

Brandteknisk riskvärdering av Väla Centrum



Jenny Ahlfont
Ludvig Petersson
Ivan Vukancic
Inger Lise Westlundh

Rapport 9421
Brandteknik
Lunds Tekniska Högskola

Brandteknisk riskvärdering

av

Väla Köpcentrum, Helsingborg

Lund 2012

Jenny Ahlfont

Ludvig Petersson

Ivan Vukancic

Inger Lise Westlundh

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 och
Riskhantering**

Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 Lund

E-postadress: brand@brand.lth.se

Hemsida: <http://www.brand.lth.se>

**Department of Fire Safety Engineering
and Systems Safety**

Lund Institute of Technology
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund, Sweden

E-mail: brand@brand.lth.se

Homepage: <http://www.brand.lth.se/english>

Titel/Title

Brandteknisk riskvärdering av Väla köpcentrum, Helsingborg
Fire safety evaluation of Väla Shopping Centre, Helsingborg

Författare/Authors

Jenny Ahlfont
Ludvig Petersson
Ivan Vukancic
Inger Lise Westlundh

Rapport/Report

9421

Antal sidor/Number of pages

157

Nyckelord

Brandteknisk riskvärdering, köpcentrum, Väla Centrum, brandscenarier, utrymning, personsäkerhet, kritiska förhållanden, SIMULEX, FDS, tidsmarginal

Keywords

Fire Safety evaluation, shopping center, Väla Centrum, fire scenarios, evacuation, human safety, critical conditions, SIMULEX, FDS, time margin

Språk/Language

Svenska/Swedish

Bilder/Pictures

Alla bilder är författarnas egna där inte källa anges/ All pictures are the authors own if no reference is mentioned. Bilden på framsidan är tagen från Väla Centrums hemsida (Väla Centrum).

Abstract

The main purpose of the report is to evaluate the personal safety at Våla Center in Helsingborg, in case of fire. Våla Center is one of Sweden's largest shopping mall, localized to one floor and consists of 180 different shops, restaurants and cafes.

A risk analysis is made to select three different fire scenarios for further study. The design fires are evaluated with different computer programs. Times to critical conditions are calculated and simulated with FDS. The evacuations times are calculated with SIMULEX. If the resulting time differences are below zero, appropriate measures are suggested and validated with new simulations.

The conclusion of this report is that the personal safety, in case of fire in Våla Center is satisfying, provided that the smoke ventilation is working properly.

Erkännande

Författarna vill rikta ett stort tack till följande personer för hjälpen och stödet under arbetets gång.

Nils Johansson	Doktorand, Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH,Handledare.
Elin Theander	Brandingenjör, Helsingborgs brandförsvär, Handledare.
Gustav Ask	Brandingenjör, Helsingborgs brandförsvär.
Leif Gustavsson	Driftchef, Väla Centrum
Patrick van Hees	Professor, Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH.
Jonathan Wahlqvist	Doktorand, Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH.
Daniel Nilsson	Universitetslektor, Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH.
Håkan Frantzich	Universitetslektor, Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH.

Sammanfattning

I följande rapport utförs en brandteknisk riskvärdering av Väla Centrum i Helsingborg, vilken är ett delmoment i kursen *Brandteknisk Riskvärdering (VBR054)* vid brandingenjörsutbildningen vid Lunds Tekniska Högskola. Köpcentrumet är till största delen lokaliserat till ett plan och utgörs av 180 olika butiker, restauranger och caféer. Det systematiska brandskyddsarbetet i centrumet är väl utarbetat och hela fastigheten är sprinklad enligt riskklass OH3. Rapporten behandlar endast personsäkerhet där skyddsmålet sätts till att vid händelse av brand, skall ingen person behöva utrymma under kritiska förhållanden, därmed tas ingen hänsyn till ekonomiska aspekter eller miljöpåverkan.

Godtagbara exponeringsnivåer vid utrymning beskrivs i *Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd*. Vid analys av utrymningssäkerheten måste godtagbara kriterier som brandgaslagrets höjd, sikt, temperatur, strålning och toxicitet uppfyllas.

Vid ett platsbesök identifieras ett antal brandscenarier, vilka analyseras och värderas med en grovanalys med hjälp av statistik och kvalitativa bedömningar. Grovanalysen står sedan till grund för att ta välja ut de tre värsta troliga brandscenarierna för vidare analys. Dessa brandscenarier anses representera majoriteten tänkbara brandscenarier i Väla Centrum, vilka valdes till:

- Brand på källarplan i Chilli
- Brand i New Yorker
- Brand i Wayne's Coffee

Med en scenarioanalys undersöks personsäkerheten vid olika brandtillväxthastigheter samt inverkan av sprinkler för respektive brandscenario. Tillväxthastigheten för de dimensionerande brandscenarierna grundas på statistik hämtad från incidenser i olika köpcentrum där utredningsarbetet har bidragit till att tillväxthastigheten kunnat uppskattas. I de fall sprinkleraktivering sker görs det konservativa antagandet att effektutvecklingen hålls konstant efter sprinkleraktivering.

För att undersöka tiden till dess att utrymning inte kan säkerställas används simuleringsprogrammet FDS. Väla Centrum är indelat i flera rökzoner, men då ritningar över rökzonerna samt mer detaljerad information kring brandgasventilation inte har varit tillgänglig har befintlig brandgasventilation inte tagits med i de inledande FDS-simuleringarna. På grund av centrumets omfattning begränsas simuleringarna enbart till brandrummet och personerna antas vara i säkerhet då de tagits sig ut ur butiken. Denna avgränsning motiveras med gångstråkens omfattande storlek och takhöjd.

För varje brandscenario beräknas utrymningstiderna för olika utrymningsscenarier med simuleringsprogrammet SIMULEX. Vid bedömning av utrymningssäkerheten jämförs tiden till kritiska förhållanden med den totala utrymningstiden för respektive utrymningsscenario. Då

tidsmarginalen är positiv innebär det att utrymningen är avslutad innan kritiska förhållanden uppstår. Rapportens resultat visar att en säker utrymning av Väla Centrum inte kan säkerställas om inte befintlig brandgasventilation fungerar som tänkt. Utifrån resultaten rekommenderas följande åtgärdsförslag.

Åtgärdsförslag som *bör* göras:

- *Säkerställa att brandgasventilation fungerar*
- *Säkerställa att nödutgångarna är väl markerade och inte blockerade.*

I rapporten undersöks även känsligheten för tillväxthastigheten, sotproduktion, gridberoende, val av nödutgångar, personantal samt sprinkleraktivering. Detta för att reducera osäkerheter i resultat och styrka dess giltighet. Då känslighetsanalysen för de olika parametrarna visar på mindre variationer bedöms resultaten vara validerade.

Nomenklaturlista

A	Golvarea [m ²]
b	Genomsnittlig dörrbredd [m]
c_p	Specifik värmekapacitet [kJ/(kg/K)]
D_1	Pool-diameter [m]
D_2	Avstånd från flamman till yta [m]
D^*	Karaktäristisk diameter [m]
f	Dimensionerande personflöde [pers/sm]
g	Gravitationskonstant [m/s ²]
H	Takhöjd [m]
ΔH_c	Förbränningsvärme [MJ/kg]
l	Längsta avstånd till utgång [m]
L_1	Flammans kortsida [m]
L_2	Flammans långsida [m]
n	Antal personer per dörr [-]
Q	Energi [MJ]
\dot{Q}	Effektutveckling [W]
\dot{q}''	Strålningsintensitet mot utsatt yta [kW/m ²]
T_∞	Omgivnings temperatur [K]
RTI	Termisk tröghet [m ^{0,5} s ^{0,5}]
S	Dimensionslös faktor vid synfaktorberäkningar [-]
T	Temperatur [K]
t	Tid [s]
v	Gånghastighet [m/s]
V	Volym [m ³]
α	Tillväxtfaktor [kW/s ²]
ρ	Luftens densitet 1 [kg/m ³]
ρ_∞	Densitet [kg/m ³]
δ_x	Cellstorlek [m]
ε	Emissivitet [-]
π	Pi [-]
σ	Stefan-Boltzmanns konstant $5,67 \cdot 10^{-8}$ [W/m ² K ⁴]
Φ	Synfaktor från flamman till yta [-]

Akronymer

BBR	Boverkets byggregler
BBRAD	Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnadens brandskydd
CAD	Computer – Aided Design
CFD	Computational Fluid Dynamics
FDS	Fire Dynamics Simulator
MSB	Myndigheten för Samhällskydd och Beredskap
NIST	National Institute of Standards and Technology
RTI	Response Time Index
SBF	Svenska Brandskyddsföreningen
SCB	Statistiska Centralbyrån

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte	2
1.3 Mål	2
1.4 Skyddsmål.....	2
1.5 Metod.....	2
1.6 Avgränsningar och begränsningar	3
2. Objektbeskrivning	6
2.1 Historik	6
2.2 Verksamhet	6
2.3 Ventilation	7
3. Befintligt brandskydd	8
3.1 Brandcellsindelning	8
3.2 Utrymningsvägar	8
3.3 Släcksystem	9
3.4 Brand- och utrymningslarm.....	9
3.5 Brandgasventilation	10
3.6 Systematiskt brandskyddsarbete	11
3.7 Undersökning av personalens brandskyddskunskaper	11
3.8 Räddningstjänst.....	11
3.9 Incidenter	11
4. Utrymningsteori	14
4.1 Kritiska förhållanden	14
4.2 Utrymningstid.....	15
4.2.1 Varseblivningstid	16
4.2.2 Förberedelsetid	16
4.2.3 Förflyttningstid	16
4.3 Människors beteende vid brand	17
5. Datorprogram.....	18
5.1 DetactQS	18
5.2 SIMULEX	18
5.3 FDS.....	19

6. Riskidentifiering.....	20
6.1 Statistik.....	20
6.2 Grovanalys.....	21
6.2.1 Brandscenarier	21
6.2.2 Val av dimensionerande brandscenarier.....	27
7. Brandscenario A – Brand i Chilli	30
7.1 Scenarioanalys.....	31
7.1.1 Effektutveckling vid sprinkleraktivering	32
7.1.2 Effektutveckling utan sprinkleraktivering.....	33
7.2 Tid till kritiska förhållanden.....	34
7.3 Utrymning	35
7.3.1 Varseblivningstid	36
7.3.2 Förberedelse och förflyttningstid.....	36
7.3.3 Total utrymningstid	37
7.4 Tidsmarginal	37
7.5 Diskussion av Chilli	38
7.6 Förslag på åtgärder.....	38
7.7 Tidsmarginal efter åtgärdsförslag	39
8. Brandscenario B - Brand i New Yorker	42
8.1 Scenarioanalys.....	43
8.1.1 Effektutveckling vid sprinkleraktivering	44
8.1.2 Effektutveckling utan sprinkleraktivering.....	45
8.2 Tid till kritiska förhållanden.....	46
8.3 Utrymning	47
8.3.1 Varseblivningstid	48
8.3.2 Förberedelsetid och förflyttningstid	48
8.3.3 Total utrymningstid	49
8.4 Tidsmarginal	49
8.5 Diskussion av New Yorker	49
8.6 Förslag på åtgärder.....	50
9. Brandscenario C - Brand i Wayne´s Coffee.....	52
9.1 Scenarioanalys.....	53
9.1.1 Effektutveckling vid sprinkleraktivering	54
9.1.2 Effektutveckling utan sprinkleraktivering.....	55

9.2 Tid till kritiska förhållanden.....	56
9.3 Utrymning	57
9.3.1 Varseblivningstid	58
9.3.2 Förberedelsetid och förflyttningstid	58
9.3.3 Total utrymningstid	58
9.4 Tidsmarginal	59
9.5 Diskussion av Wayne´s Coffee.....	59
10. Slutdiskussion	60
10.1 Avgränsningar och begränsningar.....	60
10.2 Statistik och dimensionerande bränder	61
10.3 Tid till kritiska förhållanden.....	62
10.4 Utrymningstider	64
10.5 Strålningsberäkningar	65
11. Slutsats	68
Referenslista.....	70
Bilaga A – Enkätundersökning.....	74
Bilaga B – Statistik	80
Bilaga C - Sprinkleraktivering.....	86
Bilaga D - Bränslekontrollerad brand	94
Bilaga E - SIMULEX.....	96
Bilaga F – FDS	108
Bilaga G - Strålningsberäkningar	154

1. Inledning

Denna rapport behandlar personsäkerheten vid brand i Väla Centrum i Helsingborg, vilket är ett köpcentrum som består av 180 butiker med en total yta på 70 000 kvadratmeter.

1.1 Bakgrund

Rapporten omfattar 15 högskolepoäng och utgör huvuddelen i kursen *VBR054 – Brandteknisk riskvärdering* som ges vid Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering på Lunds Tekniska Högskola, LTH.

Arbetet författas av fyra studenter och är riktad till fastighetsägare, räddningstjänst samt studerande vid brandingenjörsprogrammet. Till sin hjälp har författarna en handledare från avdelningen, en handledare vid ortens räddningstjänst och en kontaktperson vid det aktuella objektet.

1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är genom värdering av personsäkerheten vid händelse av brand i Väla Centrum förena kunskap från kursen *Brandteknisk riskvärdering* med tidigare genomförda kurser. Kursens syfte är att öka författarnas ingenjörsmässiga färdigheter samt förmåga att bygga och analysera modeller.

1.3 Mål

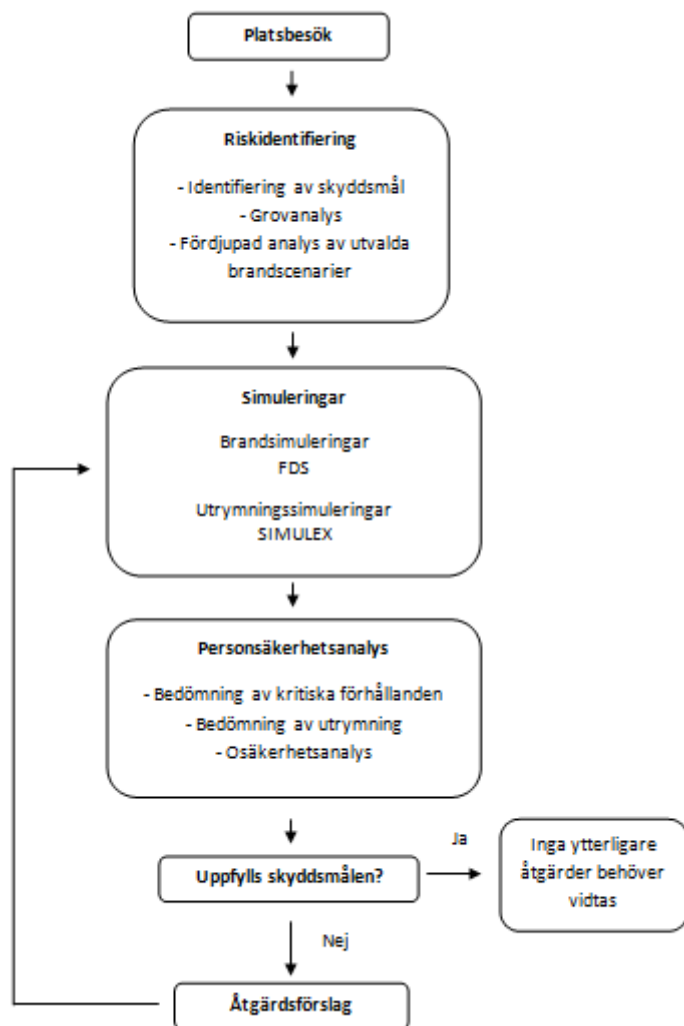
Målet är att med hjälp av brandtekniska analyser avgöra huruvida tillfredställande utrymning vid händelse av brand kan ske innan kritiska förhållanden uppstår i byggnaden. Därtill skall det ges förslag på åtgärder som *bör* respektive *skall* genomföras för att säkerställa personsäkerheten.

1.4 Skyddsmål

I rapporten beaktas endast personsäkerhet, därmed sätts skyddsmålet till att ingen person skall behöva utrymma byggnaden under kritiska förhållanden, vilka definieras i kapitel 4.1.

1.5 Metod

Arbetet med rapporten inleddes med en förstudie av objektets ritningar. Den tredje februari 2012 genomfördes ett platsbesök på Väla Centrum tillsammans med handledare från LTH, två brandingenjörer från Helsingborgs brandförsvaret samt objektets driftchef. Därefter påbörjades en brandteknisk riskvärdering enligt metodschemat i figur 1.5.1.



Figur 1.5.1 Metodschemat över arbetsgången.

När rapportens avgränsningar fastställts gjordes en grovanalys där tänkbara brandscenarier utvärderades. Med hjälp av en grovanalys valdes sedan tre dimensionerande brandscenarier ut för vidare analys. Efter det genomfördes beräkningar och simuleringar i datorprogrammen DetactQS, SIMULEX och FDS, vilka utgjorde grunden i personssäkerhetsanalysen som användes för att kontrollera huruvida skyddsmålet uppfylldes. Då resultaten visade att tillfredställande utrymning inte kunde säkerställas i samtliga fall lämnades förslag på åtgärder, vilka sedan värderades genom att upprepa simuleringarna tillsammans med åtgärdsförslagen. Slutligen diskuterades rapportens resultat samt osäkerheter.

1.6 Avgränsningar och begränsningar

Rapporten avhandlar endast personssäkerheten vid brand, därmed tas ingen hänsyn till egendomsskydd eller miljöpåverkan. Därtill beaktas inte heller räddningstjänstens säkerhet vid eventuell släckinsats då utrymning beräknas ske i brandens initiala skede. Vidare antas att byggnadens befintliga brandskydd är korrekt dimensionerat, vilket exempelvis innebär att bärande konstruktioner inte kollapsar vid brand

inom givna tidskrav. Då endast personsäkerheten vid utrymning beaktas begränsas rapporten till centrumets öppettider.

Väla Centrum är indelat i flera rökzoner och i rapporten tas ingen hänsyn till brandgasspridning mellan dessa. I rapporten förutsätts att det inte sker någon brandgasspridning via tilluftskanalerna, då tilluften stängs av vid aktiverat brandlarm. Beroende på vilken rökzon branden startar i ventileras brandgaser ut med hjälp av frånluftsventilation och brandgasfläktar med olika kapacitet. Då detaljerad information kring kapacitet, funktion och placering inte har lämnats ut har befintlig brandgasventilation inte tagits med i FDS-simuleringarna.

I FDS-simuleringarna för Chilli och New Yorker simuleras endast brandrummet medan i scenarierna för Waynes Coffee simuleras gångstråket som cafét är beläget i. Denna förenkling görs på grund av brist på datorkapacitet och tid, samtidigt som människornas bedöms befinna sig i säkerhet då de lyckats ta sig ut ur butiken eller det aktuella gångstråket i fallet för Waynes Coffee. Kritiska förhållanden förväntas inte uppstå i gångstråken innan avslutad utrymning på grund av deras omfattande storlek och takhöjd. Denna avgränsning styrks av simuleringarna för Waynes Coffee som visar att det inte uppstår kritiska förhållanden i gångstråket vid en *fast* brand med sprinklerfallering under simuleringstiden på 10 minuter. På samma grund simuleras endast brandutrymmet i SIMULEX. Även val av indata i FDS-simuleringarna innebär en begränsning då exempelvis brandbelastningen inte går att definiera exakt.

Maximala simuleringstiden i FDS sätts till tio minuter då simuleringar i SIMULEX samt handberäkningar visar att hela Väla Centrum hinner utrymmas inom denna tid, se bilaga E.

På grund av Väla Centrums omfattning begränsas den brandtekniska riskanalysen till ett antal dimensionerande brandscenarier. Därmed görs ingen genomgående granskning av exempelvis samtliga nödutgångars dörrbredd eller placering av släckutrustning. Brandscenarierna som analyseras mer ingående görs generella för att vara så representativa som möjligt för hela Väla Centrum. Därför görs inga ingående strålningsberäkningar på brandspridning för att de dimensionerande bränderna skall vara så generella som möjligt och inte vara beroende av temporär inredning eller var i butiken det börjar brinna.

I rapporten görs ingen närmare analys av hur personer med funktionsnedsättning påverkar utrymningsförloppet.

2. Objektbeskrivning

Väla Centrum är ett köpcentrum som är beläget knappt en mil nordost om Helsingborg, i närheten av Ödåkra. Centrumet ägs av det privata fastighetsbolaget Diligentia som är ett dotterbolag till Skandia Liv.

2.1 Historik

Väla Centrum invigdes år 1974 och var vid invigningen nordens största sammanhängande köpcentrum. Flera utbyggnader och renoveringar har sedan gjorts och antalet butiker har stadigt ökat. År 1997 utökades Väla Centrum till att omfatta 85 butiker. Antalet butiker ökade ytterligare år 2001 då de två största butikerna Obs! och B&W togs bort för att ge plats åt drygt 20 nya mindre butiker. En omfattande utbyggnad påbörjades år 2009 och beräknas vara klar år 2012, vilket har resulterat i ökning av arean med 20 000 kvadratmeter¹, se figur 2.1.1.



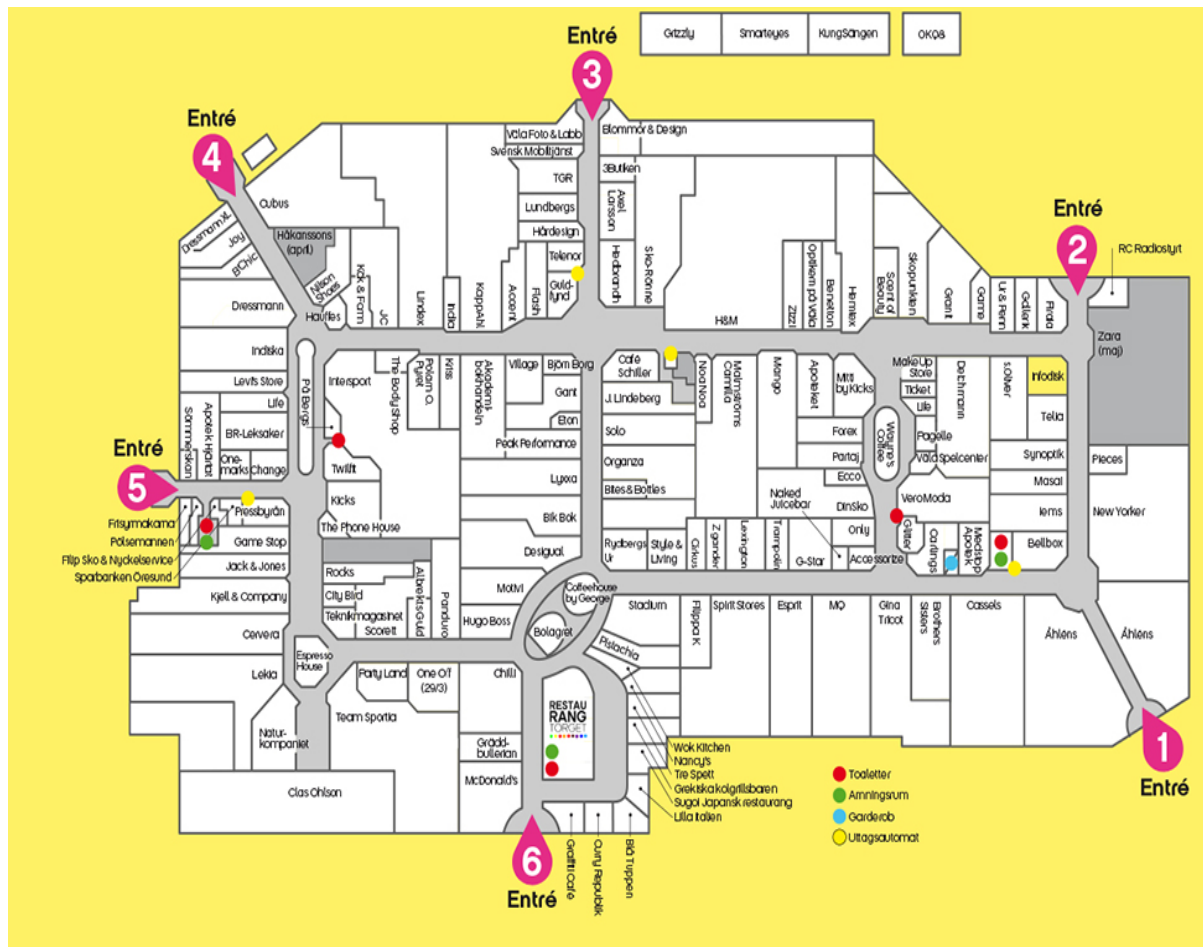
Figur 2.1.1 Ritning över senaste ombyggnaden av Väla Centrum (Väla Centrum).

I figur 2.1.1(a) visas byggnadens utformning 1997, 2.1.1(b) visar de delar som började byggas 2009 och 2.1.1(c) visar hur byggnaden ser ut i färdigt skick. Idag består Väla Centrum av totalt 180 butiker på en yta av 70 000 kvadratmeter och är därmed ett av Sveriges största köpcentrum.

2.2 Verksamhet

Verksamheten är till största delen lokaliserad till ett plan och utgörs av butiker och ett flertal restauranger samt caféer. Köken i restaurangerna har naturgas. Det finns totalt fyra butiker som bedriver sin verksamhet på annat än första plan. Stadium och Clas Ohlsson har rulltrappor som leder upp till ett plan 1, medan Chilli och Bolagret har rulltrappor ner till källarplan. Butikerna i centrumet skiljer sig i förhållande till varandra med avseende på innehåll och storlek. Alla butiker har tillgång till egna personalutrymmen och lager, dock är dessa ytor små vilket medför att de flesta varorna finns ute i de publika butiksytorerna. Köpcentrumet har sex huvudentréer och antalet butiker utgörs till största del av klädbutiker, men även inredning, elektronik, leksaker, sportartiklar med mera finns representerade, se figur 2.2.1.

¹ Leif Gustavsson, Driftchef Väla Centrum, platsbesök 2012-02-03



Figur 2.2.1 Översiktssiktscarta över Väla centrum (Väla Centrum).

Besökarantalet är varierande och ligger på cirka 20 000-25 000 personer per dag under en lönehelg. Besökarrekordet slogs annandag jul 2011 då 40 622 personer besökte köpcentrumet. Under köpcentrumets öppettider finns alltid tre säkerhetsvakter närvarande och efter stängning finns en jourhavande säkerhetsvakt alltid i närområdet².

2.3 Ventilation

Ventilationen på Väla Centrum består av ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning. Systemet är uppbyggt av flera aggregat, vilka är placerade i fläktrum samt på byggnadens tak och förser olika grupper av butiker. Fläktrummen är inte egna brandceller men är uppbyggda av obrännbara material. Ventilationssystemet används som brandgasventilation vid händelse av brand kompletterat med brandgasfläktar (Dagneryd, 2009), vilket beskrivs närmare i kapitel 3.5.

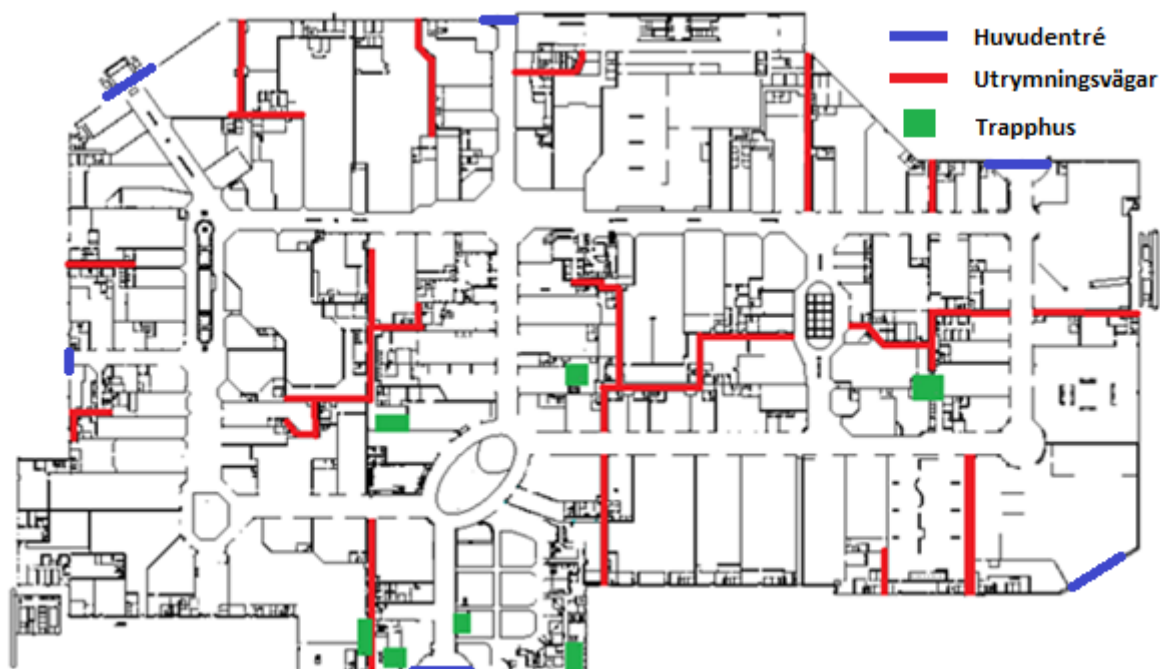
² Leif Gustavsson, Driftchef Väla Centrum, platsbesök 2012-02-03

3. Befintligt brandskydd

Informationen i detta kapitel hämtas från brandskyddsdocumentationen som utfördes i samband med utbyggnaden 2009 (Dagneryd, 2009) samt från platsbesöket på Väla Centrum. Det bör noteras att någon verifiering av brandskyddsdocumentationens riktighet inte har utförts, vare sig det gäller dokumentationens överensstämmelse enligt BBR eller huruvida byggnaden är utformad enligt dokumentationen.

