenario 5	Scenario 1 Scenario 6	Scenario 7 Scenario 9	
<b>2</b>		Scenario 2	Scenario 4		
<b>1</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>(Konsekvens)</b> <b>5</b>

Figur 24. Riskmatris där sannolikhet och konsekvens bedömts och värderats.

För att få svar på vilket brandscenario som innebär värsta troliga scenario vägs sannolikheten och konsekvensen ihop i ett riskindex. Det brandscenario med högst riskindex är det brandscenario som kommer att utvärderas. Som grovanalysen och riskmatrisen visar är Brandscenario 7 och Brandscenario 9 de scenarierna med högst riskindex. Det är endast dessa scenarier som klassas som 4 gällande konsekvens. Detta framförallt på grund av det dåliga läget sett till utrymningen och på grund av den kraftiga rökspridningen.

Vidare i rapporten kommer två olika scenarier att utvärderas.

**Brandscenario A:** Ett tänkbart scenario, Brandscenario 9, en brand i en liten butik där tillväxthastigheten är hög.

**Brandscenario B:** Ett idag aktuellt scenario, Brandscenario 7, en brand på Böcker & Blad.



## 6. Gemensamma förutsättningar och antaganden för de dimensionerade brandscenarierna

Nedan följer förutsättningar och antaganden som gäller för både Brandscenario A och Brandscenario B.

### 6.1 Troligt brandförlopp

För att kunna bedöma giltigheten på de dimensionerade brandscenariernas resultat görs en kvalitativ bedömning av hur brandscenarierna kan komma att fortgå. Skulle resultaten i simuleringarna påvisa allt för stora skillnader från denna tankegång bör resultaten undersökas närmre.

Generellt och i stora drag för de båda scenarierna är följande:

- Branden initieras av olika anledningar. Personal och kunder påkallar uppmärksamhet. Utrymningslarm och brandlarm aktiveras. Personer i byggnaden blir varse om branden och förberedelser och utrymning påbörjas.
- Branden ökar i intensitet och storlek. Beroende på butikens storlek fylls butiken olika snabbt med brandgaser.
- Brandgasspridning sker snabbt till intilliggande butiker genom öppningar längs taket.
- Sprinkler och brandgasfläktar aktiveras och brandens effekt förväntas minska eller i värsta fall bli varaktigt konstant.
- När brandgaser når ner till öppningen mot gångstråket börjar brandgasspridning ske till gångstråket. Beroende på brandens spridning och storlek kan denna bli begränsad då brandgasfläktarna som sitter i gångstråket ser till att rökspridningen i gångstråket blir begränsad.
- Problem kring utrymning kan uppkomma framförallt i form av strålning och brandgaser lokalt kring branden. Detta kan hindra personer från att passera utanför brinnande butiker. Även brandgaser som kyls av och sjunker mot golvet långt bort från branden kan försvåra utrymning.
- Räddningstjänsten anländer till platsen och personerna som vistades på köpcentrumet bör nu vara utrymda.

### 6.2 Förutsättningar och antaganden för simuleringar i FDS

#### Brandgasspridning

En viktig fråga att få svar på i modelleringen av en brand i Familia är att uppskatta hur brandgasspridningen kommer att fortgå. Butikerna är täta mot gångstråken från taknivå till dörröppning. Därför antas brandgasspridning till gångstråken endast ske genom dörröppningar till gångstråken.

Eftersom stora genomföringar finns i taknivå mellan butikerna kommer brandgaser spridas mellan butikerna. En stor osäkerhet är storleken och placering på dessa hål. Hur strömningen blir och hur mycket brandgaser som sprids till nästa butik kommer spela stor roll för hur snabbt brandgaslagret sjunker och hur varmt det blir runt branden.

Eftersom området där kunder vistas består av en stor brandcell tas inte spridningsförfarande av brandgaser i ventilationen i beaktning vid simuleringar i FDS. Luftflöden från ventilationen påverkar brandgaserna men anses inte påverka i sådan utsträckning att brandgasspridning påverkas väsentligt.

#### Effektutveckling vid sprinkleraktivering

För att veta vilken typ av verksamhet som bidrar till snabbast brandförlopp behöver effektutvecklingen vara känd. För att kunna beräkna effektutvecklingen för de olika typerna av verksamhet behövs tillväxthastigheten uppskattas, vilket kan uttryckas med ett  $\alpha$ -värde. Ett vanligt värde på

tillväxthastighet i samlingslokaler som Familia är *Fast* (0,047 kW/s<sup>2</sup>) (Boverket d, 2013). Dock kommer detta värde att variera beroende på vilken typ av material som brinner.

Ekvation 1 nedan är användbar då bränder ofta har en accelererande brandeffekt i början av branden.  $\alpha$ -värden är empiriskt framtagna. Tiden räknas från antändning och framåt (Karlsson, 2000).

$$\dot{Q} = \alpha t^2 \text{ [kW]} \quad \text{Ekvation 1}$$

Effektkurvor för olika material som brinner i ett mindre rum har tagits fram genom experiment där effektutveckling och andra parametrar som gaskoncentration mättes (Bwayla, Zalok, & Hadjisophocleous, 2007). Med hjälp av dessa experiment kunde tillväxthastigheten för bränder i olika typer av butiker beräknas med hjälp av maxeffekten och tid till maxeffekt med hjälp av ekvation 1.

Den typ av butik som hade högst tillväxthastighet i experimenten var klädaffär som enligt beräkningar approximeras till ett  $\alpha$ -värde på 0,12 kW/s<sup>2</sup>. Därför kommer detta värde på tillväxthastigheten att användas vid Brandscenario A. För Brandscenario B används det beräknade värdet för bokaffär, 0,027 kW/s<sup>2</sup> enligt beräkningsgången nedan samt tabell 3.

För att kunna uppskatta effektutvecklingen beräknades tiden till sprinkleraktivering. Detta gjordes med hjälp av Detact T2, se bilaga A. Tiden till sprinkleraktivering blev för bokhandeln cirka 4 minuter och tiden till sprinkleraktivering för klädaffären blev cirka 2 minuter och 20 sekunder. När sprinkler väl har aktiverat kan effekten på branden antas avta och bli ett konstant värde för resterande tiden av brandförloppet (Staffansson, 2010).

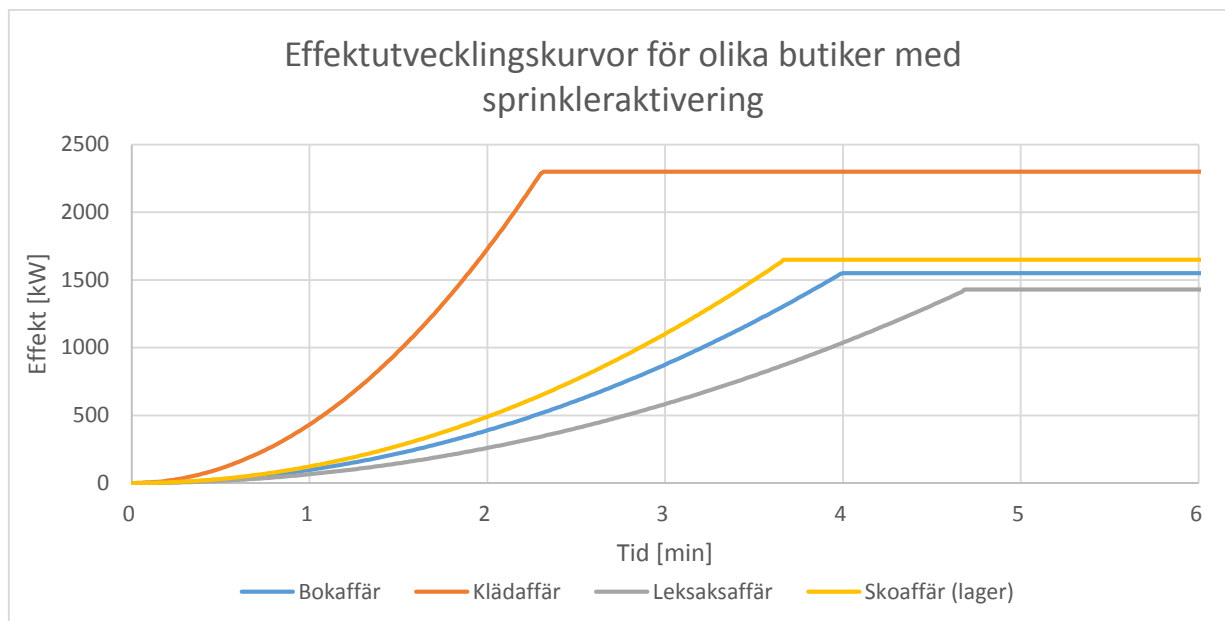
Effektutvecklingen ( $\dot{Q}$ ) antas följa Ekvation 1 fram till sprinkleraktivering. Då tillväxthastigheten och tiden till sprinkleraktivering var känt kunde effekten för bränderna vid sprinkleraktivering beräknas och effektkurvan för en bokhandel och en klädesaffär kunde uppskattas. Effekten för branden i klädaffären vid sprinkleraktivering blev cirka 2300 kW och effekten för branden i bokhandeln vid sprinkleraktivering blev cirka 1550 kW.

I tabell 3 nedan redovisas data och resultat vid framräkning av effektkurvor. Detta innefattar data från experimenten ovan samt Detact T2 beräkningar. I figur 25 på nästa sida visas de framtagna effektkurvorna.

Tabell 3. Maximal effekt, tid till maximal effekt i experimenten, använd tillväxthastighet, tid till sprinkleraktivering enligt beräkningar och effekt vid sprinkleraktivering.

Typ av affär	Maximal HRR i experiment [kW] (Bwayla, Zalok, & Hadjisophocleous, 2007)	Tid till maximal HRR i experiment [s] (Bwayla, Zalok, & Hadjisophocleous, 2007)	Uträknat $\alpha$ -värde baserat på experiment [kW/s <sup>2</sup> ]	Tid till sprinkleraktivering för Familia [s]	Effekt vid sprinkleraktivering för Familia [kW]
<b>Klädaffär</b>	2732	150	0,12	140	2300
<b>Bokaffär</b>	2444	300	0,027	240	1550
<b>Leksaksaffär</b>	2652	380	0,018	280	1430
<b>Skoaffär</b>	2700	280	0,034	220	1650





Figur 25. Framtagna effektutvecklingskurvor för olika butiker enligt beräkningar ovan. Effektutvecklingen växer kvadratisk fram till sprinkleraktivering och antas sedan vara konstant.

#### Gemensamma antaganden i FDS

De antaganden och förenklingar som förklaras nedan gäller för alla de simuleringar som används i denna rapport. Specifika antaganden och förenklingar görs i enskilda kapitel som behandlar dessa brandscenarier.

En avgränsning är att endast delar av byggnaden har simulerats på grund av tids- och resursbrist. Det kan vara problematiskt att ändra för mycket på geometrin då giltigheten i resultaten från dessa simuleringar blir svårare att upprätthålla. Därför behålls den ursprungliga geometrin och de delar av Familia som inte anses påverka av branden och brandgasspridning tas bort.

Då FDS endast behandlar en cell som antingen tom eller full och alla celler är formade som räbblock anpassades alla runda hörn och väggar till denna begränsning. Detta kan påverka turbulensen och flödet vid dessa väggar men har varit en nödvändig anpassning.

Taket utgör en betydande parameter för simuleringen då volymen är beroende av takhöjden. Familia består av ett tak som varierar mellan 6,5 meter till 7,0 meter. Takhöjden som har valts i simuleringarna för att nå konservativa resultat är 6,6 meter. Taket har i simuleringarna anpassats som helt vågrätt.

Ingen inredning har tagits med vid simuleringarna. Andra objekt som kan påverka brandgasernas flöde exempelvis armatur, ventilation och sprinklerrör har inte tagits med i simuleringarna.

Materialen har anpassats för att överensstämja med de konstruktionsmaterial som används i Familia. Val av materialkonstanter redovisas i detalj i bilaga D, tabell D2. Avsteg har varit tak som ansetts endast bestå av tunn plåt och väggar som ansetts bestå av gips utan andra skikt.

Rökdetektorerna har samma placering i FDS som på Familia. Dessa är kopplade till brandgasventilationen som aktiveras med tvådetektorsberoende. Brandgasventilationen har ansetts enligt den information som fanns tillgänglig vid besöket.

Reaktionen sätts till cellulosa i båda fallen då det i Brandscenario A antas vara mycket bomull som brinner och i Brandscenario B antas böckerna bestå till huvuddel av papper. Förbränningsvärme för kläder (andra cellulosa material) har ansetts till 20 MJ/kg (Boverket a, 2013). Den kemiska formel som användes var  $C_6H_{10}O_5$  (Society of Fire Protection Engineers, 2002).

Generellt har 10 cm celler använts i brandrummen samt vid brandgasventilationen. I övriga delar har 20 cm celler använts. Att cellstorleken är tillräckligt liten är en viktig parameter för att resultatens giltighet och därför har en kontroll gjorts av simuleringarnas  $\dot{Q}^*/dx$ -värde som rekommenderas vara mellan 10-14 (Best Practice Gruppen, 2009), se bilaga D för dessa beräkningar.

Omblandning samt nedkylning av brandgaser på grund av sprinkler tas inte i beaktning i simuleringarna.

Det finns ett kvalitetsmått gällande brandens effekt i förhållande till dess yta. Detta räknas ut med den dimensionslösa effektutvecklingen, som räknas ut med ekvation 2 nedan (Frantzich & Nystedt, 2011).

$$\dot{Q}^* = \frac{\dot{Q}}{\rho_a c_{p,air} T_\infty \sqrt{gD} D^2} \quad \text{Ekvation 2.}$$

Är värdet för stort liknas branden ha en jetflamma och brandgaser får därmed för stora lyftkrafter. Med för lågt värde riskerar flammen att delas och bli flera små flammor men branden kan också anta glödbandskaraktär. Detta kan ge för små brandgasflöden i förhållande till verkliga bränder. Då  $\dot{Q}^*$  beräknas utefter maxeffekten finns det risk att ett alltför lågt  $\dot{Q}^*$ -värde genereras under tillväxtfasen, även om det under maxeffekt är tillräckligt  $\dot{Q}^*$ -värde (Frantzich & Nystedt, 2011).

Den dimensionslösa effektutvecklingen  $\dot{Q}^*$  blev 0,27 för Brandscenario A och 0,18 för Brandscenario B. För beräkningar se bilaga D. Detta värde bör vara mellan 0,3 och 2,5 för att ge så verklighetstroga resultat som möjligt (Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap, 2013).

Sotproduktion och CO-produktion är båda satta till 0,1. Detta eftersom vilka värden som är mest realistiska för böcker och kläder är osäkra och 0,1 anses efter en jämförelse mellan olika material vara konservativt (Society of Fire Protection Engineers, 2002). Dessa värden används även som mest konservativt värde vid analytisk dimensionering för vissa scenarier (Boverket b, 2013).

### 6.3 Utrymning

Nedan följer en beskrivning av antaganden, genomförande och resultat för utrymningssimuleringarna.

#### Antaganden för personer i branddrabbad butik

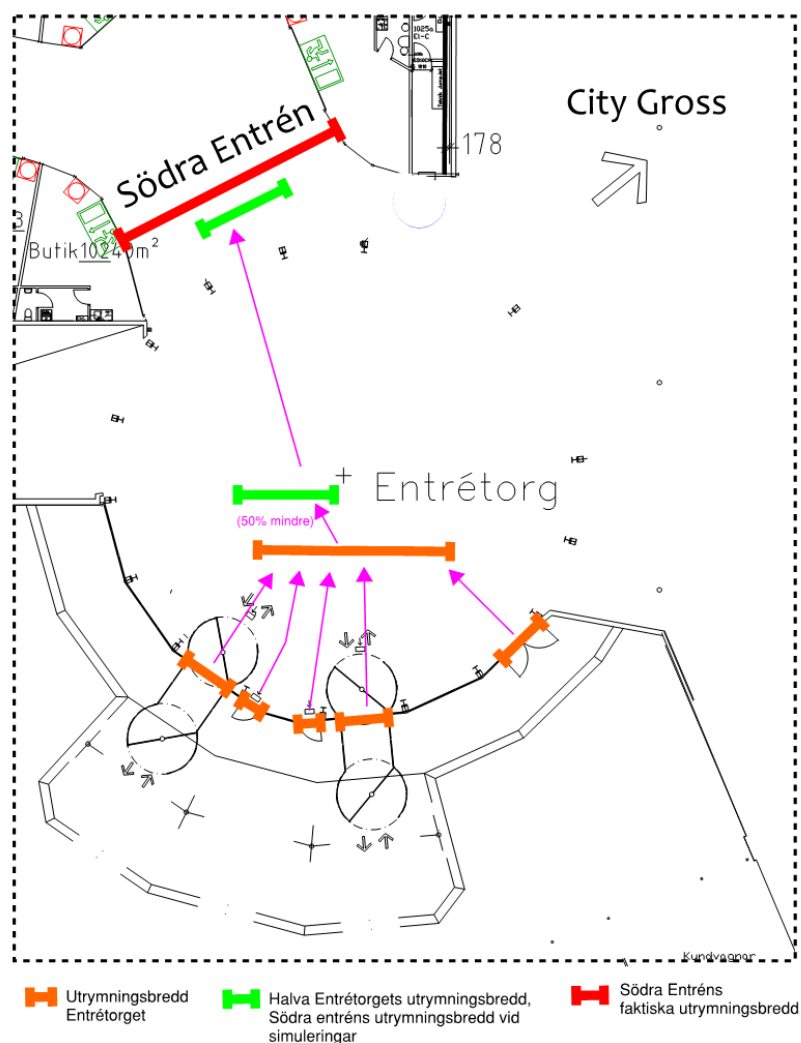
Vid utrymningen anses de som befinner sig i den aktuella butiken för branden hinna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår i butiken. Då denna rapport fokuserar på att ge en tydlig bild av de utrymningsproblem som finns i hela köpcentrumet anses specifika butiker vara mindre intressanta. Få åtgärdsalternativ anses finnas för att förändra utrymningsmöjligheterna i specifika butiker. Rapporten fokuserar istället på att försöka hitta åtgärdsförslag som gäller mer allmänt för hela Familja.

En parameter som talar för att samtliga personer som befinner sig i den aktuella butiken för branden kommer att hinna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår är det faktum att Familja endast består av ett plan. Personerna som är i butiken anses därför snabbt uppfatta att det brinner. Deras varseblivningstid bör därför bli kortare än för övriga personer som befinner sig på köpcentrumet. Även deras förberedelsestid bör bli kortare då det blir tydligare för de personer som befinner sig i den branddrabbade butiken att uppfatta att det faktiskt brinner.

För de små butikerna som endast har en utrymningsväg anses samtliga personer hinna ut på grund av ovanstående förutsättningar och det faktum att avståndet till utrymningsvägen inte överstiger 15 meter, se kapitel 3.2. De butiker med en area större än 280 m<sup>2</sup> har två av varandra oberoende utrymningsvägar därför anses personerna hinna utrymma från butiken innan kritiska förhållanden uppstår.

## Indata till Pathfinder

Utgångarna till det fria från entrétorget, det vill säga utrymningsbredd entrétorget, delas med Citygross vilket innebär att vid en utrymning kommer personer både från Familia och Citygross att använda denna utgång. Dessa utgångar är sammanlagt 8,6 meter breda. Antagandet har gjorts att personer som befinner sig på Familia ska kunna utrymma genom hälften av denna bredd. Detta anses vara ett konservativt antagande då fler personer kan tänkas finnas på Familia jämfört med City Gross. I simuleringarna har bredden på södra entrén antagits vara 4,3 meter, vilket är hälften av utrymningsbredden från entrétorget, istället för de 13 meter som i verkligheten finns här. Detta har gjorts för att ge en tydlig bild av den köbildning som kan komma att uppkomma kring entrétorget. I utrymnings-simuleringarna har det på grund av detta blivit köbildning vid den södra entrén istället för vid utrymningsvägarna från entrétorget. Dessa förenklingar anses vara konservativa då personer bör vara säkrare i entrétorget jämfört med vid södra entrén. Se figur 26 nedan.



Figur 26. Förklaring utrymningsbredd södra entrén.

Både utrymningsvägarna till det fria från entrétorget och den västra ingången består av både dörrar samt varsin karuselldörr. En förenkling som gjorts i Pathfinder är att den totala dörrbredden vid respektive entré adderats ihop och ersatts till en stor utgång. I praktiken kan det tänkas att utrymningstiden förkortas då endast en stor utgång finns, även om den totala bredden är lika stor. För att kompensera kortas den västra utgången ned med två decimeter. Då den södra entrén redan reducerats till 4,3 meter anses den inte behöva kompenseras mer med avseende på detta.

Vid simuleringarna av Brandscenario A och B används endast huvudingångarna, då det i enkätundersökningen angivits att personalen leder ut besökarna i gångstråket och inte via nödutgångarna som leder direkt till det fria. Vid känslighetsanalys användes både huvudingångarna samt nödutgångarna som leder direkt ut till det fria, se bilaga B.

Valet av utgång vid utrymning har antagits vara samma ingång som personerna kom in genom. Detta då människor har en benägenhet att vilja gå en väg de känner till (Canter, 1985). Därmed anses fler lämna köpcentrumet via södra entrén än via västra entrén då det anses vara fler som har gått in denna väg. Fördelningen över gångväg baseras på tester för att inte få orealistiska krockar av folk som går åt olika håll. Det antas även att brand- och transportgångarna inte används vid utrymning då kunderna inte är vana vid dessa gångvägar.

Simuleringar för Brandscenario A och B har gjorts för 4200 personer vilket Familia är dimensionerat för samt för cirka 2000 personer vilket är den högst uppmätta siffran på antal personer som närvarat samtidigt på köpcentrumet (ÅF, 2006).

Nedan följer de parametrar som används i utrymningssimuleringarna.

#### Förberedelsetid

Utrymningsmeddelandet på Familia anses vara ett tydligt talat meddelande. Detta innebär att förberedelsetid ansätts till 1 minut (Boverket, 2006). I Pathfinder kan förberedelsetiden ansättas till ett exakt värde som i detta fall 1 minut, eller så kan fördelningar användas för att få en mer realistisk spridning av förberedelsetiden. En känslighetsanalys med tre simuleringar genomfördes.