3.1 Brandcellsindelning

Hela köpcentrumet utgörs av brandklassade ytterväggar vilka bildar en yttre brandcellsgräns, dessutom är de brandklassade utrymningsvägarna egna brandceller, se figur 3.1.1. Även centralapparaten, nödspänningsaggregatet och sprinklercentralen är placerade i egna brandceller (Dagneryd, 2009).



Figur 3.1.1 Schematisk bild över brandcellsindelning på Väla Centrum.

3.2 Utrymningsvägar

Byggnaden har sex huvudentréer, varav fem har karuselldörrar som öppnas automatiskt vid aktiverat brandlarm. Den sista huvudentrén utgörs av vanliga skjutdörrar. Alla butiker som är placerade mot centrumets ytterväggar har tillgång till minst en dörr ut till det fria. De flesta butikerna som är placerade mitt i centrumet har tillgång till utrymningsvägar inne i butikerna som leder ut till det fria via källarplan. Dock finns det ett fåtal små butiker vilka endast har möjlighet till utrymning via butikens ingång (Dagneryd, 2009).

Om brand konstateras i köpcentrumets högra del sänks två automatiskt nedfällbara brandgardiner i brandteknisk klass E30 ned tvärsöver gångstråket mellan entré ett och två, se figur 3.2.1 och foto 3.2.1. Detta för att bilda en tunnel som skyddar folk som använder utrymningsvägen med ingång höger om Wayne's Coffee från rökgaser vid passering av gångstråket (Dagneryd, 2009).



Figur 3.2.1 Placering av utrymningsväg med brandgardiner (Väla Centrum).

Foto 3.2.1 Utrymningsväg med brandgardiner.

3.3 Släcksystem

Hela Väla Centrum utgörs av riskklass OH3 och är sprinklat enligt SBF 120:6. Sprinklerhuvudena har ett RTI värde på $120 \text{ m}^{0,5} \text{ s}^{0,5}$ och systemet har en vattenbassäng på 370 kubikmeter och försörjs av två oberoende dieselpumpar. Vid sprinkleraktivering går brandlarmet automatiskt och ett larm skickas direkt till räddningstjänsten (Dagneryd, 2009).

3.4 Brand- och utrymningslarm

Det befintliga systemet är utfört enligt SBF 110:6, där alla rök detektorer är adresserbara då larmsystemet bygger på larmlagring (Svenska brandförsvärsföreningen). Detta innebär att när en detektor aktiveras går larmet till centralapparaten och inte direkt till räddningstjänsten. Vid larm har väktarna först 30 sekunder på sig att kvittera larmet, sedan har de ytterligare tio minuter på sig att kontrollera om brand föreligger. Om detta inte sker inom utsatt tid går larmet vidare till räddningstjänsten. Om två detektorer i samma larmsektion aktiveras går larmet direkt till räddningstjänsten utan lagring. Utanför öppettiderna går larmet direkt till räddningstjänsten även då endast en detektor aktiveras (Dagneryd, 2009).

Under larmlagringen stängs brandspjäll och branddörrar. Samtidigt startar reservaggregaten för att säkerställa strömförsörjning vid eventuellt spänningsbortfall och hissarna åker automatiskt ner och stannar på källarplan.

Utrymningslarmet startar antingen då sprinkler eller två rökdetektorer i samma larmsektion aktiveras, även väktarna kan starta larmet. Om det spelas musik i lokalerna stängs denna av då utrymningslarmet startar vilket är utformat enligt följande³:

- Akustisk signal i cirka 5 sekunder - Paus i cirka 3 sekunder -

Viktigt meddelande. Viktigt meddelande. Brand har utbrutit i byggnaden. Lämna omedelbart byggnaden genom närmaste utgång. Använd inte hissarna.

- Paus i cirka 3 sekunder - Akustisk signal i cirka 5 sekunder -

Attention please. Attention please. Fire has been reported in the building. Please leave the building immediately, by the nearest exit. Do not use a lift.

- Akustisk signal i cirka 5 sekunder.

Meddelandet upprepas.

Dessutom öppnas entrédörrarna och rulltrapporna stannar, samtidigt som gasventilerna till naturgasen i köken stängs av och tilluftsluckor öppnas.

3.5 Brandgasventilation

I händelse av brand används befintligt ventilationssystem som brandgasventilation för att underlätta utrymning. Aktivering av brandgasventilationen kan ske på tre olika sätt; antingen måste sprinkler eller minst två rökdetektorer aktiveras, dessutom kan aktivering ske manuellt (Dagneryd, 2009).

Byggnaden är indelad i 20 rökzoner som är avsedda att styra från- och tilluftsflöden och därmed förhindra samt begränsa rökspridning. Väggar mellan butiker i gemensam rökzon måste ha minst en meter fritt upp till tak för att luften obehindrat ska kunna strömma inom zonen och avlägsnas. Vid brand stoppas tilluften för att skapa ett undertryck i den aktuella zonen samtidigt som frånluften och brandgasfläktar transporterar bort röken för att förhindra spridning. För att optimalt kunna utnyttja brandgasfläktarna öppnas samtliga entréer för att tillgodose tillgången av tilluft. Dessa öppningar är beräknade med god marginal då befintlig luft i köpcentrumet inte har beaktats i beräkningarna (Dagneryd, 2009).

För att förhindra brandgasspridning mellan rökzonerna utgörs ventilationen av separata system eller så finns det brandgasspjäll i ventilationssystemets anslutningskanaler. Då ordinarie aggregat används för

³ Leif Gustavsson, Driftchef, mailkontakt, 2012-02-20

brandgasventilation måste de och anslutande komponenter tåla en temperatur på 70 °C (Dagneryd, 2009).

Dessutom finns brandgasluckor som är försedda med smältbläck som vid tillräckligt hög temperatur smälter vilket medför att luckorna öppnas. Luckorna kan även öppnas manuellt av räddningstjänsten från brandskyddstablån. Luckorna används främst för att skydda byggnaden och skall inte öppnas innan utrymning är avslutad eller förrän den mekaniska ventilationen inte längre fungerar. Detta medför att systemen inte skall vara aktiverade samtidigt. (Dagneryd, 2009).

3.6 Systematiskt brandskyddsarbete

Fastighetsbolaget Diligentia har ansvaret för att systematiska brandskyddskontroller utförs i allmänna utrymmen i köpcentrumet medan butikerna har eget ansvar för sina lokaler. Kontroller utförs i hela köpcentrumet en gång i veckan av väktarna som kontrollerar utrymningsskyltar, utrymningsvägar, utrymningsdörrar, lagringshöjd samt släckutrustning. Även Helsingborgs brandförsvaret utför tillsynskontroller och sedan år 1999 har tolv tillsyner genomförts. Diligentia har ett nära samarbete med brandförsvaret och om brister registreras i någon av butikerna vid veckokontrollerna skall dessa åtgärdas omgående, annars tillkallas brandförsvarets tillsynsavdelning⁴.

3.7 Undersökning av personalens brandskyddskunskaper

Då personalens agerande är av betydelse för en effektiv utrymning av ett varuhus, är det viktigt att personalen utbildas och tränas i hur de bör agera i en utrymningssituation (Frantzich, 2001). Diligentia anordnar utrymningsövningar vilka utförs utanför köpcentrumets öppettider. För att klarlägga butikspersonalens utbildningsnivå och kunskaper inom brandsäkerhet samt utrymning delades därför 50 enkäter ut vid platsbesöket.

Resultatet från enkäten visar att personalen på Väla Centrum överlag har goda kunskaper om brandsäkerheten. Enkätens utformning samt mer detaljerade resultat redovisas i bilaga A.

3.8 Räddningstjänst

Väla Centrum är beläget nära Helsingborgs räddningstjänst och insatstiden vid larm är cirka tio minuter⁵.

3.9 Incidenter

Tidigare incidenter har inträffat i personalkök på grund av glömd spisplatta, detta har resulterat i att spisplattorna i köken successivt byts ut mot mikrovågsugnar⁶.

⁴ Leif Gustavsson, Driftchef, mailkontakt, 2012-02-20

⁵ Gustav Ask, Brandingenjör, platsbesök 2012-02-03

⁶ Leif Gustavsson, Driftchef, platsbesök, 2012-02-03

Lördagen den 24 mars 2012 utlöste två rökdetektorer i en hall vid entré fem varvid utrymningslarmet startade. Eftersom två detektorer aktiverades gick larmet direkt till SOS Alarm utan larmlagring. När räddningstjänsten kom till platsen 10 minuter och 30 sekunder senare var hela köpcentrumet utrymt, orsaken till larmet är oklar då ingen brand fanns i utrymmet⁷. Denna incident styrker rapportens maximala simuleringstid på tio minuter då den visar att Väla Centrum hinner utrymmas inom denna tid.

⁷ Elin Theander, Brandingenjör, mailkontakt 2012-04-12

4. Utrymningsteori

Enligt Boverkets Byggregler, paragraf 5:31 ska ” byggnader utformas så att det ges möjlighet till tillfredställande utrymning vid brand. Med tillfredställande utrymning avses att personer som utrymmer, med tillräcklig säkerhet, inte utsätts för nedfallande byggnadsdelar, hög temperatur, hög värmestrålning, giftiga brandgaser eller dålig sikt som hindrar utrymning till en säker plats” (Boverket, 2011c). Med detta avses att samtliga personer i en byggnad skall hinna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Definition av kritiska förhållanden och utrymningsteori behandlas vidare i detta kapitel.

4.1 Kritiska förhållanden

I det initiala brandförloppet måste personsäkerheten prioriteras och därför definieras ett antal kritiska förhållanden som de gränsvärden då utrymning inte längre kan ske på ett säkert sätt. Den tid det tar för branden att uppnå kritiska förhållanden jämförs med den tid som en utrymning av byggnaden förväntas ta. För att säkerställa att utrymning av byggnaden sker på ett tillfredställande sätt måste tiden till dess att kritiska förhållanden uppstår vara längre än tiden det tar för utrymning (Boverket, 2011a). Kritiska förhållanden definieras enligt följande parametrar (Bengtson, et al., 2005):

- 1. Temperatur** Vid utrymning bör personer maximalt utsättas för en temperatur på 80 °C.
- 2. Strålning** Vid utrymning bör personer maximalt utsättas för en strålningsintensitet av 2,5 kW/m² eller en total strålningsdos på 60 kJ/m² utöver energin från en strålning på 1 kW/m².
- 3. Brandgaslagrets höjd** Vid utrymning bör brandgaslagrets höjd inte ligga under höjden $1,6 + 0,1 \cdot H$ meter.
- 4. Sikt** Vid utrymning ska sikten inte understiga 5 meter i brandrummet och 10 meter i utrymningsvägar.
- 5. Toxicitet** Vid utrymning ska personer inte utsättas för skadliga koncentrationer av CO, CO₂ och O₂. Följande halter rekommenderas som gränsvärden:
 - CO < 2000 ppm
 - CO₂ < 5 %
 - O₂ >15 %

För att uppfylla skyddsmålet, att utrymning skall ske under godtagbara förhållanden, krävs att kriterium 3 eller 4 samt 1,2 och 5 inte är uppfyllda, vilket innebär att utrymning kan ske genom brandgaser under förutsättning att siktförhållanden är acceptabla (Boverket, 2011a). Toxicitet

behandlas endast indirekt i denna rapport då beräkningar av koncentrationen av giftiga gaser i FDS inte bedöms vara tillräckligt tillförlitliga. Detta då parametern påverkas av bränsle, omgivningsförhållande, mängd, kemiska reaktioner etcetera. Då det råder ett samband mellan sikt och toxicitet, behandlas toxiciteten istället indirekt, via bedömning av siktförhållanden. Är siktförhållandena acceptabla bedöms även nivåerna av toxiska gaser vara acceptabla (Jensen, 2009).

Rapporten behandlar tid till kritiska förhållanden som den tid det tar för kriterierna brandgaslagrets höjd och siktförhållanden att fallera, då FDS-simuleringar visar att dessa parametrar fallerar först i samtliga fall.

4.2 Utrymningstid

För att utrymningsmöjligheterna ska kunna anses vara acceptabla gäller att utrymningstiden måste understiga den tillgängliga tiden som finns att tillgå för utrymning. Den tillgängliga tiden motsvaras av den tid det tar till dess att kritiska förhållanden uppstår (Bengtson, et al., 2005), därmed gäller att:

$$t_{\text{kritiska förhållanden}} > t_{\text{utrymning}}$$

Utrymningstiden omfattar den totala tiden det tar från det att branden startar till dess att alla personer i byggnaden har tagit sig till en säker plats. Då denna tid varierar, beroende på olika platser i byggnaden, angrips problemet genom att utrymningstiden delas upp i följande tre faser (Bengtson, et al., 2005):

- Varseblivningstid
- Förberedelsetid
- Förflyttningstid

Den totala utrymningstiden skrivs som:

$$t_{\text{utrymning}} = t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{förberedelse}} + t_{\text{förflyttning}}$$

Den totala tiden för de tre faserna får alltså inte överstiga tiden det tar till det att kritiska förhållanden uppnås (Bengtson, et al., 2005), detta innebär att:

$$t_{\text{kritiska förhållanden}} > t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{förberedelse}} + t_{\text{förflyttning}}$$

Gällande byggnadens utformning är det viktigt att den har god orienterbarhet, väl markerade utrymningsvägar, god belysning, genomtänkta placeringar av utrymningsvägar och användning av utrymningslarm för att förkorta utrymningstiden (Frantzich, 2001).

4.2.1 Varseblivningstid

Med varseblivningstid avses den tid det tar för en person att upptäcka att något onormalt har inträffat. Faktorer som påverkar denna tid är i första hand om personen i fråga ser branden eller inte, om automatiskt brandlarm finns installerat och om larmlagring används (Bengtson, et al., 2005).

Då varseblivningstiden kan varieras från bara ett fåtal sekunder till flera minuter på grund av ovan nämnda faktorer ges därför ingen särskild rekommendation vid uppskattning, utan denna bör utvärderas från fall till fall. För personer som ser branden, förväntas varseblivningstiden vara relativt kort i jämförelse med de som inte ser den. För de som inte ser branden är varseblivningstiden lättare att uppskatta då det finns teoretiska beräkningsmodeller som beräknar aktiveringstid för detektorer och brandlarm (Bengtson, et al., 2005).

4.2.2 Förberedelsetid

Förberedelsetiden, vilken ofta omnämns som besluts- och reaktionstid, avser den tid som det tar för personer att förstå att det brinner, lyssna på utrymningslarm, hjälpa andra att utrymma, förbereda sig för utrymning och att själva försöka bekämpa branden (Bengtson, et al., 2005).

Faktorer som påverkar denna tid är typ av verksamhet, orienterbarhet i lokalen, personegenskaper, utrymningslarm samt personal på plats. Åtgärder för att reducera förberedelsetiden är till exempel att installera utrymningslarm som tydligt förklarar vad som sker och vad besökarna bör göra, tydligt markera utrymningsvägar samt att se till att personal har utbildning och god kännedom om hur de bör agera vid en brandsituation⁸.

Besluts- och reaktionstiden är den tid som vanligtvis är svårast att uppskatta i utrymningstiden. En metod för att uppskatta denna tid är att använda sig av en så kallad delphiundersökning. Denna undersökning görs med hjälp av experter som kvalitativt får uppskatta beslut- och reaktionstiden vid utrymning med olika förutsättningar med avseende på larm, brand och verksamhet (Frantzich, 2001).

Det finns även riktlinjer för val av förberedelsetider för olika verksamheter i BBRAD. Exempelvis rekommenderas en förberedelsetid på en minut för varuhus om personen ser branden, samma tid gäller för de personer som inte ser branden om utrymningslarmet utgörs av ett informativ talat meddelande (Boverket, 2011a).

4.2.3 Förflyttningstid

Med förflyttningstid avses den tid det tar för en person, från förflyttningens början till att personen når en säker plats vilket innebär en annan brandcell eller ut i det fria. Denna tid påverkas av hur fördelningen av personer inom byggnaden ser ut, vilka personer det rör sig om och deras förmåga att förflytta sig. Vidare påverkas gånghastigheten av byggnadens utformning, ljusnivå, antal trappor och

⁸ Daniel Nilsson, Universitetslektor Lunds universitet, föreläsning Brandteknisk Riskvärdering, 2012-01-25

våningar, antal utgångar och deras bredd samt av gångavstånden inom byggnaden (Bengtson, et al., 2005).

Antalet personer i byggnaden tillsammans med persontätheten spelar en viktig roll i utrymningstiden. En tät persontäthet medför att risken för köbildningar vid dörrar och utrymningsvägar ökar vilket förlänger utrymningstiden. Persontätheten påverkar även den genomsnittliga gånghastigheten i byggnaden, där en ökad persontäthet gör en förlängd utrymningstid (Frantzich, 2001).

4.3 Människors beteende vid brand

Utrymning är ett förlopp som personer vanligtvis inte utsätts för och är ofta förknippat med en ökad känsla av stress och oro. En faktor som påverkar är om personer befinner sig i grupp eller är ensamma. Utrymning kan i vissa fall påverkas positivt av grupp-beteende men behöver inte göra det. I lokaler där det vistas många personer kan ibland beslutsfattandetiden vara lång, då ingen person vågar ta första steget. I dessa lokaler är det viktigt att personalen är välutbildad och agerar med beslutsamhet vid larm, och kan i dessa fall reducera informationssökningstiden och därmed också utrymningstiden (Frantzich, 2001).

Även personers motivation till utrymning påverkar utrymningstiden. Håller en person på med en aktivitet som denna inte vill avsluta, vilket ofta uppstår i ett varuhus, förlängs således utrymningstiden. Detta kan exempelvis bero på att personer står i kö och väntar på att få betala eller att de väntar på mat som beställts (Frantzich, 2001).

En annan person-egenskap som påverkar utrymningstiden är personens lokalkännedom om byggnaden. Vid god lokalkännedom reduceras beslut och reaktionstiden, då dessa personer snabbare fattar beslut om lämpliga utrymningsvägar. Vidare påvisar försök att personer i stor utsträckning ofta väljer att utrymma genom den väg de kom in genom. Detta beteende styrks av försök som Brandteknik utfört på IKEA. Här valde personer i stor utsträckning att följa den slinga som löper genom varuhuset mot kassorna, även om detta innebär att de på sin väg passerar ett antal mer närliggande utrymningsvägar. Försöken visar också att personalens agerande är av stor betydelse, då personalen på IKEA är välutbildad inom brandskydd och är målmedvetna om att få ut besökare ur byggnaden medför detta att besökarnas beslut och reaktionstid reduceras (Frantzich, 2001).

Även brandens egenskaper såsom effektutveckling och rökproduktion påverkar hur snabbt den upptäcks. En vanlig företeelse är dock att personer finner det mycket svårt att uppskatta brandens tillväxthastighet (Frantzich, 2001).

5. Datorprogram

För att kunna göra en analys av utrymningsmöjligheterna samt det brandtekniska skyddet på Väla Centrum har olika datorprogram använts för att göra beräkningar och simuleringar. Nedan ges en kort beskrivning av DetactQS, SIMULEX och FDS, vilka är de program som har använts i rapporten. En viktig aspekt som gäller alla programmen är att de använder sig av olika förenklingar av verkligheten vilket omsorgsfullt måste beaktas vid val av indata och vid analys av resultaten.

5.1 DetactQS

DetactQS är ett datorprogram som används för att beräkna aktiveringstider för sprinkler och rökdetektorer. I denna rapport används DetactQS för att uppskatta tiden till sprinkleraktivering. Genom att ange en effektutveckling för branden, rådande rumsgeometri samt sprinklernas placering räknar programmet fram den tid det tar för sprinklern att aktivera. Vid beräkningen krävs indata i form av RTI, takhöjd, omgivningstemperatur, avståndet mellan sprinklerna samt brandens tillväxtfaktor (Fire Model Survey, 2008).

DetactQS ger en bra uppskattning av aktiveringstiden för sprinkler men programmet bygger på en del antaganden och begränsningar. Tiden det tar för de varma gaserna att transporteras från källan till taket beaktas inte. Vidare antas ett fritt hängande tak, som är plant och horisontellt utan hinder som kan påverka brandgasernas utbredning. Programmet tar endast hänsyn till konvektiv värmeöverföring, ledningsförluster och strålningsvärme beaktas inte. Vid låga innertak och korta radiella avstånd kan programmet underskatta temperaturer (Fire Model Survey, 2008).

5.2 SIMULEX

SIMULEX är ett datorprogram som utgörs av en partikelmodell och används vid simulering av utrymningsförlopp. Med hjälp av tvådimensionella CAD-ritningar över objektets geometri beräknar programmet fram förflyttningstiden för samtliga personer i byggnaden (Nilsson, 2007). För att anpassa simuleringen efter verkligheten kan användaren välja olika kategorier av personer som skall befinna sig i byggnaden, deras placering och förberedelsetid samt vilken utrymningsväg de väljer. Valet av personkategori påverkar personernas kroppsstorlek och gånghastighet. Programmet tar även hänsyn till att förflyttningstiden reduceras vid trappor.

SIMULEX har dock begränsningar som användaren bör beakta. En brist med programmet är att personerna alltid rör sig med maximal hastighet om det är möjligt, vilket medför att hastigheten inte reduceras när personerna närmar sig ett hinder som till exempel ett hörn. Gånghastigheten för personerna i vald personkategori påverkas endast av avståndet till närmaste person framför. Programmet tar inte heller hänsyn till social påverkan (Nilsson, 2007).

Begränsningar som kan bidra till att den verkliga utrymningstiden underskattas är att personerna i programmet inte tar hänsyn till byggnadsdelar och lös inredning som inte är utritade i CAD-ritningarna. Programmet tar inte heller hänsyn till parametrar som försämrade sikt, höga temperaturer och förekomst av toxiska gaser eller om det finns personer med funktionsnedsättning i lokalen, vilket kan komma att underskatta utrymningstiden ytterligare.

Begränsningar som kan leda till att den verkliga utrymningstiden överskattas är att det i simuleringarna kan uppstå onaturliga köbildningar då personerna kan fastna i varandra istället för att släppa förbi varandra i trånga utrymmen. Dessutom kommer personerna alltid utrymma via den utgång de har blivit tilldelade oavsett om det råder kö vid denna och en annan fri utgång finns tillgänglig i närheten.

5.3 FDS

FDS är ett CFD program anpassat för beräkningar i brandmiljöer och är utvecklat av NIST. FDS använder sig av Navier-Stokes ekvationer och beräknar dessa numeriskt för de olika cellerna vilket lämpar sig väl för långsamma och termiskt drivna flöden som till exempel brandgaser (McGrattan et al., 2010).

Programmet använder ett tredimensionellt beräkningssystem med kartesiska koordinater vilket begränsar geometrierna i beräkningarna till rätvinkliga. Volymen delas upp i mindre delvolymmer, celler, vilka fördelas på olika volymmer, *mesher*, där det är storleken på cellerna som är avgörande för hur noggranna beräkningarna blir. För att kontrollera om resultaten blir trovärdiga kan ett gridoberoende utföras, där cellernas storlek minskas för ett givet scenario och simuleras ytterligare en gång. Resultaten för de olika simuleringarna jämförs sedan för att kontrollera om det är någon skillnad på dessa. Det går även att göra en snabbkontroll av *meshen* med den karaktäristiska diametern D^* och cellstorleken δ_x , där kvoten mellan dessa bör ligga inom intervallet 4-16 för rimliga resultat, se ekvation 5.3.1 och 5.3.2 (McGrattan et al., 2010).

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_\infty c_p T_\infty \sqrt{g}} \right)^{2/5} \quad \text{Ekvation 5.3.1}$$

$$4 < \frac{D^*}{\delta_x} < 16 \quad \text{Ekvation 5.3.2}$$

En nackdel med FDS är att antalet celler snabbt blir väldigt stort och begränsningarna ligger ofta i datorkapaciteten och den tid som beräkningarna tar. En annan begränsning med FDS är att användaren måste kunna tolka resultaten på ett korrekt sätt och inte glömma bort att det är modeller av verkligheten. Ofta görs många förenklingar och antaganden i FDS simuleringarna som direkt påverkar resultaten men vilka kan vara svåra att uppfatta. Det krävs alltså stor kunskap av användaren för att kunna avgöra om resultaten är rimliga eller inte.

6. Riskidentifiering

Risk är ett begrepp som ofta beskrivs med hjälp av den så kallade risktripletten⁹, vilken svarar på följande frågeställningar:

- Vad kan hända?
- Hur troligt är det?
- Hur stora blir konsekvenserna?

En viktig del av rapporten består i att identifiera rimliga och representativa brandrisker. Dessa skall representera värsta troliga brandscenarier och användas för att utreda personsäkerheten i köpcentrumet. Att behandla alla tänkbara brandscenarier som kan uppkomma på Väla Centrum är orimligt, därför måste ett urval av representativa brandscenarier göras. Detta kan göras med ett antal olika riskanalysmetoder, i rapporten används en grovanalys, se kapitel 6.2.

6.1 Statistik

För att uppskatta hur ofta en brand kan förväntas inträffa inom handel- och restaurangbranschen hämtas statistik från SCB över det totala antalet butiker och restauranger i landet. MSB sammanställer kontinuerligt statistik över utförda räddningsinsatser varje år. Statistik finns att erhålla om bland annat bränders omfattning, frekvens, uppkomst etcetera.

För att kunna identifiera realistiska brandscenarier för Väla Centrum i en grovanalys används statistik för vanliga startutrymmen och brandorsaker i Sverige, för åren 1996-2010 (MSB). Statistiken används för att få en uppfattning av bränders förekomst i olika verksamheter och för att bättre kunna göra en relativ jämförelse av de olika scenarierna i grovanalysen. För att inte få ett alltför detaljerat diagram görs en förenkling där endast de vanligaste startutrymmena och brandorsakerna redovisas medan övriga har adderats till posten ”övrigt”. För att uppskatta hur troligt det är med multipla antändningskällor vid anlagd brand används statistik från Nya Zeeland (Richards, 2008). En sammanfattning av statistiken redovisas i bilaga B.

Tabell 6.1.1 visar en sammanställning av antalet butiker och restauranger samt hur ofta brand kan förväntas uppstå. Statistiken är framtagen för uttryckningar där antalet uttryckningar anses vara representativt för brand.

⁹ Håkan Frantzich, Universitetslektor Lunds universitet, föreläsning Riskanalysmetoder, 2011-08-29

Tabell 6.1.1 Visar sannolikhet respektive frekvens för brand inom handel- och restaurangbranschen (SCB), (MSB).

	Antal lokaler	Antal utryckningar per år	Sannolikhet för brand	Frekvens för brand per år
Handel	70770	233	0,0033	1/304
Restaurang	23763	138	0,0058	1/172

6.2 Grovanalys

För att ta fram de värsta troliga brandscenerierna används en grovanalys där det befintliga brandskyddet enligt kapitel 3 antas vara korrekt dimensionerat. Avsikten med denna metod är att få en grov bild av vilka brandscenerier som kan medföra allvarliga risker. Metoden används oftast tidigt i planeringsarbetet och ger en kvalitativ bedömning av riskkällorna i anläggningen (Nystedt, 2000).

Grovanalysen sker genom en identifiering av ett flertal tänkbara brandscenerier och ger en kvalitativ uppskattning av varje brandscenarios sannolikhet och konsekvens. Sannolikhet och konsekvens för de olika brandscenerierna definieras enligt tabell 6.2.1, där de olika frekvenserna ges ett värde mellan 1-4. Vid uppskattning av sannolikhet för tänkbara brandscenerier används till en början frekvenser från tabell 6.1.1, detta för att få en kvantitativ uppskattning av hur ofta det förväntas utbryta brand i butikerna i Väla Centrum.

Frekvensen kompletteras sedan med statistik över bränder inom handel- och restaurangbranschen i Sverige (se figur B.1- B.3 i bilaga B) samt med statistik över anlagda bränder inom handeln i Nya Zeeland. Den förväntade frekvensen för varje brandscenario används för att få ett uppskattat värde på sannolikheten enligt tabell 6.2.1, där frekvensernas värden är kvalitativa uppskattningar. Den slutgiltiga sannolikheten för respektive brandscenario är dock kvalitativa uppskattningar gjorda efter platsbesöket med statistiken som bakgrundsfakta, för mer detaljerad motivering se bilaga B, tabell B.1. Givna värden ligger sedan till grund för en riskmatris, vilken används för att identifiera de värsta troliga brandscenerierna vilka därefter utreds vidare.

Tabell 6.2.1 Bedömningsskala av sannolikhet och konsekvens.

Bedömning av sannolikhet			Bedömning av konsekvens	
Värde	Sannolikhet	Frekvens	Värde	Konsekvens
1	Mycket osannolik	1/5000 eller mer sällan	1	Försumbar
2	Mindre sannolik	1/5000 – 1/1500	2	Små
3	Sannolik	1/1500 -1/500	3	Stora
4	Mycket sannolik	1/500 eller oftare	4	Mycket stora

6.2.1 Brandscenerier

I detta avsnitt beskrivs och värderas vid platsbesöket identifierade brandscenerier i Väla Centrum. För att kunna bedöma sannolikheten för de olika scenarierna används statistiken från kapitel 6.1 och bilaga B, samt egna observationer och bedömningar från platsbesöket. Scenariernas konsekvenser uppskattas utifrån platsbesöket och avser endast personsäkerheten vid utrymning vid händelse av brand.

Utifrån scenariernas sannolikheter och konsekvenser beräknas ett riskindex enligt värdena i tabell 6.2.1 för varje scenario, vilken definieras som produkten av brandscenarioets sannolikhet och konsekvens (Bengtson, et al., 2005). De tre scenarier med högst riskindex väljs sedan som dimensionerande brandscenarier för Väla Centrum.

Scenario 1 – Brand i Chilli

Chilli är en inredningsbutik som består av två plan, ett på entréväningen och det andra i källarväningen. Butiken säljer allt från porslin till soffor och kuddar och är uppbyggd som små inredningsrum med smala passagegångar. Butiken har tre nödutgångar varav två är belägna på källarplan. Eftersom Chilli inte har tillgång till något större lager innebär detta att merparten av alla varor förvaras i butiken, ofta staplade på höjd längs väggar och hyllor upp till innetaket, se foto 6.2.1.1. Det medför att butiken har en hög brandbelastning och en eventuell brand antas få ett snabbt brandförlopp. Med avseende på ovan nämnda faktorer samt att utrymning från källarplan delvis sker via rulltrappor, kan en potentiell brand försvåra utrymningsmöjligheterna av butiken, därför bedöms konsekvensen av detta scenario vara mycket stor.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 4

Riskindex: 12



Foto 6.2.1.1 Chilli.

Scenario 2 – Brand i restaurangkök

Restaurangtorget är beläget precis innanför entré sex och består av flera mindre restauranger med gemensamma sittplatser, se foto 6.2.1.2. Vid lunchtid vistas det mycket folk i området, men en eventuell brand i ett av restaurangköken bedöms ändå mest påverka kökspersonalen vilka förväntas ha god lokalkännedom. Därmed antas personalens förberedelsestid förkortas vilket resulterar i ett snabbare utrymningsförlopp. Då torget är en öppen yta och har en takhöjd på över tio meter, underlättas utrymning vid brand eftersom den stora volymen kommer öka tiden till dess att brandgaslagret når

kritisk höjd. Eftersom restaurangtorget ligger nära en huvudentré bedöms gästerna snabbt kunna tas sig ut till det fria. Konsekvenserna för personsäkerheten vid en eventuell brand bedöms därför vara små även om brandbelastningen i köken kan antas vara hög.

Sannolikhet: 4

Konsekvens: 2

Riskindex: 8



Foto 6.2.1.2 Restaurangtorget.

Scenario 3 - Brand i H&M

H&M är en av de större butikerna i Väla Centrum. Butiken har endast tillgång till ett litet lager, varför merparten av kläderna som säljs finns ute i butiken. Detta leder till att det blir mycket kläder på en liten yta och det är trångt mellan klädställen, vilket ger en hög brandbelastning och vid en eventuell brand bedöms brandförloppet vara relativt snabbt. Dessutom har butiken lågt till tak och kapacitet för mycket folk, vilket förvärrar konsekvenserna för personsäkerheten vid en utrymning. Dock har butiken goda utrymningsmöjligheter i form av tre nödutgångar och två stora ordinarie ingångar, se foto 6.2.1.3, därför bedöms konsekvensen av en eventuell brand vara liten.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 2

Riskindex: 6



Foto 6.2.1.3 Ingången till H&M.

Scenario 4 – Brand i fyrvägsgångstråk

Ytan vid fyrvägsgångstråket vid entré tre används som reklamförsäljningsyta, vid platsbesöket var två reklambilar uppställda i korsningen men utställningsföremålen varierar. Ovanför butikerna som omger fyrvägsgångstråket finns en träpanel som utsmyckning, se foto 6.2.1.4, vilket ökar risken för brandspridning. Trots detta bedöms en spridning via panelen som liten, då avståndet mellan reklamytan och panelen är relativt stort och strålningsintensiteten bedöms inte kunna antända panelen. Även om reklamföremålen, i detta fall bilar, ger upphov till en stor brandbelastning bedöms konsekvenserna vara små eftersom det är högt till tak, vilket ökar tiden till kritiska förhållanden. Dessutom täcker reklamytan enbart en mindre del av den totala ytan och utrymningsmöjligheterna via de fyra gångstråken bedöms vara goda då inga besökare riskerar att bli instängda av branden. Sannolikheten att bilarna börjar brinna bedöms som mindre sannolik.

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 2

Riskindex: 4



Foto 6.2.1.4 Fyrväggsgångstråk.

Scenario 5 – Brand i personalkök

Alla butiker har tillgång till ett eget personalkök, se foto 6.2.1.5, i anslutning till butiken vars storlek varierar beroende på butikens personalantal. I en mindre butik som enbart har en anställd kan sannolikheten för en kvarglömd kastrull på spisen bedömas vara hög i en stressad situation. Då det tidigare har skett incidenter i form av torrkokning har åtgärder vidtagits genom att installera mikrovågsugnar istället för kokplattor vid renoveringar och ombyggnader samt timer för elförsörjningen. Sannolikheten för brand bedöms trots detta som mycket sannolik då det tidigare skett incidenter och det fortfarande finns kök med kokplattor. En eventuell brand i personalköket bedöms dock inte direkt påverka personsäkerheten vid utrymning av kunder och personal i butiken, då personalköket inte är tillgängligt för kunder och endast ett fåtal ur personalen vistas där samtidigt. Därför anses konsekvenserna vara försumbara.



Foto 6.2.1.5 Personalkök i den gamla byggnadsdelen.

Sannolikhet: 4

Konsekvens: 1

Riskindex: 4

Scenario 6 – Brand i New Yorker

New Yorker tillhör en av de större klädbutikerna på Väla Centrum och har kapacitet att ta emot många besökare. Butiken har en hög brandbelastning med mycket brännbart material som vid händelse av brand kan leda till ett snabbt brandförlopp. Butiken har två nödutgångar vilka vid platsbesöket ansågs ha bristande utformning. Dessutom finns endast en ordinarie ingång som bedöms vara liten i förhållande till butikens storlek, se foto 6.2.1.6, vilket kan medföra negativa konsekvenser för

personsäkerheten vid en eventuell utrymning. Detta medför att konsekvenserna vid händelse av brand bedöms vara stor.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 3

Riskindex: 9



Foto 6.2.1.6 Enda ingången till New Yorker.

Scenario 7 – Brand i Wayne´s Coffee

Wayne´s Coffee är ett café som har ett antal sittplatser mitt i ett gångstråk, se foto 6.2.1.7. Cafeét är beläget mellan två utrymningsvägar och är omgivet av ett flertal butiker. En brand skulle därmed kunna blockera utrymningsvägarna för både besökare och personal i butikerna som ligger nära anslutna till cafeét. Flera av dessa butiker är små och har endast butiksingången som utrymningsväg. Detta medför att konsekvenserna för personsäkerheten vid utrymning vid en eventuell brand bedöms vara stor.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 3

Riskindex: 9



Foto 6.2.1.7 Wayne´s Coffee.

Scenario 8 – Flera anlagda bränder samtidigt

Scenariot omfattar ett flertal anlagda bränder som pågår samtidigt i en butik. Detta medför att utrymningsmöjligheterna kan begränsas i stor omfattning beroende på brändernas placering. Oberoende av vilken butik som utsätts bör kritiska förhållanden uppstå tidigare än vid en enskild brand, därför bedöms konsekvenserna av detta scenario vara mycket stora. Flertalet samtidigt anlagda bränder är enligt statistiken i bilaga B, mycket ovanligt, därför bedöms sannolikheten för scenariot vara mycket osannolik.

Sannolikhet: 1

Konsekvens: 4

Riskindex: 4

Scenario 9 – Brand i India

India är en bodypiercing och smykesbutik och är en av de mindre butikerna som enbart har en ingång och saknar nödutgångar inne i butiken, vilket förekommer i några av de mindre butikerna. Butiken anses representera övriga mindre butiker på Väla Centrum som endast kan utrymma via butiksingången. Brandbelastningen är låg och en eventuell brand bedöms kunna upptäckas i ett tidigt skede då personalen har god överblick över hela lokalen. På grund av lokalens storlek är det endast ett fåtal meter till utgången och därmed bedöms konsekvenserna av en brand vara små.

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 2

Riskindex: 4

Scenario 10 – Brand på toalett

Toaletterna vid restaurangtorget ligger en trappa ned och utgörs av en dam- och herravdelning samt en handikapptoalett, vilka har en gemensam nödutgång ut till källaren. Brandbelastningen bedöms vara låg då det finns begränsat med brännbart material i utrymmet. Dessutom finns det två närliggande utrymningsvägar, vilket medför att konsekvenserna vid en eventuell brand bedöms vara försumbara. Sannolikheten för brand bedöms som mindre sannolik.

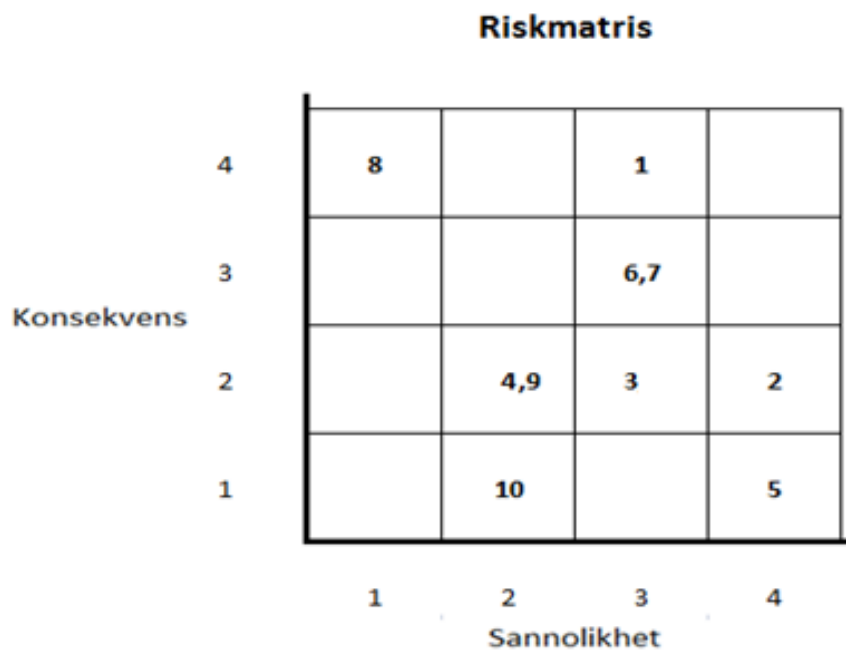
Sannolikhet:2

Konsekvens: 1

Riskindex: 2

6.2.2 Val av dimensionerande brandscenarier

Genom att sammanställa de potentiella brandscenarierna från grovanalysen i en riskmatris, se figur 6.2.2.1, utreds vilka scenarier som har högst riskindex.



Figur 6.2.2.1 Riskmatris för potentiella brandscenarier.

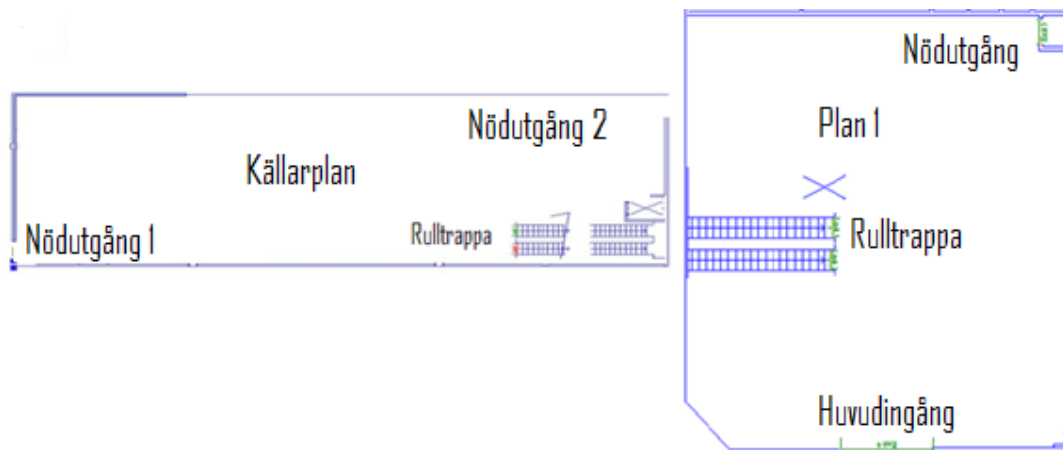
Figur 6.2.2.1 visar att scenario 1, 6 och 7 har högst riskindex, varför dessa väljs att användas som värsta troliga scenarier för vidare analys av utrymningsmöjligheterna på Väla Centrum. De valda scenarierna anses representera övriga tänkbara scenarier och därmed täcka in majoriteten av potentiella brandförlopp. Fortsättningsvis i rapporten benämns dessa scenarier enligt tabell 6.2.2.1.

Tabell 6.2.2.1 Värsta troliga brandscenarier.

Brandscenario A	Brand i Chilli
Brandscenario B	Brand i New Yorker
Brandscenario C	Brand i Wayne's Coffee

7. Brandscenario A – Brand i Chilli

Chilli är en inredningskedja med möbler, inredningsdetaljer, belysning, textilier, glas med mera och är en av få butiker i Väla Centrum som bedriver sin verksamhet i två plan. Källarplanets dimensioner bedöms från CAD-ritningar till 46x15 meter och första våningen har dimensionerna 19x21 meter. Huvudingången är 4 meter bred. Takhöjderna i källarplan samt plan 1 är 5 respektive 7,6 meter, våningsplanen förbinds via rulltrappor och hiss. Utrymning från källarplan kan ske via två av varandra oberoende utrymningsvägar samt via rulltrapporna, se figur 7.1.



Figur 7.1 Schematisk bild över Chilli's två våningsplan

På plan 1 finns förutom huvudentrén en utrymningsväg. Utrymningsdörrarna är väl markerade med utrymningsskylt och text och är 1,2 meter breda. Vid platsbesöket var dock båda utrymningsvägarna i källarplanet delvis blockerade av inredning, se foto 7.1.



Foto 7.1 Blockerad nödutgång på nedre plan i Chilli.

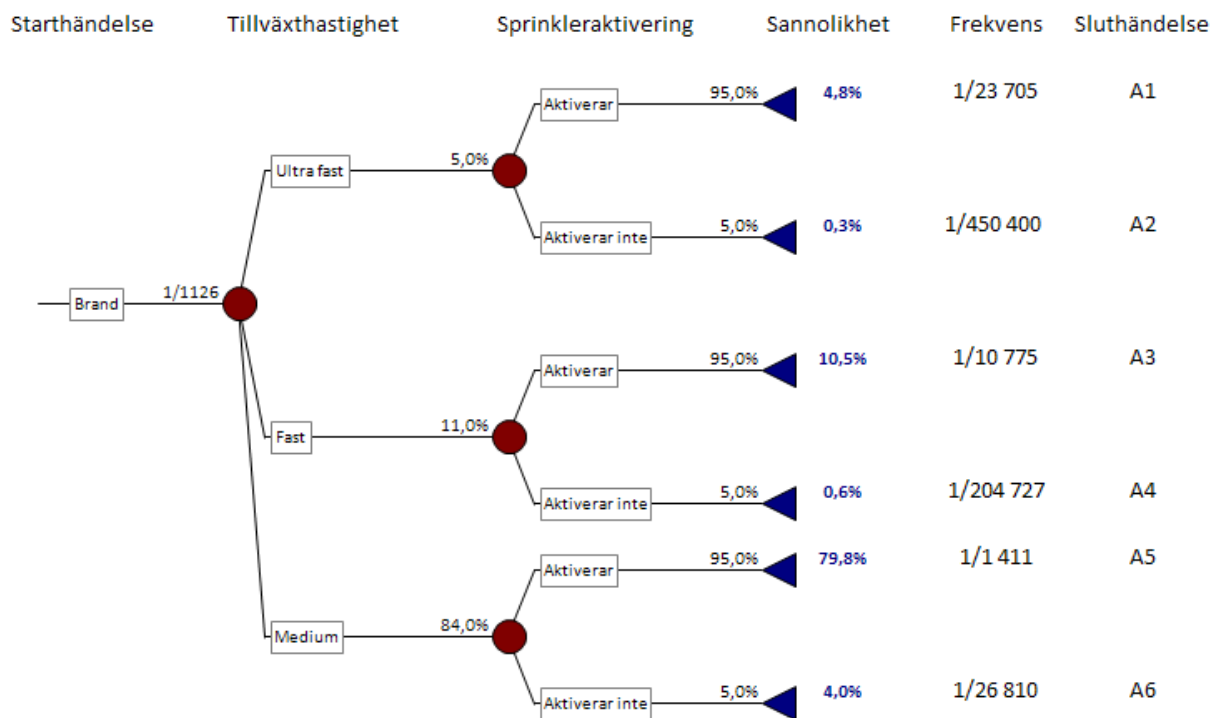


Foto 7.2 Gångstråk på nedre plan i Chilli.

En brand i butiken kan medföra stora konsekvenser på grund av den höga brandbelastningen i form av möbler och textilier. Inredningen är även placerad tätt och staplad på relativt höga höjder, se foto 7.2, vilket bidrar till stor risk för brandspridning och en snabb brandtillväxt. För att utreda konsekvenserna av ett brandförlopp i butiken antas en brand starta i källarplan, där anlagd brand samt tekniskt fel är tänkbara orsaker. Vidare antas personal på plats inte kunna ingripa för att förhindra brandförloppet.

7.1 Scenarioanalys

Givet att brand uppstår i Chilli är flera händelseförlopp tänkbara. Kritiska parametrar för brandens utveckling är dess tillväxthastighet samt om aktivering av det befintliga sprinklersystemet sker. Statistik visar att sprinklersystems tillförlitlighet är cirka 95 % (Johansson, 1999). Statistik visar även att *medium* är den mest förekommande tillväxthastigheten i varuhus men då även *fast* och *ultrafast* förekommer (Holborn, Nolan, & Golt, 2004), undersöks även dessa tillväxthastigheter för att reducera osäkerheter samt undersöka känsligheten för brandens tillväxt. Enligt *Enclosure fire dynamics* rekommenderas *ultrafast* tillväxthastighet vid dimensionerande bränder för köpcentrum (Karlsson & Quintere, 2000). Sannolikheten för respektive tillväxthastighet redovisas i figur 7.1.1, där frekvensen för starthändelsen är hämtad från bilaga B tabell B.1. En noggrannare analys av brandspridning för att uppskatta tillväxtfasen, i form av strålningsberäkningar, görs inte eftersom den dimensionerande branden skall vara så generell som möjligt. Detta för att branden inte ska vara beroende av var i butiken det börjar brinna och på möblemangets tillfälliga placering.

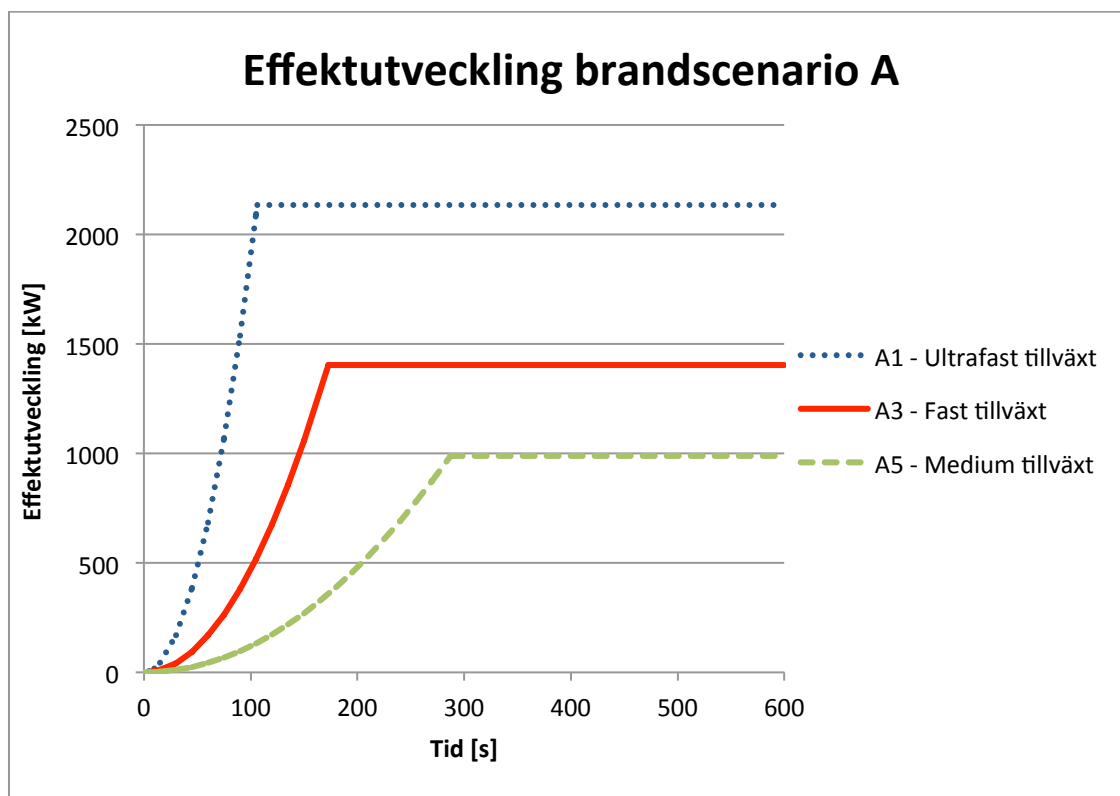


Figur 7.1.1 Händelseförlopp vid brand i Chilli.

Då frekvensen för slutändelse A2 är en gång på 450400 år, se figur 7.1.1, bedöms detta scenario vara för osannolikt för att en mer detaljerad analys skall anses nödvändig. Sluthändelse A4 väljs att analyseras vidare även då det också är ett osannolikt scenario för att få en uppfattning om sprinklersystemets betydelse för utrymningssäkerheten, sluthändelse A4 anses även täcka in sluthändelse A6 då tillväxthastigheten är större för A4. Sluthändelserna A1, A3, A4 och A5 väljs därför för en vidare analys med hjälp av FDS-simuleringar.

7.1.1 Effekttutveckling vid sprinkleraktivering

För att kunna uppskatta effekttutvecklingen i de scenarier då sprinklersystemet fungerar uppskattas tiden till sprinkleraktivering med DetactQS, se bilaga C. Effekttutvecklingen antas följa en exponentiell tillväxtkurva till dess att sprinkler aktiveras (Karlsson & Quintiere, 2000). Då detta sker görs antagandet att tillväxten stannar upp och branden hålls kontrollerad med en konstant effekttutveckling (Nystedt, 2011), se figur 7.1.1.1.



Figur 7.1.1.1 Effekttutveckling vid brand i Chilli.

Tiderna till sprinkleraktivering vid *ultrafast*, *fast* respektive *medium* brandtillväxt redovisas i tabell 7.1.1.1.

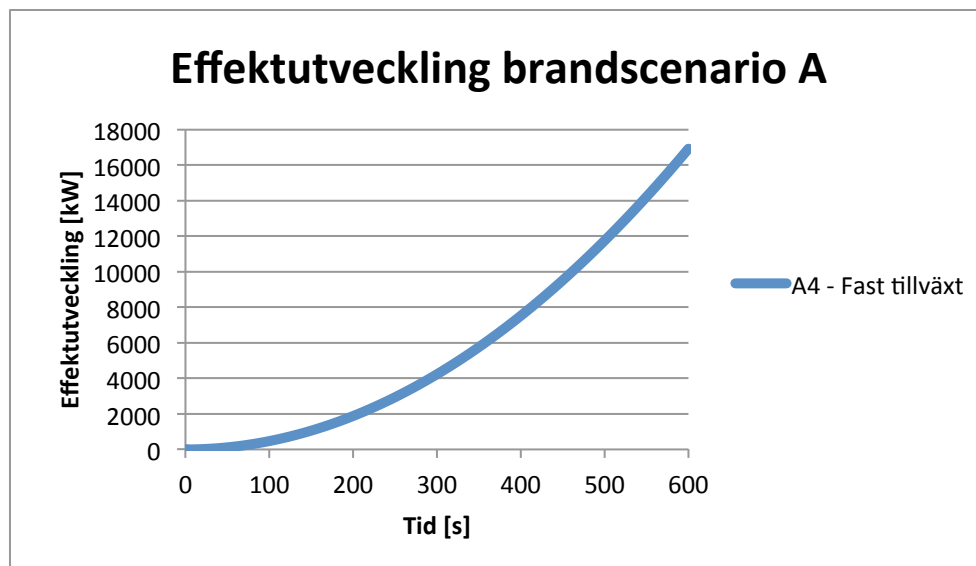
Tabell 7.1.1.1 Tid till sprinkleraktivering.

Sluthändelse	Sprinkleraktivering [s]
A1 - Ultrafast	106
A3 - Fast	173
A5 - Medium	287

7.1.2 Effektutveckling utan sprinkleraktivering

Uppskattning av effektutveckling för dimensionerande brand A4 i Chilli, då sprinklersystemet inte fungerar, baseras på experimentella försök. Enligt *Initial Fires* utvecklas brand i exempelvis en soffa enligt en tillväxthastighet som ligger mellan *medium* och *fast* (Särdqvist, 1993). BBRAD rekommenderar vid en dimensionerande brand då sprinklersystemet inte fungerar en *fast* tillväxthastighet samt en maximal effektutveckling på 2 MW (Boverket, 2011a). Denna maxeffekt är lågt dimensionerad på grund av att rekommendationerna tar hänsyn till den låga sannolikheten att ett tekniskt system fallerar samtidigt som branden är stor (Boverket, 2011b). Ur effektutvecklingssynpunkt anses dock en maxeffekt på 2 MW vara lågt, eftersom det inte finns något tekniskt system som begränsar brandens tillväxt.

Eftersom brandbelastningen i Chilli är stor och branden bedöms bli bränslekontrollerad då stora öppningar till butiken förser branden med syre, se bilaga D, kommer branden fortsätta tillväxa till dess att bränslet begränsar tillväxten. Övertändning förväntas inte uppstå under de tio första minuterna då FDS-simuleringarna visar att temperaturen i brandgaslagret under denna tid inte uppnår 500 °C, vilket är ett kriterium för att övertändning skall kunna inträffa (Karlsson & Quintiere, 2000). Rapporten behandlar dock enbart personsäkerhet och därför analyseras endast det tidiga skedet av branden då utrymning beräknas ske. För att göra en konservativ bedömning används en kontinuerlig tillväxthastighet motsvarande *fast* under tio minuter, se figur 7.1.2.1.



Figur 7.1.2.1 Effektutveckling vid *fast* tillväxt utan sprinkleraktivering.

7.2 Tid till kritiska förhållanden

Enligt FDS-simuleringarna för sluhändelserna A1, A3, A4 samt A5 kommer kritiska förhållanden, vilka definieras i kapitel 4.1, för brandgaslagrets höjd att uppnås först. Trots att brandgaslagrets höjd uppnår kritiska förhållanden anses utrymning kunna ske under acceptabla förhållanden så länge sikten samtidigt överstiger 5 meter. Enligt BBRAD's rekommendationer mäts sikten och temperaturen på en höjd av 2 meter (Boverket, 2011a). Tabell 7.2.1 är en sammanställning av tiden till att kritiska förhållanden uppstår, där kritisk tid infaller då kriterierna för sikt och brandgaslagrets höjd fallerar. I samtliga fall kommer inte temperaturen påverka den kritiska tiden.

Kritiska förhållanden förväntas inte uppstå på plan 1. Detta då takhöjden är 7,6 meter samt att omgivande väggar inte går ända upp till taket, därmed kan brandgaserna spridas vidare inom rökzonen. Vidare förväntas inte kritiska förhållanden uppstå i gångstråken utanför butiken på grund av den omfattande volymen samt att simuleringar från en brand i ett gångstråk visar att kritiska förhållanden inte uppstår inom simuleringstiden på 10 minuter, se bilaga F.

Tabell 7.2.1 Tid till kritiska förhållanden, angivet i sekunder.

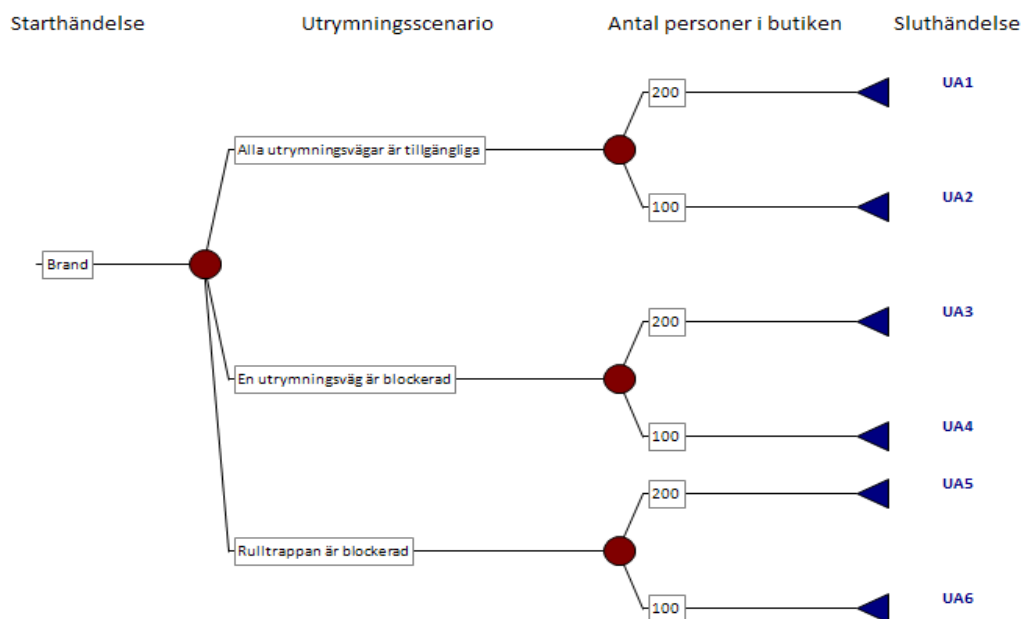
Parameter	Kritiska förhållanden	Tid till kritiska förhållanden [s]			
		Sluthändelse			
		A1 - Ultrafast med sprinkler	A3 - Fast med sprinkler	A4 - Fast utan sprinkler	A5 - Medium med sprinkler
Brandgaslagrets höjd	<2,1 m över golvet	95	135	135	206
Temperatur	>80 °C	>600	>600	326	>600
Sikt	5 m	120	190	190	262
Kritisk tid		120	190	190	262

För att undersöka huruvida strålningen påverkar människorna i Chilli används handberäkningar. I de fall då sprinkleraktivering sker används den maximala effekten för att beräkna flammhöjden vid strålningsberäkningarna. För övriga fall används tiden till dess att kritiska nivåerna uppnås som referenstid för att uppskatta brandens effektutveckling. Därefter beräknas det avstånd från branden vid vilken kritisk strålningsnivå på 2,5 kW/m² uppnås. Detta ger ett mått på hur nära branden människor kan vistas utan att utsättas för kritiska strålningsnivåer. Beräkningarna visar att kritisk strålningsnivå inte uppstår i Chilli utanför en radie av 4-6 meter runt branden beroende på brandscenario, se bilaga G tabell G.1. Detta ger att maximalt en nödutgång kan blockeras av branden. Kritisk strålning från brandgaslagret uppnås inte i Chilli då det under simuleringstiden inte uppstår tillräckligt höga temperaturer i brandgaslagret, se bilaga F. Därför bedöms inga personer bli instängda på grund av kritiska strålningsnivåer då de alltid har möjlighet att välja en annan nödutgång.