En simulering där alla utrymmer samtidigt efter 1 minut samt två stycken där tiden till att personerna börjar utrymma är uniformt fördelad mellan 0 minuter, och 1 minut och 30 sekunder respektive 0 minuter och 2 minuter. Den uniformt fördelade simuleringen mellan 0, och 1 minut och 30 sekunder var den simulering med kortast utrymningstid. Den var 45 sekunder snabbare än den simulering där alla utrymmer samtidigt efter 1 minut. För att få ett konservativt värde användes den simulering med längst utrymningstid vid simuleringarna av Brandscenario A och B inklusive deras känslighetsanalyser.

#### Gånghastighet

Genomsnittsgånghastigheten är approximerad till 1,3 m/s (Boverket, 2006). Friska personer över 60 år har en gånghastighet mellan 0,9 och 1,3 m/s (Graham, Fisher, Bergés, Kuo, & Ostir, 2010). Dessa värden har använts vid utrymningssimuleringarna.

#### Könsfördelning

Det har antagits vara 70 procent kvinnor och resterande 30 procent vara män enligt undersökningar gjorda på olika köpcenter (Frantzich, 2001).

#### Axelbredd

Axelbredden för män är mellan 34,3 och 44,5 cm och för kvinnor är motsvarande siffror mellan 31,2 och 39,9 cm (National Center for health statistics, 1970). Grundinställning i Pathfinder är 45,6 cm.

En känslighetsanalys i Pathfinder visade en tidsdifferens på 8 sekunder mellan två försök där axelbredden i det ena försöket var enligt grundinställningen och i det andra försöket var bestämd till 31,2 cm. Då det inte var stor skillnad mellan resultaten i försöken samt att rapporten om axelbredden är från 1970 vilket innebär att medelvärden kan ha ändrats valdes grundinställningen att användas i simuleringarna av Brandscenario A och B inklusive deras känslighetsanalyser.

#### Åldersfördelning

I utrymningssimuleringarna antas 30 procent vara över 60 år och friska då de klarat av att ta sig till Familia. Resterande 70 procent antas vara vuxna (Frantzich, 2001).

### Bekvämlighetszon

Grundinställningen i Pathfinder är 0,3 meter. En känslighetsanalys där bekvämlighetszonen varierades mellan 0,1 och 0,3 meter gjordes. Detta på grund av att vid en nödsituation anses inte personer hålla sig 0,3 meter ifrån varandra, utan de anses ha en lägre bekvämlighetszon. Resultatet vid simuleringarna visar att det endast skiljde 2 sekunder mellan simuleringarna. Därmed används grundinställningen 0,3 meter i Pathfinder i simuleringarna av Brandscenario A och B inklusive deras känslighetsanalyser.

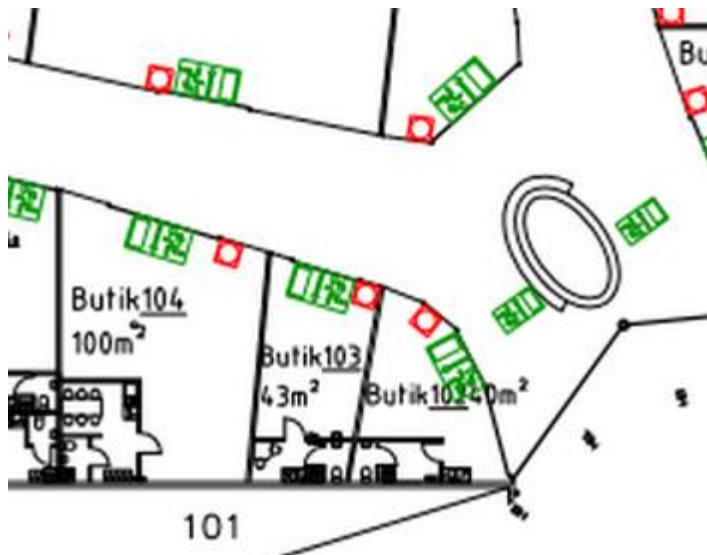
### Fördelning

Simuleringar har gjorts med 2000 och med 4200 personer. Personerna är jämnt fördelade relativt butiksarean i hela Familia. Inom butikerna har personernas val av utgång fördelats slumpmässigt med hänsyn till teorin om val av utgång vid utrymning. Då köerna som uppstår vid huvudingångarna är det mest intressanta anses inte själva fördelningen mellan butikerna spela stor roll.



## 7. Dimensionerande Brandscenario A – Brand i en liten butik där tillväxthastigheten är hög.

Brandscenario A är en brand i en liten butik med hög brandbelastning och hög tillväxthastighet. Butiken som branden antas uppkomma i är belägen i köpcentrumets sydöstra del och har en geometri likt figur 27, butik nummer 103. Butikens area är 43 m<sup>2</sup>. Butiken är idag tom men antas i detta fall vara en klädesaffärer med tillväxthastigheten 0,12 kW/s<sup>2</sup> vid händelse av brand. Detta på grund av att klädesaffär är enligt beräkningar i tabell 3 den typ av butik som har högst tillväxthastighet.



Figur 27. Geometri för Brandscenario A (butik 103).



Figur 28. Översiktlig bild av placering av Brandscenario A.

En brand i butiken kan tänkas vara anlagd eller uppkomma via ett elfel. Branden kan uppkomma var som helst i butiken men i FDS-simuleringarna kommer branden att placeras i mitten av butiken.

Då branden växer i storlek kommer temperaturen, strålningen med mera ut i gångstråket att öka. Det är därför av intresse att undersöka tiden till dess att kritiska förhållanden uppstår i gångstråket och personer inte kommer att kunna passera utanför butiken.

I resterande delen av kapitel 7 redovisas de antaganden som gjorts vid simuleringar i FDS och Pathfinder samt de resultat som beräknats. Slutligen redovisas en slutsats kring utrymnings säkerheten för Brandscenario A.

### 7.1 Specifika antaganden och värden till FDS-simuleringen av Brandscenario A

Branden är dimensionerad efter framtagna effektkurvor som redovisades i figur 25 i kapitel 6.2. Brännaren är gjord kvadratisk (2x2 meter) med effekten 575 kW/m<sup>2</sup> för Brandscenario A.

Väggöppningarnas storlek påverkar resultaten på flera sätt, framförallt tid till brandgasfyllnad av brandrummet och hur mycket brandgaser som sprids till närliggande butik och andra delar av Familia. Simuleringarna i CFAST enligt bilaga G visar den ungefärliga tiden som det tar att fylla en butik med brandgaser då inga öppningsareor finns förutom dörröppningen.

Öppningarna mellan butiker i takhöjd är okänd och varierar för olika butiker. För att få en så verklighetstrogen simulering som möjligt uppskattas en generell öppningsarea till 0,04 m<sup>2</sup> per meter vägg. Väggar mellan butiker och gångstråk är gjorda täta i enlighet med brandskydds dokumentationen (ÅF, 2006).



Storleken på dessa väggöppningar längs taket är en stor osäkerhet med denna simulering. Med anledning av detta görs en känslighetsanalys där väggöppningarna tas bort och den inverkan på brandgasspridningen analyseras utifrån detta.

Det saknas tillräcklig information för att kunna uppskatta brandgasfläktarnas tilluft. Öppningar mot atmosfären har använts där den geometriska avgränsningen gjorts.

Då simuleringen har gjorts av en liten del av Familia har gruppen avskärmat gångstråken genom att sätta ut fiktiva nedsänkningar i taket strax efter brandgasventilatorerna. Detta antagande har gjorts på grund av otillräcklig kapacitet i form av tid samt för att vara konservativa. Utan dessa nedsänkningar hade brandgaserna flödat fritt ut genom den fiktiva öppningen som motsvarar en öppen atmosfär och detta må vara närmare det verkliga förfarandet, men då osäkerheter förekommer av vad som skulle inträffat bortom dessa nedsänkningar användes dessa nedsänkningar.

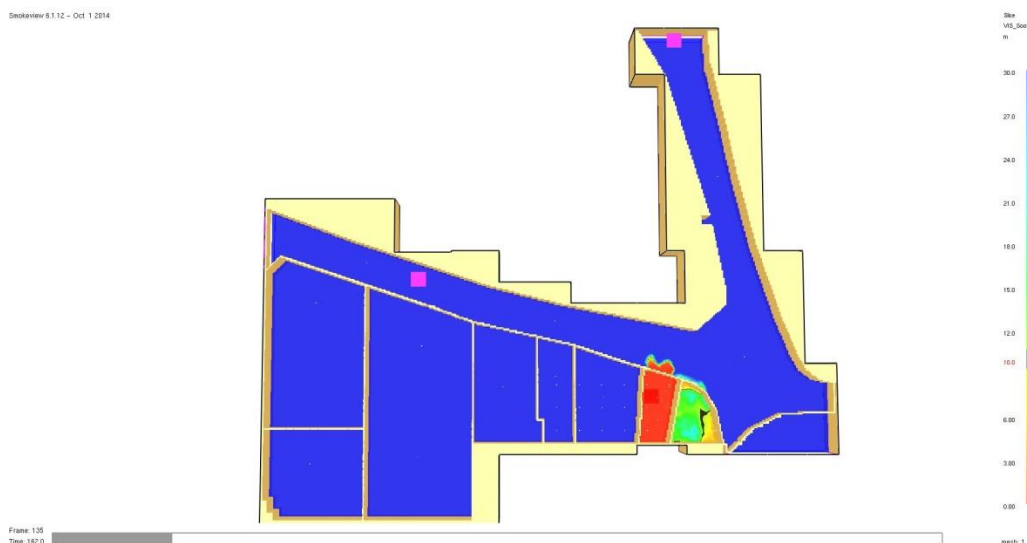
Tornet med entrétorget användes inte i denna simulering då dess volym är mycket stor och kritiska värden antogs inte bli uppfylla där.

Ingångar till andra butiker anses vara mindre viktiga då det krävs att brandgaslagret i hela gångstråket sjunker ner till 2,6 meter från golvet innan det från gångstråket sipprar in brandgaser till andra butiker. Då brandgaserna når cirka 2,3 meter över golvhöjd uppnås kritiska förhållanden i gångstråket. Detta innebär att vid den tiden då dörröppningarna påverkar resultaten kommer även kritiska förhållanden vara nära. Då flödet in i andra butiker tas bort i simuleringarna fås mer konservativa resultat. Butiksöppningarna förutom i brandrummet togs därför bort vid simuleringen.

Brandgasventilation, detektorer och RTI-element placerades ut så verklighetstroget som möjligt med konservativa förenklingar där det behövdes.

## 7.2 FDS-resultat

Genomgång av FDS-resultaten visar att branden och brandgasfläktarna uppnår ett jämviktsläge där brandgaslagret, temperaturen och sikten i princip upprätthåller samma värden konstant genom både ordinarie simuleringen och känslighetsanalysen. Inga betydande skillnader upptäcktes i simuleringarna förutom att det i känslighetsanalysen med öppningar i takhöjd spreds mycket brandgaser till ett rum som angränsar till brandrummet. Sikten 2 meter över golvet i det angränsande rummet blev därmed väsentligt försämrad efter cirka 2 minuter och 40 sekunder, se figur 29. Resultaten redovisas vidare i bilaga E.



Figur 29. Sikt efter 2 minuter och 40 sekunder i simuleringen då kritisk sikt uppnåts i brandrummet och börjar uppnås i ett av de närliggande rummen. I denna simulering finns öppningar i taket mellan butikerna som ger rökspredning mellan butikerna.



I simuleringen placerades detektorer ut för att uppskatta en tid till utrymningslarmets aktivering och brandgasfläktarnas aktivering. Detektorerna är placerade nära verklig placering men med konservativa anpassningar till rådande förutsättningar i FDS. Resultaten visar att två detektorer aktiverar mellan 40 sekunder, och 1 minut och 30 sekunder beroende på om öppningar i taket tas med eller inte.

Sprinkleraktiveringen som redovisas i bilaga A kontrollberäknades med hjälp av fyra värmedetektorer med samma RTI-värde ( $50 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$ ) som de sprinklers som används på Família. Kontrollberäkningen i FDS visade att sprinkler aktiverar efter ungefär 1 minut och 30 sekunder.

### 7.3 Tid till kritiska förhållanden

I tabell 4 nedan jämförs kriterier, enligt kapitel 4.1 Kriterier för möjlig utrymning, med de beräkningar och simuleringar som utförts. För att ett kriterium inte ska uppfyllas i gångstråket utanför butiken krävs att kritiska förhållanden uppstår i hela gångstråkets bredd. Detta leder till att personer inte kommer kunna passera utanför butiken.

Tabell 4. Resultat med avseende på kritiska förhållanden. Mer detaljerade resultat redovisas i bilaga E.

Kriterium	Resultat	Kriterium uppfylls	Tid till kritiska förhållanden (min)
<i>Kriterium 1 – Brandgaslagrets nivå ovan golv</i>	Enligt FDS-simuleringarna kommer brandgaslagrets nivå ovan golv i gångstråken uppskattningsvis ej hamna under 4 meter under de första 20 minuterna. Då den kritiska nivån ligger på 2,3 m uppfylls detta kriteriet. Brandgasfläktarna aktiveras efter cirka 1 minut och 30 sekunder och bidrar till att brandgaslagrets höjd från golv inte blir lägre.	Ja	Aldrig
<i>Kriterium 2 – Siktbarhet, 2,0 meter över golv</i>	I brandrummet blir sikten under 10 meter efter cirka 1 minut. När det gäller gångstråket blir sikten aldrig under 10 m under simuleringen. Kritiska förhållanden gällande sikt riskerar att inträffa i cirka halva bredden av gångstråket vilket innebär att personer kommer kunna passera gångstråket.	Ja	Aldrig
<i>Kriterium 3 – Värmestrålning/Värmedos</i>	Strålningen beräknas till 2,5 kW/m <sup>2</sup> på ett avstånd av ungefär 6,6 m från branden. Då gångstråket är 6,4 m brett utanför den aktuella butiken kommer personer inte att kunna passera gångstråket utanför butiken efter en tid på cirka 2 minuter. Detta problem uppstår endast då branden är placerad i anslutning till utgången vid gångstråket. För närmare beräkningar se kapitel 6.2 samt bilaga C.	Nej	Cirka 2 minuter
<i>Kriterium 4 – Temperatur</i>	När det gäller gångstråket är det likt sikten mindre än hälften av gångstråkets bredd som blir 80 °C under de 20 minuter som FDS-simuleringen fortgår. Detta innebär att personer kommer att kunna passera i gångstråket under hela utrymningstiden.	Ja	Aldrig
<i>Kriterium 5 – Toxicitet, 2,0 m ovan golv</i>	Genom hela simuleringen är kolmonoxidkoncentrationen långt under 2000 ppm. Koldioxidkoncentrationen anses inte bli över 5 % och syrgaskoncentrationen anses inte bli under 15 % på grund av den stora volym luft som finns i köpcentrumet.	Ja	Aldrig

För att jämföra tid till kritiska förhållanden (tillgänglig utrymningstid) med aktuell tid för utrymning har simuleringar i Pathfinder genomförts.

#### 7.4 Specifika antaganden i Pathfinder för Brandscenario A

Gångstråket utanför butiken spärras av i utrymningen på grund av strålningen från butiken. Det antas vara avspärrat direkt från starten av simuleringen. Detta på grund av att detektionstiden är max 1 minut och 30 sekunder och varseblivningstid är 1 minut. Således har redan drygt 2 minuter passerat innan personer börjar utrymma. Efter cirka 2 minuter uppstår kritiska förhållanden i gångstråket och därmed anses gångstråket stängas av redan från start.

#### 7.5 Tid till utrymning

Tabell 5. Tid till utrymning enligt utrymningssimuleringar då gångstråk blockerats enligt Brandscenario A.

Antal personer	Varseblivningstid	Förberedelsestid	Förflyttningstid i simulering	Total tid (avrundat uppåt till hela minuter)
2000	Upp till 1 min 30 s	1 min	4 min 31 s	Upp till 9 minuter
4200	Upp till 1 min 30 s	1 min	8 min 54 s	Upp till 12 minuter

#### 7.6 Slutsats Brandscenario A

Det är endast i form av strålning som kritiska förhållanden i gångstråket utanför butiken uppkommer. Däremot sprids brandgaser från butiken ut till gångstråket vilket gör att sikten här blir sämre. Kritiska förhållanden i form av dålig sikt och lågt brandgaslager uppkommer ej i gångstråket utanför butiken. Därför anses inte heller dessa kriterier uppfyllas på andra platser i köpcentrumet. Detta innebär att inga av huvudingångarna kommer att bli blockerade. Enligt kapitel 6.3 hinner personerna som befinner sig i den branddrabbade butiken att utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Då personer har lämnat butiken och gångstråket precis utanför butiken kommer de att kunna utrymma under icke kritiska förhållanden. Därmed kommer samtliga personer som befinner sig på köpcentrumet att kunna utrymma från huvudingångarna under icke kritiska förhållanden.

Därmed uppfylls villkoret:  $tid_{tillgänglig} > tid_{aktuell\ utrymning}$

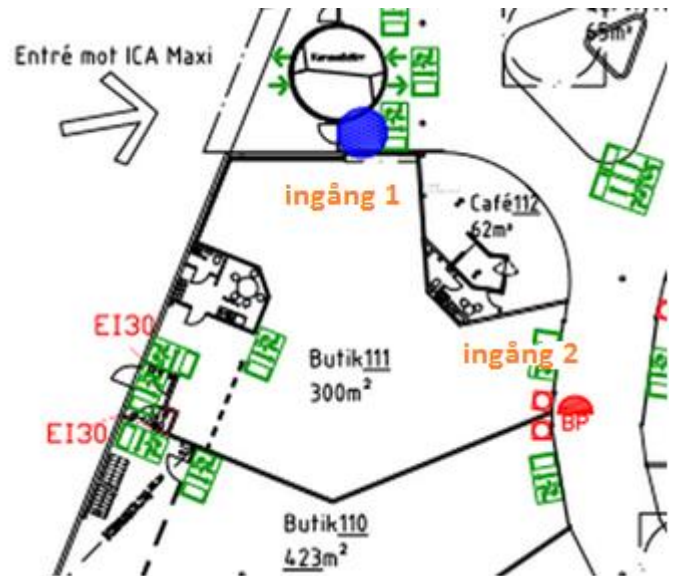


## 8. Dimensionerande Brandscenario B – Brand i Böcker & Blad

Böcker & Blad är en bokhandel och verksamhet här handlar om bokförsäljning. Sett till de andra butikerna på Familia är detta en mellanstor butik med en något speciell geometri. Butiken är 300 m<sup>2</sup> och visas i figur 30 och 31 nedan.



Figur 30. Översiktlig bild av placering av Brandscenario B.



Figur 31. Geometri för Brandscenario B (butik 111.)

En bokhandel som Böcker & Blad har inte samma snabba brandförlopp som en klädesaffär. Däremot anses brandbelastningen på Böcker & Blad vara stor. Längs väggarna finns hyllor som är fyllda med böcker och vykort och på golvet står ställ och bord som är fyllda med allt från böcker till solglasögon.

En brand kan antas starta genom att någon antänder en bok som ligger på ett bord. Bordet kan tänkas stå i anslutning till ingång 1, se figur 31. I takt med att branden växer kommer brandgaser att tryckas ut i gångstråket, strålningen mot gångstråket kommer att öka och även temperaturen. Konsekvensen kan bli att personer självmant väljer en annan utrymningsväg då den västra entrén anses problematisk att utrymma genom eller att de blir tvungna till att utrymma genom annan utrymningsväg än västra entrén då de märker att det är för varmt eller för mycket brandgaser här.

Då butiken har två ingångar kan samma händelseförlopp komma att inträffa på andra sidan butiken, vid ingång 2. En större brand kan även innebära att problematiken kring utrymningen uppkommer på båda sidor om butiken samtidigt.

I simuleringen av Brandscenario B är det intressant att undersöka hur mycket brandgaser som eventuellt kan spridas till tornet och den södra entrén. Detta då en mycket oturlig avkylning av brandgaser där skulle kunna leda till att även denna utgång blir avskärmd för utrymning.

I resterande delen av kapitel 8 redovisas de antaganden som gjorts vid simuleringar i FDS och Pathfinder samt de resultat som beräknats. Slutligen redovisas en slutsats kring utrymnings säkerheten för Brandscenario B.



Figur 32. Böcker & Blad sett från gångstråk.

## 8.1 Specifika antaganden och värden till FDS-simuleringen av Brandscenario B

Branden är dimensionerad efter framtagna effektkurvor som redovisas i kapitel 6.2. Brännaren är gjord kvadratisk (2x2 meter) med effekten 390 kW/m<sup>2</sup> för Brandscenario B.

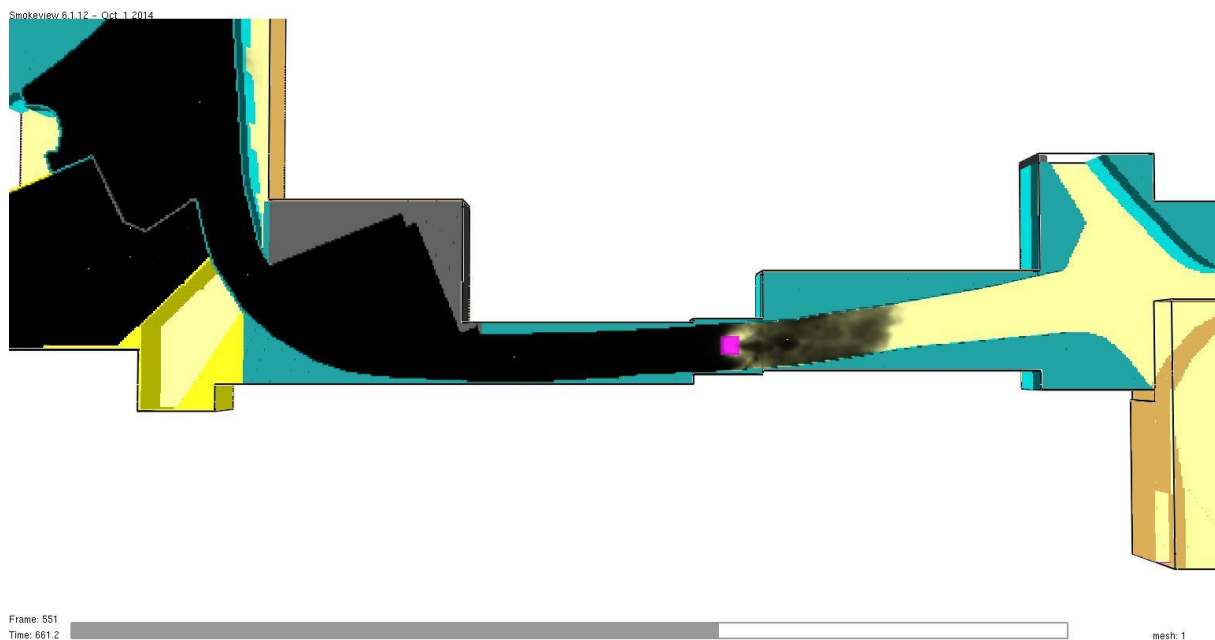
En förenkling även i denna simulering, likt i Brandscenario A, är att delar av gångstråket avgränsades. Anledningen är för att de mest intressanta områdena som ska undersökas är lokalt kring Böcker & Blad samt området som finns i anslutning till södra entrén. Antagandet gjordes att norra delen av gångstråket tas bort och ersätts med öppningar mot det fira. Motiveringen till detta är att då brandgaserna färdas denna väg kommer passera tre brandgasfläktar och anses därmed inte bidra till kritiska förhållanden långt bort ifrån den branddrabbade butiken. Tornet har i denna simulering tagits med för att undersöka om det kan uppstå kritiska förhållanden i del av köpcentrumet i händelse av brand i Böcker & Blad.

Väggarna mellan butikerna görs helt täta då känslighetsanalysen från Brandscenario A visade att det är det mest konservativa antagandet.

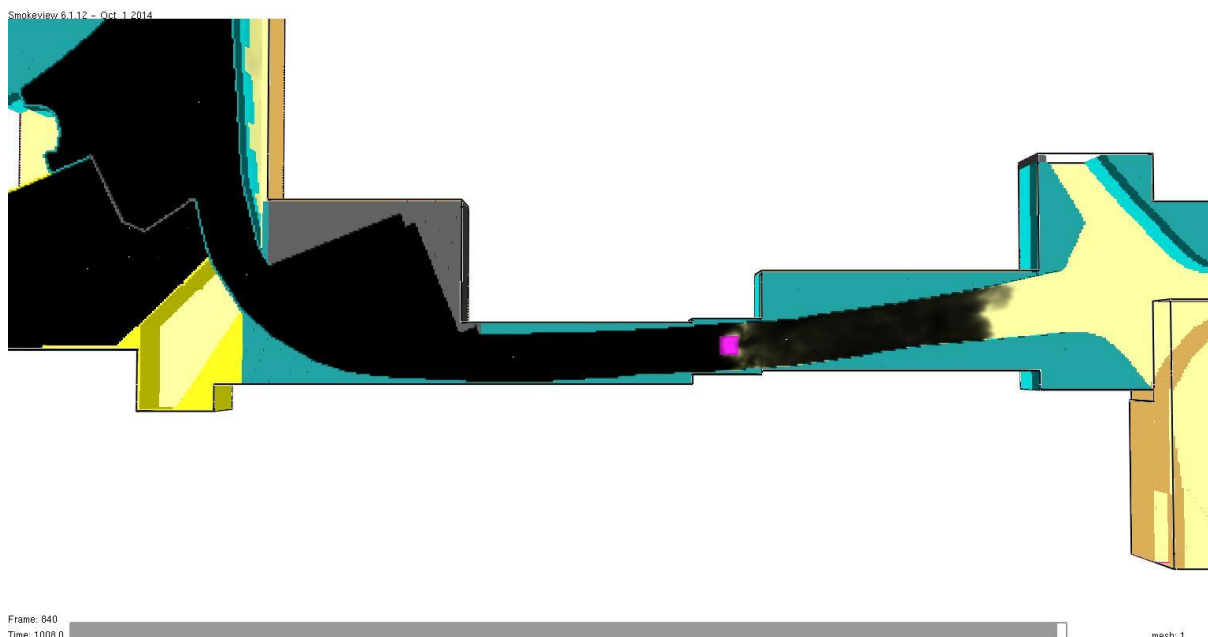
## 8.2 FDS-resultat

Totalt simulerades cirka 17 minuter. Simuleringarnas resultat visas i detalj i bilaga F.

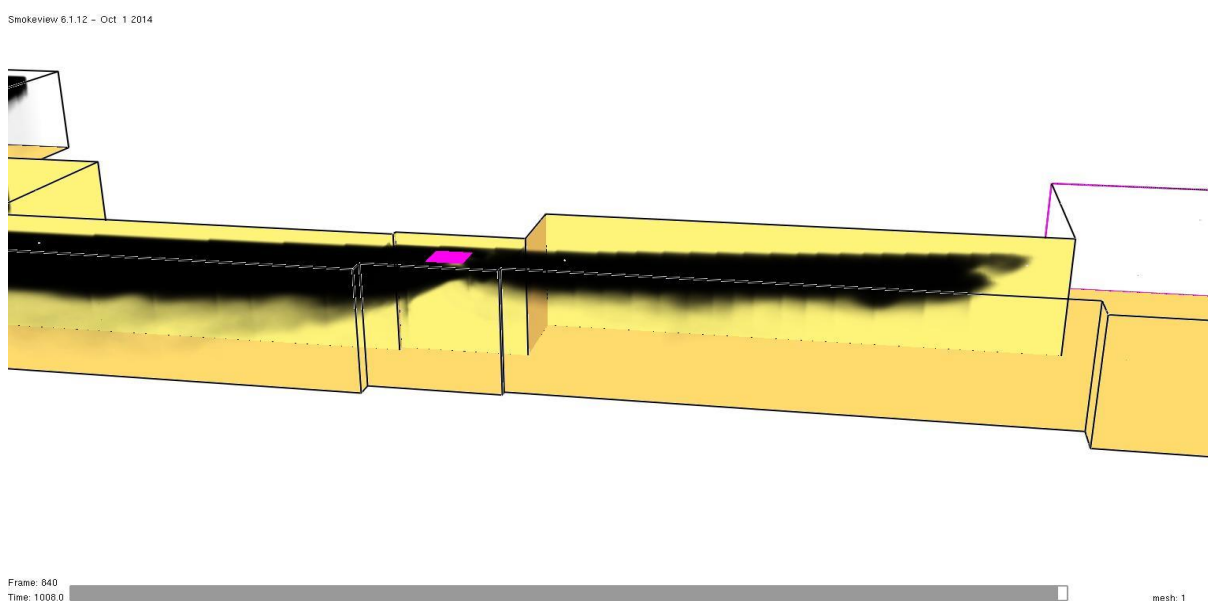
I denna simulering blir spridningen av brandgaser mycket begränsad efter brandgasfläkten i gångstråket närmast tornet vilket innebär att de kriterier som sätts för utrymning endast kan bli ett problem lokalt kring butiken. En kortare sträcka efter brandgasfläktarna stannar brandgaserna upp efter cirka 11 minuter. Drygt 16 minuter in i simuleringen har brandgaserna fortfarande inte aktiverat de detektorer som är placerade längre in i gångstråket vid tornet. Även kolmonoxidkoncentration, siktbarhet och temperatur är opåverkade genom hela simuleringen närmare tornet. Detta visas ytterligare i figur 33, 34 och 35.



Figur 33. Brandgaser sett ovanifrån vid brandgasfläkten efter cirka 11 minuter. Till vänster i bild ses brandrummet och till höger i bild ses tornet.



Figur 34. Brandgaser sett ovanifrån vid brandgasfläkten efter drygt 16 minuter. Till vänster i bild ses brandrummet och till höger i bild ses tornet.



Figur 35. Brandgasspridning vid fläkten efter drygt 16 minuter.

Simuleringarna visar att parametrar i form av sikt och toxicitet ligger nära gränsvärdena i området kring västra entrén. Sikten i brandrummet vid 2 meters höjd börjar påverkas vid cirka 2 minuter och därefter blir den snabbt försämrade. Sikten kan komma att bli dålig tidigare då sprinkler bidrar till omrörning av brandgaser.

Sprinkleraktivering sker enligt FDS-simuleringen efter ungefär 3 minuter och 20 sekunder, vilket kan jämföras med de 4 minuter som beräkningen i Detact T2 ger.

### 8.3 Tid till kritiska förhållanden

Nedan följer tabell 6 där kriterier, enligt kapitel 4.1 Kriterier för möjlig utrymning, jämförs med de beräkningar och simuleringar som utförts. För att ett kriterium inte ska uppfyllas krävs att kritiska förhållanden uppstår i hela gångstråkets bredd. Tabell 6 gäller endast för gångstråket som är beläget utanför ingång 2 till Böcker & Blad, se figur 31.

Tabell 6. Kritiska förhållanden i gångstråket utanför Böcker & Blad. Mer detaljerade resultat redovisas i bilaga F.

Kriterium	Resultat	Kriterium uppfylls	Tid till kritiska förhållanden
<i>Kriterium 1 – Brandgaslagrets nivå ovan golv</i>	Då temperatur, sikt och kolmonoxid inte påverkas i gångstråket vid den höjd som gäller för brandgaslaget anses detta kriterium uppfyllas.	Ja	Aldrig
<i>Kriterium 2 – Siktbarhet, 2,0 meter över golv</i>	Kriteriet uppfylls överlag i gångstråket men lokalt utanför butiken kan vissa problem uppkomma. Sikten i det aktuella brandrummet blir avsevärt försämrat efter ungefär 2 minuter.	Ja	Aldrig
<i>Kriterium 3 – Värmestrålning/Värmedos</i>	Strålningen beräknas upp till 2 kW/m <sup>2</sup> på ett avstånd av 6 m från branden. Då gångstråket utanför ingång 2 är cirka 5 m brett utanför den aktuella butiken kommer personer inte att kunna passera gångstråket utanför butiken efter en tid på cirka 4 minuter. Detta problem uppstår endast då branden är placerad i anslutning till butikens utgång. För närmare beräkningar se kapitel 6.2 samt bilaga C.	Nej	4 minuter
<i>Kriterium 4 – Temperatur</i>	Temperaturen uppnår 80 grader endast i brandrummet vid 2 meters höjd. I gångstråket förblir temperaturen opåverkad vid denna höjd över golvet.	Ja	Aldrig
<i>Kriterium 5 – Toxicitet, 2,0 meter ovan golv</i>	I det branddrabbade rummet kommer kolmonoxidkoncentrationen upp i totalt cirka 600 ppm vid 2 meters höjd. I gångstråket utanför är kolmonoxidkoncentrationen opåverkad vid 2 meters höjd.	Ja	Aldrig

För att jämföra tid till kritiska förhållanden(tillgänglig utrymningstid) med aktuell tid för utrymning har simuleringar i Pathfinder genomförts.

#### 8.4 Specifika antaganden i Pathfinder för Brandscenario B

Strålningen som uppstår vid den västra entrén, utanför ingång 1, då en brand uppkommer i denna del av butiken, kommer att blockera större delen av utrymningsvägarna till det fria. Även om personer skulle kunna utrymma genom den västra entrén anses siktförhållanden vara allt för dåliga för att personer ska utrymma här genom och väljer därför en utgång. Detsamma gäller för gångstråket utanför ingång 2 till butiken om branden skulle uppkomma här. För att vara konservativa antas både den västra entrén och gångstråket utanför den andra ingången till Böcker & Blad vara blockerat från starten av simuleringen.



## 8.5 Tid till utrymning

I tabell 7 på nästa sida redovisas de tider som tagits fram i utrymningsanalysen.

Tabell 7. Tid till utrymning enligt utrymnings-simuleringar då gångstråk blockerats enligt Brandscenariot B.

Antal personer	Varseblivningstid	Förberedelsestid	Förflyttningstid i simulering	Total tid (avrundat uppåt)
2000	Upp till 1 min 30 s	1 min	6 min 12 s	Upp till 9 minuter
4200	Upp till 1 min 30 s	1 min	12 min 35 s	Upp till 16 minuter

## 8.6 Slutsats Brandscenariot B

I form av strålning kommer kritiska förhållanden att uppstå upp till 6 meter ifrån branden. Gångstråken utanför butiken kommer att bli brandgasfyllda och därför anses inte personer vilja utrymma genom den västra entrén. Även om kritiska förhållanden inte säkert uppstår anses personer välja en annan utrymningsväg än den västra entrén. Personer kommer att kunna utrymma genom den södra entrén samt de andra utrymningsvägarna då kritiska förhållanden inte uppkommer här. Enligt kapitel 6.3 hinner personerna som befinner sig i den branddrabbade butiken att utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Därmed kommer samtliga personer på Familia att kunna utrymma under säkra förhållanden då de lämnat butiken och gångstråket precis utanför butiken.

Därmed uppfylls villkoret för säker utrymning:  $tid_{tillgänglig} > tid_{aktuell\ utrymning}$

## 8.7 Känslighetsanalys – Brand på Böcker & Blad med icke fungerande sprinkler

Risken att sprinklersystemet inte fungerar inkluderas i analysen eftersom ett icke fungerande sprinklersystem får allvarliga konsekvenser. Enligt British Standards Institution är sannolikheten för att ett sprinklersystem icke aktiveras när det ska aktivera 0,05 (Johansson, 1999).

Eftersom sannolikheten att ett sprinklersystem inte aktiveras vid en brand kan antas vara cirka 5 % undersöks effekterna av en sådan händelse nedan. Endast brandgasventilationen tas i beaktning gällande aktiva system i denna analys. Enligt beräkningarna i bilaga C måste brandgasventilationen klara av att ventileras ut 19 m<sup>3</sup>/s för att hålla brandgaslagret på en höjd av 2,3 meter ovan golvet. Vid beräkningarna har antaganden gjorts gällande temperaturen i brandgaslagret. Då temperaturen satts till 800 K är detta ett konservativt värde.

Det är okänt hur stor en brand på Böcker & Blad kan tänkas bli. I beräkningar har en brand på 20 MW använts med hänsyn till butikens brandbelastning samt den goda syretillgången via butiksöppningarna. Hur brandgaserna kommer att spridas från Böcker & Blad vid en brand på 20 MW är okänt. Då det finns fyra brandgasfläktar placerade i gångstråket som vardera klarar av att ventileras ut 13,9 m<sup>3</sup>/s anses problemet med ett för lågt brandgaslager i gångstråket vara litet ifall samtliga brandgasfläktar är igång och bidrar till att ventileras bort brandgaser. Däremot är det okänt hur brandgaserna i gångstråket sprids och ackumuleras. De bör inte nödvändigtvis spridas på en jämn höjd över hela gångstråket utan kritiska förhållanden kommer att kunna inträffa tidigare nära branden än längre bort.

Som FDS simuleringarna för branden på 1550 kW i Böcker & Blad visar sprids en begränsad mängd brandgaser förbi den brandgasfläkt som sitter i gångstråket mellan västra entrén och södra entrén, se figur 33, 34 och 35. Vid en brand på 20 MW kommer en större mängd brandgaser att kunna passera brandgasfläkten. Detta bör innebära att kritiska förhållanden inträffar både vid den västra entrén men även vid den södra entrén.

Det tar upp till 16 minuter för 4200 personer att utrymma Familia då endast den södra entrén tillåts som utgång. Kritiska förhållanden vid denna utgång kan med resultaten från beräkningarna och

bedömningarna ovan anses uppkomma innan utrymningen är avslutad vilket innebär fara för personer som utrymmer.

Därmed uppfylls *icke* villkoret för säker utrymning:  $tid_{tillgänglig} > tid_{aktuell\ utrymning}$

Det är fortfarande oklart vilka problem som kommer att uppstå i form av temperatur och toxicitet. Personer kan komma att bli tvungna att utrymma under kritiska förhållanden då brandgaslagret nivå ovan golv kan komma att vara under 2,3 meter från golvet. Blir brandgaslagret nivå ovan golv lägre än 2,3 m kommer även sikten vid utrymning att försämrast.

## 9. Förslag till förbättringar vid utrymning

Ett problem som har framgått från resultaten med utrymningssimuleringar och enkätundersökningen är att personer som utrymmer Familia troligtvis väljer de utgångar de kom in genom samt att personalen instruerar folk att utrymma via gångstråket och inte direkt ut i det fria även om möjlighet till detta finns. Därför har simuleringar för att nå eventuella förbättringsförslag genomförts i Pathfinder. Dessa simuleringar skiljer sig från Brandscenario A och B då ingen fiktiv brand framkallar kritiska förhållanden. Därmed liknar dessa simuleringar en utrymningsövning där personer kan utrymma utan hinder orsakade av brand.

Varseblivningstiden kommer att vara densamma för samtliga utrymningsscenarier. Förberedelsetiden anses vara densamma då personalen bedöms ha god kännedom om vad som skall göras vid brandlarm.

### 9.1 Trolig utrymning

I denna simulering utrymmer alla på Familia genom gångstråket och vidare ut genom någon av huvudentréerna. Detta scenario anses vara det mest troliga i dagens läge. Simuleringarna har gjorts med ett personantal på 2000 personer respektive 4200 personer. Maximalt antal personer har valts för att Familia är dimensionerat för 4200 personer. I tabell 8 nedan redovisas de tider som tagits fram i utrymningsanalysen.

Tabell 8. Utrymning enligt utrymningssimuleringar då inga gångstråk eller dörrar blockeras.

Antal personer	Varseblivningstid	Förberedelsetid	Förflyttningstid i simulering	Total tid (avrundat uppåt)
2000	Upp till 1 min 30 s	1 min	3 min 50 s	Upp till 7 minuter
4200	Upp till 1 min 30 s	1 min	7 min 30 s	Upp till 10 minuter

### 9.2 Styrd utrymning

Alla butiker i yttervarvet till skillnad från vissa små butiker har minst två utrymningsvägar. En som vetter mot gångstråket och en som leder antingen direkt ut i det fria eller via brand- och transportgång vidare ut till det fria. Detta innebär att utrymning skulle kunna ske både genom gångstråk till huvudentré eller genom nödutgångar direkt ut till det fria eller via brand- och transportgång vidare ut till det fria.

Därför har utrymningssimuleringar genomförts där samtliga kunder i butikerna i yttervarvet lämnar byggnaden via de nödutgångar som finns i butikerna, vilka leder direkt till det fria och inte via gångstråken. Detta till skillnad från de små butiker i yttervarvet där utrymning endast är möjlig via gångstråk. De som befinner sig i butikerna i innervarvet och i gångstråken lämnar byggnaden genom närmsta väg ut men inte genom någon butik i yttervarvet. Simuleringarna har genomförts med ett personantal på 2000 personer respektive 4200 personer. Att en utrymning sker likt detta scenario bedöms i dagsläget icke troligt. I tabell 9 nedan redovisas de tider som tagits fram i utrymningsanalysen.

Tabell 9. Utrymningstid då enbart nödutgångar direkt ut till det fria används enligt utrymningssimuleringar.

Antal personer	Varseblivningstid	Förberedelsetid	Förflyttningstid i simulering	Total tid (avrundat uppåt)
2000	Upp till 1 min 30 s	1 min	2 min 52 s	Upp till 6 minuter
4200	Upp till 1 min 30 s	1 min	6 min 28 s	Upp till 10 minuter



## 10. Diskussion

Vid en brand på Familia finns många saker att beakta. Sprinklersystemet begränsar brandens tillväxt medan brandgasventilationen i byggnaden begränsar spridningen av brandgaser. Detta gör dock att en brand på Familia blir mycket svår att räkna på och simulera. Systemens samspel vid händelse av brand gör att konsekvenser som följer av förenklingar blir svåra att förutse.

Ett köpcentrum som har både en stor personalstyrka med brandskyddsutbildning och aktiva system som brandgasventilation och sprinkler kan på många sätt anses vara välskyddat. Det kan i detta läge vara svårt att hitta större åtgärder eller nya brandtekniska skydd som kan anses vara rimliga i förhållande till det skydd som redan finns. Vad som går att göra i detta läge är att se till att system verkligen underhålls och utvärderas regelbundet för att vara fullt fungerande när olyckan väl är framme.

Nedan diskuteras brandskyddet på Familia samt de begränsningar och förenklingar som gjorts, samt vilken påverkan de kan ha fått för rapportens resultat.

### Effektutveckling

Ett problem med att använda värden från de experiment som låg till grund för effektutvecklingskurvorna är att de är utförda i ett brandrum med en mindre geometri (3,6 m\*2,8 m\*2,4 m). Eftersom rummet där försöken har gjorts är mindre än butikerna på Familia kommer brandgaserna och strålningen att återuppvärma materialet som brinner i högre utsträckning. Därmed blir brandförloppet i experimenten snabbare. De beräknade värdena anses därmed vara konservativa ur effektutvecklingssynpunkt. Utöver detta finns flera andra osäkerheter och skillnader i dessa experiment men de anses ändå vara representativa.

### Grovanalys

Rapportens resultat och slutsatser baseras på en grovanalys där det under platsbesöket identifierades möjliga brandscenarier och deras sannolikhet och konsekvens bedömdes till stor del kvalitativt av författarna. Under denna process kan viktiga aspekter och scenarier förbisetts. Grovanalysen och val av scenarier kan därför innehålla brister och ska inte ses som en heltäckande riskbild.

### Brandgasventilationen och sprinklernas samverkan

För Familias del är det svårt att göra en FDS-simulering som behandlar samverkan mellan brandgasventilationen och sprinklern. Rent kvalitativt finns det en risk med att brandgasventilationen kommer påverka sprinklereffektiviteten negativt och vice versa. Nackdelarna för denna samverkan anses dock vara mindre än de fördelar som kommer av de båda aktiva systemen. Även om systemen minskar varandras effektivitet blir deras sammanlagda effekt större än enbart ett av systemen.

Sprinkler anses vara av stor betydelse på objektet på grund av den höga brandbelastningen. En brand utan sprinkler hade kunnat få ett förödande brandförlopp, speciellt då brandgasventilationen hade ökat luftomsättningen och därmed syretillgången för branden. Känslighetsanalysen av Brandscenario B visar att det kan komma att bli utrymningsproblem då sprinklerna inte fungerar.

Brandgasventilationen bidrar till att de relativt små bränder som kan uppstå då sprinkler aktiverar inte orsakar brandgasfyllnad och brandgasspridning över långa avstånd under den tid som personerna i lokalen kan förväntas utrymma. Även då en större brand skulle inträffa kommer brandgasventilationen att bidra till att brandgasfyllnaden inte blir kritisk lika snabbt, jämfört med hur snabbt det skulle blivit rökfyllt om endast sprinkler funnits.