7.3 Utrymning

Valda utrymningsscenarier i Chilli beaktas möjligheterna för utrymning då alla utrymningsvägar är tillgängliga, då ena utrymningsvägen på källarplanet är blockerad samt då rulltrappan som förbinder våningsplanen är blockerad. Dessa scenarion väljs då strålningsberäkningarna, som redovisas i bilaga G, visar att strålningen från branden maximalt kan blockera en utrymningsväg oavsett brandens placering i lokalen. Vidare motiveras valet av utrymningsscenarier utifrån platsbesöket som visade att nödutgångarna i källarplanet var blockerade av inredning, se foto 7.1 och 7.6.1.

Enligt BBR är persontätheten för denna typ av verksamhet 0,5 människor/m² nettoarea (Boverket, 2011c). Källarplanets nettoarea är cirka 700 kvadratmeter, dock bedöms det högst orimligt att 350 personer vistas i källarplanet samtidigt med tanke på dess omfattande inredning och brist på fria ytor. Istället görs en kvalitativ bedömning, utifrån platsbesöket, av personantalet där utrymningsmöjligheterna analyseras då 50 respektive 100 personer vistas på vardera våningsplan i butiken samtidigt. Valda utrymningsscenarier visas i figur 7.3.1.



Figur 7.3.1 Utrymningsscenarier i Chilli.

7.3.1 Varseblivningstid

Tiden från det att brand uppstår tills att brandlarmet aktiveras beräknas med hjälp av FDS-simuleringar, se bilaga F. I beräkningarna används den tid det tar för två rökdetektorer att detektera branden, detta på grund av att det är först då brandlarmet aktiveras och därmed tas ingen hänsyn till larmlagring vilken endast sker vid aktivering av en rökdetektor. Det bedöms mer realistiskt att två detektorer aktiveras innan väktare hinner verifiera branden vilket stärks av incidenten som beskrivs i kapitel 3.9. Varseblivningstiderna för de olika brandscenarierna i Chilli redovisas i tabell 7.3.1.1. I rapporten används samma varseblivningstid för samtliga personer oavsett om de antas se branden eller inte.

Tabell 7.3.1.1 Tid till aktivering av utrymningslarm i Chilli.

Scenario	Tid till aktivering av utrymningslarm [s]
A1 - Ultrafast med sprinkler	33
A2 - Ultrafast utan sprinkler	33
A3 - Fast med sprinkler	48
A4 - Fast utan sprinkler	48
A5 - Medium med sprinkler	76
A6 - Medium utan sprinkler	76

7.3.2 Förberedelse och förflyttningstid

BBRAD rekommenderar en förberedelsetid på en minut för varuhus i både de fall som personerna ser och inte ser branden om utrymningslarmet utgörs av ett informativt talat meddelande (Boverket, 2011a). Detta bedöms vara en orimligt lång tid eftersom personerna befinner sig i brandrummet vilket

är en relativt liten lokal, personerna förväntas därmed se branden och brandröken i ett tidigt skede. En reducering av förberedelsetiden anses därför rimlig.

Förberedelsetiden uppskattas istället kvalitativt och antas variera mellan 10 och 45 sekunder.

Personerna antas vara jämt fördelade i lokalen och ett fåtal personer antas befinna sig nära branden och därmed ha en förberedelsetid på endast 10 sekunder. Majoriteten av besökarna antas ha 30 sekunders förberedelsetid och resterande 45 sekunder. Detta antagande styrks då FDS-simuleringarna påvisar rökspridning i lokalen vid dessa tidpunkter. Simuleringar görs sedan i SIMULEX för att få fram en förflyttningstid, se bilaga E. De uppskattade förberedelsetiderna används i programmet och därmed är förberedelsetiden inräknad i förflyttningstiden.

För att få ett realistiskt utrymningsförlopp definieras vilka utrymningsvägar olika personer väljer, detta på grund av att de allra flesta besökare väljer att utrymma genom den väg de kom in genom, se kapitel 4.3. Exakta fördelningar av personernas förberedelsetid och val av utrymningsvägar redovisas i bilaga E. Förflyttningstiden för de olika utrymningsscenarierna enligt SIMULEX-simuleringarna redovisas i tabell 7.3.2.1.

Tabell 7.3.2.1 Förflyttningstid för de olika utrymningsscenarierna.

Scenario	Förflyttningstid [s]
UA1	145
UA2	127
UA3	174
UA4	156
UA5	90
UA6	96

7.3.3 Total utrymningstid

Vid fastställning av den totala utrymningstiden summeras slutligen varseblivningstiden och förflyttningstiden, då förberedelsetiden ingår i förflyttningstiden. Resultaten redovisas i tabell 7.3.3.1.

Tabell 7.3.3.1 Total utrymningstid angiven i sekunder.

Brandscenario	Utrymningsscenario					
	UA1	UA2	UA3	UA4	UA5	UA6
A1	178	160	207	189	123	129
A3	193	175	222	204	138	144
A4	193	175	222	204	138	144
A5	221	203	250	232	166	172

7.4 Tidsmarginal

Tidsmarginalen avser tidsskillnaden mellan den tid det tar till att kritiska förhållanden uppstår och den totala utrymningstiden. Är tidsmarginalen positiv innebär det att skydds målet uppfylls, samtliga personer hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Värdet anger tiden från att sista

personen lämnat utrymnet till dess att kritiska förhållanden uppstår. Negativa värden anger under hur lång tid personer måste utrymma under kritiska förhållanden. Tabell 7.4.1 redovisar tidsmarginalerna för samtliga scenarier i Chilli.

Tabell 7.4.1 Tidsmarginal, angiven i sekunder, mellan kritiska förhållanden och den totala utrymningstiden.

Brandscenario	Utrymningsscenario					
	UA1	UA2	UA3	UA4	UA5	UA6
A1	-58	-40	-87	-69	-3	-9
A3	-3	15	-32	-14	52	46
A4	-3	15	-32	-14	52	46
A5	41	59	12	30	96	90

7.5 Diskussion av Chilli

Eftersom tidsmarginalen är negativ i flera av fallen innebär det att åtgärder måste vidtas för att skyddsmålet skall kunna uppfyllas.

Då samtliga brandscenarier har störst positiv tidsmarginal för utrymningsscenario UA5 och UA6, där utrymning endast kan ske via nödutgångarna, visar det på vikten att befintliga nödutgångar används. Dessutom visar resultatet att samtliga brandscenarier får mest negativa tidsmarginaler i utrymningsscenario UA3 och UA4, då en av nödutgångarna är blockerad, vilket stärker resonemanget om nödutgångarnas användning vid utrymning. Den bidragande faktorn till detta resultat är att rulltrappan orsakar köbildningar som förlänger utrymningsförloppet.

Personer som utrymmer via rulltrappan måste passera genom brandgaserna vilket ytterligare stärker behovet av tydligt markerade nödutgångar. Anledningen till att utrymning genom brandgaser i rulltrappan anses acceptabel är först och främst på grund av att tilluften till branden tas in via denna öppning, vilket medför att personerna möts av tillströmmande frisk luft. Även sikten i detta utrymme är troligen bättre än vad simuleringarna visar då det bör förekomma ljusinsläpp från ovanvåningen.

Det bör dock noteras att utrymningen av personerna via rulltrappan anses avslutad först då personerna lämnar butikens huvudentré på plan 1 och de kritiska förhållandena definieras för nedre plan. Detta ger ett konservativt värde på tidsmarginalen i de fall utrymning sker via rulltrappan.

7.6 Förslag på åtgärder

För att skyddsmålet skall kunna uppfyllas bör följande säkerhetsåtgärder genomföras.

- *Säkerställa att befintliga brandgasfläktar är rätt dimensionerade*

För att öka bortförseeln av giftiga brandgaser och därmed förlänga tiden till att kritiska förhållanden uppstår bör det finnas brandgasfläktar i taket på källarplanet. I dagsläget finns det brandgasfläktar installerade på Väla Centrum, dessa har dock inte tagits med i de inledande simuleringarna då mer

ingående information kring deras funktion och placering inte varit tillgänglig. Eftersom tillfredsställande utrymning ej sker i flera av scenarierna är det därför viktigt att fläktarna fungerar som tänkt.

- *Säkerställa att nödutgångarna inte är blockerade*



Skylttext på dörren:

Dörr larmad används endast vid nödutrymning.

Foto 7.6.1 Nödutgång på källarplan.

SIMULEX-simuleringarna visar att utrymningstiderna reduceras kraftigt vid användning av nödutgångarna, därmed är det viktigt att dessa är lättillgängliga och utformade så att de blir lätta att upptäcka. Därför skall ytor intill nödutgångar samt gångstråk alltid vara fria från inredning, vilket inte uppfylldes under platsbesöket, se foto 7.6.1. För att göra nödutgångarna mer användarvänliga skulle dörrens skylt kunna vara grön istället för röd, då rött signalerar ”använd ej”¹⁰. I tillägg skulle dörren kunna vara av annan färg än kringliggande väggar för lättare urskiljning av denna. En annan åtgärd är att installera en panikregel som öppningsanordning, då den bedöms vara lättare att använda än det befintliga dörrhandtaget.

7.7 Tidsmarginal efter åtgärdsförslag

Åtgärdsförslag väljs att simuleras för två fall, ett scenario med sprinklerfallering och ett med fungerande sprinklersystem. *Medium* tillväxt med sprinkleraktivering väljs att simuleras på grund av att scenariot är statistiskt mest förekommande. I fallet med sprinklerfallering väljs scenario A4, *fast*

¹⁰ Daniel Nilsson, Universitetslektor Lunds universitet, föreläsning Brandteknisk Riskvärdering, 2012-01-25

tillväxt att simuleras med åtgärder trots att scenario A6 är statistiskt mer förekommande. Detta för att få en kontroll av en snabbare brandtillväxt samt att scenario A6 bedöms täckas in av A4.

Enligt befintlig brandskyddsdocumentation framgår att det finns brandgasfläktar i rökzonen där Chilli är lokaliserad med en kapacitet på 8 m³/s (Dagneryd, 2009). Då detaljerad information kring placering och funktion saknas används vid kontroll av åtgärdsförslag i FDS-simuleringar två fläktar, placerade i takhöjd med en kapacitet på 4 m³/s vardera. Som tilluftsöppning används öppningen via rulltrappan vilken bedöms vara tillräcklig då den är cirka 33 kvadratmeter.

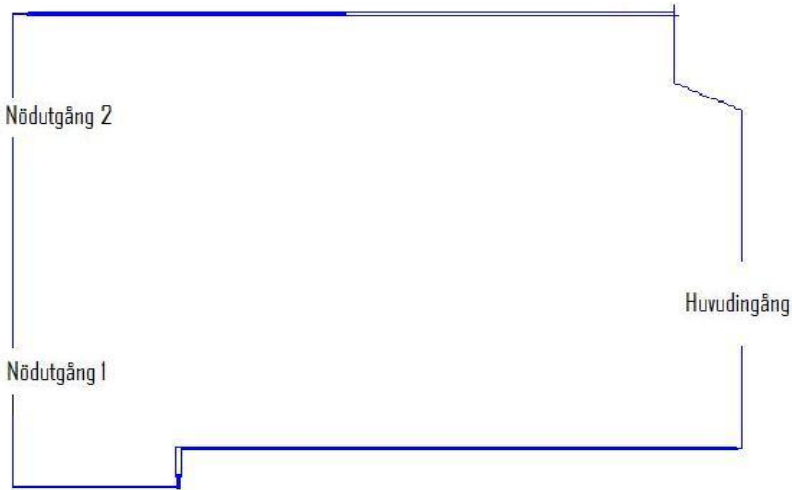
Enligt simuleringar med åtgärdsförslag, se bilaga F, kommer fungerande brandgasfläktar förlänga tiden till dess att kritiska förhållanden uppstår. Enligt analysen innan åtgärdsförslag uppstår kritiska förhållanden efter cirka 190 sekunder för scenario A4. Med åtgärdsförslag uppstår kritiska förhållanden efter drygt 240 sekunder, vilket ger cirka 50 sekunders längre utrymningstid. Detta resulterar i en positiv tidsmarginal för samtliga utrymningsscenarier för en *fast* tillväxt utan sprinkler. Scenario A4 bedöms även täcka in scenariot A3, *fast* tillväxt med sprinkleraktivering då tillväxthastigheten är densamma i de båda scenarierna.

För scenario A5, *medium* tillväxt med sprinkleraktivering är tidsmarginalerna positiva för samtliga utrymningsscenarier redan innan åtgärdsförslag. Med fungerande brandgasfläktar kommer tidsmarginalerna att öka, se bilaga F, då kritiska förhållanden uppstår efter 300 sekunder istället för 260 sekunder.

På grund av låg sannolikhet för *ultrafast* brandtillväxt görs ingen kontroll av åtgärdsförslagen i detta scenario. Fläktar som åtgärdsförslag kommer även i detta fall påverka tidsmarginalen positivt, men i vilken mån tiden till kritiska förhållanden påverkas har inte analyserats.

8. Brandscenario B - Brand i New Yorker

Klädbutiken New Yorker utgör en av centrumets större butiker, med måtten 34x33 meter och en takhöjd på 3,8 meter. Butiken har en huvudingång som är 3,5 meter bred samt två av varandra oberoende nödutgångar vilka är 1,8 meter breda och placerade på den bakre väggen, se figur 8.1.



Figur 8.1 Översiktsritning över New Yorker.

Samtliga väggar inklusive nödutgångsdörrar är svartmålade, vilket försvårar urskiljningen av dörrarna. Utrymningsskyltarna som markerar nödutgångarna är av en nyare mindre modell med LED-belysning, se foto 8.1. Dessa är placerade strax under taket högt ovanför dörrarna, vilket inte anses vara optimalt ur utrymningssynpunkt. En fördel vid utrymning av butiken är dess breda genomgående gångstråk som är fri från inredning och kläder.



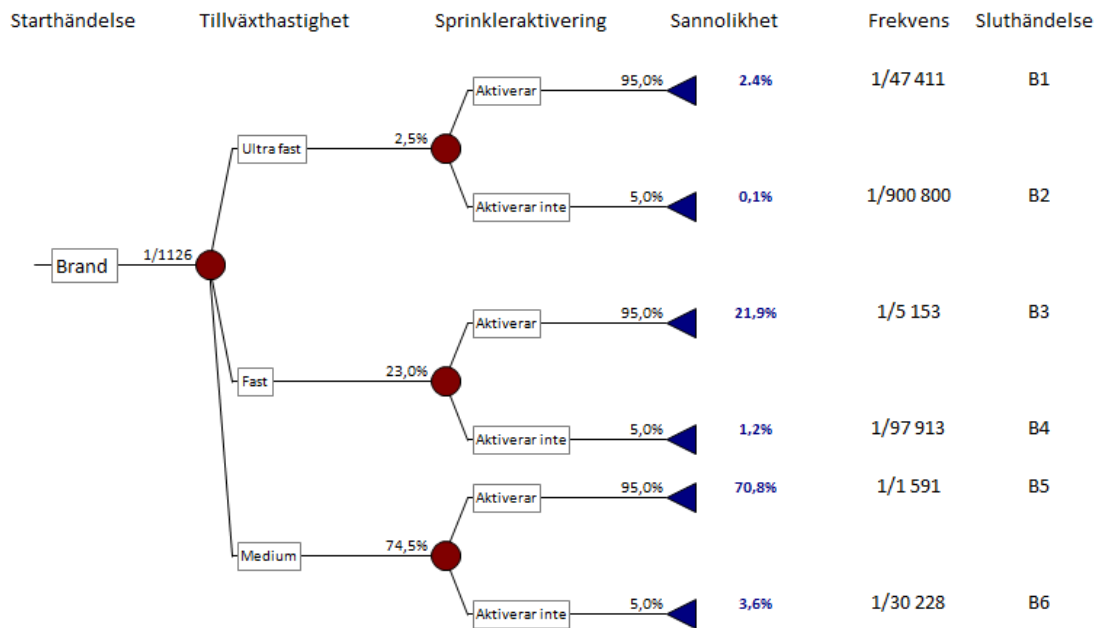
Foto 8.1 New Yorker, notera utrymningsskyltens placering vid nödutgången.

Kläderna i butiken är uppställda på klädställ, hängandes på galgar samt vikta i högar på hyllor. Den stora mängden kläder bidrar till en hög brandbelastning och risk för ett snabbt brandförlopp. Den dimensionerande branden antas starta i en klädställning, där tänkbara tändkällor är tekniskt fel och anlagd brand. Vidare antas att personal på plats inte ingriper för att förhindra brandförloppet.

8.1 Scenarioanalys

Vid brand i New Yorker är ett flertal olika händelseförlopp tänkbara. Vid bedömning av sannolikheten för troliga tillväxthastigheter kombineras statistik från varuhus med statistik från klädaffärer. Enligt statistiken från varuhus är sannolikheten för tillväxthastigheten *medium* 84 %, för *fast* 11 % och för *ultrafast* 5 % (Holborn, Nolan, & Golt, 2004). Denna statistik bygger på utvärdering av verkliga bränder medan statistiken för klädaffärer bygger på kvalitativa uppskattningar av tillväxthastigheter i klädbutiker med en area på 900 kvadratmeter. Dessa uppskattningar visar att sannolikheten för tillväxthastigheten *medium* är 38 %, för *fast* 26 % medan resterande 36 % ligger på en tillväxthastighet däremellan (Johansson, 1999).

För att kunna använda resultaten från de båda rapporterna adderas procentsatsen från den mellanliggande tillväxthastigheten till tillväxthastigheterna *medium* och *fast* i statistiken från klädbutikerna, vilket resulterar i 65 % sannolikhet för *medium* och 35 % sannolikhet för *fast*. Därefter beräknas ett medelvärde fram utifrån de båda rapporterna. Sannolikheten för de olika tillväxthastigheterna bedöms därmed vara enligt figur 8.1.1. Även i detta fall undersöks hur sprinklersystemet påverkar effektutvecklingen, tänkbara händelseförlopp illustreras i figur 8.1.1, där frekvensen för starthändelsen är hämtad från bilaga B tabell B.1

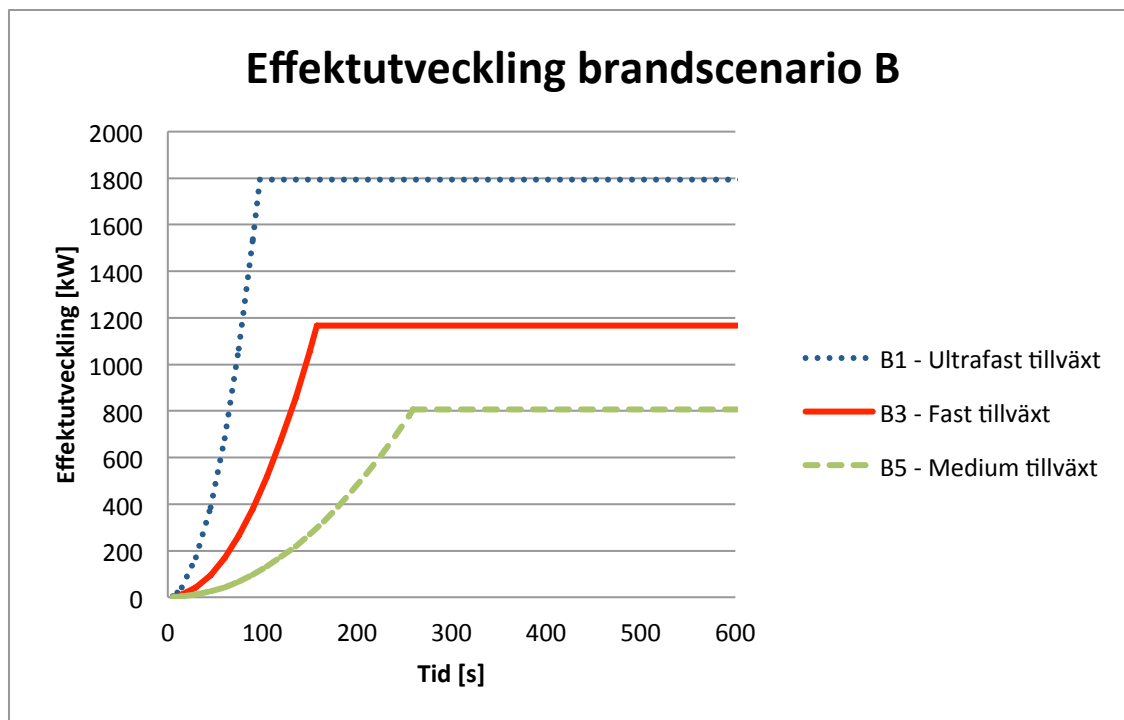


Figur 8.1.1 Händelseförlopp vid brand i New Yorker.

Sluthändelserna B1, B3, B4 och B5 väljs att analyseras vidare med hjälp av FDS-simuleringar. Enligt frekvensen i figur 8.1.1 antas sluthändelse B2 inträffa en gång på 900800 år, vilket bedöms vara för osannolikt för att simuleringar av detta scenario skall utföras. Då scenario B6 bedöms täckas in av scenario B4 utförs inga simuleringar för scenario B6.

8.1.1 Effektutveckling vid sprinkleraktivering

Effektutvecklingen antas följa en exponentiell tillväxtkurva till dess att sprinkler aktiverar, där tiden till aktivering uppskattas med datorprogrammet DetactQS, se bilaga C. Vid sprinkleraktivering görs antagandet att tillväxten stannar upp och branden hålls kontrollerad med en konstant effektutveckling (Nystedt, 2011), se figur 8.1.1.1.



Figur 8.1.1.1 Effektutveckling vid brand i New Yorker.

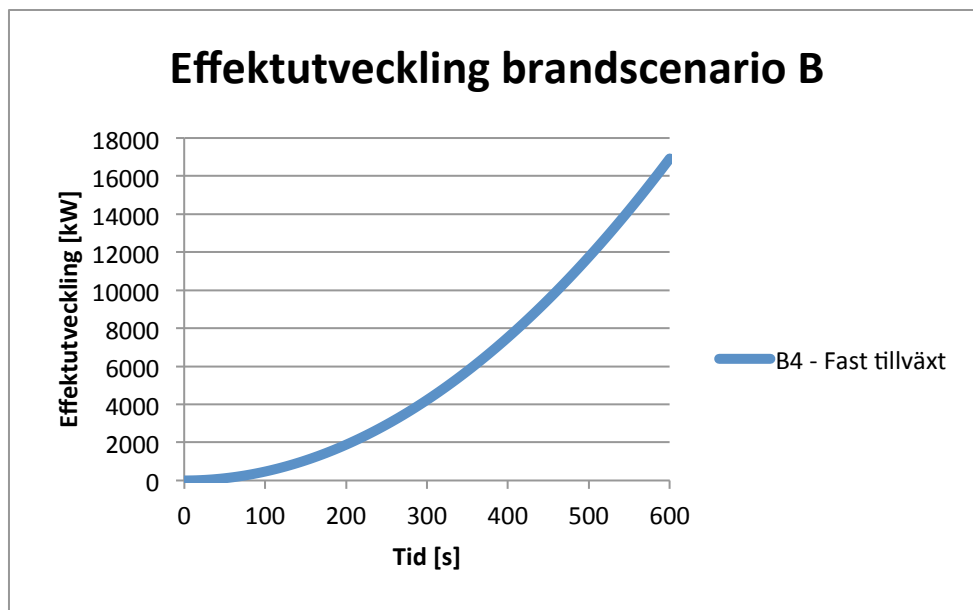
Tiderna till sprinkleraktivering vid *ultrafast*, *fast* och *medium* tillväxt visas i tabell 8.1.1.1.

Tabell 8.1.1.1 Tid till sprinkleraktivering.

Sluhändelse	Sprinkleraktivering [s]
B1 – Ultrafast med sprinkler	97
B3 – Fast med sprinkler	158
B5 – Medium med sprinkler	259

8.1.2 Effektutveckling utan sprinkleraktivering

Då brandbelastningen i New Yorker är stor och branden bedöms bli bränslekontrollerad, se bilaga D, kommer branden fortsätta tillväxa tills bränslet begränsar tillväxten. Övertändning förväntas inte uppstå under de tio första minuterna då FDS-simuleringarna visar att temperaturen i brandgaslagret under denna tid inte uppnår 500 °C. För att göra en konservativ bedömning av utrymningsmöjligheterna används en kontinuerlig tillväxthastighet motsvarande *fast* under tio minuter, se figur 8.1.2.1.



Figur 8.1.2.1 Effektutveckling vid *fast* tillväxt utan sprinkleraktivering.

8.2 Tid till kritiska förhållanden

Tabell 8.2.1 visar tiden tills dess att kritiska förhållanden uppstår i New Yorker för respektive brandscenario. Enligt BBRAD's rekommendationer mäts sikt- och temperaturförhållandena på en höjd av 2 meter. Simuleringarna i FDS visar att kritiska förhållanden för brandgaslagrets höjd kommer att uppnås snabbast. Trots att brandgaslagrets höjd uppnår kritiska förhållanden anses utrymning kunna ske under acceptabla förhållanden så länge sikten samtidigt överstiger 5 meter (Boverket, 2011a). Temperaturen uppnår aldrig kritiska förhållanden i de fall då sprinkleraktivering sker.

Kritiska förhållanden antas inte uppstå i gångstråken utanför butiken på grund av dess omfattande volym. Detta antagande styrs av simuleringar av brand i ett gångstråk där kritiska förhållanden inte uppstår under simuleringstiden på 10 minuter, se bilaga F.

Tabell 8.2.1 Tid till kritiska förhållanden, angivet i sekunder.

Parameter	Kritiska förhållanden	Tid till kritiska förhållanden			
		Sluthändelse			
		B1 - Ultrafast med sprinkler	B3 - Fast med sprinkler	B4 - Fast utan sprinkler	B5 - Medium med sprinkler
Brandgaslagrets höjd	<2,0 m över golvet	130	140	140	193
Temperatur	80 °C	>600	>600	400	>600
Sikt	5 m	185	250	250	330
Kritisk tid		185	250	250	330

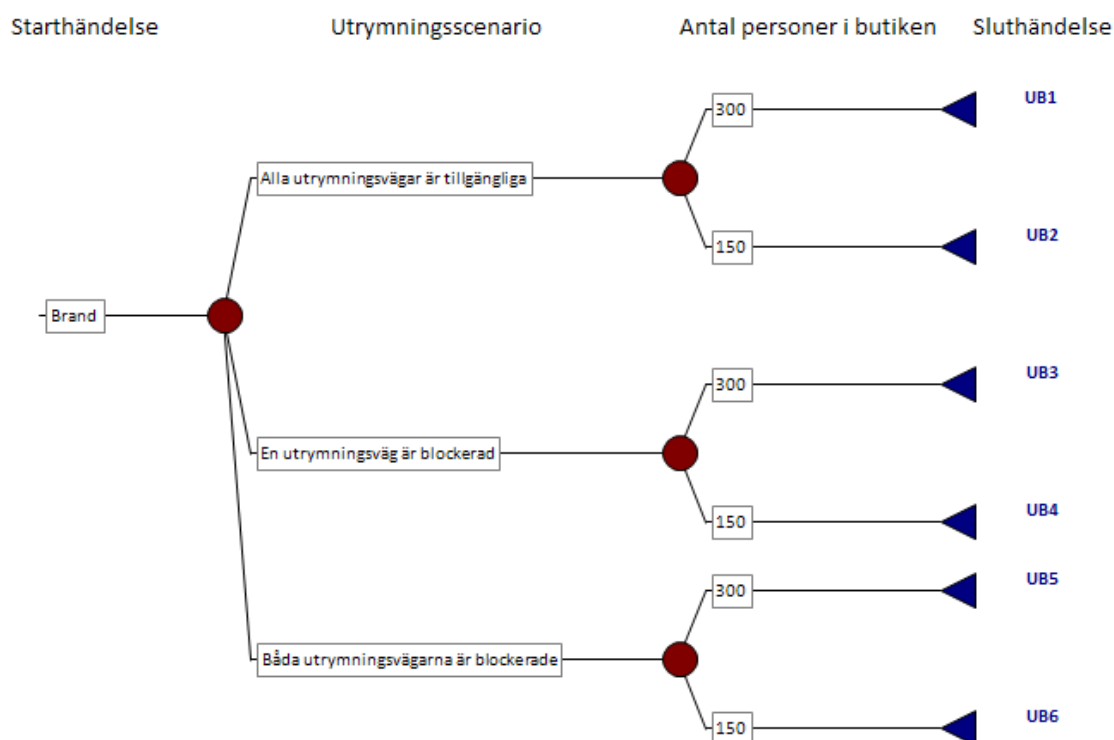
För att undersöka huruvida strålningen påverkar människorna i New Yorker görs handberäkningar. I de fall då sprinkleraktivering sker används maximala effekten för att beräkna flamhöjden vid strålningsberäkningar. För övriga fall används tiden till dess att kritiska nivåer uppnås som referenstid

för att uppskatta brandens effektutveckling. Därefter beräknas det avstånd från branden vid vilken kritisk strålningsnivå uppnås. Detta ger ett mått på hur nära branden människorna kan vistas utan att utsättas för kritiska strålningsnivåer. Beräkningarna visar att kritisk strålningsnivå inte uppstår i New Yorker utanför en radie av 4,5-6 meter runt branden beroende på brandscenario, se bilaga G tabell G.2. Detta ger att maximalt en nödutgång kan blockeras av branden. Kritisk strålning från brandgaslagret uppnås inte i New Yorker då det under simuleringstiden inte uppstår tillräckligt höga temperaturer i brandgaslagret, se bilaga F. Därför bedöms inga personer bli instängda på grund av kritiska strålningsnivåer då de alltid har möjlighet att välja en annan nödutgång.