Ett problem som är svårt att förutse är hurvida det kommer att bildas ett enzonsskikt där brandgaserna är välblandade med luften och inte skiktade i två relativt avskilda lager. Detta kan tänkas ske då sprinkler påverkar brandgasernas skiktning och rörelse genom att sprinklerdropparna blandar om och drar ner gaserna mot golvet. Det är komplicerat att simulera sprinklerkontrollerade bränder i

FDS och därför bör resultaten tolkas med försiktighet. I en butik med stora mängder brandgaser där sprinkler aktiverar riskerar sikten att bli försämrad i hela butiken. Detta kan komma att innebära svårigheter gällande utrymning men detta problem anses inte uppkomma då personerna som befinner sig i den aktuella butiken för branden bör hinna utrymma innan sprinkleraktivering sker. Ytterligare ett scenario är att de omrörda brandgaserna trycks ut i gångstråket. Trots detta anses inte onödig sprinkleraktivering i gångstråk inträffa på grund av att brandgaserna bör vara kalla.

Ett annat tillfälle där enzonsskiktning kan komma att inträffa är när varma brandgaser kyls av efter att ha färdats lång väg. När brandgaserna kyls av minskar stigkraften och brandgaserna sjunker mot marken och blandas med luften. Detta kan innebära att personer som befinner sig långt ifrån branden kan komma att påverkas av brandgaser, genom sämre sikt och högre toxicitet. Problemen kring enzonsskiktning kan därmed påverka utrymningen av Familia. FDS-simuleringarna visar på grund av svagheter i programmet inte detta fenomen fullt ut. Möjligheten att detta fenomen skulle bli ett problem för utrymningen skulle behöva utredas vidare.

### Plugholing

Ett möjligt åtgärdsförslag för att slippa problemen kring plugholing som beskrivs i kapitel 3.1 är att sektionera av Familias gångstråk på ett sådant sätt att varje fläkt får större möjlighet att suga mer koncentrerat. Nackdelen är om en enskild fläkt slutar fungera. Då det i känslighetsanalysen av Brandscenario B visades att större volymflöde från brandgasfläkten behövs för att ventilerat ut brandgaserna som bildas vid en kraftig brand kan det bli förödande konsekvenser då endast en brandgasfläkt förväntas ventilerat ut samtliga brandgaser. Skulle denna brandgasfläkt sluta fungera kan detta leda till att säker utrymning blir en omöjlighet. Författarnas slutsats är därför att fördelarna med en sådan åtgärd inte uppväger de möjliga nackdelarna.

### Geometri

Väggöppningar mellan butiker i takhöjd kommer vid en brand på Familia att bidra till att brandgaser sprids snabbare till andra delar av köpcentret vilket anses vara negativt. Tiden till att brandlarmet aktiveras via rökdetektorer kan dock förkortas avsevärt i de fall då bara en detektor finns i den branddrabbade butiken. Dessutom koncentreras inte brandgaser i de enskilda butikerna då öppningarna gör att det läcker ut brandgaser till närliggande butiker.

I hela Familia sitter ett mellantak utformat likt ett galler. Detta galler ser lite olika ut på olika platser på köpcentrumet. Hur dessa galler kommer att påverka sprinklereffektiviteten är okänt. Sprinklereffekten bör dock inte öka. Med tanke på osäkerheten med mellantaket gjordes det relativt konservativa antagandet att effekten är konstant efter sprinkleraktivering. För att på ett säkrare sätt utvärdera mellantakens påverkan på sprinklersystemets effektivitet hade en noggrann undersökning med försök behövts genomföras.

### Befintligt brandskydd

I kapitlet 3.2.2, Belysning och skyltar beskrivs dörrar med motsägelsefull skyltning. Nedan diskuteras problematiken gällande denna skyltning.

Mot dörren sitter dels en skylt som säger, ”Dörr larmad används endast vid nödutrymning” och en skylt som säger, ”Dörren skall hållas stängd”. En skylt på dörren har röd text och vit bakgrund och den andra har vit text med röd bakgrund.

En utrymmande person möts av en för stor mängd information som är tvetydig och dels inbjuder till utrymning genom utrymningsdörren men också varnar och förbjuder en felaktig användning av dörren. Detta leder till att personer som utrymmer måste ta in mycket ny information och fatta beslut under stress vilket fördröjer utrymning. Dörren anses därför inte vara inbjudande till utrymning utan snarare fördröja och försvåra utrymning. Detta anses problematiskt och bör därför åtgärdas.

## FDS

För att se att simuleringarnas resultat inte är beroende av cellstorleken hade ytterligare simuleringar behövts för att testa ifall känsliga resultat hade varierat vid en mindre cellstorlek, det vill säga nodkonvergens. Detta har inte kunnat utföras på grund av tids- och resursbrist.

Sprinklersystemets aktivering kommer medföra omröring och avkylning av brandgaser. Eftersom detta inte simuleras i FDS kommer brandgaslagret vara tydligare skiktat i simuleringen än det skulle vara vid en verklig brand med sprinkleraktivering.

Vid beräkning av  $\dot{Q}^*$  visade det sig att värdet på båda bränderna som simulerades var för lågt, 0,27 respektive 0,18 när det egentligen inte bör vara under 0,3, se kapitel 6. En enkel åtgärd för detta hade varit att göra branden mindre. Tidsbrist förhindrade författarna att åtgärda detta misstag.

Konsekvenserna för detta är oklara. Resonemangsmässigt kan bränderna genererat brandgaser som haft för små stigkrafter eftersom effekten fördelas på en större area och därmed lett till en för utspridd brandgasspridning. En annan möjlighet är att sprinkleraktiveringen kan ha förorsakat branden de fenomen ett lågt  $\dot{Q}^*$ -värde orsakar till exempel lägre stigkraft för brandgaser.

Tid till sprinkleraktivering som beräknas i FDS i Brandscenario A är ungefär 50 sekunder snabbare än den tid som beräknas i Detact T2. Hade tiden till sprinkleraktivering från FDS använts med i övrigt samma antagande som för gällande scenario hade maxeffekten för branden blivit cirka 1 MW istället för de 2,3 MW som används i Brandscenario A. Motsvarande siffror för Brandscenario B är 3 minuter och 20 sekunder respektive 4 minuter, det vill säga 40 sekunder snabbare i FDS-beräkningarna vilket hade gett en effekt på cirka 1 MW. Därmed är effektkurvorna från Detact T2 mer konservativa än de skulle varit ifall de anpassades efter resultaten från FDS.

En längre tid till sprinkleraktivering hade kunnat förväntas i FDS-simuleringarna eftersom branden definierats med en relativt låg effekttutveckling per kvadratmeter. Detta eftersom en brand med hög yta relativt sin effekttutveckling sprider ut värmeutvecklingen över större volymer luft, därmed minskar både brandgasernas temperatur och hastighet vilket i sin tur ger en lägre värmeöverföring. En anledning till att FDS resulterade i en kortare tid till sprinkleraktivering kan bero på att med Detact T2 gör antaganden som ger mycket konservativa resultat.

## Strålningsberäkningar

Då strålningen från branden används för att räkna ut om det blir kritiska förhållanden i gångstråket utanför anses den värsta placeringen av branden vara vid utgången till butiken. Nära utgången är det inga stora ställningar eller dylikt utan det är mindre möbler eller bord som finns. Därför anses två meter vara representativt för bredden på flammen. Detta är ett osäkert antagande. Det finns även en osäkerhet i strålningsberäkningarna eftersom de är för en pölbrand. Däremot anses inte någon av dessa osäkerheter vara betydande då vi i utrymningssimuleringarna har valt att stänga hela gångstråket skulle en högre strålningsintensitet, exempelvis genom större yta eller högre temperatur på flammen, inte påverka resultatet ur utrymningssynpunkt.

Problem som uppstod kring utrymning för Brandscenario A anses vara få. Det var till största del strålning som föranledde till att kritiska förhållanden uppstod utanför den branddrabbade butiken. Detta var något överraskande då på förhand fler parametrar förväntades bli kritiska. Resultaten anses vara rimliga med tanke på de modeller som använts.

### 10.1 Utrymningssimuleringar

Simuleringarna som är gjorda är en uppskattning av hur personerna kan vara fördelade över Familja och vilka utgångar som används. Detta är en osäkerhet eftersom fördelningen kommer variera från dag till dag och under årets gång. Det är även möjligt att en eller några butiker bredvid varandra har utförsäljning/rea samtidigt och lockat extra mycket folk just dit. Därmed finns det risk för att det blir stora persontäthetsskillnader i olika delar av köpcentrumet. Viss indata i Pathfinder är också



antaganden som exempelvis åldersfördelningen där 30 procent har antagits vara över 60 år vilket självklart inte representerar situationen vid alla tillfällen. Simuleringar i Pathfinder med ett personantal på 4200 har genomförts. Detta anser författarna vara ett högst konservativt personantal då det aldrig tidigare vistats 4200 personer samtidigt på Familia.

### Känslighetsanalys Brandscenario B

Vid både Brandscenario B och dess utrymningssimuleringar blir det orealistiskt mycket krockar jämfört med Brandscenario A. Detta på grund av att den västra entrén är blockerad och personer kommer bli tvungna att korsa varandra. Personerna i butikerna anses ha tagit olika vägar in i Familia och vill gå ut samma väg som de kom in även om det inte är den närmsta utvägen. När personerna i simuleringen kommer nära den västra entrén byter de riktning då vägen är avstängd vilket leder till orealistiska krockar i Pathfinder. Därför får personerna i simuleringarna i Brandscenario B och i den troliga utrymningssimulering gå till närmaste utgång men då alla nödutgångar direkt till det fria samt den västra entrén är stängda vill samtliga personer lämna genom södra entrén. Detta innebär att inga krockar kommer att ske. I simuleringarna använder alla personer den snabbaste vägen ut exklusive nödutgångarna och västra entrén.

### Utrymning via nödutgångar som leder direkt till det fria

Utrymningssimuleringarna då nödutgångarna direkt mot det fria används i större utsträckning får en kortare utrymningstid jämfört med övriga utrymningssimuleringar. Det är därmed fördelaktigt om personalen i butikerna i yttervarvet kan få ut så många personer som möjligt genom nödutgångarna. Detta kan till stor del bero på större dörrbredd, kortare avstånd för många att gå och minskad köbildning. Ifall branden har en olycklig placering, till exempel vid gångstråket, minskar också risken att många personer som utrymmer exponeras för branden. Exempel på hur detta implementeras är genom utbildning och rutinändring.

## 10.2 Personalens inverkan på brandsäkerheten

Hur personalen agerar vid utrymning har visat sig ha stor potential till att påverka personsäkerheten. Enkätundersökningen visade att de flesta i personalen känner sig säkra på vad de skulle göra om ett utrymningslarm startar vilket är betryggande. Fem personer angav att de hade sett blockerade utrymningsvägar i samband med sitt arbete på Familia. Detta är något som kan förbättras, bland annat med utbildning men också organisatoriskt.

En ytterligare viktig fråga är huruvida det är lämpligt att låsa butiken mot gångstråket vid en utrymning. Detta är en uppenbar konflikt mellan butikernas intresse av att skydda sin egendom och säker utrymning. Familia är dimensionerat för ett stort personantal vilket leder till att köerna som bildas om alla utrymmer samtidigt kan bli stora. De extra utrymningsvägar som butikerna erbjuder bidrar till att huvudutgångarna avlastas och problemen med köbildning minskar. Det bästa agerandet från personalens sida är självklart att låta personer utrymma genom butikernas nödutgångar som leder direkt till det fria och inte låsa butikerna innan de ser att gångstråken utanför är helt tomma. Detta kan dock uppehålla personalen en lång tid i butikerna och är därför problematiskt. Personalen uppfattar också i flera fall att deras uppgift vid utrymning är att få ut personer ur butiker. Risken är att huvudutgångarna då används i för stor utsträckning när butikernas nödutgångar som leder direkt till det fria är bättre då de avlastar huvudutgångarna. En utrymning genom butikernas nödutgångar som leder direkt ut till det fria, som det visas i kapitel 9, är fördelaktig. Personalens agerande bör förbättras om detta tillvägagångssätt skall användas. Det kan heller inte uteslutas att om grindarna till butikerna låses kan personer glömmas kvar i butiker eller gångstråk och att utrymning genom butikerna i dessa fall hade hjälpt. Eftersom alla utom de minsta butikerna har egna nödutgångar som leder direkt till det fria är det dock möjligt för eventuella personer som glöms kvar i butikerna att utrymma själva även om utgången mot gångstråket är låst. Detta har inte kunnat undersökas vidare på grund av tidsbrist.

### 10.3 Reflektion

Fler känslighetsanalyser i FDS hade behövts göras för att hantera de kunskapsosäkerheter och osäkra antaganden som gjorts i rapporten. Detta har inte kunnat göras på grund av oförväntade förändringar i beräkningsresurser som fordrades för att testa osäkerheterna på ett betryggande sätt.

Genom arbetet har många tankegångar funderats igenom och kasserats efterhand. Flera scenarier hade kunnat utvärderas och känslighetsanalyser vidare genomföras. Smidigare förenklingar hade även kunnat göras i arbetet med de nyvunna kunskaperna och erfarenheterna.

Det har varit svårt att balansera hur specifika detaljer kring Familia påverkar simuleringar och resultat jämfört med mer allmängiltiga problem vid brand i köpcentrum. På grund av osäkerheter i vissa detaljer och dessa detaljers relevans har arbetet försenats.

I arbetet har det blivit tydligt för författarna vilka begränsningar som medföljer med förenklad dimensionering och allt för restriktiva regler kring analytisk dimensionering som till exempel fastställda brandeffekter och värden på sotproduktion. Dessa regler kan medföra att det blir färre antaganden och mindre arbete men även att analysen blir mindre realistisk.

Det hade varit lämpligt att mer grundligt genomsöka det systematiska brandskyddsarbetet för att få ett hum om hur Familia ligger till, utvärdera och ge åtgärdsförslag då det är ett viktigt område som måste fungera ur brandskyddssynpunkt.



## 11. Slutsats

Med fungerande sprinkler och brandgasventilation uppnås endast lokala problem initialt vid utrymning enligt arbetets resultat. Endast när dessa system inte fungerar riskerar kritiska förhållanden uppnås långt bort från branden. Därför är ett brandskyddsarbete som säkerställer kontroll av aktiva system viktigt för att hålla en fortsatt hög brandsäkerhet.

Enligt enkätundersökningen har personalen överlag en god kännedom gällande agerande vid brand, ansvarsområden och utbildningsnivå. Ett mindre antal kände sig osäkra, hade inte fått utbildning eller hade observerat att nödutgångar varit blockerade/låsta. Här finns potential att förbättra, men grovt sett har personalen på Familia en god brandutbildning.

Författarnas åsikt är att det systematiska brandskyddet är av stor vikt för brandskyddet på Familia. Tillgänglighet till nödutgångar och personalens utbildning och agerande är bland det viktigaste för personskyddet vid brand eftersom utrymningen kan påbörjas tidigare och flera utgångar användas då detta fungerar som det är tänkt.

Det som kan anmärkas är att utbildning snarast möjligt efter anställning är att rekommendera. Då utbildning är bästa sätt att få erfarenhet av att använda släckutrustning samt för att få förståelse för att inte blockera nödutgångar borde ett fortsatt arbete med att hålla hög utbildningsnivå bland personalen genomföras.

### 11.1 Åtgärdsförslag

För att brandsäkerheten på Familia ska förbättras har rekommenderade åtgärder med benämningarna ska och bör utformats. De åtgärdsförslag som benämns med *skall* är åtgärder som måste genomföras för att brandsäkerheten ska anses vara acceptabel. De åtgärdsförslag som benämns som bör är relativt enkla åtgärder som kan förbättra säkerheten men inte anses vara nödvändiga för att upprätthålla en säker utrymning.

#### Skall genomföras

- En rutin för regelbunden kontroll av utrymningsskyltar och deras synbarhet *skall* upprättas. Det är ett måste för att kunna garantera att kunder och personal hittar till och ut genom nödutgångarna.
- Utrymningsvägar *skall* utformas på ett sådant sätt att inte motstridig information når personer som är på väg att utrymma Familia. Exempelvis kan de varnande meddelanden som sitter på dörrarna tas bort och ersättas med en tydlig instruktion att tryckknappen ska användas vid normal passage. Detta för att undvika att kunder och personal inte använder dessa nödutgångar.

#### Bör genomföras

- Utbildningen och instruktionen till personalen *bör* utformas på ett sådant sätt att personalen i större utsträckning leder ut människor genom dessa nödutgångar. Detta då utrymningssimuleringarna visar att om personalen i stor grad kan få kunder att utrymma via nödutgångarna som leder direkt ut i det fria eller ut i det fria via brand- och transportgång blir den totala utrymningstiden kortare vilket har visats i analysen från kapitel 9.
- Brand- och transportgångar *bör* ses över då det vid platsbesöket inte var helt lätt att lokalisera närmsta väg ut till det fria. Pilar i marken eller enklare vägbeskrivningar är förslag som skulle kunna förbättra tydligheten för allmänheten. Detta för att säkerställa att utrymningar blir säkra och snabba.

- Handbrandsläckare som är lättillgänglig för personalen i butiken *bör* finnas till hands i de butiker som bara har en utrymningsväg. Detta är ett åtgärdsförslag då det vid platsbesöket inte kunde säkerställas att handbrandsläckare fanns nära till hands för personalen. Motiveringen är för att utrymningsvägen mot gångstråket är den ända tillgängliga och en handbrandsläckare kan vara nödvändig för att ta sig förbi en eventuell brand som kan komma att blockera denna utrymningsväg.
- Vid ombyggnad eller avskiljning inom butiker *bör* rökdetektorers placering beaktas för att se till att detektering av brand är tillförlitlig inom alla utrymmen på Familia. Detta då det vid analys av brandgaser i butikerna visar att det är nödvändigt med tillräckligt många detektorer i närheten av branden för att två av varandra oberoende rökdetektorer ska aktivera de aktiva system som finns tillgängliga.
- OSB-skivor som i nuläget används som ytmaterial i brand- och transportmaterial *bör* tas bort eller bytas ut. Detta för att de brand- och transportgångar som har dessa OSB-skivor inte är kompatibla med BBR 21 och anledningen är för att dessa skivor kan orsaka osäker utrymning då dessa skivor antingen börjar brinna eller avger brandgaser.
- Rutinen att låsa butikernas utgång mot gångstråken *bör* undersökas vidare. Detta då tid och resurser inte fanns att tillgå för att undersöka ärendet mer noggrant. Det finns problematik gällande utrymning om butikerna låses då butikerna både vid simulering och dimensionering har varit ämnade för utrymning. Frågor som bör ställas är om detta är ett allmänt beteende bland alla butiker samt att undersöka hur mycket de kan påverka utrymning.
- Rutinerna för det systematiska brandskyddet *bör* ses över och kontrolleras mer noggrant. Detta då tid och resurser inte fanns att tillgå. Exempel på detta är kontroll av aktiva system och utbildning av personal. Detta krävs för att personalens inverkan på kunder har visat sig vara mycket viktig samt att de aktiva systemen måste fungera för annars riskerar utrymningarna att bli alltför osäkra.

## Referenser

- Best Practice Gruppen. (2009, November 12). CFD Best Practice. *Firesafety News*.
- Boverket. (2006). *Utrymningsdimensionering*. Boverket.
- Boverket a. (2013). *Boverkets allmänna råd (2013:11) om brandbelastning*.
- Boverket b. (2013). *Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd*. Boverket.
- Boverket c. (2013). *Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler (2011:6) föreskrifter och allmänna råd*. Boverket.
- Boverket d. (2013). *BFS 2013:12 BBRAD 3*. Boverket.
- Bwayla, A., Zalok, E., & Hadjisophocleous, G. (2007). *Design fires for commercial premises - result of phase 2*. National Research Council Ccanada.
- Canter, D. (1985). *Studies of human behaviour in fire: empirical results and their implications for education and design*. Borehamwood: Department of the Enviroment.
- Drysdale, D. (2011). *An introduction to fire dynamics*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Familia. (2015, mars 31). <http://www.familiakopcentrum.se/om-centret/>. Retrieved from <http://www.familiakopcentrum.se/>.
- Frantzich, H. (2001). *Tid för utrymning vid brand*. Lund.
- Frantzich, H. (2015, 04 16). Universitetslektor. (E. Persson, Interviewer)
- Frantzich, H., & Nystedt, F. (2011). *Kvalitetsmanual för brandtekniska analyser vid svenska kärntekniska anläggningar*. Lund: Lunds universitet.
- Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap. (2013). *Stöd för tillämpning av CFD-modeller*.
- Graham, J. E., Fisher, S. R., Bergés, I.-M., Kuo, Y.-F., & Ostir, G. V. (2010, Nov). Walking speed threshold for classifying walking independence in hospitalized older adults. *American Physical Therapy Association*.
- Hedén, M. (2007). *Brandskyddsguide - För varuhus, köpcenter och gallerior*. Lund: Lunds universitet.
- Ingason, H., & Arvidson, M. (2001). *Samtidig användning av sprinkler och brandgasventilation*. Borås: Sveriges provnings- och forskningsinstitut.
- Jie, J., Kaiyuan, L., Wei, Z., & Ran, H. (2009). *Experimental investigation on influence of smoke venting velocity and vent height on mechanical smoke exhaust efficiency*. Hefei, China: University of Science and Technology of Chin.
- Johansson, H. (1999). *Osäkerheter i variabler vid riskanalyser och brandteknisk dimensionering*. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet.
- Karlsson, B. Q. (2000). *Enclosure Fire Dynamics*. Boca Raton: CRC Press.
- Mattsson, A. (2015). Technical officer.
- MSB. (2012). *Räddningstjänst i siffror*. Karlstad.

National Center for health statistics. (1970). *Skinfolds, Body Girths, Biacromial Diameter, and Selected Anthropometric Indices of Adults*. Washington D.C: U.S. DEPARTMENT OF HEALTH, EDUCATION, AND WELFARE .

Nystedt, F. (2000). *Risikanalysmetoder*. Lund.

Räddningsverket. (2003). *Handbok för riskanalyser*. Räddningsverket.

Society of Fire Protection Engineers. (2002). *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. Quincy: National Fire Protection Association.