8.3 Utrymning

Valda utrymningsscenarier i New Yorker beaktar möjligheterna för utrymning då samtliga utrymningsvägar är tillgängliga, då brand omöjliggör utrymning genom en av nödutgångarna eller via båda nödutgångarna. Utrymningsscenarierna väljs utifrån platsbesöket där brister i utformning av nödutgångar observerades. Då nödutgångarna liksom väggarna är svartmålade blir de svåra att upptäcka. Vidare visar strålningsberäkningar, som redovisas i bilaga G, att strålningen från branden maximalt kan blockera en utrymningsväg oavsett brandens placering i lokalen. Därför väljs det att undersöka hur användandet av nödutgångar påverkar utrymningsförloppet.

Då New Yorker är en av de större butikerna på Väla Centrum innebär det enligt BBR's rekommendationer kring dimensionerande persontäthet på 0,5 personer/m² per nettoarea att samtidigt skulle vistas cirka 550 personer i butiken då denna har en area på cirka 1100 kvadratmeter (Boverket, 2011c). Det dimensionerande personantalet bedöms orimligt hög på grund av den omfattande inredningen. Av denna anledning görs en kvalitativ bedömning, utifrån platsbesöket, av antalet personer som maximalt kan vistas i butiken samtidigt. Därför utreds utrymningsmöjligheterna då 150 respektive 300 personer vistas i butiken. Valda utrymningsscenarier visas i figur 8.3.1.



Figur 8.3.1 Utrymningsscenarier i New Yorker.

8.3.1 Varseblivningstid

Varseblivningstiden i de olika brandscenarierna i New Yorker beräknas fram med hjälp av FDS-simuleringar enligt samma förutsättningar som i brandscenario A och redovisas i tabell 8.3.1.1.

Tabell 8.3.1.1 Tid till aktivering av utrymningslarm i New Yorker.

Scenario	Tid till aktivering av utrymningslarm [s]
B1 - Ultrafast med sprinkler	33
B3 - Fast med sprinkler	48
B4 - Fast utan sprinkler	48
B5 - Medium med sprinkler	70

8.3.2 Förberedelsetid och förflyttningstid

Föreberedelsetiden uppskattas kvalitativt och ingår i förflyttningstiden som uppskattas med SIMULEX-simuleringar, se tabell 8.3.2.1. Grundförutsättningar gällande personernas placering i lokalen och fördelning av förberedelsetid är samma som i brandscenario A, se kapitel 7.3.2, med skillnaden att alla befinner sig på samma våningsplan. Exakta fördelningar av personantal, deras förberedelsetider och val av utrymningsväg redovisas i bilaga E.

Tabell 8.3.2.1 Förflyttningstid för de olika utrymningsscenarierna.

Scenario	Förflyttningstid [s]
UB1	90
UB2	85
UB3	105
UB4	88
UB5	108
UB6	87

8.3.3 Total utrymningstid

Vid beräkning av den totala utrymningstiden summeras varseblivningstiden med förflyttningstiden då förberedelsestiden är inräknad i förflyttningstiden, resultaten redovisas i tabell 8.3.3.1.

Tabell 8.3.3.1 Total utrymningstid angiven i sekunder.

Brandscenario	Utrymningsscenario					
	UB1	UB2	UB3	UB4	UB5	UB6
B1	123	118	138	121	141	120
B3	138	133	153	136	156	135
B4	138	133	153	136	156	135
B5	160	155	175	158	178	157

8.4 Tidsmarginal

Tidsmarginalen för samtliga scenarier i New Yorker redovisas i tabell 8.4.1. Då alla värden är positiva innebär det att utrymning kommer kunna ske innan kritiska förhållanden uppstår i samtliga fall.

Tabell 8.4.1 Tidsmarginalen, angiven i sekunder, mellan kritiska förhållanden och den totala utrymningstiden.

Brandscenario	Utrymningsscenario					
	UB1	UB2	UB3	UB4	UB5	UB6
B1	62	67	47	64	44	65
B3	112	117	97	114	94	115
B4	112	117	97	114	94	115
B5	170	175	155	172	152	173

8.5 Diskussion av New Yorker

Eftersom tidsmarginalen är positiv i samtliga fall kommer utrymning kunna säkerställas även i de scenarier då en nödutgång är blockerad och då båda utrymningsvägarna är blockerade, därför lämnas inga förslag på åtgärder som *skall* vidtas. Däremot lämnas förslag på åtgärder som *bör* vidtas efter brister som observerats vid platsbesöket.

Att tidsmarginalen är större vid *ultrafast* än *fast* beror på att varseblivningstiden är kortare då branden tillväxer snabbare vilket medför en snabbare aktivering av utrymningslarmet.

8.6 Förslag på åtgärder

Även då skyddsmålet uppnås bör följande åtgärd genomföras.

- *Nödutgångarnas utformning bör förbättras*

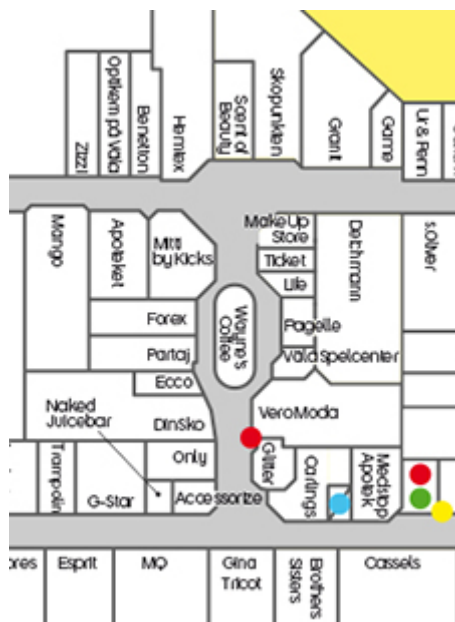
Då både nödutgångarna och väggar är svartmålade är dörrarna svåra att urskilja, se foto 8.1. För att lättare kunna upptäcka nödutgångarna kan de målas i annan färg, utsmyckas med skyltar och reflexer. Dessutom bedöms nödutrymningsskyltarna vara för högt placerad och bör flyttas ner till dörrkarmen.

9. Brandscenario C - Brand i Wayne's Coffee

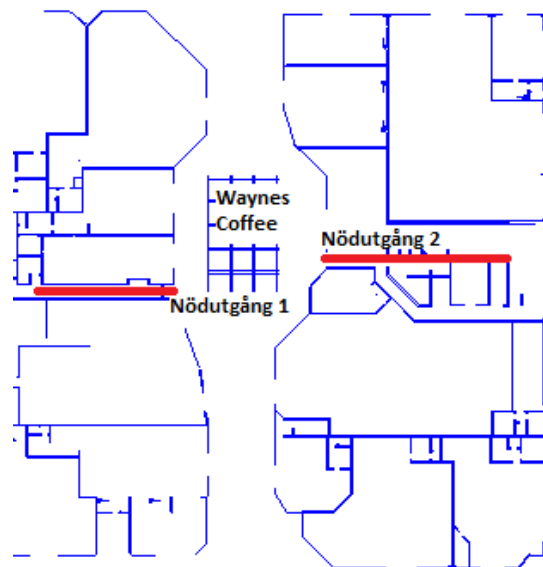
Wayne's Coffee är ett café som har tillgång till sittplatser på en elliptisk yta, vilken är belägen mitt i ett av gångstråken i Väla Centrum. Ellipsen har en area på cirka 180 kvadratmeter och takhöjden är cirka 6,5 meter varav sprinkler är utplacerade på ett löshängande innertak på 3,8 meters höjd.

Utrymningsvägar finns tillgängliga på vardera sida om caféet, vilka är avsedda för caféet samt närliggande butiker, se figur 9.1 och 9.2. Den vänstra nödutgången leder ut via källarplan, medan den högra leder ut via markplan via rökgardinerna som korsar gångstråket mellan entré ett och två.

Utrymning kan även ske via gångstråken som visas i nordlig och sydlig riktning i figurerna nedan.



Figur 9.1 Översiktsskarta för Wayne's Coffee (Väla Centrum).



Figur 9.2 Schematisk bild över Wayne's Coffee.

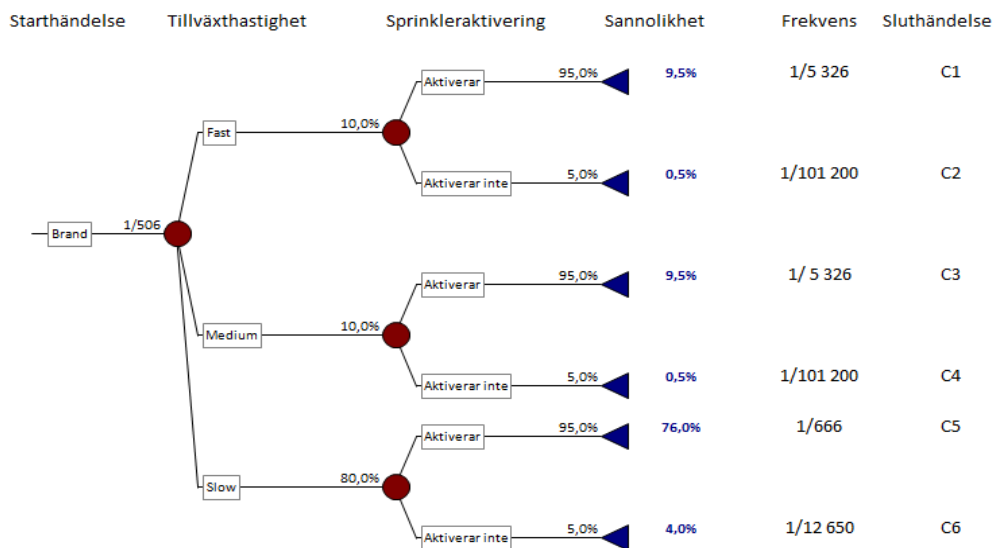
Flertalet av kringliggande butiker är små och vissa av dem saknar nödutgångar inne i butikerna, vilket innebär att en brand i caféet även skulle kunna bidra till kritiska utrymningsförhållanden för personerna i dessa butiker. Caféets brandbelastning utgörs främst av dess möblemang och risken för brandsprung mellan möblerna anses vara hög då flertalet är av dessa är sammanlänkande, se foto 9.1. För att analysera huruvida tillfredställande utrymning kan ske antas en dimensionerande brand starta i caféet. Vidare antas att närvarande personal inte vidtar några åtgärder.



Foto 9.1 Wayne's Coffee.

9.1 Scenarioanalys

Vid händelse av brand i Wayne's Coffee är ett flertal händelseförlopp tänkbara. Brandbelastningen utgörs framförallt av caféets inredning, vilken i huvudsak består av trä och uppstoppade stolsdynor samt serveringsdisken som utgörs av trä. Den troligaste tillväxthastigheten bedöms vara *slow*, då statistik visar att den utgör 80 % av bränderna i publika miljöer (Holborn, Nolan, & Golt, 2004), vilket anses vara representativt för Wayne's Coffee. Samma statistik visar att sannolikheten är 10 % för tillväxthastigheten *medium* respektive *fast*, därför undersöks tillväxthastigheterna *slow*, *medium* och *fast*. Även i detta fall undersöks hur sprinklersystemet påverkar brandförloppet, tänkbara händelseförlopp illustreras i figur 9.1.1. Startfrekvensen hämtas från statistiken i bilaga B.



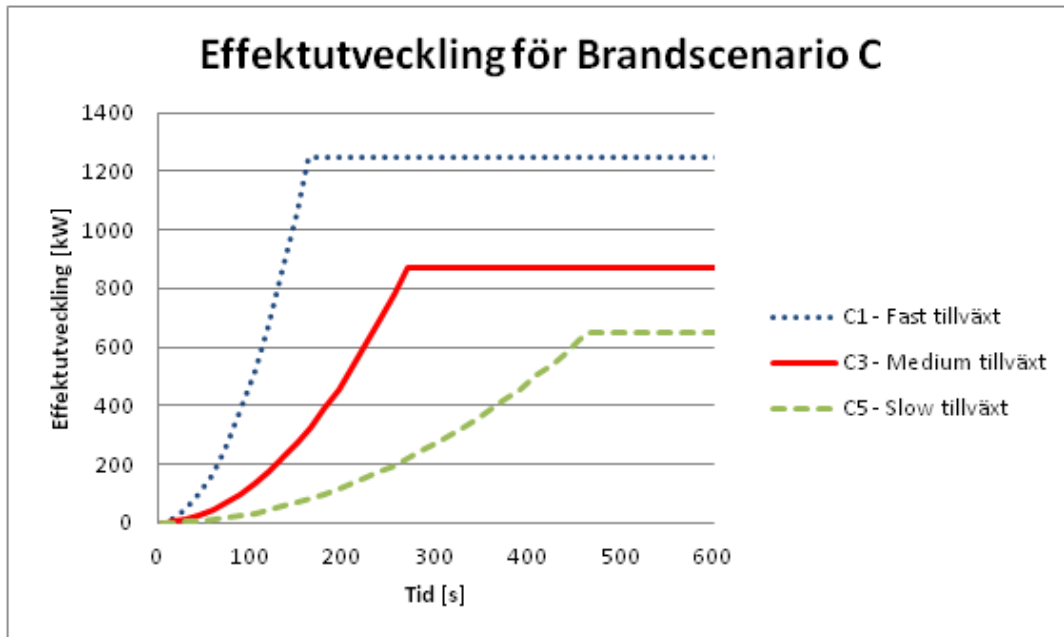
Figur 9.1.1 Händelseförlopp vid brand i Wayne´s Coffee.

Sluthändelserna C1, C2 och C3 väljs att studeras vidare med hjälp av FDS-simuleringar.

Sluthändelserna C4, C5 och C6 simuleras inte eftersom de bedöms täckas in av övriga scenarier. Då frekvensen för sluthändelserna C2 och C4 är lika simuleras C2 då detta är det värre scenariot av de båda, C2 bedöms även täcka in C6. Trots att C3 bedöms täckas in av C1 simuleras denna för att undersöka känsligheten hos brandens tillväxthastighet.

9.1.1 Effektutveckling vid sprinkleraktivering

Tiden till sprinkleraktivering beräknas med DetactQS. Därefter görs samma antagande som i tidigare kapitel om hur sprinklerna kontrollerar effektutvecklingen, se figur 9.1.1.1 (Nystedt, 2011).



Figur 9.1.1.1 Effektutveckling vid brand i Waynes Coffee.

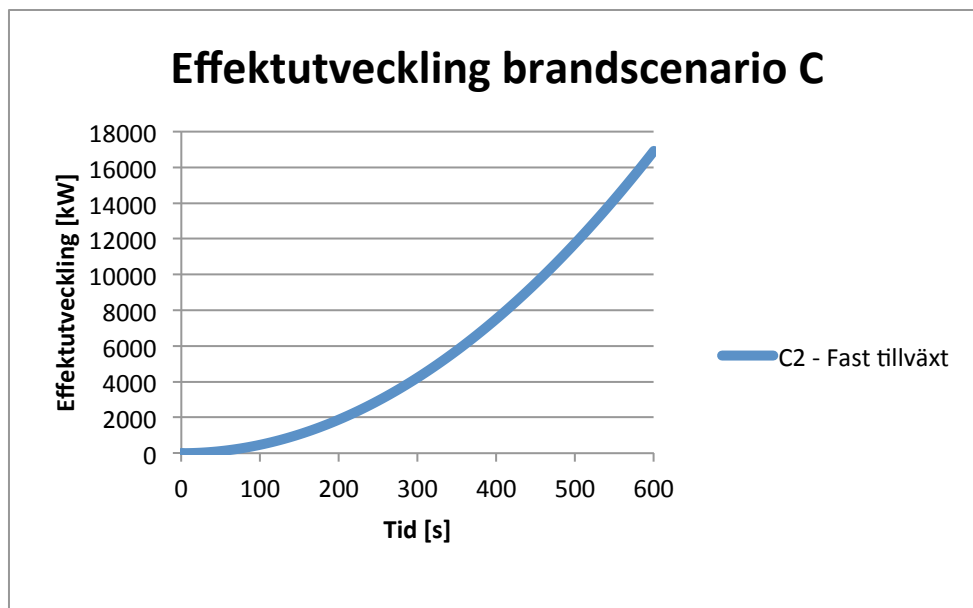
Tiderna till sprinkleraktivering vid *fast*, *medium* och *slow* tillväxt visas i tabell 9.1.1.1.

Tabell 9.1.1.1 Tid till sprinkleraktivering.

Sluthändelse	Sprinkleraktivering [s]
C1 – Fast	163
C3 – Medium	269
C5 – Slow	460

9.1.2 Effektutveckling utan sprinkleraktivering

Branden i Wayne's Coffee bedöms vara bränslekontrollerad och förväntas fortsätta växa till dess att bränslet begränsar branden. Detta är en kvalitativ bedömning som görs med motivering att branden får syre från båda håll i det breda gångstråket i vilket Wayne's Coffee är beläget. Övertändning förväntas inte uppstå under de första tio minuterna då FDS-simuleringarna visar att temperaturen i brandgaslagret under denna tid inte uppnår 500 °C. För att göra en konservativ bedömning av utrymningsmöjligheterna används en kontinuerlig tillväxthastighet motsvarande *fast* under tio minuter, se figur 9.1.2.1.



Figur 9.1.2.1 Effektutveckling vid *fast* tillväxt utan sprinkleraktivering.

9.2 Tid till kritiska förhållanden

Enligt FDS-simuleringar för respektive brandscenario på Wayne´s Coffee kommer brandgaslagret att stabiliseras på en acceptabel höjd över kritisk nivå. Detta på grund av den stora volymen som gångstråken ger upphov till. Detta medför att sikten bedöms vara god under hela utrymningsförloppet, vilket bilaga F visar. Vidare visar simuleringar att temperaturen på 2 meters höjd inte kommer att uppnå kritiska förhållanden under simuleringstiden, på 600 sekunder, i de fall då sprinkleraktivering sker. I fallet C2 uppnås kritiska förhållanden på temperaturen i brandgaslagret efter cirka 400 sekunder, se tabell 9.2.1.

Tabell 9.2.1 Tid till kritiska förhållanden, angivet i sekunder.

Parameter	Kritiska förhållanden	Tid till kritiska förhållanden		
		Sluthändelse		
		C1 - Fast med sprinkler	C2 - Fast utan sprinkler	C3 - Medium med sprinkler
Brandgaslagrets höjd	<2,0 m över golvet	>600	500	>600
Temperatur	>80 °C	>600	400	>600
Sikt	5 m	>600	>600	>600
Kritisk tid		>600	400	>600

Med hjälp av handberäkningar uppskattas hur nära branden personer kan vistas utan att utsättas för kritiska strålningsnivåer, se bilaga G. Beräkningar visar att kritiska strålningsnivåer inte uppstår utanför en radie mellan 4,5-7 meter runt branden beroende på brandscenario, se bilaga G tabell G.3. Detta innebär att strålning från en ogynnsamt placerad brand i caféet riskerar att blockera ingångar till vissa av butikerna, detta sker dock först efter 270 sekunder.

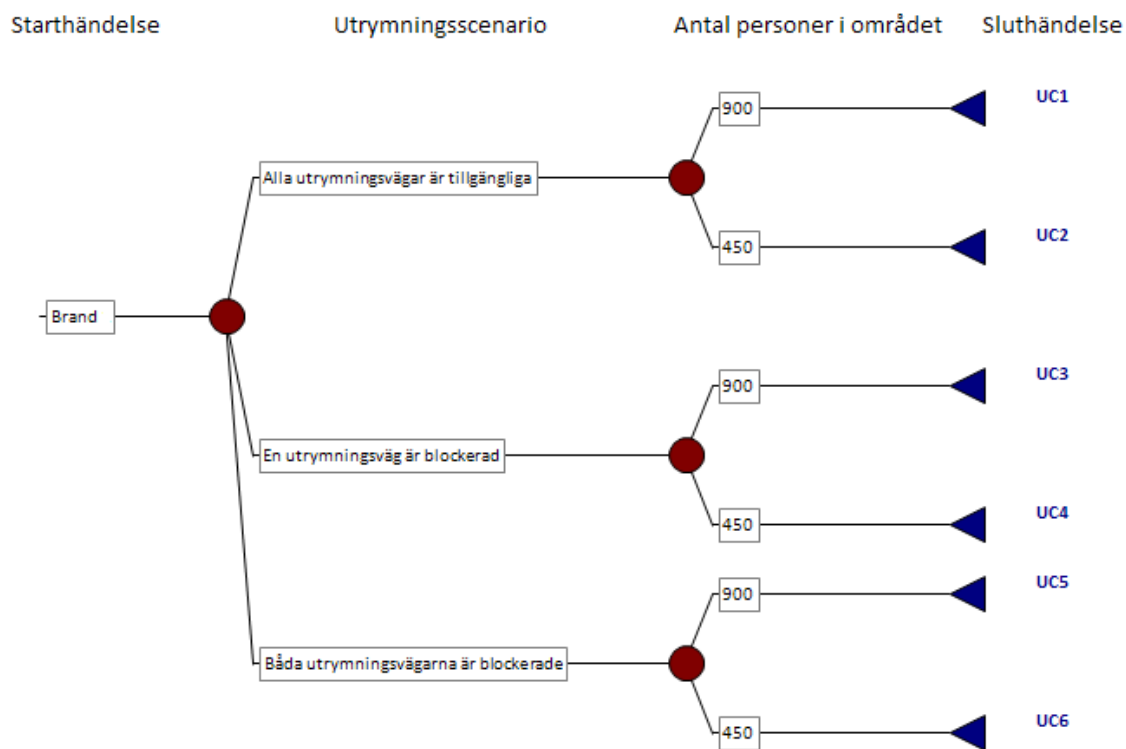
Kritisk strålning från brandgaslagret uppnås endast för brandscenario C2 på grund av den höga temperaturen i brandgaslagret. Dock sker detta först efter 400 sekunder då samtliga utrymningsscenarioer är avslutade.

9.3 Utrymning

Eftersom de kringliggande butikerna saknar egna utrymningsvägar inne i butiken simuleras utrymning av hela gångstråket inklusive de närliggande butikerna. Utrymning av området kan ske via två nödutgångar som är placerade på vardera sida om caféet samt via de parallellt gående gångstråken. Personerna antas vara i säkerhet då de har lämnat området som simuleras, se figur 9.2.

Utrymningsscenarioer som valts att beaktas är då alla utrymningsvägar är tillgängliga, då en utrymningsväg är blockerad samt när båda utrymningsvägarna är blockerade. Trots att strålningsberäkningar, se bilaga G tabell G.3, visar att branden inte kan blockera två utrymningsvägar samtidigt väljs detta scenario att studeras. Motiveringen är att personer påverkas socialt och tenderar att följa strömmen och därmed utrymma via den väg de kom in genom, se kapitel 4.3.

Då det är svårt att uppskatta områdets nettoarea görs istället en kvalitativ bedömning utifrån platsbesöket. Där antalet personer som antas vistas samtidigt i gångstråket, i caféet och intilliggande butiker sätts till 450 respektive 900 personer, se figur 9.3.1, personerna antas vara jämt fördelade i området.



Figur 9.3.1 Händelsetråd för olika utrymningsscenarioer.

9.3.1 Varseblivningstid

Varseblivningstiden beräknas med hjälp av FDS-simuleringar enligt samma förutsättningar som i brandscenario A och B, se bilaga F. Tiderna för de olika brandscenarierna i Wayne's Coffee visas i tabell 9.3.1.1.

Tabell 9.3.1.1 Tid till aktivering av utrymningslarm i Wayne's Coffee.

Scenario	Tid till aktivering av utrymningslarm [s]
C1 - Fast med sprinkler	56
C2 - Fast utan sprinkler	56
C3 - Medium med sprinkler	78

9.3.2 Förberedelsetid och förflyttningstid

Förberedelsetiden sätts till en minut enligt rekommendationen från BBRAD för varuhus med informativt talat meddelande (Boverket, 2011a). Detta då brandscenariot skiljer sig från Chilli och New Yorker med avseende på områdets storlek och geometri. Det här medför att flertalet personer kommer att befinna sig längre från branden och den omfattande volymen medför att det tar längre tid innan personerna ser brandrök, vilket FDS-simuleringarna visar.

För att få ett mer realistiskt utrymningsförlopp tilldelas personerna i området en variation av förberedelsetiden i form av en standardavvikelse på tio sekunder. Denna förberedelsetid tas med i SIMULEX-simuleringarna och därmed ingår förberedelsetiden i förflyttningstiden, resultaten redovisas i tabell 9.3.2.1. Personernas val av utrymningsväg redovisa i bilaga E.

Tabell 9.3.2.1 Förflyttningstid för de olika scenarierna.

Scenario	Förflyttningstid [s]
UC1	198
UC2	153
UC3	208
UC4	153
UC5	244
UC6	160

9.3.3 Total utrymningstid

Vid beräkning av den totala utrymningstiden summeras varseblivningstiden med förflyttningstiden då förberedelsetiden är inräknad i förflyttningstiden, resultaten redovisas i tabell 9.3.3.1.

Tabell 9.3.3.1 Total utrymningstid angiven i sekunder.

Utrymningsscenario						
Brandscenario	UC1	UC2	UC3	UC4	UC5	UC6
C1	254	209	264	209	300	216
C2	254	209	264	209	300	216
C3	276	231	286	231	322	238

9.4 Tidsmarginal

Tidsmarginalen för samtliga scenarier i Wayne´s Coffee redovisas i tabell 9.4.1. Då kritiska förhållanden inte uppstår under simuleringstiden i brandscenarierna C1, C2 och C3 beräknas tidsmarginalen fram genom att ta simuleringstiden minus den totala utrymningstiden. Då simuleringen avslutas efter 600 sekunder kan det inte säkerställas att kritiska förhållanden inte uppstår efter simuleringstidens slut. I scenario C2, *fast* brandtillväxt utan sprinkleraktivering, uppskattas kritiska strålningsnivåer från brandgaslagret uppstå efter 400 sekunder. Då samtliga tidsmarginaler är positiva innebär det att utrymning kommer kunna ske innan kritiska förhållanden uppstår i samtliga fall.

Tabell 9.4.1 Tidsmarginalen, angiven i sekunder, mellan kritiska förhållanden och den totala utrymningstiden.

Utrymningsscenario						
Brandscenario	UC1	UC2	UC3	UC4	UC5	UC6
C1	346	391	336	391	300	384
C2	146	191	136	191	100	184
C3	324	369	314	369	278	362

9.5 Diskussion av Wayne´s Coffee

Då samtliga tidsmarginaler är positiva med god marginal innebär det att utrymning av Wayne´s Coffee, intilliggande butiker och gångstråk kommer att kunna utrymmas innan kritiska förhållanden uppstår i området. Därför kommer inte några krav på åtgärder att anges.

SIMULEX-simuleringarna visar att det inte är risk för några köbildningar i gångstråken, däremot kan köbildningar uppstå vid butikernas utgångar. Simuleringarna visar dock att personerna hinner utrymma ur dessa butiker innan kritiska förhållanden uppstår. Även om det brinner i caféet riskerar ingen person att bli instängd i gångstråket då utrymning kan ske i båda riktningar i gångstråket bort från branden.

I brandscenario C2 uppstår kritiska strålningsförhållanden från brandgaslagret på grund av den höga temperaturen i brandgaslagret. Då det endast är översta delen av brandgaslagret som uppnår temperaturer upp mot 200 °C antas denna tid vara konservativ eftersom strålning bör blockeras av underliggande brandgaser. Dessa osäkerheter anses vara av mindre betydelse då utrymning har avslutats flera minuter innan dessa förhållanden uppstår.

10. Slutdiskussion

Det förekommer osäkerheter i rapporten vilka kan utgöras av naturliga variationer eller kunskapsosäkerheter. Därför bör det noteras att rapporten påverkas och formas av författarnas förmåga att korrekt hantera befintlig kunskap och information. I detta kapitel diskuteras och motiveras osäkerheter och antaganden som inte hanteras löpande eller som behöver betonas extra. Syftet är att ge läsaren mer information kring gjorda antaganden och förda resonemang.

I rapporten görs flera konservativa antagande vilket resulterar i att tidsmarginalerna vid utrymning har goda säkerhetsmarginaler. Detta kan påverka relevansen av åtgärdsförslagen i rapporten, dock behövs detta inte beaktas då resultaten visar att inga omfattande åtgärdsförslag för Väla Centrum behöver genomföras.

10.1 Avgränsningar och begränsningar

Väla Centrum är indelat i flera rökzoner och i rapporten tas ingen hänsyn till brandgasspridning mellan dessa. Ett huvudantagande är det inte sker någon brandgasspridning via tilluftskanalerna, då tilluften stängs av vid aktiverat brandlarm samt att frånluften varvar upp till maxflöde. Beroende på i vilken rökzon butikerna är placerade ventileras brandgaser ut med hjälp av frånluftsventilation och brandgasfläktar med olika kapacitet och flöden. Då ritningar över rökzonerna samt mer detaljerad information kring brandgasventilation inte har varit tillgängliga har befintlig brandgasventilation inte tagits med i de inledande FDS-simuleringarna. En installation av brandgasfläktar har därför inte lämnas som ett åtgärdsförslag som *skall* åtgärdas på grund av att dessa alltså redan finns. En simulering av brandgasfläktarnas inverkan på brandgaslagret i Chilli visar att det finns ett behov av fungerande brandgasventilation för att säkerställa en tillfredställande utrymning. Hur väl de befintliga fläktarna fungerar rekommenderas därför att ses över.

Under platsbesöket identifierades ett antal scenarier vilka anses kunna resultera i snabba brandförlopp med bristfälliga utrymningsmöjligheter. En begränsning som görs i analysen av dessa scenarier är att endast brandrummet simuleras för att uppskatta tiden tills kritiska förhållanden uppstår. Denna begränsning görs då kritiska förhållanden inte bedöms uppstå utanför butikerna under den tid utrymningen förväntas ta. Detta på grund av centrumets långa gångstråk med relativt höga takhöjder. Dessutom visar FDS – simuleringar att kritiska förhållanden för Waynes Coffee, som är beläget i ett gångstråk, inte uppstår under simuleringstiden. Vidare begränsas simuleringens möjligheter av begränsad datorkapacitet. Av samma anledning bedöms personer som utrymmer från butiken befinna sig i säkerhet då de kommit ut från butiken eller i närliggande gångstråk för brandscenariet Waynes Coffee.

10.2 Statistik och dimensionerande bränder

Statistik från MSB och SCB används för att kunna uppskatta en frekvens för brandscenerierna och kunna ge dessa en rimlig sannolikhet i grovanalysen. Denna statistik används för att få en förväntad frekvens för respektive scenario men i första hand är det kvalitativa bedömningar från platsbesöket som står till grund i rapporten.

En nackdel med att använda riskindex som urvalsmetod är att extremt farliga men osannolika händelser och att mindre farliga men mycket sannolika händelser riskerar att bortses från. Dessa händelser är även svåra att jämföra relativt varandra då olika scenarier kan ha samma riskindex men vara av helt olika karaktär. Urvalsmetoden anses dock i detta fall vara godtagbar då rapporten eftersträvar att analysera relevanta brandscenerier.

Sannolikheter för olika tillväxthastigheter grundas delvis på statistik från verkliga bränder i Storbritannien där utredningar gjorts på bränder i köpcentrum där tillväxthastigheter uppskattats. En brist med denna statistik är att den kanske inte är helt representativ för Sverige och att antalet utredda bränder är relativt få.

De dimensionerande bränderna har antagits ha tillväxthastigheter mellan *slow* och *ultrafast* baserat på ovan nämnda statistik. Trots att statistik visar att *slow* och *medium* är de mest förekommande tillväxthastigheterna i köpcentrum behandlar rapporten även *fast* och *ultrafast* tillväxt som värsta troliga brandscenerier. En känslighetsanalys genomförs på denna parameter genom att analysera tid till kritiska förhållanden för tre olika tillväxthastigheter per brandscenario. Anledningen till att tillväxtkurvorna inte har studerats mer i detalj beror på att bränderna ska vara så generella som möjligt och därmed täcka in så många scenarier som möjligt. Scenarierna skall inte heller bero på var i utrymmet det börjar brinna då inredningen i butikerna varierar, därför används inga detaljerade strålnings- och spridningsberäkningar då tillväxtfaserna uppskattas.

För att undersöka sprinklers inverkan på brandförloppet tas sannolikheten för sprinklerfallering med i scenarioanalysen. Då *ultrafast* tillväxt bedöms vara alltför osannolik simuleras *fast* tillväxt med sprinklerfallering. Detta anses ändå vara godtagbart då statistik visar att *medium* är mer vanligt förekommande än *fast* och *medium* bedöms täckas in av detta scenario.

Ett scenario som hade varit intressant att utreda men som inte beaktas i rapporten är en temporär tillställning i ett av gångstråken, till exempel en skivsignering. Detta är ett extremfall där det vistas fler personer än normalt i Väla Centrum på en begränsad area, vilket hade försvårat utrymningsmöjligheterna av köpcentrumet. Detta scenario fanns dock inte i författarnas åtanke vid val av tänkbara brandscenerier.

10.3 Tid till kritiska förhållanden

I de dimensionerande bränderna antas tillväxten ske enligt en αt^2 -kurva där effekten börjar tillväxa direkt. I verkligheten är detta dock inte alltid fallet, vanligtvis har branden i det tidiga skedet en förbrinntid där bränslet ligger och pyr innan tillväxten tar fart. Denna tid beror bland annat på antändningskällan. Rökproduktion kommer därmed ge en detektering av branden i ett tidigare skede av brandutvecklingen vilket bidrar till en ökad tid till kritiska förhållanden. Detta medför att tiderna som är framtagna i rapporten tills kritiska förhållanden uppstår anses vara konservativa.

Det finns olika rekommendationer kring hur sprinkleraktivering påverkar brandförloppet, därför görs det konservativa antagandet att sprinklerna förväntas begränsa branden till den aktuella effektutvecklingen då sprinkleraktivering sker. Detta antagande används genomgående för alla brandscenarier. I de fall då sprinklersystemet inte aktiveras antas branden fortsätta tillväxa enligt en *fast* tillväxtfaktor för samtliga brandscenarier. Den maximala effektutvecklingen på 17 MW som uppstår efter 10 minuter är hög men utrymningen beräknas ske innan dess. Maximala utrymningstiden beräknas till 5 minuter i brandscenario C, vilket ger en maximal effekt för *fast* branden på cirka 4 MW. Även om 17 MW anses vara högt dimensionerat anses *fast* branden vara rimlig under den tid utrymning tar för samtliga brandscenarier med sprinklerfallering. Denna bedömning anses ge en bättre spegling av verkligheten än rekommendationerna från BBRAD, där en dimensionerande brand utan sprinkleraktivering har en lägre maximal effektutveckling än med sprinkleraktivering. Anledning till att rekommendationen på maximal effekt utan sprinkleraktivering är så låg beror på att hänsyn tas till den låga sannolikheten för sprinklerfallering.

Vid sprinkleraktivering påverkas brandgaslagrets höjd och sikt då vattnet påverkar gaserna och brandförloppet. Siktförhållandena försämras med sprinkleraktivering, detta anses dock vara godtagbart vid den begränsade tid som utrymningen tar, samtidigt minskar även toxiciteten väsentligt. Analysen visar även att det inte råder någon större skillnad i tiden tills kritiska förhållanden uppstår, med avseende på utrymning, beroende på om sprinkler aktiveras eller ej. Orsaken till detta är att kritiska förhållanden i de flesta fall uppstår under brandens tillväxtfast, eller strax efter sprinkleraktivering, vilket resulterar i att skillnaden i brandens effektutveckling inte skiljer avsevärt för dessa fall inom tiden det tar för utrymning. Hade BBRAD's rekommendationer kring sprinklers påverkan istället tillämpats, där effektutvecklingen vid sprinkleraktivering antas vara konstant i en minut för att därefter sjunka till en tredjedel, så hade det gett större skillnader mellan dessa fall. Den stora fördelen med sprinkleraktivering är att den reducerar brandspridning och egendomsskador.

Visuella uppskattningar samt kvalitativa bedömningar av olika *slicefiles* i FDS utgör grunden vid bestämmandet av tid till kritiska förhållanden. I samtliga FDS-simuleringar används samma gridstorlek med 10 centimeters celler. Då dessa hamnar inom giltighetsområdet för den karakteristiska diametern bedöms resultatet vara giltigt då enbart parametrar som brandgaslagrets höjd, sikt och

temperatur studeras, vilket även känslighetsanalysen visar, se bilaga F. I samtliga simuleringar väljs indata med åtanke för att åstadkomma så verklighetstroga simuleringar som möjligt.

Viktigt att beakta är att FDS använder sig av modeller och därmed råder det osäkerheter kring simuleringarna. Trots detta bedöms FDS vara det bästa och mest giltiga analytiska programmet för att bestämma tiden till kritiska förhållanden i denna rapport, bland annat på grund av butikernas och gångstråkens omfattande geometrier.

I FDS-simuleringarna används i samtliga brandscenarier en bränsleyta på 4 kvadratmeter, då stora ytor antas vara involverade i branden. Bränsleytan i simuleringarna är konstant under hela brandförloppet vilket inte stämmer överens med ett verkligt brandförlopp, där bränsleytan varierar med tiden. Detta tas inte i beaktande i simuleringarna då det finns bristande kunskap om FDS-programmet. I ett tidigt skede av brandförloppet är en yta på 4 kvadratmeter överdimensionerad för effektutvecklingen, detta kan bidra till en alltför stor luftinblandning i brandplymen vilket i sin tur sänker temperaturen i brandgaserna. En liten bränsleyta kan bidra till att effektutvecklingen inte blir så hög som förväntat.

Lämpliga värden på effektutvecklingen är 250 – 2000 kW/m² beroende på vad det är för ämnen som brinner (Hiertaniemi & Mikkola, 2010), vilket stämmer bra med de valda effektutvecklingarna i de olika scenarierna med sprinkleraktivering. För fast tillväxt utan sprinkleraktivering kommer dock maxeffekten bli 17 MW efter tio minuter. Denna effekt anses inte vara lämplig på en yta på 4 kvadratmeter utan representerar ett fall där branden spridit sig till större ytor än så. En kontroll av giltigheten för cellernas stolek för denna brandeffekt visar även den att effekten är alltför stor, se bilaga F. Dock hinner utrymning i alla scenarier avslutas innan branden uppnått denna effekt. Längst utrymningstid har Wayne's Coffee med 5 minuter vilket ger en maxeffekt på cirka 4 MW vilket är en lämplig effekt per ytenhet och därmed anses resultaten med avseende på effektutvecklingen i simuleringarna vara rimliga.

Gällande brandens placering i FDS – simuleringar antas sannolikheten vara lika stora att det börjar brinna var som helst i butiken och därför placeras branden på en godtycklig plats i butiken. Bränderna har valts att placeras långt inne i butikerna för att fördröja tiden till att brandgaser börjar ventileras ut genom öppningen. I samtliga brandscenarier placeras branden på den mest ogynnsamma platsen i förhållande till det befintliga detektionssystemet. Valet av brandens placering görs för att inte underskatta tid till kritiska förhållanden.

Ett annat simuleringsprogram som ofta används är CFAST, vilken använder en tvåzonsmodell för att beräkna de olika parametrarna. För att en tvåzonsmodell ska vara giltig måste förhållandet mellan rummets längd och höjd samt längd och bredd uppfylla vissa kriterier samt att brandens effektutveckling måste ligga inom ett specifikt område (Jones, et al., 2005). Dessa kriterier uppfylls inte för de dimensionerande bränderna och på grund av detta används inte programmet för att utföra

beräkningar och inte heller för att validera FDS-simuleringarna. Vidare görs inga handberäkningar för validering av FDS-simuleringarna med avseende på brandgaslagrets höjd, sikt och temperatur då dessa i ännu större grad bygger på antaganden och begränsningar. Därmed bedöms FDS-simuleringar ge de mest tillförlitliga resultaten.

Vid analys av tid till kritiska förhållanden för de olika scenarierna i FDS analyseras parametrar som brandgaslagrets höjd, sikt och temperatur. Enbart brandgaslagret i sig medför inte kritiska förhållanden utan det är i först i kombination med kritiska nivåer på sikt, temperatur och toxicitet som brandgaslagret blir farligt. Samtliga FDS-simuleringar visar att brandgaslagrets höjd uppnår kritiska nivåer först och därefter sikten, se bilaga F.

För att kontrollera huruvida resultatet från FDS-simuleringar påverkas av gridstorleken genomförs en gridoberoende simulering, se bilaga F, som visar att tillräckligt små celler har använts och att resultatet bedöms vara godtagbart. Även en kontroll av val av *sootyield* visar att denna parameter inte nämnvärt påverkar resultaten för kritiska nivåer för respektive scenario, se bilaga F.

FDS kan endast hantera ett bränsle i simuleringarna vilket inte stämmer överens med verkligheten då flera olika ämnen brinner. Det är svårt att definiera ett bränsle som representerar samtliga bränslen som deltar i brandförloppet vilket påverkar resultaten av bland annat koncentrationen av toxiska ämnen. Då bildandet av toxiska gaser är väldigt ämnesberoende och det råder stora osäkerheter kring simulering av toxicitet i FDS väljs denna parameter att inte simuleras. Istället bedöms kritiska förhållanden för toxicitet uppstå efter att kritiska förhållanden för sikt och brandgaslagrets höjd uppstår. Denna bedömning görs bland annat på grund av att det finns ett samband mellan sikt och toxicitet (Jensen, 2009).

I de inledande simuleringarna tas det ingen hänsyn till befintliga brandgasfläktar och ventilation då detaljerad information om dessa inte funnits tillgänglig. Detta bidrar till att resultaten blir konservativa och säkerhetsmarginalen i verkligheten är större än vad resultaten i analysen visar. Enligt åtgärdssimuleringarna med brandgasfläktar blir tidsmarginalen positiv i samtliga fall där de tidigare varit negativa samtidigt som de positiva tidsmarginalerna ökar ytterligare. Detta visar att Väla Centrums brandskydd uppfyller skyddsmålet om fläktarnas kapacitet och funktion kan säkerställas.

10.4 Utrymningstider

Utrymningstiderna utgör en viktig del av rapportens resultat och uppskattas med SIMULEX-simuleringar, därmed är kunskap om programmets brister viktiga vid tolkningen av resultaten, vilka nämns i kapitel 5.2. Vid simuleringarna ritas inte lös inredning ut i CAD-ritningarna vilket kommer resultera i att utrymningstiden riskerar att underskattas. Detta val baseras på att utritad inredning kommer leda till onaturliga köbildningar vid hörn då personerna i programmet alltid väljer kortast väg till angiven utgång, samtidigt ökar risken för att personerna fastnar i varandra. Därför anses att icke

utritad inredning ger ett mer sannolikhetsenligt utrymningsförlopp. Denna förenkling antas inte påverka utrymningstiderna i någon större utsträckning. I Waynes Coffee scenariot finns förutom caféet ingen inredning i gångstråket. I New Yorker finns breda gångstråk inne i butiken och i Chilli uppstår den största köbildningen vid rulltrappan, där en inredning endast hade förlängt tiden till dess att folk börjat köa vid rulltrappan och inte påverkat den totala utrymningstiden då denna tid till största del beror på köbildningen vid respektive nödutgång och speciellt den vid rulltrappan.

Då personantalet uppskattas kvalitativt undersöks denna parameters känslighet genom att simulera samtliga fall med ett troligt personantal samt ett konservativt antal personer. Personerna antas vara jämt fördelade i samtliga utrymmen då detta anses vara mest realistiskt. Resultatet visar endast på små skillnader i utrymningstid mellan fallen i Chilli och New Yorker medan det råder större skillnader i simuleringarna av Wayne's Coffee, vilket beror på att det uppstår köbildningar vid butikernas utgångar. Trots detta ges inga åtgärdsförslag för utrymning av gångstråket vid Wayne's Coffee då samtliga utrymningar sker med god tidsmarginal till kritiska förhållanden uppstår.

Valet av utrymningsväg är en annan parameter vars känslighet undersöks genom att i alla brandscenarier simulera tre utrymningsförlopp med olika förutsättningar. I Chilli och New Yorker görs antagandet att merparten av personerna som befinner sig i lokalerna kommer utrymma genom huvudingången och inte via befintliga nödutgångar vilket styrks av teorin i kapitel 4.3.

I brandscenerierna Chilli och New Yorker används inte BBRAD's rekommendationer för förberedelsetiden. Detta grundas på att FDS-simuleringarna visar att rökspridningen i lokalerna sker så snabbt att majoriteten av personerna bör upptäcka röken innan utrymningslarmet går. Därmed bör dessa börja förbereda sig för utrymning redan under varseblivningstiden, vilket medför att en minuts förberedelsetid inte anses vara representativt för dessa fall. Dessa förutsättningar råder inte i brandscenario Wayne's Coffee då området är mer omfattande och majoriteten inte kommer upptäcka brandrök innan utrymningslarmet går.

Personer med funktionsnedsättning tas inte i beaktning i de olika utrymningsscenerierna. Personer med funktionsnedsättning är ingen homogen grupp och i SIMULEX finns ingen personkategori som kan ta hänsyn till denna aspekt. Vidare är det svårt att uppskatta hur stor andel av besökarna som har funktionsnedsättning. Denna grupp bedöms dock tas hänsyn till, då konservativa simuleringar med avseende på personantal görs.

10.5 Strålningsberäkningar

Brandgaslagrets temperatur kan orsaka kritiska strålningsnivåer mot personer. Kontrollberäkningar görs av temperaturen i brandgaslagret för att se om det ger upphov till kritiska strålningsnivåer mot personer. Den kritiska strålningen sätts till $2,5 \text{ kW/m}^2$ och synfaktorn antas till 1 för att få ett

konservativt värde som täcker in hela takytan. Detta antagande gör att brandgaslagrets höjd inte behöver beaktas vid beräkning av strålningsintensiteten. Den framräknade temperaturen jämförs sedan med en visuell bild av temperaturen från simuleringarna för att kunna uppskatta vid vilken tidpunkt kritiska nivåer uppnås, se bilaga G för beräkningar.

Den temperatur i brandgaslagret som orsakar en kritisk strålningsnivå beräknas till 185 °C. I samtliga fall för Chilli och New Yorker samt de scenarier för Wayne's Coffee där sprinkler aktiverar kommer temperaturen i brandgaslagret aldrig upp i så höga nivåer. För scenario C3, *fast* tillväxt utan sprinkleraktivering, i Wayne's Coffee uppnås en högre temperatur och därmed en kritisk strålning från brandgaslagret. Vid en jämförelse med den totala utrymningstiden så hinner dock alla personer utrymma innan de kritiska nivåerna uppnås.

11. Slutsats

Författarnas åsikt är att Väla Centrums brandskydd är väl genomarbetat och tillfredställande. Genom att säkerställa brandgasfläktarnas funktion kommer positiva tidsmarginaler att uppnås för rapportens dimensionerande brandscenarier. Genom att säkerställa givna åtgärdsförslag kommer därmed skyddsmålet uppfyllas.

Följande åtgärdsförslag *bör* genomföras:

- *Säkerställa att brandgasventilation fungerar*
- *Säkerställa att nödutgångarna är väl markerade och inte blockerade.*

Referenslista

Bengtson, S., Blomqvist, J., Danielsson, T., Delin, M., Fagergren, T., Frantzich, H., Gojkovic, D., Hiort, F., Isaksson, S., Johansson, H., Jönsson, R., Lundin, J., Lundqvist, M., Olsson, N., Rantatalo, T., Ryber, F., & Wahlström, B. (2005). *Brandskyddshandboken*. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.

Beyler, C.L., Custer, R.L.P., DiNunno, P.J., Drysdale, D., Hall, J.R., Walton, D.W., & Watts, J.M. (2002). *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition*. Quincy, MA: National Fire Protection Association .

Boverket. (2011a). *Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd*. (Elektronisk). Tillgänglig: <<https://rinfo.boverket.se/BBRAD%5CPDF%5CBFS201127-BBRAD1.pdf>> (2012-02-20).

Boverket. (2011b). *Konsekvensutredning - för revidering (BFS 2011:26) av avsnitt 5 Brandskydd i Boverkets byggregler, BBR (BFS 2011:6) - för allmänt råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd (BFS 2011:27)*. (Elektronisk). Tillgänglig: <http://www.boverket.se/Global/Bygga_o_forvalta/Dokument/Bygg-och-konstruktionsregler/BBR_19/Konsekvensutredning_BRAND.pdf> (2012-02-20).

Boverket. (2011c). *Regelsamling för byggande, BBR 2012*. (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2011/Regelsamling-for-byggande-BBR.pdf>> (2012-02-20).

D.W. Stroup, L. D. (2001). *Fire Tests of Men's Suits on Racks*. (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/fire01/PDF/f01071.pdf>> (2012-02-23).

Dagneryd, A. (2009). *Kv. Välamarknaden 3, Väla Köpcentrum Helsingborg*. Malmö: Brand&Riskgruppen AB.

Drysdale, D. (2009). *An Introduction to Fire Dynamics*. Singapore: Markono Print Media Pte Ltd.

Fire Model Survey. *Computer Model For Fire and Smoke*. (Elektronisk). Tillgänglig: <http://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CEgQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.firemodelsurvey.com%2Fpdf%2FR_VENTS_Friedman.pdf&ei=u6OaT_LeKcel4gSq1PWaDw&usq=AFQjCNFML9Crs04NKzip6oSGLv3sXk5dng> (2012-03-05).

Frantzich, H. (2001). *Tid för utrymning vid brand*. (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://rib.msb.se/Filer/pdf%5C16348.pdf>> (2012-02-18).

Hiertaniemi, J., & Mikkola, E. (2010). *Design Fires for Fire Safety Engineering*. (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2010/W139.pdf>> (2012-04-10).

Holborn, P., Nolan, P., & Golt, J. (2004). *An analysis of fire sizes, fire growth rates and times between events using data from fire investigations*. London: Fire Safety Journal.

Jensen, L. (2009). *Dimensionerande utspädning för skydd mot brandgaser*. (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://www.hvac.lth.se/fileadmin/hvac/files/TVIT-7000pdf/TVIT-7040LJ.pdf>> (2012-03-04).

- Johansson, H. (1999). *Osäkerheter i variabler vid riskanalyser och brandteknisk dimensionering*. (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=605374&fileOid=1266416>> (2012-03-10).
- Jones, W. W., Peacock, R. D., Forney, G. P., & Reneke, P. A. (2005). *CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport*. (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/fire05/PDF/f05114.pdf>> (2012-03-23).
- Karlsson, B., & Quintiere, J. G. (2000). *Enclosure fire dynamics*. Florida: CRC Press LLC.
- Kumar, S., & Izzal Azid, S. (2011). *Analysis and Performance of a Low Cost SMS Based Home Security System*. (Elektronisk). Tillgänglig: <http://www.sersc.org/journals/IJSH/vol5_no3_2011/2.pdf> (2012-03-15).
- McGrattan, K., McDermott, R., Hostikka, S., & Floyd, J. (2010). *Fire Dynamics Simulator (Version 5)*. (Elektronisk). Tillgänglig: <http://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CF0QFjAD&url=http%3A%2F%2Ffire.nist.gov%2Fbfrlpubs%2Ffire07%2FPDF%2Ff07053.pdf&ei=66KaT5bPOpCQ4gTzvq2zDw&usg=AFQjCNGEB_6qhzoTx64ar8siM2VKxiwXTQ> (2012-03-05).
- MSB. (Myndigheten för Samhällskydd och Beredskap). *MSB:s Statistik*. (Elektronisk). Tillgänglig: <<https://www.msb.se/sv/Kunskapsbank/Statistik--analys/IDA/>> (2012-02-27).
- Nilsson, D. (2007). *Datorsimulering av utrymning vid brand - inventering av tre angreppssätt*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=637658&fileOid=637664>> (2012-03-23).
- Nystedt, F. (2000). *Riskanalyismetoder*. (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://www.wuz.se/res/Publikationer/7011.pdf>> (2012-02-25).
- Nystedt, F. (2011). *Verifying Fire Safety Design in Sprinklered Buildings*. (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://www.wuz.se/res/Publikationer/3150.pdf>> (2012-02-23).
- Richards, P. (2008). *Characterising a design fire for a deliberatory lit fire scenari*. (Elektronisk). Tillgänglig: <http://ir.canterbury.ac.nz/bitstream/10092/1779/1/thesis_fulltext.pdf> (2012-03-24).
- SCB. (Statistiska centralbyrån). *Hitta statistik*. (Elektronisk). Tillgänglig: <http://www.scb.se/Pages/List____250612.aspx> (2012-02-20).
- Staffansson, L. (2010). *Selecting design fires*. (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=1736727&fileOid=1736728>> (2012-02-17).
- Svenska brandförsvärsföreningen 1. *Regler för automatisk brandlarm anläggning SBF 110:6*. Stockholm: Svenska brandförsvärsföreningen.
- Svenska Brandskyddsföreningen 2. *Sprinklersystem - Regler & Standard 2004*. Stockholm: Brandskyddsföreningens Service AB.

Särdqvist, S. (1993). *Initial Fires*.(Elektronisk) Tillgänglig:
<<http://www.brand.lth.se/fileadmin/brandteknik/rapporter/3070.pdf>> (2012-02-27).

Väla Centrum. (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://www.vala.com/>> (2012-02-15).

Zalok, E., & Hadjisophocleous, G. (2007). *Characterizing of design fires for clothing stores*.
(Elektronisk). Tillgänglig: < http://www.see.ed.ac.uk/feh5/pdfs/FEH_pdf_pp328.pdf> (2012-03-01).

Bilaga A – Enkätundersökning

Nedan presenteras enkätens utformning samt dess resultat.

Enkät – Brandsäkerhet i Väla centrum.

Vi skulle vara mycket glada om du tog dig tid att svara på nedanstående frågor. Enkäten används som en del av undervisningen vid brandingenjörutbildningen vid Lunds Tekniska Högskola och undersöker personalens kunskaper om brandsäkerhet och utrymning i Väla centrum. Enkäten kommer att samlas in under dagen. Tack på förhand!

Vilket företag jobbar du för och vad har du för arbetsuppgifter?

Vad har du för typ av anställning?

Fast Vikariat Timanställning Annan

Har du genom jobbet genomgått någon brandskyddsutbildning?

Ja Nej

Om ja, när och vad ingick?

Har du deltagit i någon utrymningsövning?

Ja Nej

Finns det fasta rutiner för personalen vid brandlarm?

Ja Nej

Vet du var närmaste utrymningsväg finns?

Ja Nej

Vet du var släckutrustning finns? (t.ex. brandsläckare, brandfilt, mm.)

Ja Nej

Om ja, vilken utrustning finns tillgänglig?

Känner du dig bekväm med att använda släckutrustningen? (vet du hur du använder t.ex. en pulversläckare, brandfilt?)

Ja Nej

Vet du hur brandlarmet startas manuellt?

Ja Nej

Hur många kunder skulle du uppskatta att det maximalt befinner sig i butiken vid samma tillfälle?

Beskriv kort vad du skulle göra om brandlarmet gick.

Övriga kommentarer: t.ex. önskar du mer utbildning, bättre rutiner?

STORT TACK FÖR DIN HJÄLP!

Ivan, Jenny, Lise och Ludvig

Resultat

Totalt antal besvarade enkäter: 46

Anställning:

- Fast: 32
- Vikariat: 2
- Tim: 11
- Annan: 1

Brandutbildning:

- Ja: 20
- Nej: 26

Förvånansvärt många svarar att det inte fått någon utbildning av jobbet inom brandskydd. En del kan vara extrapersonal som inte hunnit få utbildning ännu, men över hälften av de svarande är fast anställda som borde fått utbildning inom området. En eventuell förklaring är att dessa inte kunnat närvara vid utbildningstillfället.

Deltagit i utrymningsövning:

- Ja: 20
- Nej: 26

Utrymningsövningar på Väla Centrum görs cirka 2 gånger per år och det är inte möjligt för all personal att vara närvarande vid alla tillfällen. Dock borde all personal i så stor utsträckning som möjligt vara med vid minst ett tillfälle per år, detta inkluderar även deltid- och extrapersonal.

Finns fasta rutiner vid brand:

- Ja: 40
- Nej: 6

Det finns fasta rutiner vid brandlarm för alla butiker på Väla Centrum och de flesta verkar ha kännedom om dem, de som svarade nej kan vara extrapersonal.

Vetskap om utrymningsvägars placering:

- Ja: 45
- Nej: 1

Alla verkar känna till var närmaste utrymningsväg finns.

Vetskap om släckutrustningens placering och typ:

- Ja: 42
- Nej: 4
- Vilken: nästan alla svarade brandsläckare, några dessutom brandfilt

Alla butiker skall ha egen släckutrustning. Personalen verkar genomgående ha bra kännedom om var och vilken släckutrustning som finns i butiken.

Bekvämt med att använda släckutrustning:

- Ja: 32
- Nej: 11
- Ej svar: 3

Två tredjedelar säger sig vara bekväma med att använda släckutrustning.

Vetskap om hur brandlarmet startas manuellt:

- Ja: 10
- Nej: 34
- Ej svar: 2

Det går inte att starta brandlarmet manuellt i Väla Centrum, därför blev detta lite av en kuggfråga. De tio personer som svarade att de vet hur man startar brandlarmet manuellt kan vara de som inte har så bra kunskap om rutinerna som de själva uppfattat. Om de visste att det inte gick borde de ha gett någon kommentar till detta som vissa gjorde som svarade nej. Detta kan alltså ge en indikation om hur villig man är på att erkänna sina brister och viljan att svara rätt på frågor.

Vetskap om vad som skall göras vid utrymning:

- Utrym butiken, ta ner galler, gå till uppsamlingsplats – genomgående svar.
- En del vet inte var de ska gå vid utrymning.

Det märks ganska tydligt att de flesta har fått tydliga instruktioner om vad som skall göras när brandlarmet går. Några få verkar inte ha fått utbildning/tydliga instruktioner men använder sunt förnuft och ser till att kunderna kommer ut.

Övriga kommentarer:

- Tillräckligt med utbildning.

- Bra instruktioner från Väla Centrums ledning.
- Bra med påminnelser.
- Mycket info och känner sig säker.
- Önskar mer utbildning.
- Vill veta var man ska ta vägen vid brand.
- Rutiner för att hantera kunder utanför Väla Centrum.
- Önskar utbildning för första hjälpen.
- Övning för personal minst 1 gång per år.
- Övning gärna 2 gånger per år.
- Mer utbildning.
- Fler övningar gärna oförberedda.

De flesta verkar nöjda med den utbildning de fått. En del svarar att de vill ha mer och att det aldrig skadar att repetera. Några säger att enkäten har fått dem att inse att de inte har så bra koll på brandskyddet som de trodde.