Staffansson, L. (2010). *Selecting Design Fires*. Lund University.

Sundström, B. (2001). *Euroclass i svensk byggnorm - Jämförelse mellan svenska och europeiska brandklasser för byggprodukter*. Borås: SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.

ÅF. (2006). *Familia Brandskyddsdocumentation*. Malmö: ÅF.



## Bilaga A. Detact T2

Nedan följer de resultat som beräknats i Detact T2.



**molinelli.org**

Home Fire Safety Tools Links and Resources Education About Luis Molinelli

### DETECTOR ACTUATION - Time squared

Ambient temperature (°C)

Detector Response Time Index (RTI)

Detector Activation Temperature (°C)

Detector Rate of Temperature Rise (°C/min)

Room Ceiling Height (m)

Detector Spacing (m)

Fire Growth Rate

Fire Growth Rate (W/s2)

**For temperature actuated detector:**

Time to Activation (min)

Heat Release Rate (kW)

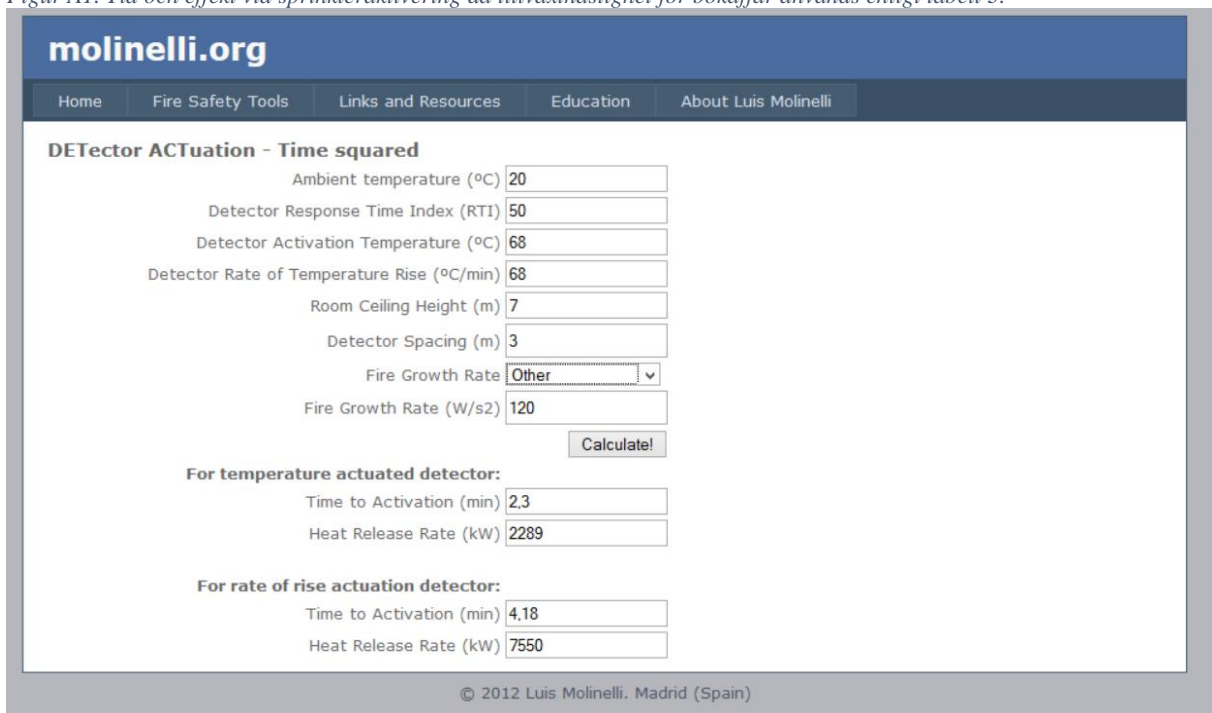
**For rate of rise actuation detector:**

Time to Activation (min)

Heat Release Rate (kW)

© 2012 Luis Molinelli. Madrid (Spain)

Figur A1. Tid och effekt vid sprinkleraktivering då tillväxthastighet för bokaffär används enligt tabell 3.



**molinelli.org**

Home Fire Safety Tools Links and Resources Education About Luis Molinelli

### DETECTOR ACTUATION - Time squared

Ambient temperature (°C)

Detector Response Time Index (RTI)

Detector Activation Temperature (°C)

Detector Rate of Temperature Rise (°C/min)

Room Ceiling Height (m)

Detector Spacing (m)

Fire Growth Rate

Fire Growth Rate (W/s2)

**For temperature actuated detector:**

Time to Activation (min)

Heat Release Rate (kW)

**For rate of rise actuation detector:**

Time to Activation (min)

Heat Release Rate (kW)

© 2012 Luis Molinelli. Madrid (Spain)

Figur A2. Tid och effekt vid sprinkleraktivering då tillväxthastighet för klädför används enligt tabell 3.

**molinelli.org**

Home | Fire Safety Tools | Links and Resources | Education | About Luis Molinelli

### DETECTOR ACTuation - Time squared

Ambient temperature (°C)

Detector Response Time Index (RTI)

Detector Activation Temperature (°C)

Detector Rate of Temperature Rise (°C/min)

Room Ceiling Height (m)

Detector Spacing (m)

Fire Growth Rate

Fire Growth Rate (W/s<sup>2</sup>)

**For temperature actuated detector:**

Time to Activation (min)

Heat Release Rate (kW)

**For rate of rise actuation detector:**

Time to Activation (min)

Heat Release Rate (kW)

© 2012 Luis Molinelli. Madrid (Spain)

Figur A3. Tid och effekt vid sprinkleraktivering då tillväxthastighet för leksaksaffär används enligt tabell 3.

**molinelli.org**

Home | Fire Safety Tools | Links and Resources | Education | About Luis Molinelli

### DETECTOR ACTuation - Time squared

Ambient temperature (°C)

Detector Response Time Index (RTI)

Detector Activation Temperature (°C)

Detector Rate of Temperature Rise (°C/min)

Room Ceiling Height (m)

Detector Spacing (m)

Fire Growth Rate

Fire Growth Rate (W/s<sup>2</sup>)

**For temperature actuated detector:**

Time to Activation (min)

Heat Release Rate (kW)

**For rate of rise actuation detector:**

Time to Activation (min)

Heat Release Rate (kW)

© 2012 Luis Molinelli. Madrid (Spain)

Figur A4. Tid och effekt vid sprinkleraktivering då tillväxthastighet för skoaffär används enligt tabell 3.

## Bilaga B. Enkätundersökning

Nedan visas enkätundersökningen i sin helhet följt av resultatet av de 41 insamlade enkäterna.

Enkät - Brandsäkerhet Familia köpcentrum

Brandingenjörstudenter vid Lunds Tekniska Högskola utvärderar just nu brandsäkerheten på Familia och skulle därför uppskatta om du vill ta din tid och svara på denna enkät. Enkäten är anonym och kommer att användas som en del av undervisningen.

Sätt en ring runt det svar som stämmer mest överens.

Tack för din hjälp!

**Vad har du för huvudsakliga arbetsuppgifter och vilket företag arbetar du för?**

**Vad har du för typ av anställning och hur länge har du varit anställd?**

Fast    Vikariat    Timanställning    Annan

**Har du fått någon typ av brandutbildning genom ditt arbete?**

Ja    Nej

**Om ja, när och vilken typ?**

---

**Hur agerar du då brandlarmet går?**

---

**Har du något ansvar då brandlarmet går?**

Ja    Nej

**Om ja, vilket typ av ansvar?**

---

**Har du deltagit i någon utrymningsövning?**

Ja    Nej

**Vet du var närmaste utrymningsväg finns?**

Ja Nej

**Har du någonsin sett att utrymningsvägarna är blockerade eller låsta?**

Ja Nej

**Vet du var din uppsamlingsplats är?**

Ja Nej

**Vet du var närmaste släckutrustning finns som exempelvis brandsläckare eller brandfilt?**

Ja Nej

**Känner du dig bekväm med att använda släckutrustningen vid eventuell brand?**

Ja Nej

**Känner du dig säker på vad du ska göra om brand uppkommer?**

Ja Nej

**Om nej, varför inte?**

---

#### Resultat

**Vad har du för huvudsakliga arbetsuppgifter och vilket företag arbetar du för?**

Person	Huvudsakliga arbetsuppgifter	Företag
1	-	-
2	Tillredning av mat	Graffiti café
3	Barista	Espresso house
4	-	-
5	Butikschef	Intersport
6	-	-
7	Drifttekniker	-
8	Sandwich artist, förbereda mat, städa (Tillredning av mat)	Conic Southwest
9	Säljare	Cubus
10	Visual merchandiser/Dekorator/Säljare	Cubus
11	Försäljning	Bellbox
12	Butikschef	Skopunkten
13	Butikschef	Zäta
14	Apotekstekniker	-
15	Säljare	-

16	Försäljning	-
17	Säljare	Sko Rönne
18	Säljare, butikschef	Ur & Penn
19	-	Kårv och sånt
20	Frisör	Delonti
21	Butiksbiträde	Hälsokost
22	Ansvarig butikschef	Phonehouse
23	-	Dressmann
24	-	Espresso house
25	-	Gina tricot
26	Butikschef	Kosmetik
27	Butiksbiträde	Klädesbutik
28	-	-
29	-	-
30	Butikschef	Svedala outlet
31	Säljare	Svedala outlet
32	Skiftledare	McDonalds
33	Allt som rör butiken	Club XS
34	Resurs	H&M
35	Visual merchandiser	H&M
36	-	-
37	-	-
38	Säljare	Böcker & Blad
39	Säljare	Böcker & Blad
40	-	-
41	Butiksbiträde	Lekia

Vilken typ av anställning har du?	Antal
Tillsvidareanställning	31
Vikariat	4
Timanställning	3
Annan anställning	3

Har du fått någon typ av brandutbildning genom ditt arbete?	Antal
Ja	29
Nej	9
Ja & Nej	2
Ej svar	1

#### Om ja, när och vilken typ?

Person	Vilken typ av brandutbildning?	När?
1	-	-
2	Internt Familia.	-
3	-	-
4	Den årliga kursen på centrat.	-
5	Utbildningar på köpcentret.	-
6	-	-

7	Brandskyddskontroll.	2013
8	Kort genomgång på hur jag ska göra för att "tömma" lokalen och vart jag ska ta mina gäster.	-
9	-	-
10	Fått genomgång i annan butik.	-
11	Släckning av brand m.m.	Vet ej
12	Brand/HLR.	-
13	Brandkåren hade en kurs.	Ca ett år sedan
14	-	-
15	-	-
16	-	1 ggr/år/utbildning
17	-	1 ggr/år/utbildning
18	Inte via företaget, men via centret har vi gått en utbildnings som brandkåren hållit i.	-
19	Genom (Carasberg?).	Sverige 2007
20	Vi får en när vi börjar där dom visar och berättar.	-
21	Hur utrymma lokalen + var träffas utanför.	-
22	Via en e-learning utbildning företaget anordnar där alla nyanställda går igenom. samt butikschefen berättar vad som ska göras.	-
23	-	Förra året 2014
24	Fick öva på att släcka på docka med olika utrustningar.	2012 eller 2013
25	Brandkåren kommer hit och vi kör "fejk" brandlarm .	-
26	Brandskyddsutbildning.	Cirka ett år sedan
27	släcka docka, använda brandsläckare	2013
28	Praktisk brandutbildning.	-
29	-	-
30	Brandsäkerhetskurs + återkommande brandövningar.	-
31	-	-
32	Gick på kurs då man fick lära sig släcka bränder i lokaler och hur man gör när man ska släcka bränder på människa.	-
33	Information och praktiskt.	8 år sedan
34	-	-
35	Brandorama	-
36	-	-
37	-	-
38	Provat släcka liten brand med brandsläckare, utbildning via Familia.	Möjligen hösten 2013
39	-	-
40	-	-
41	HLR, Brandskyddsutbildning.	-

### Hur agerar du då brandlarmet går?

Person	Hur agerar du då brandlarmet går?
1	Säger till kunderna & stänger av gas och springer ut till samlingsplatsen
2	Få ut folk och går ut själv
3	Tar mig ut genom närmsta ej blockerade dörr och samlas vid maxi
4	utrym butiken, rullar ner galler, hänvisar till utrymningsplats
5	jag ställer mig utanför butik och vägleder till nödutgång
6	kollar så butiken är tom.
7	enligt plan
8	leder mina kunder ut från centret
9	panik
10	får ut alla kunder ur butiken, tar ner galler, går sedan ut själv.
11	stänger ner grinden, går ut genom nödutgångar och går till samlingsplatsen
12	tar på mig väst, öppnar nödutgång och visar folk ut
13	kollar att butiken är tom, går sen till samlingsplatsen
14	stänger ner apoteket och samlas vid utsatt plats
15	ser till att kunderna lämnar butiken, rullar ner gallret och går till samlingsplatsen
16	dra ner gallret (när butiken är tom)
17	dra ner gallret när larm går och butik är tom ställer mej igång och lotsar ut folk
18	får ut kunderna fort sen rullas gallret ner. har även en uppgift av centrat (vakt så kunder ej går in i centrat)
19	tömmer lokalen och går till samlingsplats (givetvis hjälper till att vägleda folk)
20	rullar ner gallret och går ut
21	stänger grinden och går ut bakvägen
22	hissar ner galler om möjligt och springer ut till samlingsplatser
23	ser till så att lokalen (butiken) är utrymd, sätter på gula västen, ställer mig ute i gången för att få klartecken från övriga butiker, att alla är ute, djungeltelgraf
24	ser till att alla kunder kommer ut rullar ner gallret går ut till mötesplatsen
25	-
26	ser över om det finns kunder i butiken. kollar över om det finns kunder på allmänna toaletter. går ut till samlingsplats
27	utrymma butiken
28	utrymmer
29	få ut alla ur butiken, ta på gula västen, visa kunderna till närmsta utgång, helst stänga galler, sen går vi runt om till uppsamlingsplatsen
30	kollar så butiken är tom går sedan till uppställningsplats



31	få ut kunder, möts på mötesplatsen
32	jag är lugn och sansad och ser till att folk utrymmer lokalen via nödutgångar, ser även över personaluppställningen så alla som jobbar har utrymt innan jag lämnar byggnaden.
33	ser till att jag och mina kunder kommer ut så fort som möjligt
34	-
35	utrymmer butiken
36	-
37	-
38	hänvisar kunder ut ur butiken, stänger butiken och tar mig ut.
39	tar ut kunderna, tar ner gallret, går ut
40	kollar så ingen finns i butiken, låser galler, går ut
41	tömmer butiken och utrymmer
<b>Har du något ansvar då brandlarmet går?</b>	
<b>Ja</b>	<b>Antal</b>
<b>Nej</b>	
<b>Ej svar</b>	
	32
	8
	1

<b>Person</b>	<b>Om ja, vilket typ av ansvar?</b>
1	ser till att ovanstående görs (Säger till kunderna & stänger av gas och springer ut till samlingsplatsen)
2	se till att mina gäster kommer ut
3	se till att mina gäster tar sig ut
4	-
5	se ovan och jag anmäler när butiken är tom.
6	ingen finns i butik
7	kolla brandlarmet, adress undersöka, se till att butiker + kunder kommit ut, invänta brandkår
8	se till att jag och mina gäster hamnar i säkerhet
9	att få folk från utrymmet
10	se till att få ut kunder först och främst
11	alla är ute
12	ansvarar för nödutgång
13	-
14	-
15	-
16	ta på väst och hänvisa kunder till närmaste utgång. sen kontakta ansvarig och meddela butik och namn!
17	dra ner gallret när larm går och butik är tom ställer mej igång och lotsar ut folk
18	får ut kunderna fort sen rullas gallret ner. har även en uppgift av centrat (vakt så kunder ej går in i centrat)
19	-
20	tar på mig en väst och visar folk ut ur bygget
21	stänga och gå till uppställningsplatsen

22	alla i butiken springer ut om brandet går
23	ser till så att lokalen (butiken) är utrymd, sätter på gula västen, ställer mig ute i gången för att få klartecken från övriga butiker, att alla är ute, djungeltelefonen
24	se till att kunderna kommer ut
25	kollar toalettgångarna och soprummet
26	se över allmänna toaletter
27	alla har sina bestämda ansvar att utrymma så snabbt som möjligt
28	-
29	ta på gul väst och visa kunder till närmsta utgång
30	för min personal och kunderna
31	informera kunder och gå ut själv
32	jag är lugn och sansad och ser till att folk utrymmer lokalen via nödutgångar, ser även över personaluppställningen så alla som jobbar har utrymt innan jag lämnar byggnaden.
33	få ut alla kunder ur butiken
34	ser till att kunder kommer ut och vara lugn
35	utrymmer butiken
36	-
37	-
38	dörrvakt, ser till att ingen går in på Familia
39	vi i butiken agerar dörrvakter och ser till att ingen tar sig in i centrat
40	kollar så ingen finns i butiken, låser galler,
41	jag ska tömma butiken

Har du deltagit i någon utrymningsövning?	Antal
Ja	32
Nej	8
Ej svar	1

Vet du var närmaste utrymningsväg finns?	Antal
Ja	38
Nej	0
Ej svar	3

Har du någonsin sett att utrymningsvägarna är blockerade eller låsta?	Antal
Ja	5
Nej	33
Ej svar	3

Vet du var din uppsamlingsplats är?	Antal
Ja	37
Nej	1
Ej svar	3

<b>Vet du var närmaste släckutrustning finns som exempelvis brandsläckare eller brandfilt?</b>	<b>Antal</b>
<b>Ja</b>	38
<b>Nej</b>	0
<b>Ej svar</b>	3

<b>Känner du dig bekväm med att använda släckutrustning vid eventuell brand?</b>	<b>Antal</b>
<b>Ja</b>	31
<b>Nej</b>	7
<b>Ej svar</b>	3

<b>Känner du dig säker på vad du ska göra om brand uppkommer?</b>	<b>Antal</b>
<b>Ja</b>	36
<b>Nej</b>	2
<b>Ej svar</b>	3

#### **Om nej, varför inte?**

Två stycken svarade nej på frågan om de kände sig säkra på vad de skulle göra om brand uppkommer. De gav följande förklaringar:

- **Ingen utbildning**
- **Eftersom utbildningen blev inställd**

## Bilaga C. Handberäkningar

Nedan följer handberäkningar.

### Strålningsberäkningar

Nedan följer strålningsberäkningarna som används i Brandscenario A och B samt dess känslighetsanalyser. Ekvationerna är tagna från böckerna Enclosure Fire Dynamics (Karlsson, 2000) samt An Introduction to Fire Dynamics (Drysdale, 2011). Beräkningarna är gjorda för en pölbrand vilket inte är helt korrekt för en brand i solida material. Detta är en approximation som görs då det inte finns någon annan helt korrekt strålningsberäkning. Det finns därmed en osäkerhet i beräkningarna men denna anses vara acceptabel.

För att veta om personer vid utrymning utsätts för kritiska förhållanden i form av strålning har strålningsberäkningar genomförts. Det har kontrollerats vid vilken sträcka från branden som strålningsnivån överskrider 2,5 kW/m<sup>2</sup>. Beräkningarna har genomförts med Heskestads flamhöjdsekvation.

$$L = 0,235 * \dot{Q}^{\frac{2}{5}} - 1,02D_1 \quad \text{Ekvation C1.}$$

I strålningsberäkningarna behövs vissa antaganden. Storleken på flammen approximeras till en rektangel. Detta är konservativt då flammen egentligen smalnar av uppåt. Flammans temperatur antas vara 800 grader celsius, det vill säga 1073 Kelvin, i samtliga fall.

Då  $\phi_{del}$  beräknas genom Ekvation C2 kan  $a$  beräknas genom Ekvation C3 och  $S$  beräknas genom Ekvation C4. Detta görs med hjälp av data från tabell 2.8 i boken An Introduction to Fire Dynamics.

$$\phi = \frac{\dot{q}''}{\epsilon\sigma T^4} \quad \text{Ekvation C2.}$$

$$a = \frac{(L_1 * L_2)}{D_2^2} \quad \text{Ekvation C3.}$$

$$S = \frac{L_1}{L_2} \quad \text{Ekvation C4.}$$

### Brand i liten butik

Flammans bredd antas vara två meter.

$$D_1 = 2 \text{ m}$$

$$\dot{Q} = 2300 \text{ kW}$$

$$\dot{q}'' = 2,5 \text{ kW/m}^2$$

$$\epsilon = 0,77$$

$$\sigma = 5,67 * 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4)$$

$$\dot{q}'' = \epsilon\sigma\phi T^4$$

$$\phi = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \phi_4$$

$$L = 0,235 * \dot{Q}^{\frac{2}{5}} - 1,02D_1 = 3,16 \text{ m}$$

$$\phi = \frac{\dot{q}''}{\epsilon\sigma T^4} = \frac{2500}{0,77 * 5,67 * 10^{-8} * 1073^4} = 4,32 * 10^{-2}$$

$$\phi_{del} = \frac{\phi}{4} = \frac{4,32 * 10^{-2}}{4} = 0,0108$$

$$S = \frac{L_1}{L_2} = \frac{1}{1,58} = 0,63$$

$$a = \frac{S - S_1}{S_2 - S_1} * (a_2 - a_1) + a_1 = \frac{0,0108 - 0,009}{0,012 - 0,009} * (0,04 - 0,03) + 0,03 = 0,036$$

$$a = \frac{(L_1 * L_2)}{D_2^2}$$

$$D_2 = \sqrt{(L_1 * L_2)/a} = \sqrt{1 * 1,58/0,036} = 6,625 \text{ m}$$

### Brand i Böcker & Blad

Flammans bredd antas vara två meter.

Samma beräkningsgång har använts vid en brand på Böcker & Blad med en storlek på 1550 kW/m<sup>2</sup>.

Kritisk strålningsnivå uppnås upp till 5,8 meter från branden.

### Känslighetsanalys 20 MW

Samma beräkningsgång har använts vid för en brand som är 20 MW. Branden har antagits ha en bredd på 4 meter då detta är bredden på ingången till butiken är det den maximala bredden som en flamma kan stråla från då en brand endast fortgår inuti butiken.

Kritisk strålningsnivå uppnås upp till 8,5 meter från branden.