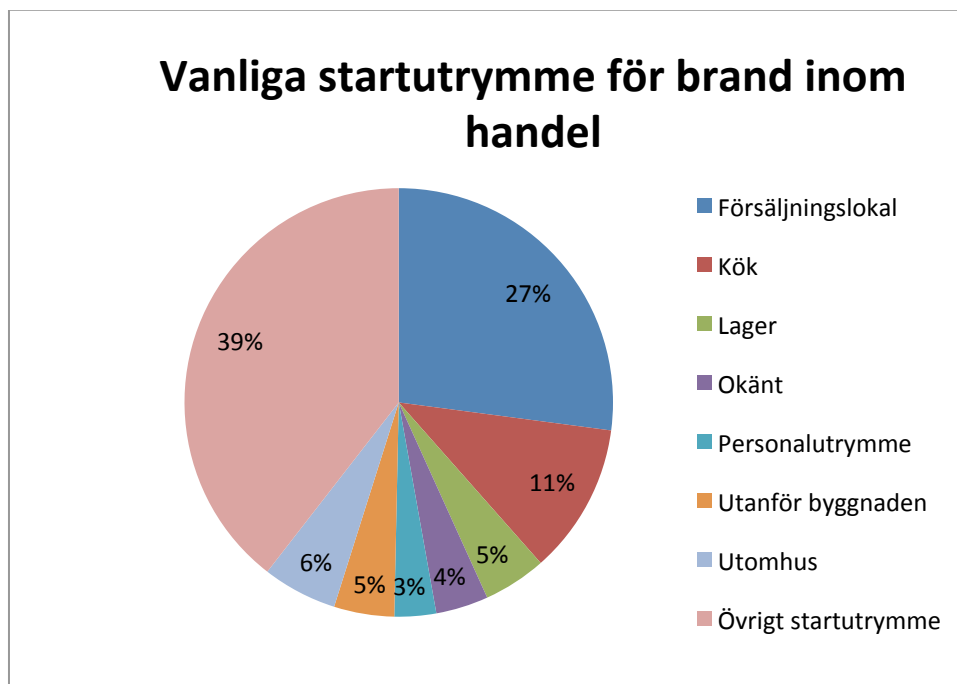
Slutsats

Undersökningen visar att personalen på Väla Centrum har god kännedom om befintliga utrymningsvägar och om var släckutrustning finns placerad. Detta är positivt ur utrymningssynpunkt då studier visar att välutbildad personal underlättar utrymningsförloppet, se kapitel 4.3.

Bilaga B – Statistik

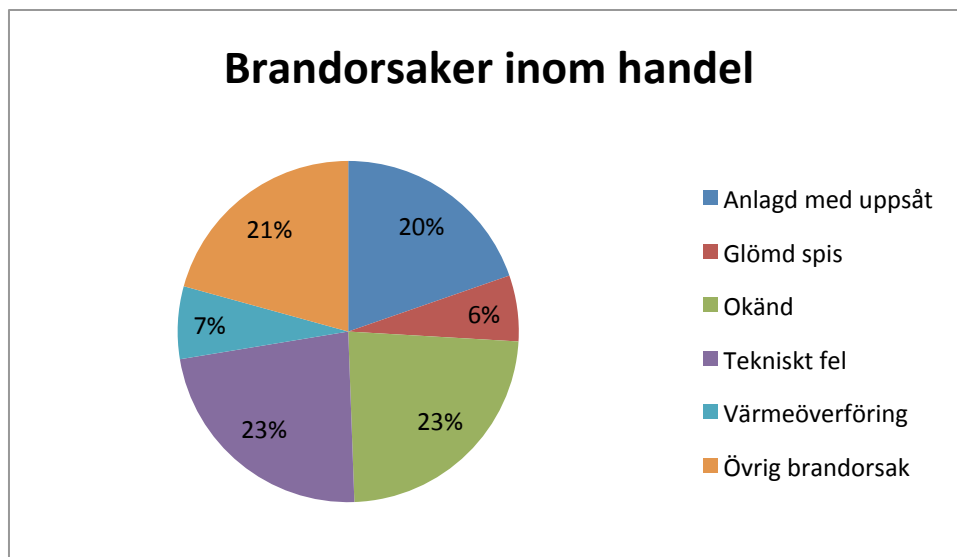
I denna bilaga presenteras den statistik som ligger till grund för beräkning av brandfrekvensen i olika brandscenarier.

Statistiken visar att det vanligaste startutrymmet för brand inom handeln är i försäljningslokal, se figur B.1. Andra vanliga startutrymmen är kök samt lager.



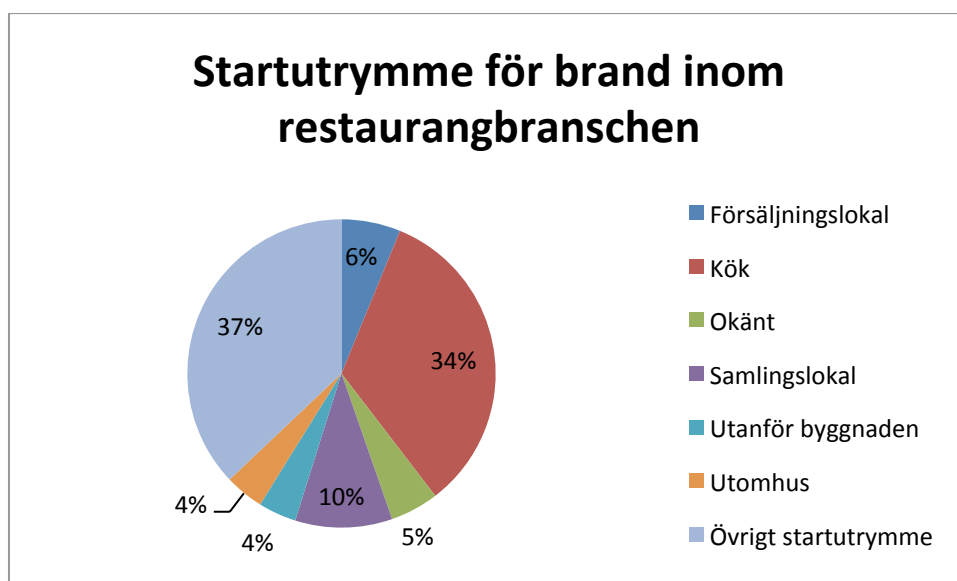
Figur B.1 Startutrymmen för bränder inom handel i Sverige, för åren 1996-2010 (MSB, Myndigheten för Samhällskydd och Beredskap, 2012).

Figur B.2 visar att de vanligaste brandsorsakerna inom handeln är anlagd brand med uppsåt eller på grund av tekniskt fel.



Figur B.2 Brandorsaker inom handel i Sverige, för åren 1996-2010 (MSB).

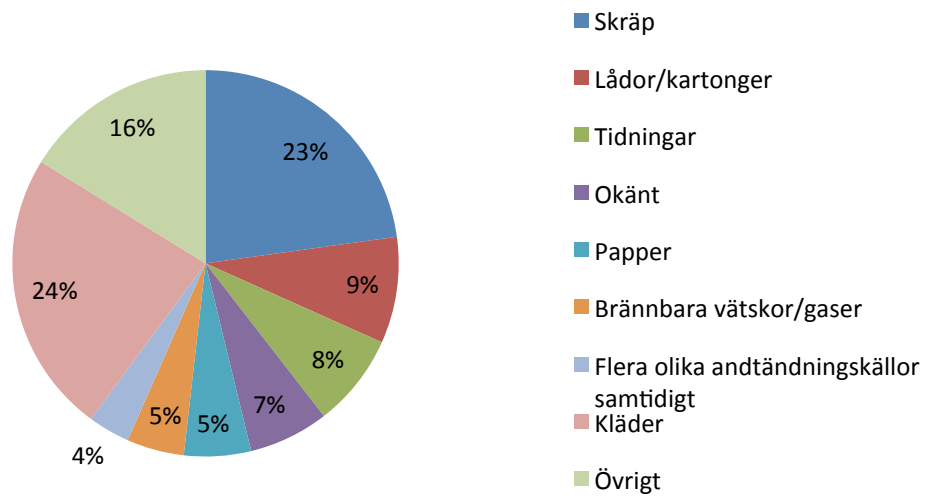
Figur B.3 visar att det vanligaste startutrymmet för brand inom restaurangbranschen är i köket.



Figur B.3 Startutrymmen för bränder inom restaurangbranschen i Sverige, för åren 1996-2010 (MSB).

För att uppskatta hur troligt det är med multipla antändningskällor vid anlagd brand används statistik från Nya Zeeland (Richards, 2008). Statistiken baseras på handel mellan åren 1996-2006 och figur B.4 visar de vanligaste antändningskällorna vid anlagd brand medan de mindre sannolika har adderats till posten övrigt.

Vanliga antändningskällor vid anlagd brand



Figur B.4 Antändningskällor vid anlagd brand inom handel.

För att kunna ge sannolikheten ett värde mellan 1 och 4 för de olika brandscenerierna används frekvenserna i tabell 6.1.1 som kompletteras med sannolikheten enligt tårtdiagrammen ovan.

Tabell 6.1.1 Visar sannolikhet respektive frekvens för brand inom handel- och restaurangbranschen (SCB, 2012), (MSB).

	Antal lokaler	Antal utryckningar per år	Sannolikhet för brand	Frekvens för brand per år
Handel	70770	233	0,0033	1/304
Restaurang	23763	138	0,0058	1/172

Den framräknade frekvenserna redovisas i tabell B.1 och jämförs sedan med frekvenserna i tabell 6.2.1, vilket ger ett värde på sannolikheten för varje brandscenario.

Tabell 6.2.1 Bedömningsskala av sannolikhet och konsekvens.

Bedömning av sannolikhet			Bedömning av konsekvens	
Värde	Sannolikhet	Frekvens	Värde	Konsekvens
1	Mycket osannolik	1/5000 eller mer sällan	1	Försumbar
2	Mindre sannolik	1/5000 – 1/1500	2	Små
3	Sannolik	1/1500 -1/500	3	Stora
4	Mycket sannolik	1/500 eller oftare	4	Mycket stora

Den slutliga sannolikheten som används i rapporten kompletteras med kvalitativa bedömningar där motiveringarna redovisas i tabell B.1.

Tabell B.1 Motivering av bedömning av sannolikheter för olika brandscenarier.

Brandscenario	Frekvens	Sannolikhet enligt statistik	Sannolikhet enligt platsbesök	Motivering
1	1/1126	2	3	Den höga brandbelastningen i Chilli samt att personalen inte har uppsikt över nedre våningen gör att sannolikheten för brand värderas upp till en trea.
2	1/506	3	4	
3	1/1126	2	3	Den höga brandbelastningen i H&M och butikens stora yta bidrar till att sannolikheten värderas upp till en trea då det försvårar upptäckten av en brand i ett tidigt skede.
4	-	-	2	Då brandbelastningen är låg med hänsyn till det stora utrymmet och det vistas mycket folk i korridorerna anses sannolikheten för brand vara lägre än vad statistiken visar och bedöms vara en tvåa.
5	1/2776	2	4	Eftersom det har förekommit tidigare incidenter vid ett flertal tillfällen anses sannolikheten vara högre än vad statistiken visar, därför värderas sannolikheten upp till en fyra.
6	1/1126	2	3	Den höga brandbelastningen i New Yorker och den stora ytan bidrar till att sannolikheten värderas upp till en trea då det försvårar upptäckten av en brand i ett tidigt skede.
7	1/506	3	3	
8	1/50667	1	1	
9	1/1126	2	2	
10	-	-	2	Då brandbelastningen är mycket låg bedöms sannolikheten för brand som låg trots att det inte vistas någon personal i anslutning till toaletterna.

Bilaga C - Sprinkleraktivering

DetactQS är ett datorprogram som används för att uppskatta tiden för en detektor att aktivera och används generellt för att beräkna aktiveringstider för sprinkler och rökdetektorer. I denna rapport används DetactQS för att uppskatta tiden till sprinkleraktivering. Genom att ange en effektutveckling för branden, rådande rumsgeometrier samt sprinklernas placering räknar programmet fram den tid det tar för sprinklern att aktivera. Vid beräkningen krävs indata i form av RTI, takhöjd, omgivningstemperatur, avståndet mellan sprinklerna samt brandens tillväxtfaktor (Fire Model Survey, 2008).

DetactQS ger en bra uppskattning av aktiveringstiden för sprinkler men programmet bygger på en del antaganden och begränsningar. Tiden det tar för de varma gaserna att transporteras från källan till taket beaktas inte. Vidare antas ett fritt hängande tak, som är plant och horisontellt utan hinder som kan påverka brandgasernas utbredning. Programmet tar endast hänsyn till konvektiv värmeutbredning och ledningsförluster och strålningsvärme beaktas inte. Vid låga innertak och korta radiella avstånd kan programmet underskatta temperaturer.

Väla Centrum klassas som riskklass OH3, därför används i samtliga beräkningar ett avstånd på 3 meter mellan sprinkler samt ett RTI-värde på $120 \text{ ms}^{1/2}$ (Dagneryd, 2009).

Chilli

Tabell C.1 redovisar indata som används vid beräkning av tid till sprinkleraktivering:

Tabell C.1 Indata vid beräkning av sprinkleraktivering.

Höjd till sprinkler [m]	5
Omgivningstemperatur [°C]	20
Radiellt avstånd mellan sprinkler [m]	2,11
Aktiveringstemperatur [°C]	68
RTI [$\text{ms}^{1/2}$]	120
Tillväxtfaktor [kW/s^2]	0,012 medium 0,047 fast 0,19 ultrafast

```

CEILING HEIGHT= 4.38912 m      14.4 ft
RADIUS= 2.11836 m      6.95 ft
DET ACT TEMP= 68 C      154.4 F
RTI= 119.8035 <m*s>^(1/2)      217 <ft*s>^(1/2)

TIME      FIRE      GAS TEMP      DET TEMP      GAS TEMP      DET TEMP
sec      kW      C      C      F      F
0.0      0.0      20.0      20.0      68.0      68.0
10.0      2.4      21.2      20.0      70.1      68.0
20.0      6.6      22.5      20.1      72.5      68.2
30.0      10.8      23.5      20.3      74.4      68.5
40.0      21.6      25.6      20.5      78.0      69.0
50.0      32.4      27.4      20.9      81.3      69.7
60.0      43.2      29.0      21.4      84.2      70.6
70.0      64.8      31.7      22.1      89.1      71.8
80.0      86.4      34.3      22.9      93.7      73.3
90.0      108.0      36.6      24.0      97.9      75.1
100.0     129.6      38.8      25.1      101.9     77.2
110.0     151.2      40.9      26.4      105.6     79.5
120.0     172.8      42.9      27.8      109.2     82.0
130.0     208.8      45.9      29.3      114.5     84.7
140.0     244.8      48.8      30.9      119.8     87.7
150.0     280.8      51.6      32.8      124.9     91.0
160.0     316.8      54.3      34.7      129.7     94.5
170.0     352.8      56.9      36.8      134.3     98.2
180.0     388.8      59.3      38.9      138.8     102.1
190.0     435.6      62.4      41.2      144.3     106.1
200.0     482.4      65.4      43.5      149.7     110.4
210.0     529.2      68.3      46.0      155.0     114.0
220.0     583.2      71.6      48.6      160.8     119.4
230.0     637.2      74.7      51.2      166.5     124.2
240.0     691.2      77.8      54.0      172.0     129.2
250.0     752.4      81.1      56.8      178.1     134.3
260.0     813.6      84.4      59.8      184.0     139.6
270.0     874.8      87.7      62.8      189.8     145.0
280.0     943.2      91.1      65.9      196.0     150.6

**** DETECTOR ACTUATION AT 286.8 SECONDS ****
TYPE A CARRIAGE RETURN TO CONTINUE? _

```

Figur C.1 Sprinkler vid *medium* tillväxt i Chilli

```

SEND OUTPUT TO PRINTER <Y OR N> ? n
CEILING HEIGHT= 4.398264 m      14.43 ft
RADIUS= 2.11836 m      6.95 ft
DET ACT TEMP= 68 C      154.4 F
RTI= 119.9968 <m*s>^(1/2)      217.35 <ft*s>^(1/2)

TIME      FIRE      GAS TEMP      DET TEMP      GAS TEMP      DET TEMP
sec      kW      C      C      F      F
0.0      0.0      20.0      20.0      68.0      68.0
10.0      4.7      21.9      20.0      71.4      68.1
20.0      21.3      25.3      20.2      77.6      68.4
30.0      42.0      28.7      20.7      83.6      69.3
40.0      77.3      33.0      21.5      91.5      70.6
50.0      119.7      37.5      22.6      99.5      72.6
60.0      169.0      42.2      24.1      108.0     75.3
70.0      232.3      47.5      26.0      117.5     78.7
80.0      302.9      52.9      28.3      127.2     82.9
90.0      380.7      58.4      31.0      137.2     87.8
100.0     472.2      64.4      34.1      147.9     93.4
110.0     571.0      70.4      37.6      158.7     99.7
120.0     677.0      76.6      41.5      169.8     106.8
130.0     797.0      83.1      45.8      181.6     114.5
140.0     923.7      89.7      50.5      193.4     122.8
150.0     1057.0     96.3      55.5      205.3     131.8
160.0     1205.0     103.3     60.8      217.9     141.4
170.0     1360.3     110.3     66.4      230.6     151.5

**** DETECTOR ACTUATION AT 172.8 SECONDS ****
TYPE A CARRIAGE RETURN TO CONTINUE? _

```

Figur C.2 Sprinkleraktivering vid *fast* tillväxt i Chilli

```

SEND OUTPUT TO PRINTER <Y OR N> ? n
CEILING HEIGHT= 4.38912 m    14.4 ft
RADIUS= 2.11836 m    6.95 ft
DET ACT TEMP= 68 C    154.4 F
RTI = 119.8035 (m*s)^(<1/2>)    217 (ft*s)^(<1/2>)

TIME      FIRE  GAS TEMP  DET TEMP  GAS TEMP  DET TEMP
sec      kW      C         C         F         F
0.0      0.0     20.0     20.0     68.0     68.0
10.0     19.0    24.7     20.1     76.5     68.2
20.0     76.0    32.6     20.7     90.6     69.3
30.0     171.0   42.0     22.1    107.5    71.8
40.0     304.0   52.5     24.4    126.6    76.0
50.0     475.0   64.1     27.9    147.4    82.2
60.0     684.0   76.5     32.4    169.6    90.4
70.0     940.7   90.0     38.2    194.1   100.8
80.0    1225.7  103.7    45.2    218.6   113.3
90.0    1539.0  117.7    53.3    243.9   127.9
100.0   1909.7  132.9    62.5    271.2   144.5

*** DETECTOR ACTUATION AT 105.5 SECONDS ***
TYPE A CARRIAGE RETURN TO CONTINUE? _

```

Figur C.3 Sprinkleraktivering för en *ultrafast* tillväxt i Chili

New Yorker

Tabell C.2 redovisar indata som används vid beräkning av tid till sprinkleraktivering

Tabell C.2 Indata vid beräkning av sprinkleraktivering.

Höjd till sprinkler [m]	3,5
Omgivningstemperatur [°C]	20
Radiellt avstånd mellan sprinkler [m]	2,11
Aktiveringstemperatur [°C]	68
RTI [ms ^{1/2}]	120
Tillväxtfaktor [kW/s ²]	0,012 medium 0,047 fast 0,19 ultrafast

```

SEND OUTPUT TO PRINTER <Y OR N> ? n
CEILING HEIGHT= 3.499104 m      11.48 ft
RADIUS= 2.11836 m      6.95 ft
DET ACT TEMP= 68 C      154.4 F
RTI= 119.9968 (m*s)^(1/2)      217.35 (ft*s)^(1/2)

```

TIME	FIRE	GAS TEMP	DET TEMP	GAS TEMP	DET TEMP
sec	kW	C	C	F	F
0.0	0.0	20.0	20.0	68.0	68.0
10.0	1.2	20.9	20.0	69.7	68.0
20.0	2.4	22.7	20.1	72.8	68.2
30.0	10.8	24.4	20.3	75.9	68.5
40.0	19.8	26.6	20.6	79.9	69.0
50.0	30.6	28.9	21.0	84.0	69.8
60.0	43.2	31.3	21.6	88.3	70.9
70.0	59.4	33.9	22.4	93.1	72.3
80.0	77.4	36.6	23.3	98.0	73.9
90.0	97.2	39.4	24.4	103.0	75.9
100.0	120.6	42.5	25.7	108.4	78.3
110.0	145.9	45.5	27.2	113.9	80.9
120.0	173.0	48.6	28.8	119.5	83.9
130.0	203.7	51.9	30.7	125.5	87.2
140.0	236.0	55.3	32.7	131.5	90.8
150.0	270.0	58.6	34.8	137.5	94.7
160.0	308.0	62.2	37.2	143.9	98.9
170.0	347.7	65.7	39.7	150.3	103.4
180.0	389.0	69.3	42.3	156.8	108.2
190.0	433.7	73.0	45.1	163.5	113.2
200.0	480.3	76.8	48.0	170.2	118.5
210.0	529.0	80.6	51.1	177.1	124.0
220.0	581.0	84.5	54.3	184.1	129.7
230.0	635.0	88.5	57.6	191.2	135.7
240.0	691.0	92.5	61.0	198.4	141.9
250.0	750.3	96.6	64.6	205.8	148.2

```

**** DETECTOR ACTUATION AT 259.4 SECONDS ****
TYPE A CARRIAGE RETURN TO CONTINUE?

```

Figur C.4 Sprinkleraktivering vid *medium* tillväxt i New Yorker

```

SEND OUTPUT TO PRINTER <Y OR N> ? n
CEILING HEIGHT= 3.499104 m      11.48 ft
RADIUS= 2.11836 m      6.95 ft
DET ACT TEMP= 68 C      154.4 F
RTI= 119.8035 (m*s)^(1/2)      217 (ft*s)^(1/2)

```

TIME	FIRE	GAS TEMP	DET TEMP	GAS TEMP	DET TEMP
sec	kW	C	C	F	F
0.0	0.0	20.0	20.0	68.0	68.0
10.0	4.7	22.3	20.0	72.2	68.1
20.0	18.8	26.2	20.3	79.2	68.5
30.0	42.3	30.9	20.8	87.5	69.4
40.0	75.2	36.1	21.7	97.0	71.0
50.0	118.0	41.8	23.0	107.3	73.4
60.0	169.0	47.9	24.8	118.2	76.6
70.0	252.0	57.0	27.3	134.5	81.2
80.0	303.0	61.3	30.2	142.4	86.3
90.0	381.0	68.3	33.4	155.0	92.2
100.0	472.3	75.8	37.2	168.4	98.9
110.0	570.7	83.3	41.4	182.0	106.6
120.0	676.0	91.1	46.2	195.9	115.1
130.0	796.7	99.3	51.4	210.7	124.5
140.0	924.0	107.6	57.0	225.6	134.7
150.0	1058.0	116.0	63.1	240.7	145.6

```

**** DETECTOR ACTUATION AT 157.6 SECONDS ****
TYPE A CARRIAGE RETURN TO CONTINUE?

```

Figur C.5 Sprinkleraktivering vid *fast* tillväxt i New Yorker

```

SEND OUTPUT TO PRINTER <Y OR N> ? n
CEILING HEIGHT= 3.499104 m      11.48 ft
RADIUS= 2.11836 m      6.95 ft
DET ACT TEMP= 68 C      154.4 F
RTI = 119.9968 (m*s)^(1/2)      217.35 (ft*s)^(1/2)

TIME      FIRE  GAS TEMP  DET TEMP  GAS TEMP  DET TEMP
sec      kW      C          C          F          F
0.0      0.0     20.0      20.0      68.0      68.0
10.0     19.0     26.0      20.1      78.7      68.2
20.0     85.5     36.9      20.9      98.4      69.6
30.0    171.0     47.8      22.6     118.0     72.7
40.0    313.5     61.7      25.5     143.1     77.8
50.0    484.5     75.9      29.6     168.6     85.2
60.0    684.0     91.0      35.1     195.7     95.2
70.0    940.0    107.8     42.0     226.1    107.6
80.0   1225.0    124.9     50.4     256.8    122.6
90.0   1539.0    142.6     60.1     288.6    140.2

**** DETECTOR ACTUATION AT 97.2 SECONDS ****

TYPE A CARRIAGE RETURN TO CONTINUE?

```

Figur C.6 Sprinkleraktivering vid *ultrafast* tillväxt i New Yorker

Wayne's Coffee

Tabell C.3 redovisar indata som används vid beräkning av tid till sprinkleraktivering.

Tabell C.3 Indata vid beräkning av sprinkleraktivering.

Höjd till sprinkler [m]	3,8
Omgivningstemperatur [°C]	20
Radiellt avstånd mellan sprinkler [m]	2,11
Aktiveringstemperatur [°C]	68
RTI [ms ^{1/2}]	120
Tillväxtfaktor [kW/s ²]	0,003 Slow
	0,012 medium
	0,047 fast

```

CEILING HEIGHT= 3.800856 m 12.47 ft
RADIUS= 2.11836 m 6.95 ft
DET ACT TEMP= 68 C 154.4 F
RTI= 119.8035 (m*s)^(1/2) 217 (ft*s)^(1/2)

TIME FIRE GAS TEMP DET TEMP GAS TEMP DET TEMP
sec kW C C C F C F
0.0 0.0 20.0 20.0 68.0 68.0
10.0 0.3 20.3 20.0 68.6 68.0
20.0 1.2 20.9 20.0 69.6 68.0
30.0 2.7 21.6 20.1 70.9 68.1
40.0 4.8 22.4 20.2 72.3 68.3
50.0 7.5 23.2 20.3 73.8 68.5
60.0 11.0 24.1 20.5 75.5 68.9
70.0 15.0 25.1 20.7 77.2 69.3
80.0 19.3 26.1 21.0 78.9 69.8
90.0 24.0 27.0 21.3 80.7 70.4
100.0 30.0 28.2 21.7 82.7 71.1
110.0 36.3 29.3 22.2 84.7 72.0
120.0 43.0 30.4 22.7 86.8 72.9
130.0 51.0 31.7 23.3 89.0 74.0
140.0 59.3 32.9 24.0 91.3 75.1
150.0 68.0 34.2 24.7 93.5 76.4
160.0 77.3 35.5 25.4 95.8 77.7
170.0 87.0 36.7 26.2 98.1 79.2
180.0 97.0 38.0 27.1 100.4 80.8
190.0 108.0 39.4 28.0 102.9 82.4
200.0 120.0 40.7 29.0 105.3 84.2
210.0 132.0 42.1 30.0 107.8 86.0
220.0 146.0 43.7 31.1 110.6 87.9
230.0 159.0 45.0 32.2 113.0 89.9
240.0 172.0 46.4 33.3 115.5 92.0
250.0 187.3 47.9 34.5 118.3 94.2
260.0 203.0 49.5 35.8 121.1 96.4
270.0 219.0 51.0 37.1 123.9 98.7
280.0 235.0 52.6 38.4 126.7 101.1
290.0 252.0 54.1 39.8 129.5 103.6
300.0 270.0 55.7 41.2 132.3 106.1
310.0 288.0 57.3 42.6 135.2 108.6
320.0 307.0 58.9 44.0 138.1 111.3
330.0 327.0 60.6 45.5 141.0 114.0
340.0 347.0 62.2 47.0 144.0 116.7
350.0 367.0 63.9 48.6 147.0 119.5
360.0 389.0 65.6 50.2 150.0 122.3
370.0 411.0 67.3 51.8 153.1 125.2
380.0 433.0 69.0 53.4 156.1 128.1
390.0 456.0 70.7 55.0 159.2 131.1
400.0 480.0 72.4 56.7 162.4 134.1
410.0 504.3 74.2 58.4 165.6 137.1
420.0 529.0 76.0 60.1 168.7 140.2
430.0 555.0 77.9 61.8 172.0 143.3
440.0 581.0 79.6 63.6 175.2 146.4
450.0 608.0 81.4 65.3 178.5 149.6
460.0 635.0 83.2 67.1 181.8 152.8

**** DETECTOR ACTUATION AT 464.8 SECONDS ****
TYPE A CARRIAGE RETURN TO CONTINUE?

```

Figur C.7 Sprinkleraktivering vid *slow* tillväxt i Wayne's Coffee

```

SEND OUTPUT TO PRINTER (Y OR N) ? n
CEILING HEIGHT= 3.800856 m 12.47 ft
RADIUS= 2.11836 m 6.95 ft
DET ACT TEMP= 68 C 154.4 F
RTI= 119.9968 (m*s)^(1/2) 217.35 (ft*s)^(1/2)

TIME FIRE GAS TEMP DET TEMP GAS TEMP DET TEMP
sec kW C C C F C F
0.0 0.0 20.0 20.0 68.0 68.0
10.0 1.2 20.9 20.0 69.6 68.0
20.0 5.4 22.5 20.1 72.4 68.1
30.0 10.8 24.1 20.3 75.3 68.5
40.0 19.8 26.1 20.5 79.0 69.0
50.0 30.6 28.2 20.9 82.7 69.7
60.0 43.2 30.4 21.5 86.6 70.7
70.0 59.4 32.8 22.2 91.1 72.0
80.0 77.4 35.3 23.1 95.6 73.6
90.0 97.2 37.9 24.1 100.2 75.4
100.0 120.6 40.7 25.3 105.2 77.6
110.0 145.9 43.5 26.7 110.3 80.1
120.0 173.0 46.4 28.3 115.5 82.9
130.0 203.0 49.4 30.0 120.9 85.9
140.0 236.0 52.5 31.8 126.4 89.3
150.0 270.0 55.5 33.9 132.0 93.0
160.0 307.0 58.8 36.0 137.8 96.9
170.0 347.5 62.1 38.4 143.7 101.0
180.0 389.0 65.4 40.8 149.7 105.5
190.0 433.0 68.0 43.4 155.9 110.1
200.0 480.3 72.3 46.1 162.1 115.0
210.0 529.0 75.8 49.0 168.4 120.2
220.0 581.0 79.4 51.9 174.9 125.5
230.0 635.0 83.0 55.0 181.4 131.0
240.0 691.0 86.7 58.2 188.1 136.7
250.0 750.3 90.5 61.5 194.9 142.6
260.0 811.7 94.3 64.8 201.7 148.7

**** DETECTOR ACTUATION AT 269.1 SECONDS ****
TYPE A CARRIAGE RETURN TO CONTINUE?