### Brandgasventilationsberäkningar

Nedan följer beräkningar för brandgasventilation

### Brand på 20 MW i Böcker & Blad

Sidan 215 och 216 i Enclosure Fire Dynamics (Karlsson, 2000). Temperaturen i brandgaslagret sätts till 800 K, vilket är ett mycket konservativt värde. Massflödet på brandgaserna beräknas med Ekvation C5 och brandgasernas densitet beräknas med Ekvation C6. Med dessa två kan brandgasernas hastighet beräknas med Ekvation C7.

$$\dot{m} = 0,21 \left( \frac{\rho_a^2 * g}{c_{p,air} * T_a} \right)^{\frac{1}{3}} * \dot{Q}^{\frac{1}{3}} * Z^{\frac{5}{3}} \quad \text{Ekvation C5.}$$

$$\rho_g = \frac{353}{T_g} \quad \text{Ekvation C6.}$$

$$\dot{V}_e = \frac{\dot{m}}{\rho_g} \quad \text{Ekvation C7.}$$

$$h = 6,7 \text{ m}$$

$$\rho_a = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{Q} = 20\,000 \text{ kW}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$c_{p,air} = 1,0 \text{ kJ}/(\text{kg} * \text{K})$$

$$T_a = 293 \text{ K}$$

$$z = 2,3 \text{ m}$$

$$T_g = 800 \text{ K}$$

$$\dot{m} = 0,21 \left( \frac{\rho_a^2 * g}{c_{p,air} * T_a} \right)^{\frac{1}{3}} * \dot{Q}^{\frac{1}{3}} * z^{\frac{5}{3}} = 8,31 \text{ kg/s}$$

$$\rho_g = \frac{353}{T_g} = 0,44 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{V}_e = \frac{\dot{m}}{\rho_g} = 18,83 \text{ m}^3/\text{s}$$

Med de antaganden som har gjorts måste brandgasventilationen klara av att ventileras ut 18,83 m<sup>3</sup>/s för att hålla brandgaslagret på en höjd av 2,3 meter över golvet.





## Bilaga D. Kontroll av FDS

Denna bilaga innehåller giltighetsberäkningar för de FDS-simuleringarna som gjorts.

Tiden till kritiska förhållanden är i stor utsträckning beroende av FDS-simuleringarna. Giltigheten för dessa kan kontrolleras genom att räkna ut kvoten mellan den karakteristiska branddiametern och storleken på en cellsida ( $D^*/\delta x$ ). För att simuleringen ska antas vara godtagbara bör detta värde vara över 10 (Best Practice Gruppen, 2009).

$$D^* = \left( \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_{p,air} T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{2/5} \quad \text{Ekvation D1.}$$

Tabell D1 nedan beskriver den effekt som använts i de scenarier som valts, tid till maxeffekt, effektutveckling per kvadratmeter för giltighet samt beräkningsresultat för  $D^*/\delta x$ .

Tabell D1. Maxeffekt, tid till maxeffekt, effekt per kvadratmeter, karakteristisk branddiameter för scenario A och B.

Scenario	Effekt [kW]	Tid till maxeffekt [s]	Effektutveckling per kvadratmeter [kW/m <sup>2</sup> ]	D* [-]	D*/δx (10 cm) [-]	D*/δx (20cm) [-]
<b>Brandscenario A</b>	2300	140	575	1,146	11,46	5,73
<b>Brandscenario B</b>	1560	240	390	1,338	13,38	6,69

Tabell D2. Material för indata till FDS. Värden taget ifrån (Drysdale, 2011) med undantag av emissivitet som är antaget.

Material	Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]	Specifik Värmekapacitet [kJ/kg*K]	Konduktivitet [W/m*K]	Emissivitet [-]
<b>Betong</b>	2300	0,88	1,1	0,7
<b>Stål (används som tak)</b>	7580	0,46	45,8	0,7
<b>Glas</b>	2700	0,84	0,76	0,7
<b>Gips (gypsum plaster)</b>	1440	0,84	0,48	0,7

Uträkningar för den dimensionslösa effekten med ekvation 2 enligt kapitel 6.

Brandscenario A:

$$\dot{Q}^* = \frac{2300}{1,2*1*293\sqrt{9,81*2,26*2,26}} = 0,27$$

Brandscenario B:

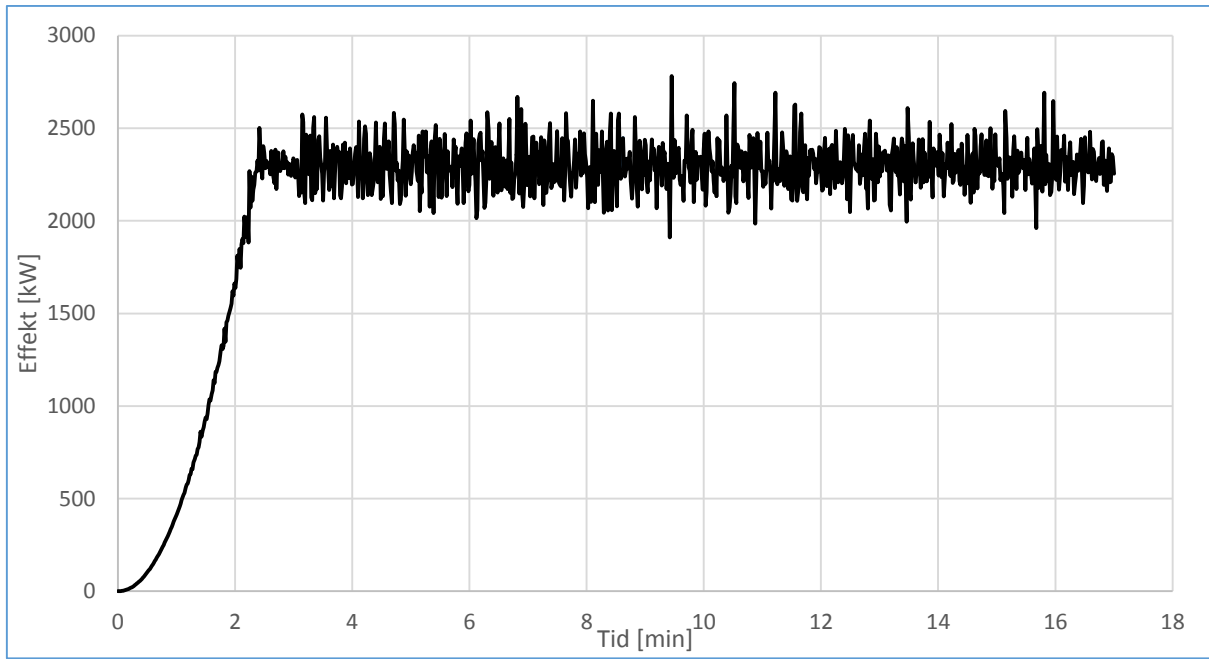
$$\dot{Q}^* = \frac{1560}{1,2*1*293\sqrt{9,81*2,26*2,26}} = 0,18$$



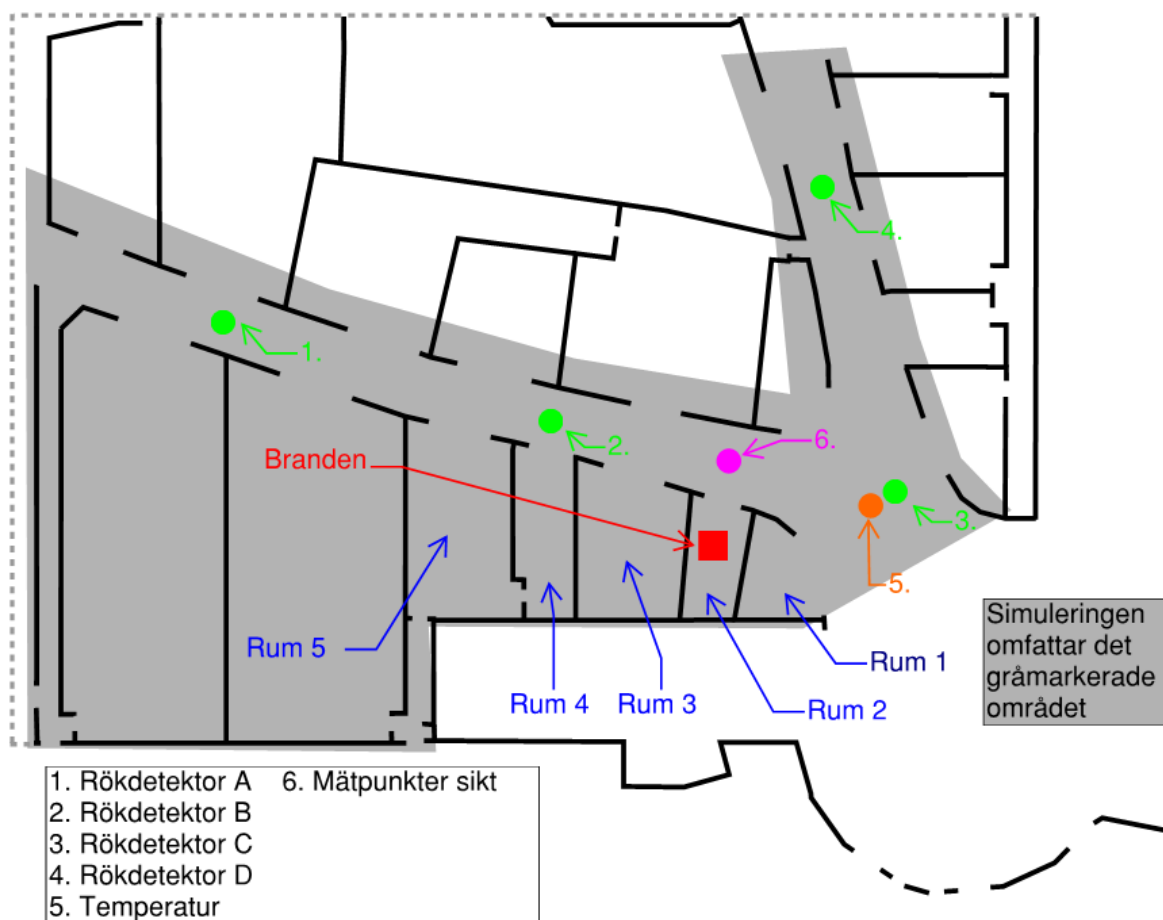
## Bilaga E. FDS-resultat Brandscenario A

Nedan följer resultat från de FDS-simuleringar som gjorts för Brandscenario A. Med Brandscenario A simulering 1 menas den simulering där öppningar mellan butiker i takhöjd gjorts. Med Brandscenario A simulering 2 menas den känslighetsanalys där väggar mellan butiker gjorts helt täta.

Notera att inga slutgiltiga slutsatser kan dras av siktmätningar i en enskild punkt utan måste ses tillsammans med resterande data.



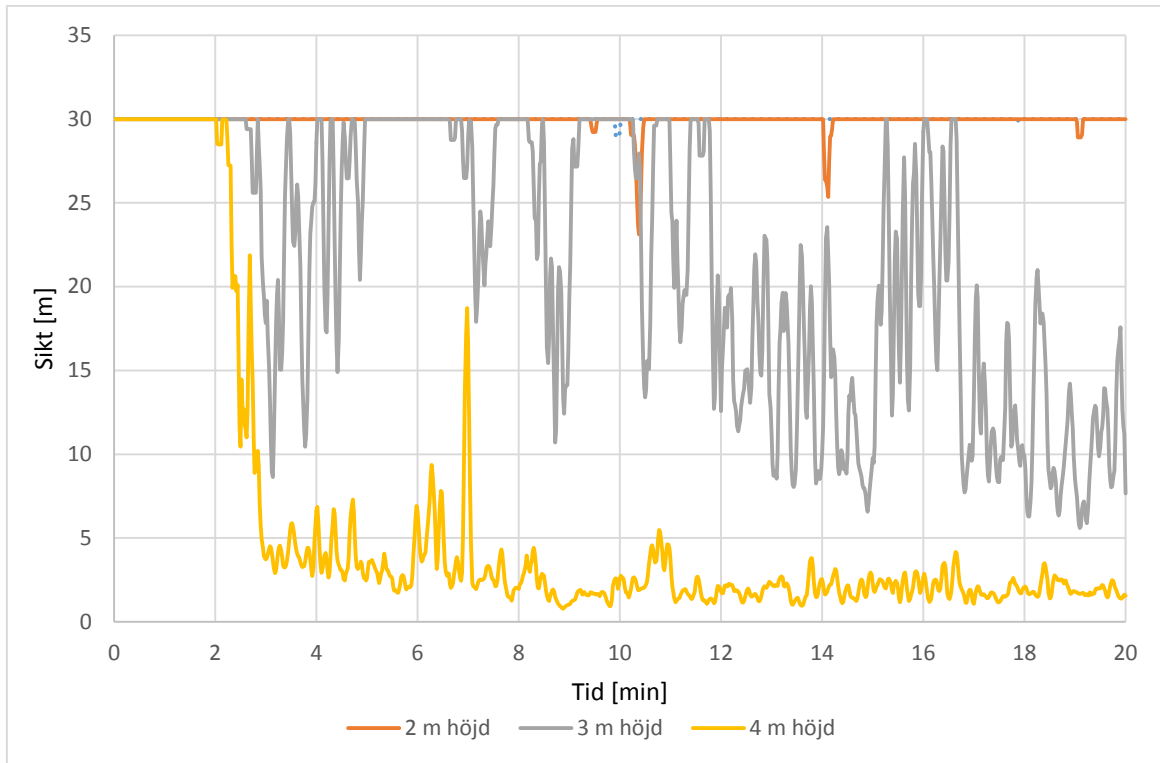
Figur E1. Effektvveckling för Brandscenario A simulering 1. Samma brännare och effektvveckling per kvadratmeter användes för simulering 2. Efter cirka 2 minuter och 20 sekunder aktiverar sprinkler och effekten stabiliseras på 2300 kW.



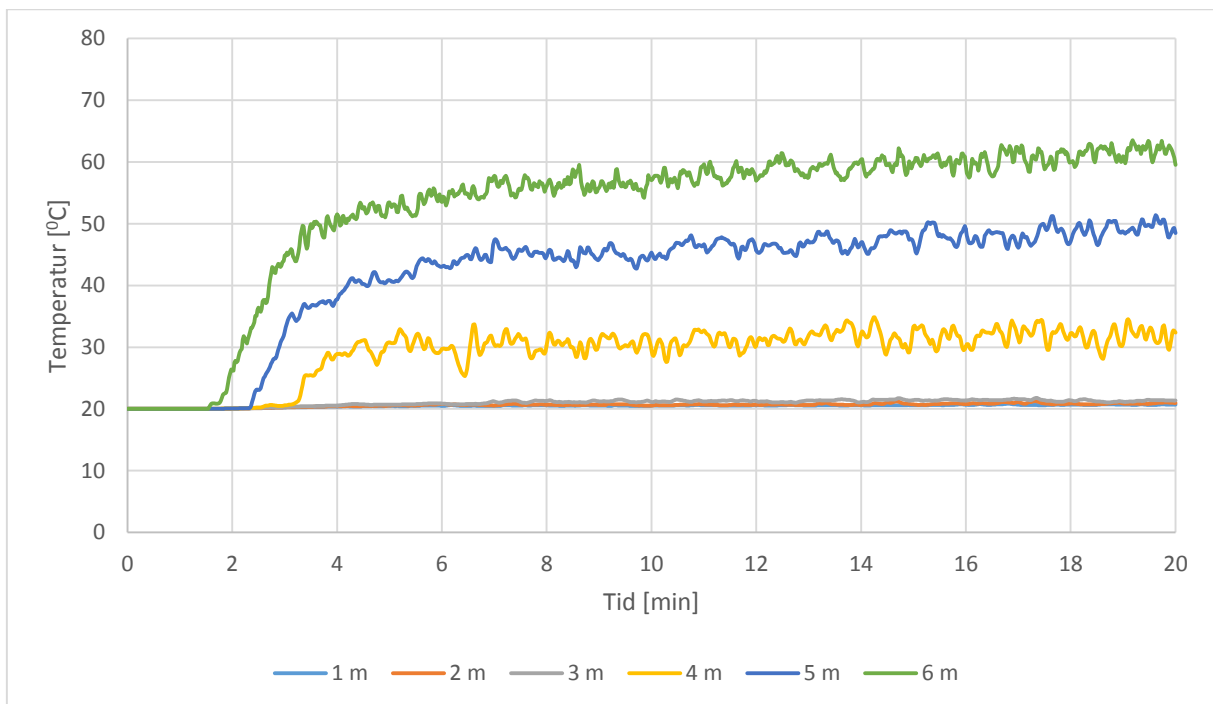
Figur E2. Placering av rökdetektorer samt mätpunkter för sikt och temperatur i simuleringen av Brandscenario A.

Tabell E1. Detektoraktivering i de tre olika fallen av rökspridning i Brandscenario A simulering 1 och 2. Detektorernas placering redovisas i figur E2.

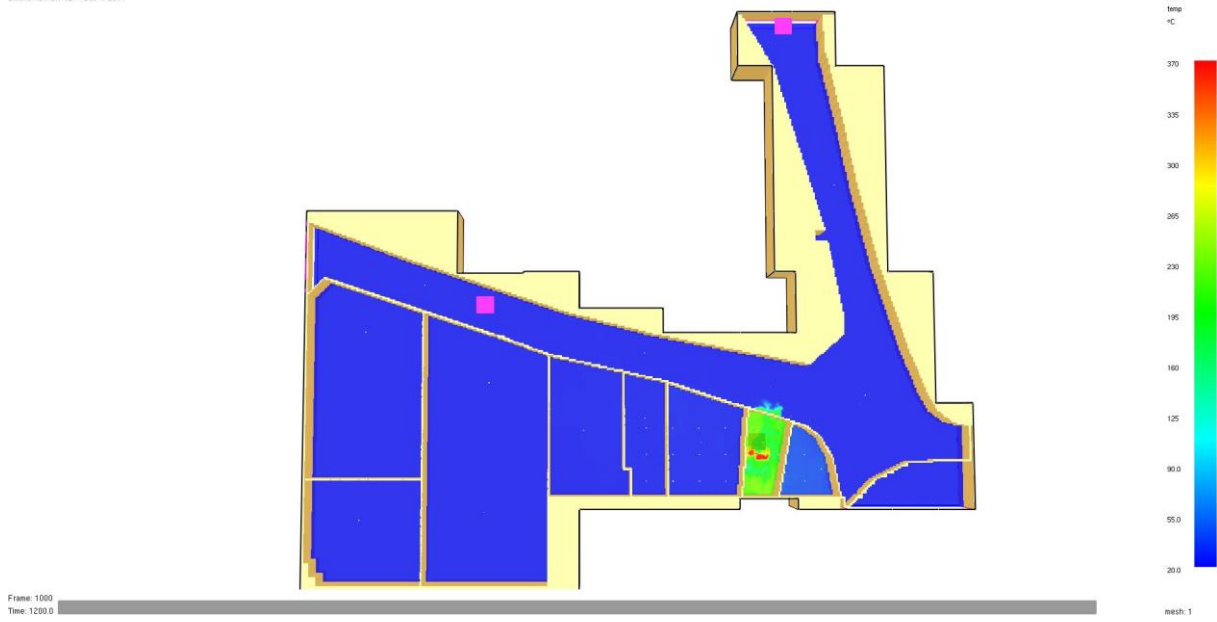
Detektor	Tid till aktivering simulering 1 [s]	Tid till aktivering simulering 2 [s]
<b>Rum 1</b>	39	-
<b>Rum 2 (Brandrum)</b>	25	24
<b>Rum 3</b>	36	-
<b>Rum 4</b>	65	-
<b>Rum 5</b>	111	-
<b>Rum 6</b>	206	-
<b>Rökdetektor A</b>	156	141
<b>Rökdetektor B</b>	107	94
<b>Rökdetektor C</b>	94	84
<b>Rökdetektor D</b>	157	143



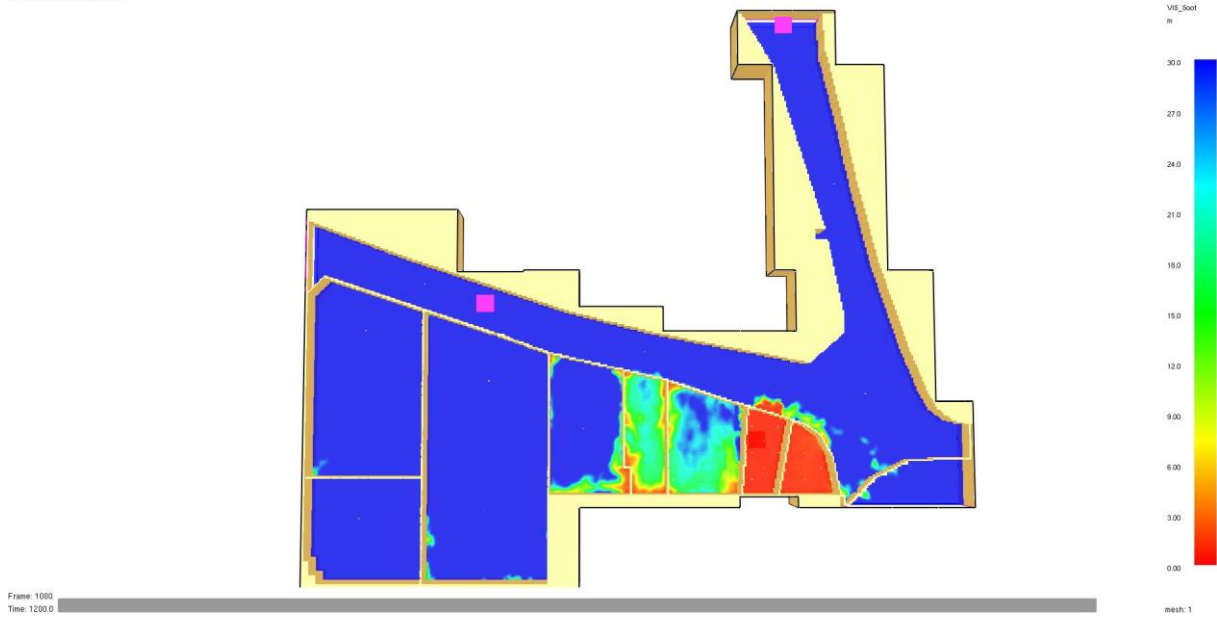
Figur E3. Sikten i meter vid olika höjder i siktmät punkt 6 enligt figur E2. Resultaten gäller simulering 1. Sikten vid två meters höjd underskrider aldrig 20 meter och endast 30 meter vid ett fåtal kortvariga tillfällen.



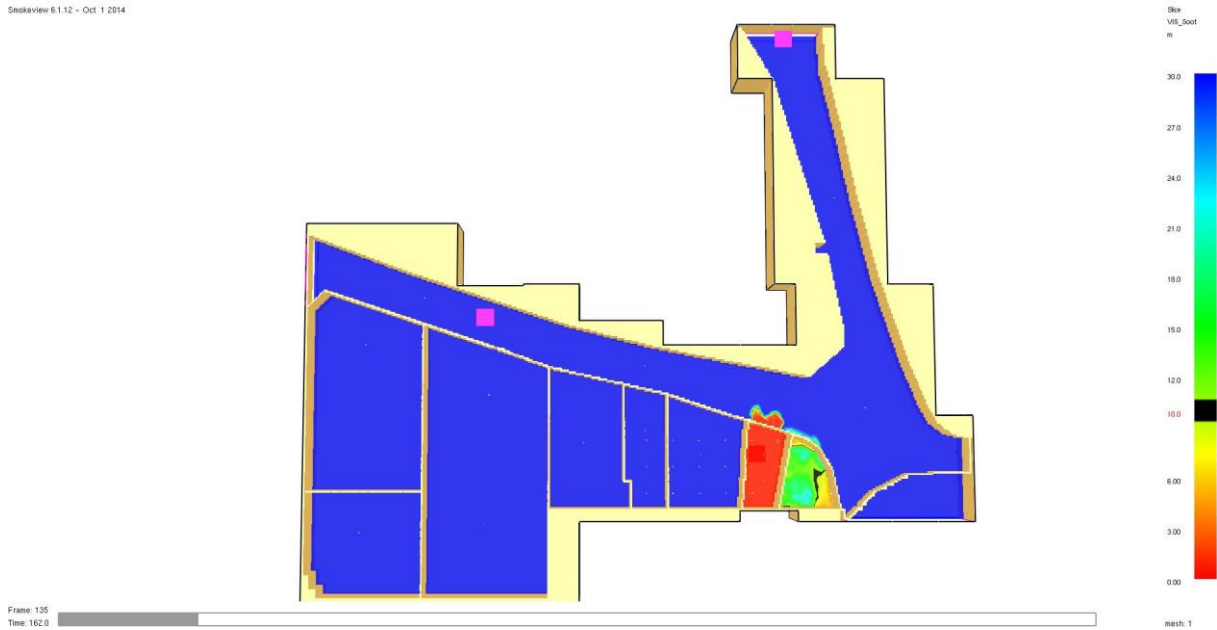
Figur E4. Temperatur på olika höjder i gångstråket. Mätvärden är tagna från punkt 5, Temperatur A, simulering 1 enligt figur E2.



Figur E5. Temperatur sett ovanifrån vid 2 meters höjd efter 20 minuter i simulering 1.

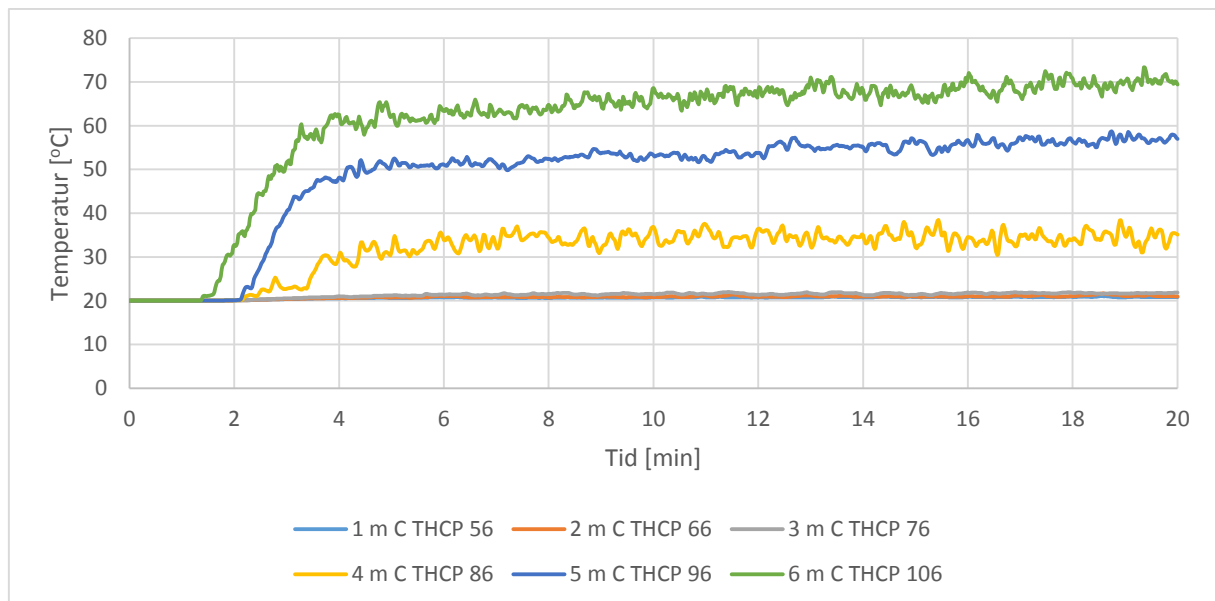


Figur E6. Sikt sett ovanifrån vid 2 meters höjd efter 20 minuter i simulering 1.

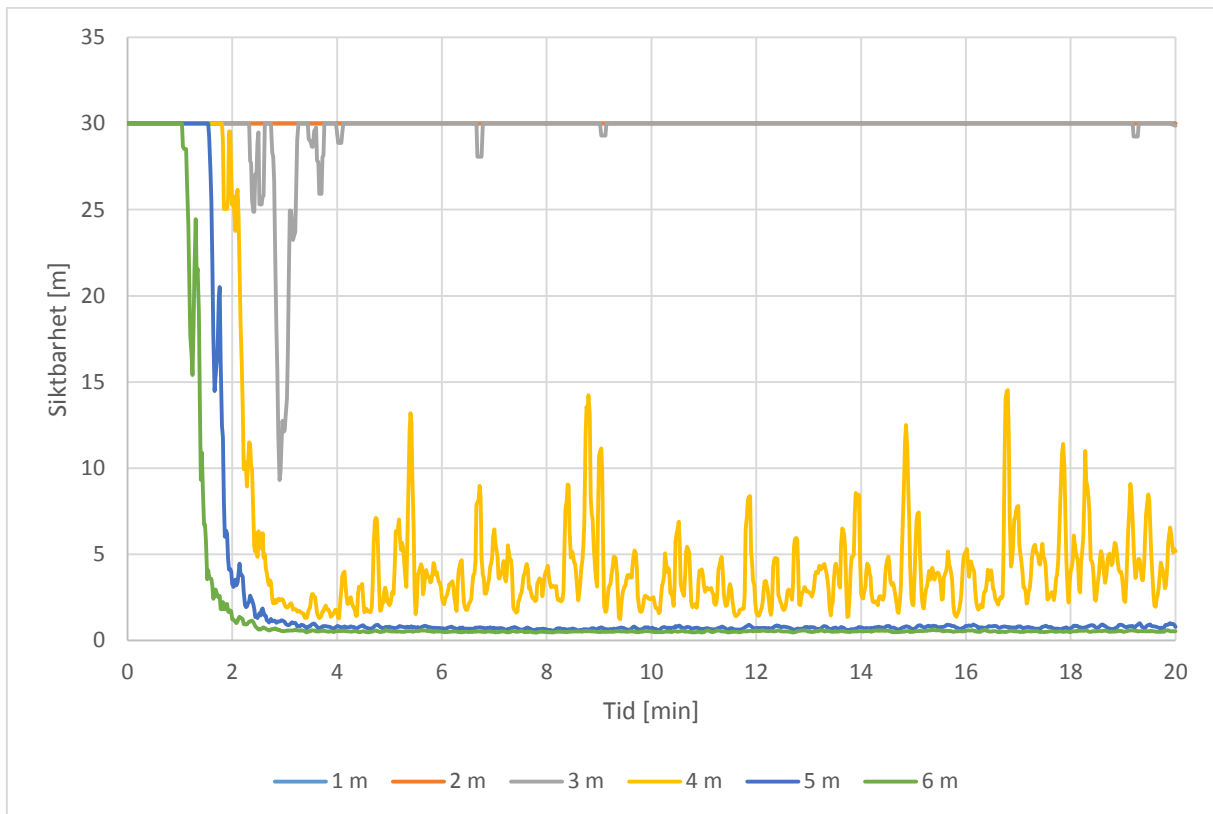


Figur E7. Sikt efter 2 minuter och 40 sekunder i simuleringen då kritisk sikt uppnåts i brandrummet och börjar uppnås i ett av de närliggande rummen. I denna simulering finns öppningar i taket mellan butikerna som ger rökspridning mellan butikerna.

Nedan följer diagram som visar motsvarande information från känslighetsanalysen då butiksavskiljande väggar varit täta i simuleringen.

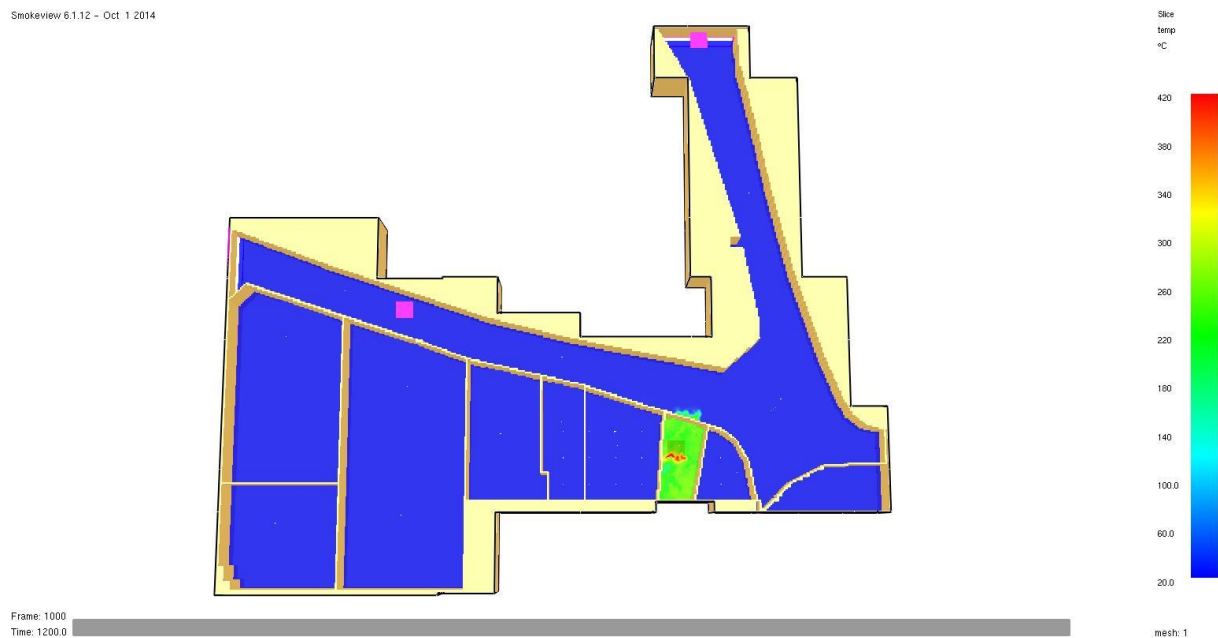


Figur E8. Temperatur på termoelement på olika höjder vid mätpunkt 5 i simulering 2.



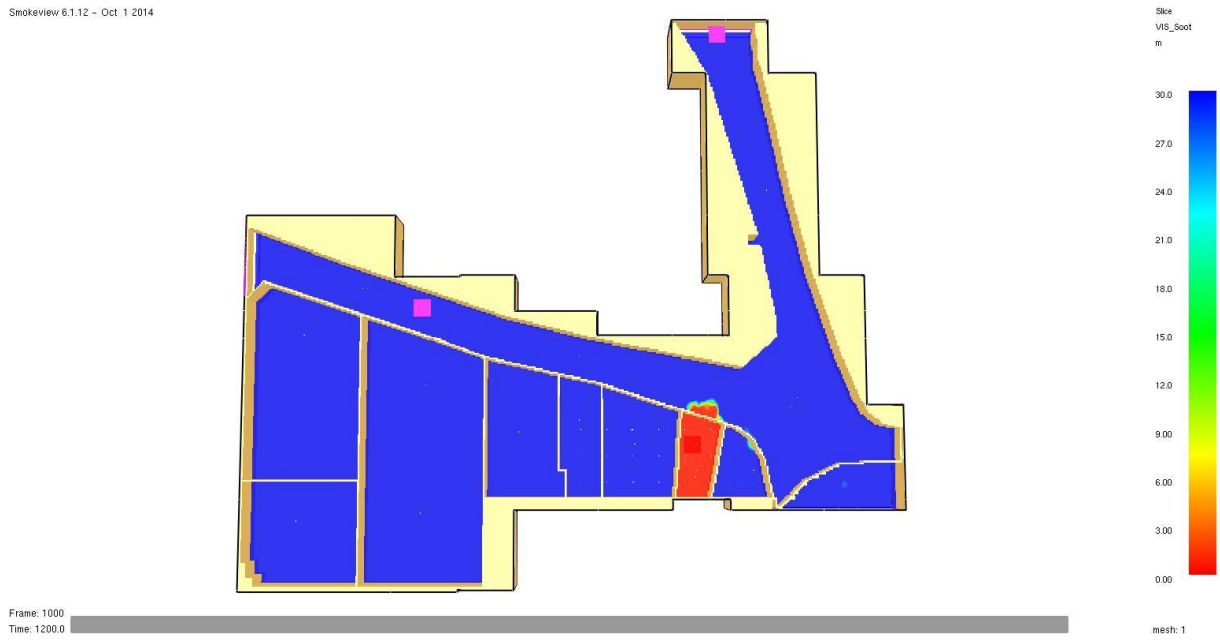
Figur E9. Siktbarhet i meter vid olika höjder vid mätpunkt 6 i simulering 2. Sikten vid två meters höjd underskrider aldrig 30 meter.

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Figur E10. Temperatur efter 20 minuter 2 meter över golvet i simulering 2. I brandrummet når temperaturen över 200 grader Celsius men i övriga utrymmen är temperaturen i princip helt opåverkad.

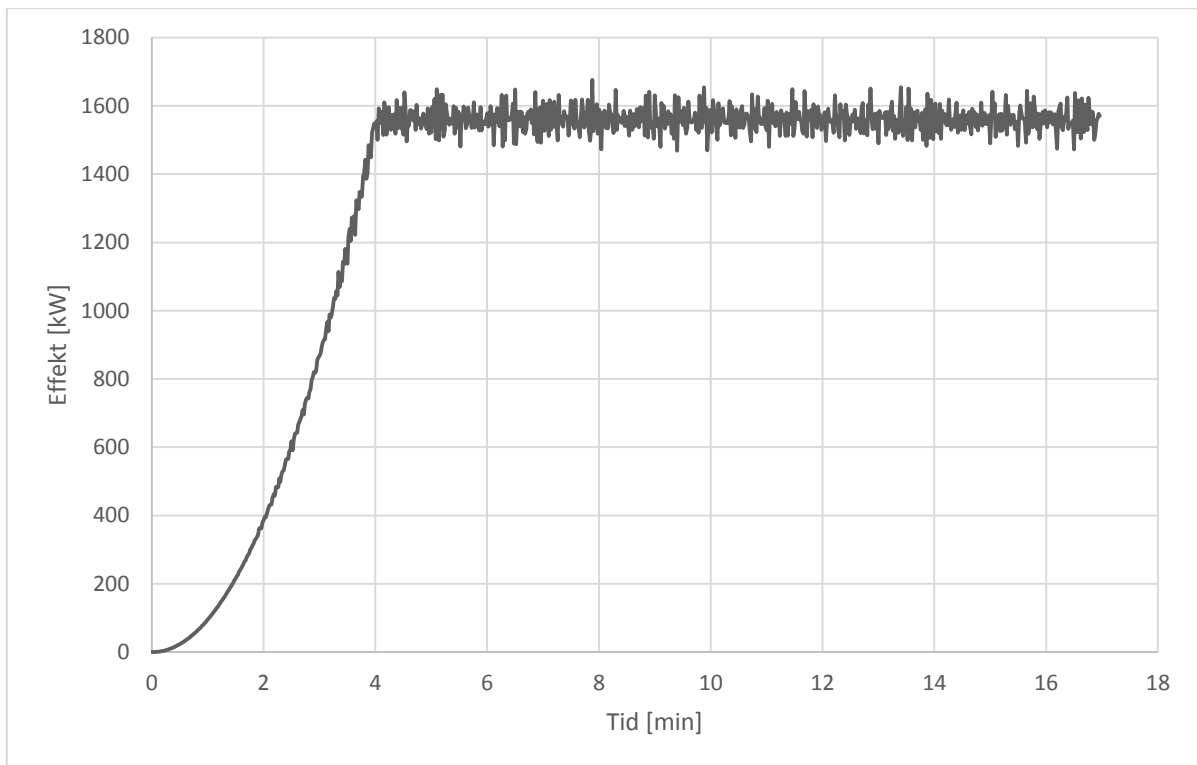




Figur E11. Sikt 2 meter över golvet efter 20 minuter i simulering 2. I brandrummet är sikten i princip obefintlig men i övriga utrymmen är den opåverkad.



## Bilaga F. FDS-resultat för Brandscenario B

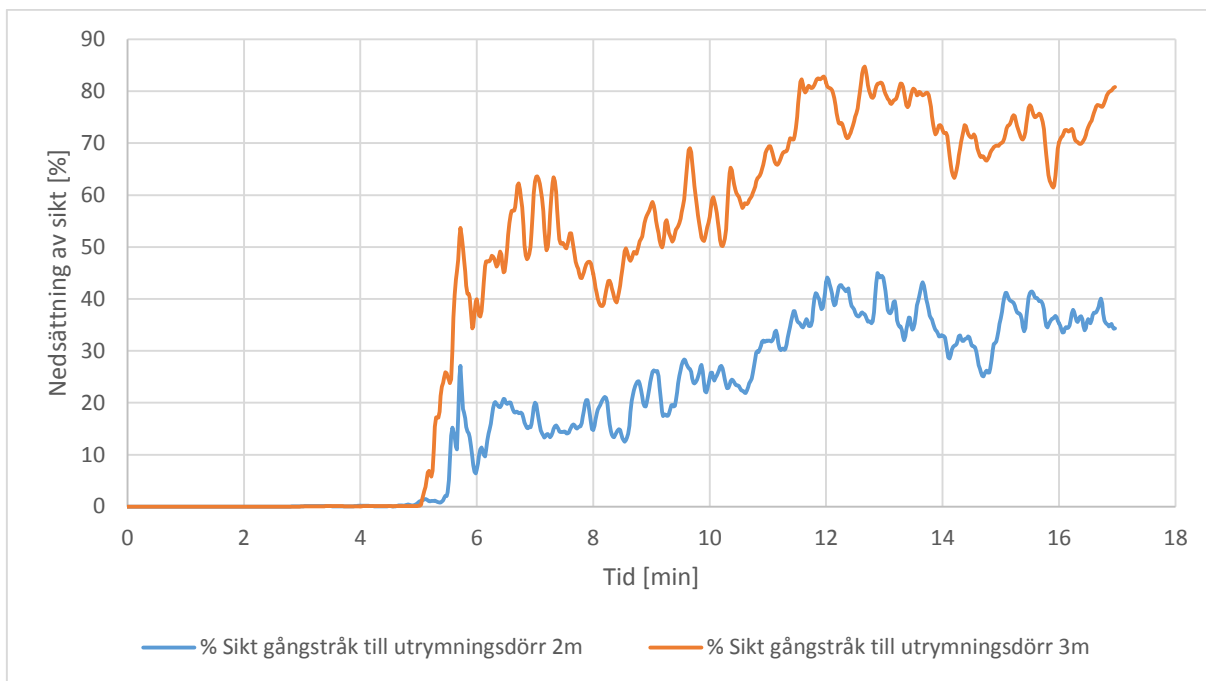


Figur F1. Effektvveckling i simulering B.

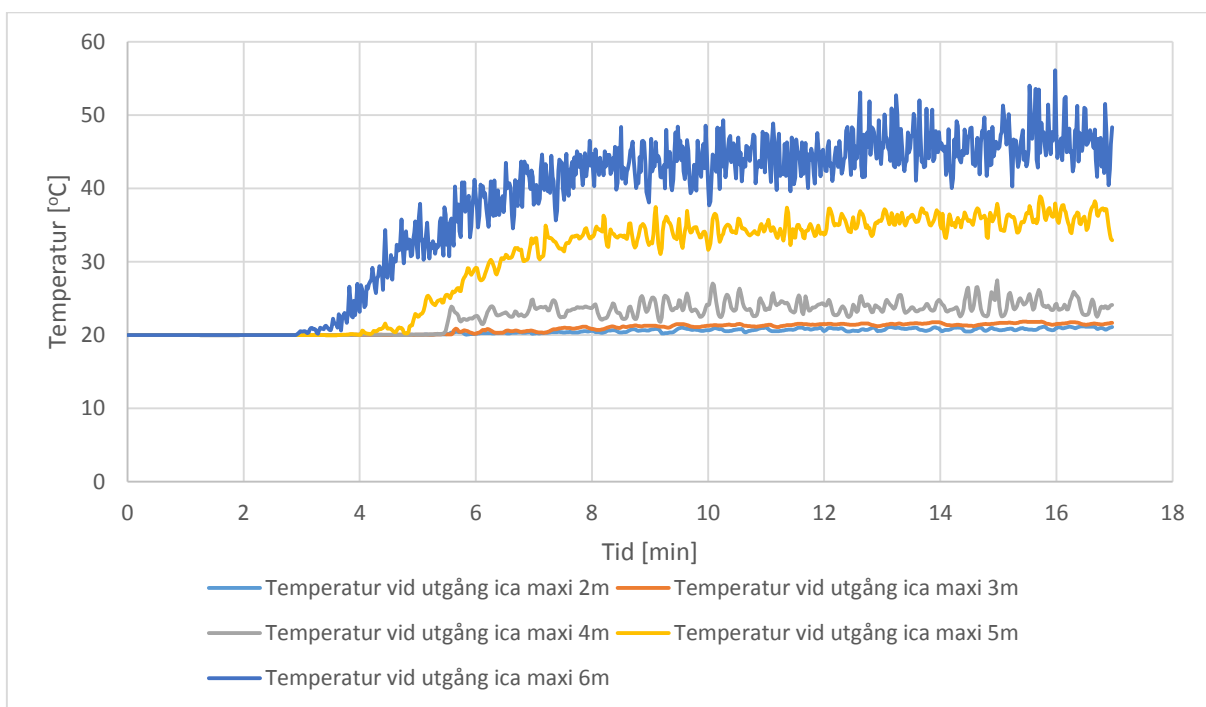
Nedan följer resultat från FDS-simuleringen av brandscenario B.



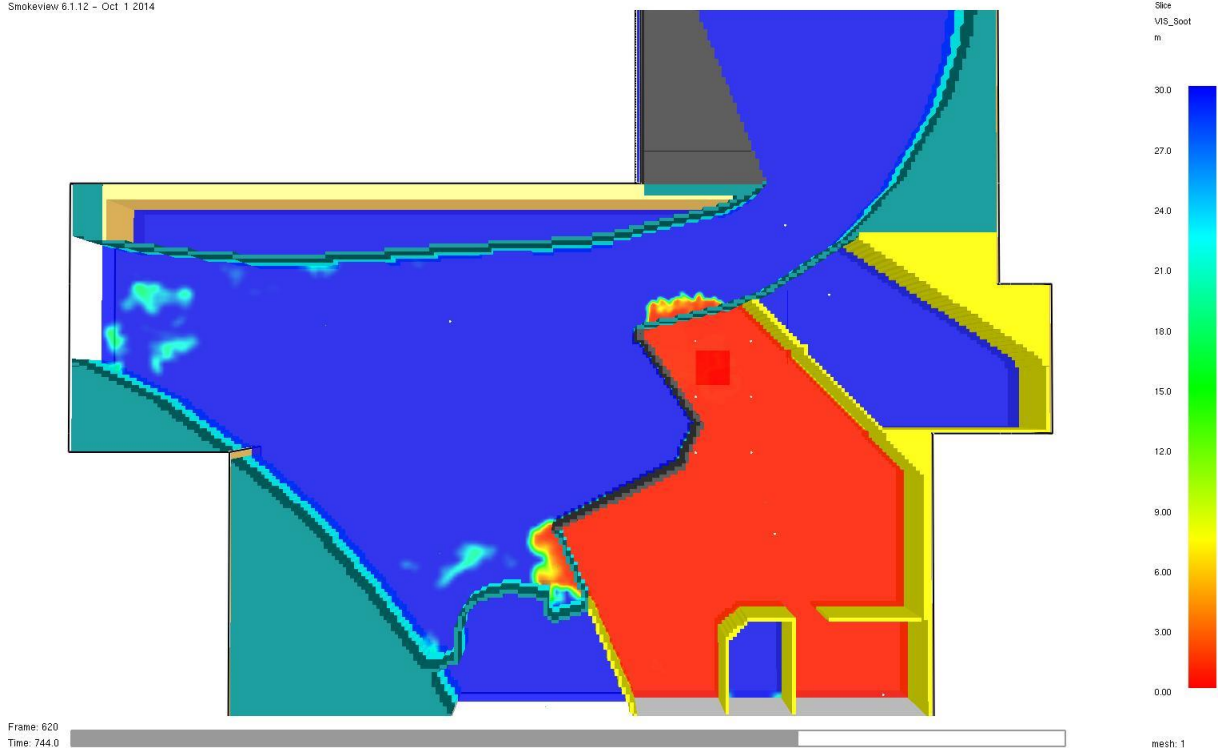
Figur F2. Placering av rökdetektorer samt mätpunkter för sikt och temperatur i simuleringen av Brandscenario A.



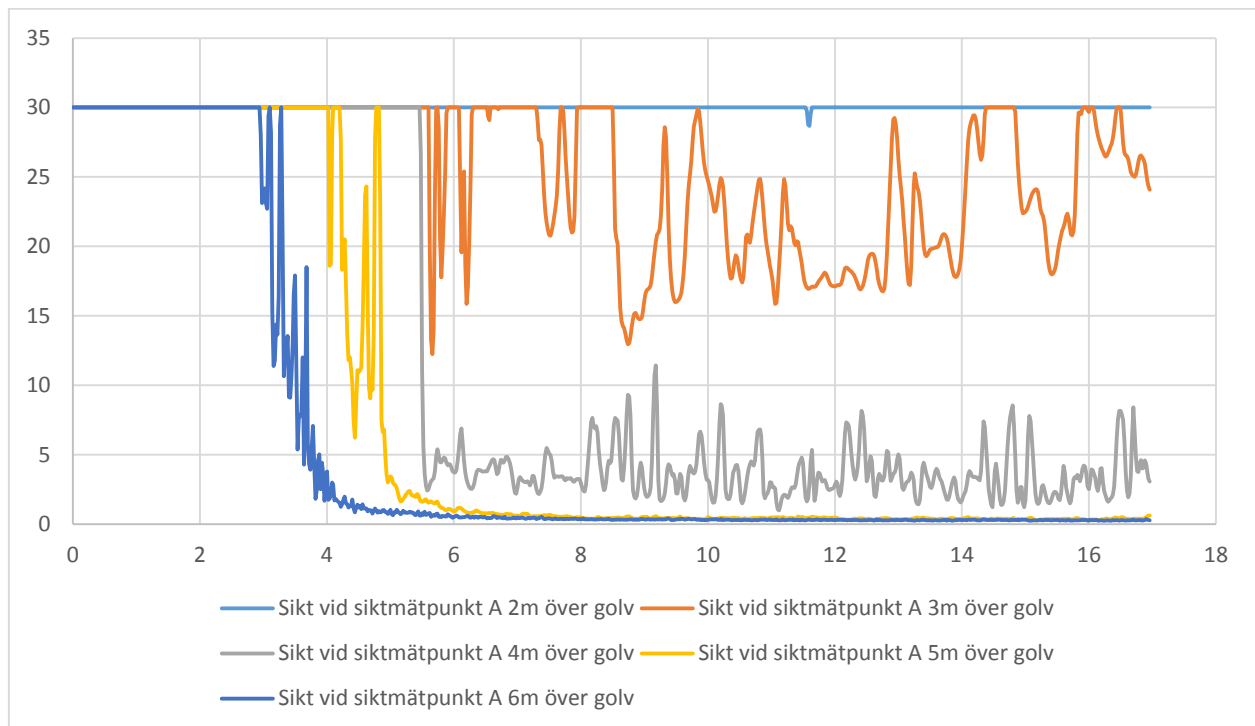
Figur F3. Sikt-nedsättning vid linjerökdetektor A enligt figur F2.



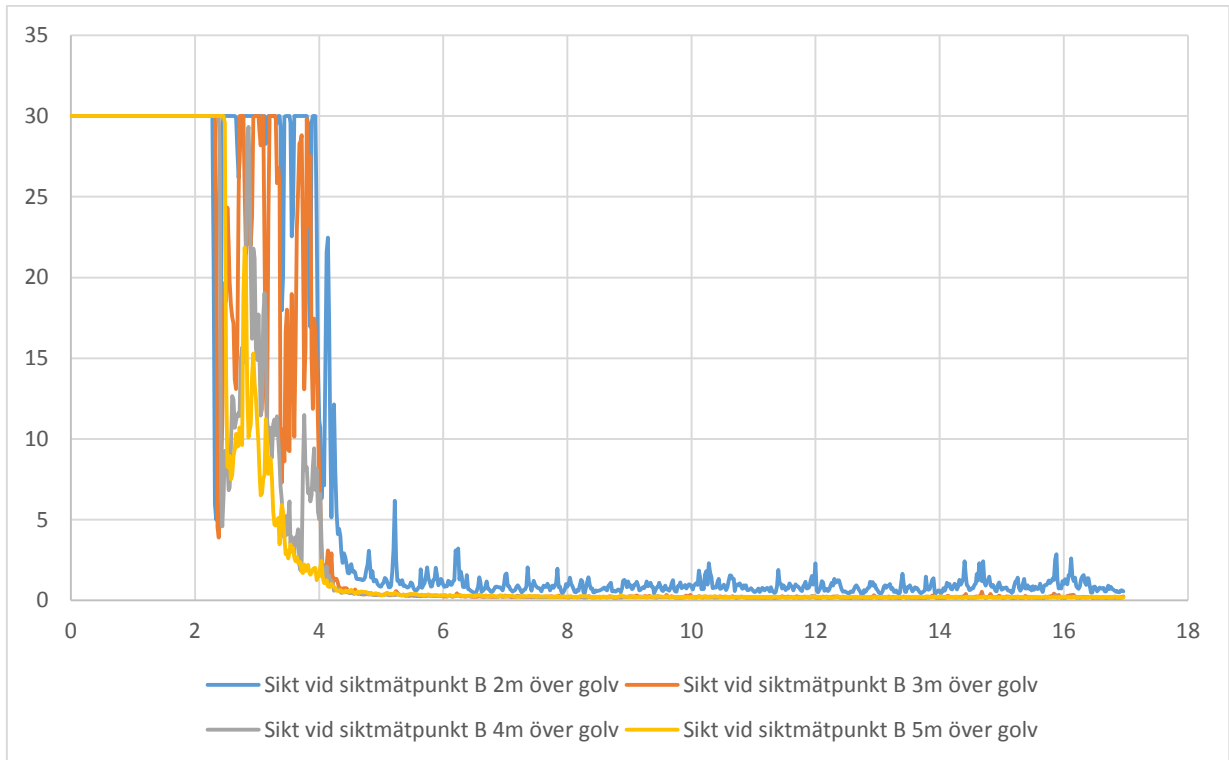
Figur F4. Temperatur vid mätpunkt Temperatur A enligt figur F2 vid olika höjder. Den kritiska temperaturen 80 grader nås ej vid någon höjd.



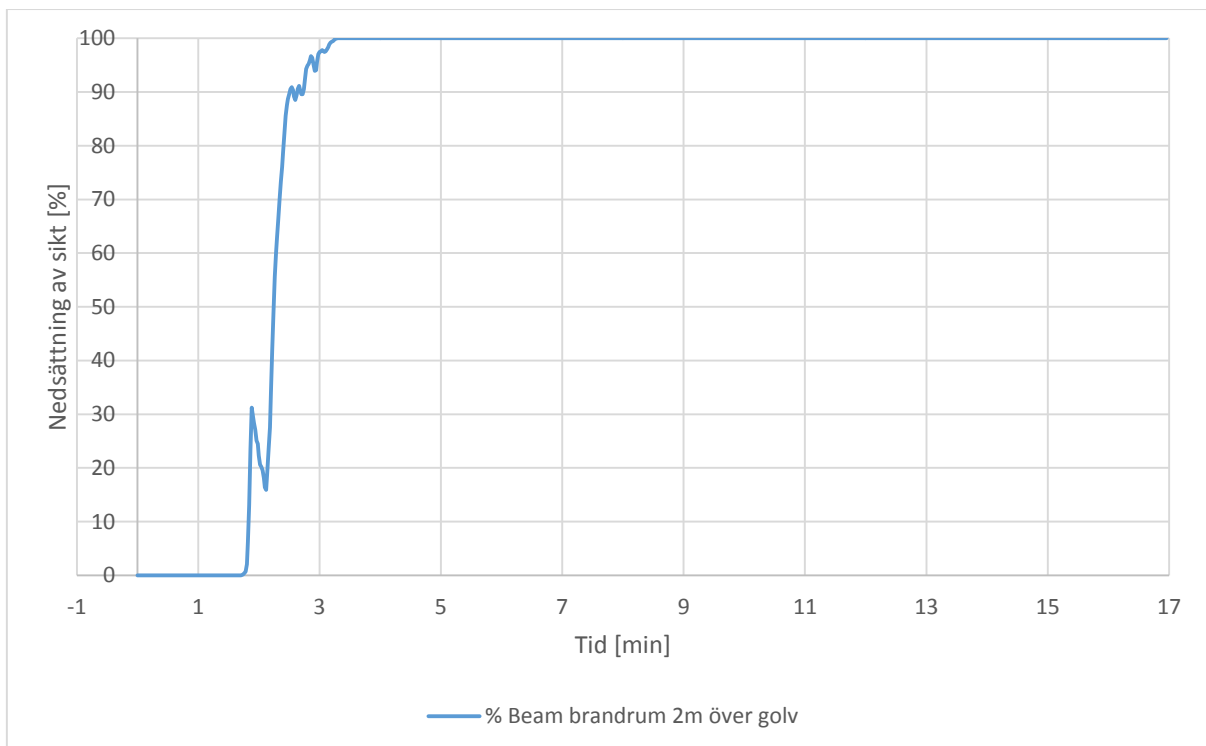
Figur F5. Siktbarhet 2,1 meter över golvet cirka 13 minuter in i simuleringen. Sikten i butiken är grovt nedsatt. I gångstråket vid huvudutgången nere i bild är sikten i stort sett god men bitvis nedsatt.



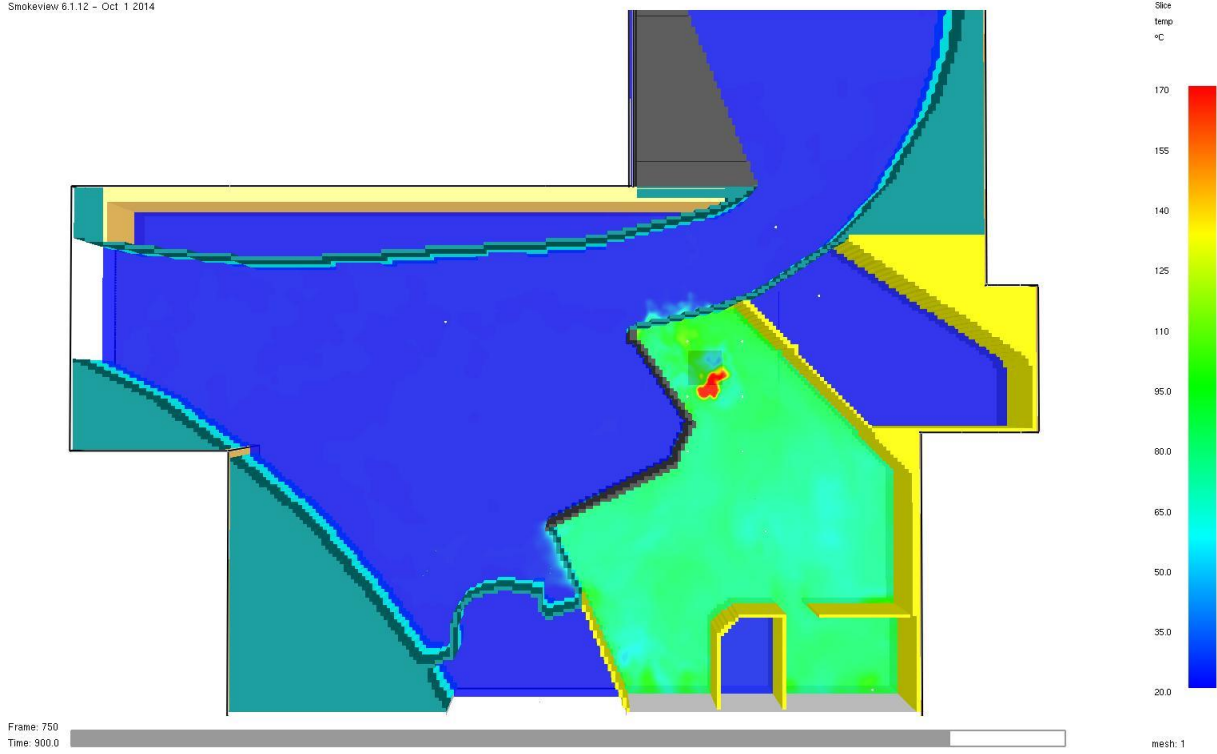
Figur F6. Siktbarhet vid olika höjder i siktmät punkt A enligt figur F2.



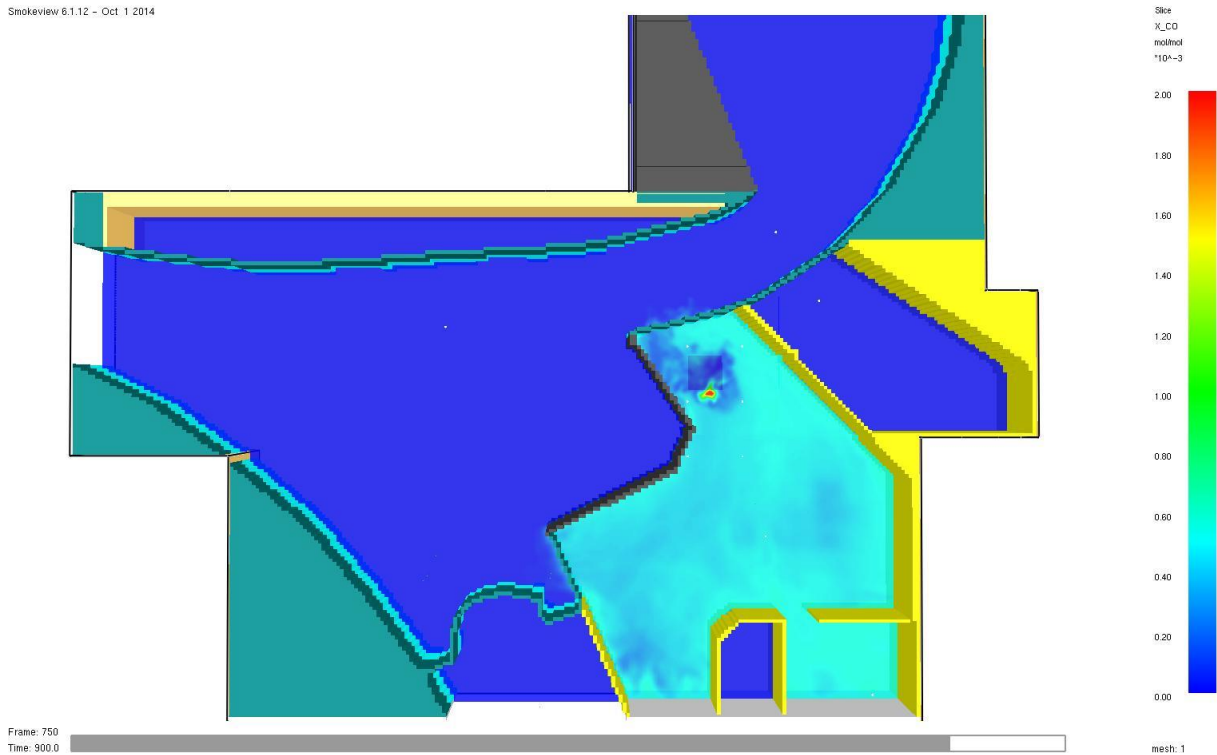
Figur F7. Siktbarhet vid olika höjder i siktmät punkt B enligt figur F2. Efter cirka 3 minuter börjar sikten vid denna del av den västra utgången påverkas och efter cirka 4 minuter är sikten vid 2 meters höjd mycket begränsad.



Figur F8. Nedsättning av sikt vid 2 meters höjd i brandrummet, Linjerökdetektor B enligt F2. Sikten har mätts över en 10 meter lång sträcka cirka 6 meter ifrån branden.



Figur F9. Temperatur 15 minuter in i simuleringen vid 2 meters höjd över golvet. Temperaturen blir i simuleringen begränsad till den branddrabbade butiken.



Figur F10. Kolmonoxidkoncentration 15 minuter in i simuleringen vid 2 meters höjd över golvet. Koncentrationen i brandrummet uppgår till cirka 600 ppm.



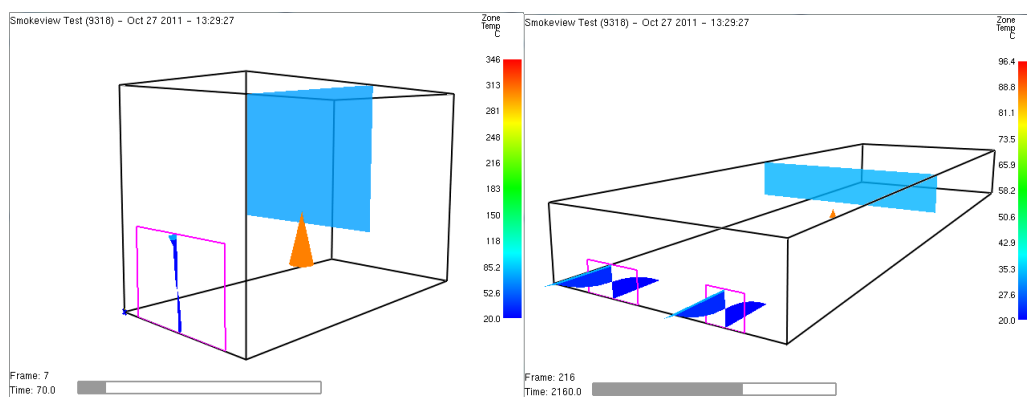


## Bilaga G. CFAST

Då geometrierna till största delen är ganska lika varandra över hela Familia, är det bara storleken som skiljer sig (höjden skiljer sig marginellt och ibland finns innertak). För att ta reda på ungefärlig tid till brandgasfyllnad utan hänsyn till väggöppningar vid tak har simuleringar gjorts i CFAST. I tabell G1 nedan redovisas de indata som användes samt tiden tills brandgaserna började lämna rummet följt av bilder på simuleringarna:

Tabell G1. Resultat från CFAST-beräkningar.

Area [m <sup>2</sup> ]	Takhöjd [m]	Brandens effekt [MW]	Dörröppning [m <sup>2</sup> ]	Tid till rökspridning [s]
50	6,5	cirka 4	9,36	70
1323	6,5	cirka 4	20,8 (fördelat på två dörrar)	2160



Figur G1. Simuleringar av två olika butiksvolymer och tid till brandgasfyllnad.

Resultatet från dessa simuleringar visar på att det tar cirka 30 gånger längre tid för röken att spridas ut ur rummet för en stor butiken gentemot en liten butik. Detta ligger till grund för författarnas val att titta närmare på de mindre butikerna istället för de större.