```

Figur C.8 Sprinkleraktivering vid *medium* tillväxt i Wayne's Coffee.

```

CEILING HEIGHT= 3.800856 m    12.47 ft
RADIUS= 2.11836 m    6.95 ft
DET ACT TEMP= 68 C    154.4 F
RII= 119.8035 (m*s)^(1/2)    217 (ft*s)^(1/2)

TIME      FIRE  GAS TEMP  DET TEMP  GAS TEMP  DET TEMP
sec       kW    C         C         F         F
0.0       0.0    20.0     20.0     68.0     68.0
10.0      4.7    22.2     20.0     71.9     68.1
20.0      18.8   25.7     20.3     78.3     68.5
30.0      42.3   30.0     20.7     86.0     69.3
40.0      75.0   34.8     21.6     94.6     70.8
50.0     118.0  40.1     22.8    104.2     73.1
60.0     169.0  45.7     24.5    114.2     76.1
70.0     232.3  51.8     26.6    125.3     79.9
80.0     303.0  58.0     29.2    136.5     84.6
90.0     381.0  64.5     32.3    148.1     90.1
100.0    472.3  71.4     35.8    160.5     96.5
110.0    571.0  78.3     39.8    173.0    103.7
120.0    677.0  85.5     44.3    185.9    111.7
130.0    797.0  93.0     49.1    199.4    120.5
140.0    924.0  100.6    54.4    213.1    130.0
150.0   1058.0  108.3    60.1    227.0    140.2
160.0   1206.0  116.4    66.2    241.6    151.1

**** DETECTOR ACTUATION AT 162.9 SECONDS ****
TYPE A CARRIAGE RETURN TO CONTINUE?

```

Figur C.9 Sprinkleraktivering vid *fast* tillväxt i Wayne's Coffee.

Bilaga D - Bränslekontrollerad brand

I bilaga D undersöks huruvida bränderna i Chilli och New Yorker kan förväntas bli ventilations- eller bränslekontrollerade.

Chilli

För att undersöka huruvida bränderna i Chilli kan förväntas bli ventilations- eller bränslekontrollerade jämförs hur mycket energi det befintliga syret i lokalen kan utveckla med den totala energi som frigörs i de olika brandförloppen. Chilli en volym på totalt 2760 m³. Massprocenten syre antas från början vara 23 % och kunna sjunka till en halt på 11 % innan bränderna behöver syre från öppningar, läckage och ventilation. Då varje kilogram syre kan generera 13,1MJ beräknas den totala energi som kan genereras av syret i utrymmet (Karlsson & Quintiere, 2000).

$$Q = 13,1 \text{ MJ/kg} * \rho * V * (0,23 - 0,11) = 13,1 \text{ MJ/kg} * 1 * 2760 * (0,23 - 0,11) = 4339 \text{ MJ}$$

Energien som frigörs i brandscenariot med *ultrafast* tillväxthastighet och sprinkleraktivering beräknas som arean under effektutvecklingskurvan i figur 7.1.1.1.

$$Q = \int_0^{106} 0,19 * t^2 dt + (600 - 106) * 2000 \text{ kW} = 1057 \text{ MJ}$$

Energien som frigörs i brandscenariot med *fast* tillväxthastighet utan sprinkleraktivering beräknas som arean under effektutvecklingskurvan $\dot{Q} = 0,047 * t^2$.

$$Q = \int_0^{600} 0,047 * t^2 dt = 3384 \text{ MJ}$$

Beräkningarna visar att syret i lokalen kommer räcka till under brändernas första 10 minuter och att bränderna kommer vara bränslekontrollerade. Då de andra brandscenierna i Chilli har lägre tillväxthastighet och lägre maximal effektutveckling, kommer syret i lokalen även räcka i dessa fall.

New Yorker

Beräkningarna för New Yorker görs på samma sätt som för Chilli. New Yorker har en volym på 4264 m³. Den totala energin som kan genereras av syret i lokalen beräknas.

$$Q = 13,1 \text{ MJ/kg} * \rho * V * (0,23 - 0,11) = 13,1 \text{ MJ/kg} * 1 * 4264 * (0,23 - 0,11) = 6703 \text{ MJ}$$

Energien som frigörs i brandscenariot med *ultrafast* tillväxthastighet och sprinkleraktivering beräknas som arean under effektutvecklingskurvan i figur 8.1.1.1.

$$Q = \int_0^{97} 0,19 * t^2 dt + (600 - 97) * 1800kW = 1209MJ$$

Energien som frigörs i brandscenariot med *fast* tillväxthastighet utan sprinkleraktivering beräknas som arean under effektutvecklingskurvan $\dot{Q} = 0,047 * t^2$.

$$Q = \int_0^{600} 0,047 * t^2 dt = 3384MJ$$

Beräkningarna visar att även för New Yorker kommer syret i lokalen räcka till under brändernas första 10 minuter och bränderna kommer vara bränslekontrollerade. Då resterande brandscenarier i New Yorker har lägre tillväxthastighet och lägre maximal effektutveckling, kommer syret i lokalen att räcka till även i dessa fall.

Wayne's Coffee

Då caféet är placerat i ett gångstråk utan några avskiljande väggar bedöms syretillgången inte vara en kritisk parameter. Därför genomförs inga kontrollberäkningar utan kvalitativa bedömningar ligger till grund för antagandet att branden blir bränslekontrollerad.

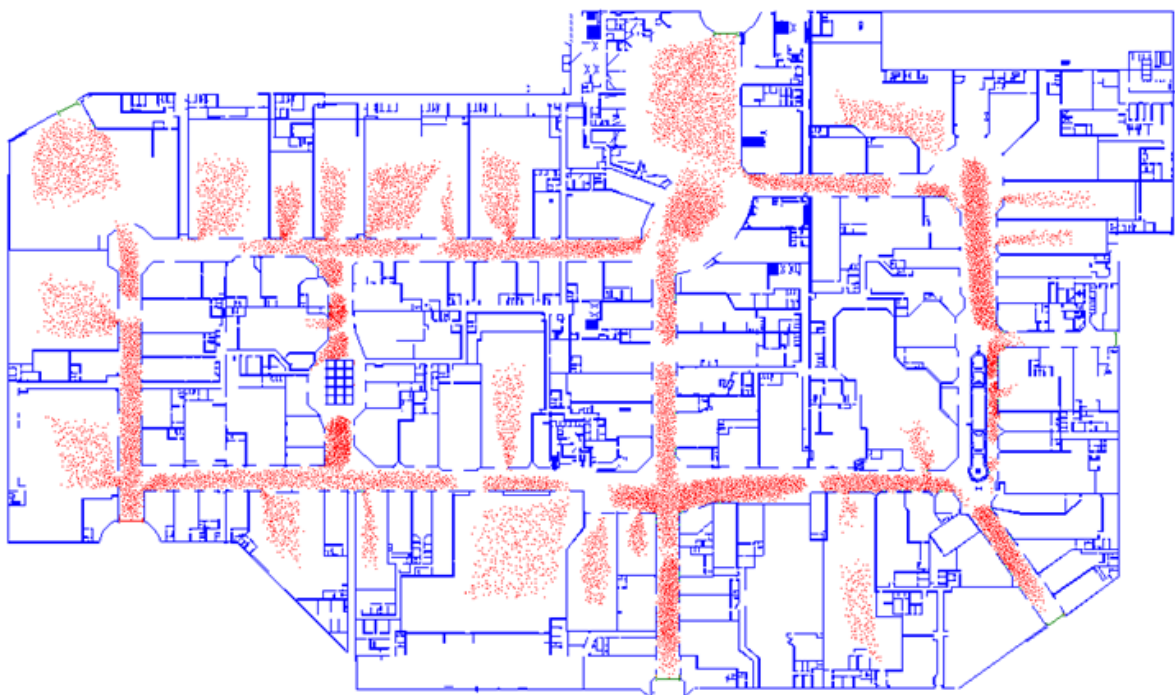
Bilaga E - SIMULEX

I simuleringarna av Väla Centrum används personkategorin ”varuhus” då den anses vara mest representativ för Väla Centrum. Kategorin utgörs av 20 % män, 30 % kvinnor, 20 % barn samt 30 % medelpersoner vilka har en storlek som ligger mellan man och kvinna.

För att kunna bestämma den totala simuleringstiden i FDS görs en simulering i SIMULEX samt handberäkningar för utrymning av hela Väla Centrum.

Hela Väla Centrum

Vid utrymning av hela Väla Centrum antas 12500 personer befinna sig i köpcentrumet samtidigt, se figur E.1. Detta baseras på att det genomsnittliga besökarantalet under en lönehelg är cirka 25 000 och det bedöms att varje person spenderar en halv dag i köpcentrumet.



Figur E.1 Översiktssbild över utrymning av hela Väla Centrum, 1 minut in i utrymningsförloppet.

I simuleringen antas samtliga personer utrymma via närmaste gångstråken och de sex huvudentréerna. Simuleringen visar att förflyttningstiden är cirka 9 minuter. Vidare antas en varseblivningstid samt förberedelsestid på 1 minut vardera, vilket resulterar i en total utrymningstid på cirka 11 minuter. Vidare görs även en överslagsberäkning av förflyttningstiden då utrymning under samma förutsättningar som i SIMULEX.

$$t_{\text{förflyttning}} = \frac{l}{v} + \frac{n}{b \cdot f} \quad \text{ekvation E.1}$$

Tabell E.1 Indata till förflyttningsberäkningar enligt ekvation E.1 (Boverket, 2011a).

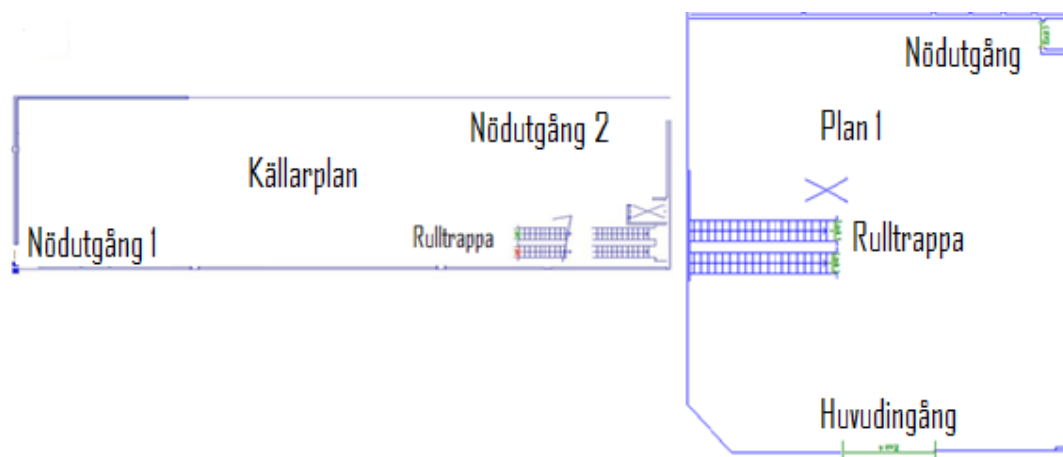
l – längsta avstånd till utgång	160 m
v – gånghastighet	1,3 m/s
n – antal personer som skall passera en dörr	2083 pers
b – genomsnittlig dörrbredd	8 m
f – dimensionerande personflödet	1,1 pers/sm
Förflyttningstid	360 s

Ekvation E.1 och värden från tabell E.1 visar att förflyttningstiden blir cirka 6 minuter vilket resulterar i en total utrymningstid på 8 minuter då varseblivning och förberedelse tid antas vara 1 minut vardera. En simuleringstid i FDS på 10 minuter anses vara rimlig då utrymning sker på 11 respektive 8 minuter då inga nödutgångar används.

Enligt BBR är persontätheten för köpcentrum 0,5 människor/m² nettoarea (Boverket, 2011c). Denna siffra anses vara orimligt hög då stora delar av utrymmena som behandlas upptas av diverse möblemang samt varor, därför används istället kvalitativa uppskattningar av personantalet utifrån platsbesöket. Eftersom personantalet i samtliga scenarion uppskattas kvalitativt simuleras samma scenario två gånger med varierande personantal för att få en bild av personantalets betydelse för förflyttningstiden.

Chilli

För att bedöma förflyttningstiden vid händelse av brand genomförs sex simuleringar i SIMULEX, där tre olika scenarion analyseras med varierande personantal. Personantalen uppskattas kvalitativt till 50 respektive 100 personer på vardera våningsplan. För att undvika att alla personerna börjar förflytta sig samtidigt och därmed få ett mer realistiskt utrymningsförlopp tilldelas personerna olika förberedelsetid, vilka redovisas i tabellerna nedan. Personerna på det övre våningsplanet antas ha längre förberedelse tid än de flesta som vistas på det nedre planet då de inte befinner sig i samma rum som branden. Figur E.2 visar en schematisk bild över butiken.



Figur E.2 Schematisk bild över Chilli's två våningsplan

Scenario UA1

I detta scenario är alla utrymningsvägar tillgängliga och det antas att det vistas 200 personer i butiken, 100 personer på vardera våningsplan. På den övre våningen antas 90 personer utrymma via huvudingången och 10 personer via nödutgången inne i butiken, vilket bedöms vara ett rimligt antagande då det enligt teorin i kapitel 4.3 är vanligt förekommande att de flesta utrymmer via den väg de kom in i butiken. Personernas förberedelsetid redovisas i tabell E.2.

Tabell E.2 Fördelning av förberedelsetiderna för personerna som vistas på det övre våningsplanet.

Antal personer	Utrymningsväg	Förberedelsetid medelvärde [s]	Förberedelsetid standardavvikelse [s]
90	Huvudingång	45	10
10	Nödutgång	45	10

På den nedre våningen antas 40 personer utrymma via vardera rulltrappa där alla sedan lämnar butiken via huvudingången på det övre våningsplanet. Samtidigt antas 10 personer utrymma via vardera nödutgång som finns på det nedre planet. Förberedelsetiderna redovisas i tabell E.3.

Tabell E.3 Fördelning av förberedelsetiderna för personerna som vistas på det nedre våningsplanet.

Antal personer	Utrymningsväg	Förberedelsetid medelvärde [s]	Förberedelsetid standardavvikelse [s]
25	Rulltrappa 1	30	10
10	Rulltrappa 1	45	10
5	Rulltrappa 1	10	5
25	Rulltrappa 2	30	10
10	Rulltrappa 2	45	10
5	Rulltrappa 2	10	5
10	Nödutgång 1	30	10
10	Nödutgång 2	30	10

Förflyttningstiden simuleras till 2 minuter och 25 sekunder.

Scenario UA2

Det enda som skiljer det här scenariot från scenario UA1 är att antalet personer i butiken halveras till 100, därmed halveras antalet personer som använder de olika utrymningsvägarna. I övrigt tilldelas de samma förberedelse tid som i redovisas i tabell E.2 och E.3.

Förflyttningstiden simuleras till 2 minuter och 7 sekunder.

Scenario UA3

Scenario UA3 behandlar utrymning av Chilli där en av nödutgångarna på nedre våningen antas vara blockerad och därmed oanvändbar. 200 personer antas befinna sig i butiken, 100 på vardera

våningsplan. På den övre våningen är förhållanden de samma som i scenario UA1, deras förberedelsetider redovisas i tabell E.4.

Tabell E.4 Fördelning av förberedelsetiderna för personerna som vistas på det övre våningsplanet.

Antal personer	Utrymningsväg	Förberedelsetid medelvärde [s]	Förberedelsetid standardavvikelse [s]
90	Huvudingång	45	10
10	Nödutgång	45	10

På den nedre våningen antas 45 personer använda vardera rulltrappa, där alla sedan lämnar butiken via huvudingången på den övre våningen. 10 personer antas använda nödutgång 1 på nedre plan som inte är blockerad. Personernas förberedelsetid redovisas i tabell E.5.

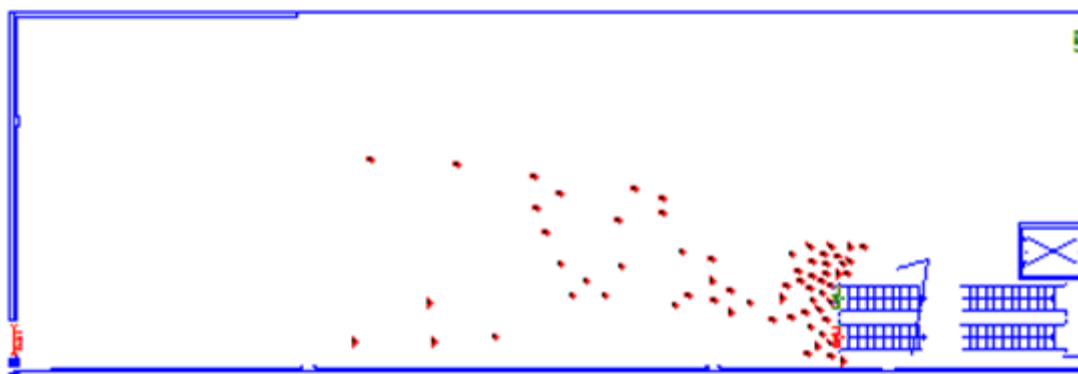
Tabell E.5 Fördelning av förberedelsetiderna för personerna som vistas på det nedre våningsplanet.

Antal personer	Utrymningsväg	Förberedelsetid medelvärde [s]	Förberedelsetid standardavvikelse [s]
30	Rulltrappa 1	30	10
10	Rulltrappa 1	45	10
5	Rulltrappa 1	10	5
30	Rulltrappa 2	30	10
10	Rulltrappa 2	45	10
5	Rulltrappa 2	10	5
10	Nödutgång 1	30	10

Förflyttningstiden simuleras till 2 minuter och 54 sekunder.

Scenario UA4

Det som skiljer det här scenariot från scenario UA3 är att personantalet halveras till 100, i övrigt är förutsättningarna desamma där figur E.2 visar utrymningsförloppet. Personernas förberedelsetid kan utläsas från tabell E.4 och E.5.



Figur E.2 Utrymning via rulltrapporna, 1 minut och 30 sekunder in i utrymningsförloppet.

Förflyttningstiden simuleras till 2 minuter och 36 sekunder.

Scenario UA5

I det här scenariot antas båda rulltrapporna vara blockerade vilket medför att utrymning från nedre plan måste ske via de båda nödutgångarna. Vidare antas det att det vistas 200 personer i butiken, 100 på vardera plan. Förberedelsetiderna för personerna på plan 1 redovisas i tabell E.6.

Tabell E.6 Fördelning av förberedelsetiderna för personerna som vistas på det övre våningsplanet.

Antal personer	Utrymningsväg	Förberedelsetid medelvärde [s]	Förberedelsetid standardavvikelse [s]
90	Huvudingång	45	10
10	Nödutgång	45	10

På nedre plan antas 50 personer utrymma via vardera nödutgång, deras förberedelsetider redovisas i tabell E.7.

Tabell E.7 Fördelning av förberedelsetiderna för personerna som vistas på det nedre våningsplanet.

Antal personer	Utrymningsväg	Förberedelsetid medelvärde [s]	Förberedelsetid standardavvikelse [s]
30	Nödutgång 1	30	10
10	Nödutgång 1	45	10
10	Nödutgång 1	10	5
30	Nödutgång 2	30	10
10	Nödutgång 2	45	10
10	Nödutgång 2	10	5

Förflyttningstiden simuleras till 1 minut och 30 sekunder.

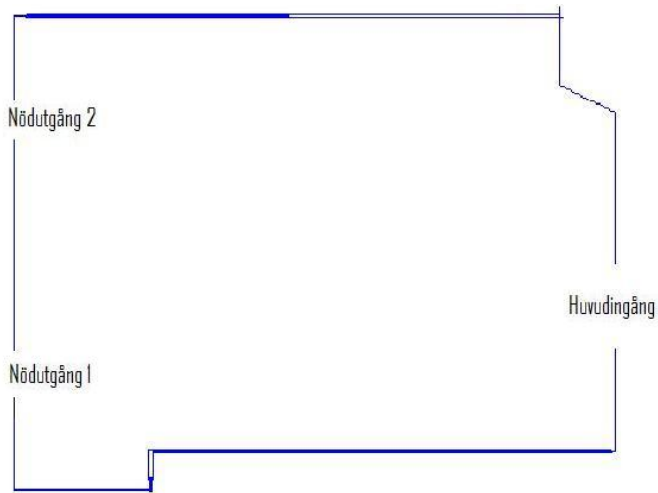
Scenario UA6

Det som skiljer scenario UA6 från scenario UA5 är att personantalet halveras till 100. I övrigt är förutsättningarna de samma och personernas förberedelsetid kan utläsas ur tabell E.6 och E.7.

Förflyttningstiden simuleras till 1 minut och 36 sekunder.

New Yorker

För att bedöma förflyttningstiden vid händelse av brand genomförs sex simuleringar, vilka utgörs av 3 olika scenarion där personantalet kvalitativt uppskattas variera mellan 150 och 300 personer. Personernas förberedelsestid samt val av utgång redovisas i tabellerna nedan, figur E.4 visar en schematisk bild över butiken.



Figur E.4 Schematisk bild över New Yorker.

Scenario UB1

Det här scenariot behandlar utrymning där butikens två nödutgångar samt huvudingång är tillgängliga. Då nödutgångarna liksom väggarna är svartmålade och utrymningsskyltarna placerade strax under taket antas detta leda till att endast ett fåtal av personerna som befinner sig i butiken kommer utrymma via dessa. Detta antagande styrks av teorin i kapitel 4.3. I scenariot antas 300 personer vistas i butiken varav 250 bedöms utrymma via huvudingången, av de övriga 50 personerna antas 25 använda vardera nödutgång. Personernas förberedelsestid redovisas i tabell E.8.

Tabell E.8 Fördelning av förberedelsestiderna för personerna som vistas i butiken.

Antal personer	Utrymningsväg	Förberedelsestid medelvärde [s]	Förberedelsestid standardavvikelse [s]
150	Huvudingång	30	10
50	Huvudingång	45	10
50	Huvudingång	10	5
25	Nödutgång 1	30	10
25	Nödutgång 2	30	10

Förflyttningstiden simuleras till 1 minut och 30 sekunder.

Scenario UB2

Det enda som skiljer scenario UB2 från scenario UB1 är att personantalet halverats till 150, därmed kan personernas förberedelsetid utläsas i tabell E.8

Förflyttningstiden simuleras till 1 minut och 25 sekunder.

Scenario UB3

I det här scenariot antas nödutgång 2 vara blockerad. 300 personer antas vistas i butiken varav 275 antas utrymma via huvudingången och övriga 25 personer via nödutgång 1. Personernas förberedelsetid redovisas i tabell E.9.

Tabell E.9 Fördelning av förberedelsetiderna för personerna som vistas i butiken.

Antal personer	Utrymningsväg	Förberedelsetid medelvärde [s]	Förberedelsetid standardavvikelse [s]
175	Huvudingång	30	10
50	Huvudingång	45	10
50	Huvudingång	10	5
25	Nödutgång 1	30	10

Förflyttningstiden simuleras till 1 minut och 45 sekunder.

Scenario UB4

I detta scenario är förutsättningarna de samma som i UB3 fränsett att personantalet halverats till 150, därmed kan personernas förberedelsetid utläsas i tabell E.9.

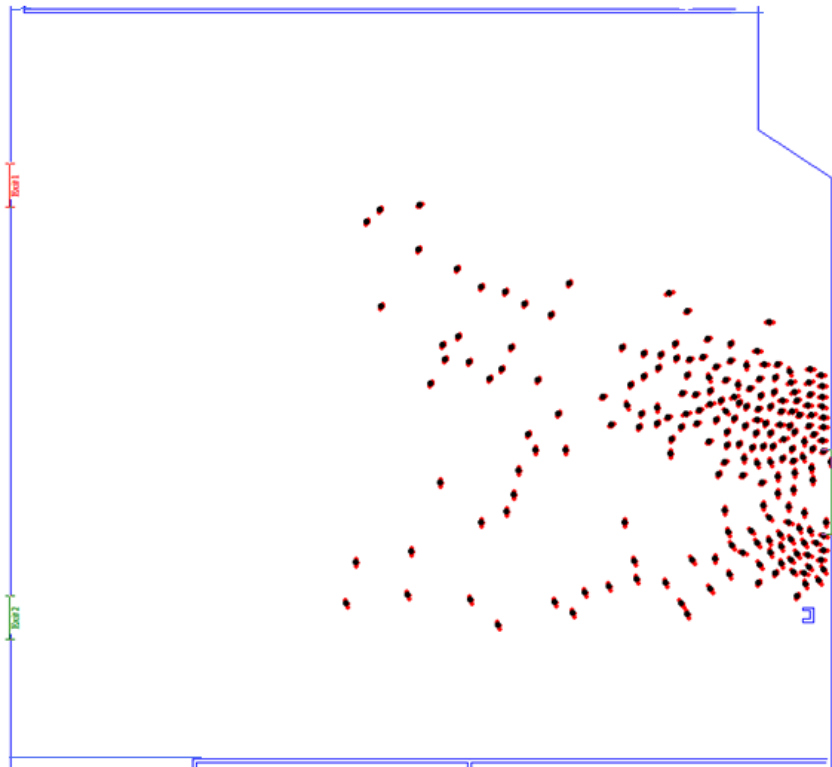
Förflyttningstiden simuleras till 1 minut och 28 sekunder.

Scenario UB5

Det här scenariot behandlar utrymning då båda nödutgångarna är blockerade, därmed måste utrymning ske via butikens huvudingång, se figur E.5. Det antas att 300 personer befinner sig i butiken, personernas förberedelsetid redovisas i tabell E.10.

Tabell E.10 Fördelning av förberedelsetiderna för personerna som vistas i butiken.

Antal personer	Utrymningsväg	Förberedelsetid medelvärde [s]	Förberedelsetid standardavvikelse [s]
200	Huvudingång	30	10
50	Huvudingång	45	10
50	Huvudingång	10	5



Figur E.5 Utrymningsförloppet där båda nödutgångarna antas vara blockerade.

Förflyttningstiden simuleras till 1 minut och 48 sekunder.

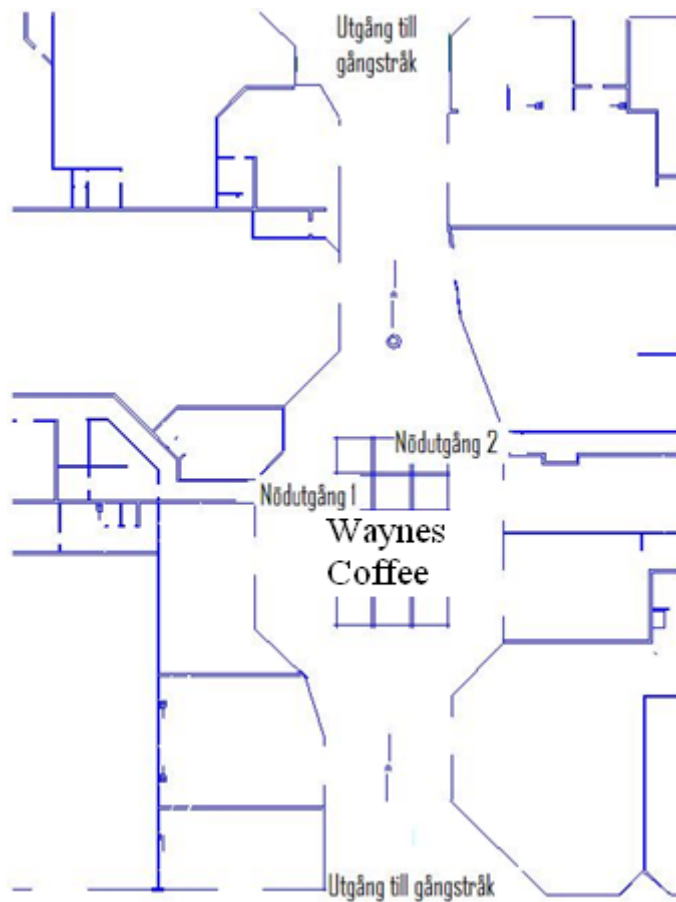
Scenario UB6

I detta scenario är förutsättningarna de samma som i UB5 förutom att personantalet halverats till 150, därmed kan personernas förberedelsestid utläsas i tabell E.10.

Förflyttningstiden simuleras till 1 minut och 27 sekunder.

Wayne's Coffee

Eftersom de små butikerna som ligger längs gångstråket vid Wayne's Coffee saknar egna utrymningsvägar simuleras utrymning av hela gångstråket inklusive de närliggande butikerna. Förflyttningstiden beräknas fram till dess att alla personer har utrymt antingen via de två tillgängliga nödutgångarna i gångstråket eller till något av de två närliggande gångstråken, se figur E.6. En kvalitativ bedömning av antalet personer som vistas samtidigt i gångstråket, i caféet och i intilliggande butiker görs till 450 respektive 900 personer. Alla personer som utrymmer tilldelas en förberedelsestid på 60 sekunder med en standardavvikelse på 10 sekunder.



Figur E.6 Schematisk bild över gångstråket vid Wayne's Coffee.

Scenario UC1

Båda nödutgångarna antas i detta scenario vara tillgängliga och att 50 personer som vistas i gångstråket kommer utrymma via vardera nödutgång, övriga 800 personer antas utrymma via de två närliggande gångstråken.

Förflyttningstiden simuleras till 3 minuter och 18 sekunder.

Scenario UC2

Scenario UC2 är det identiskt med scenario UC1 förutom att personantalet har halverats, det innebär att 450 personer antas visas i området.

Förflyttningstiden simuleras till 2 minuter och 33 sekunder.

Scenario UC3

Det här scenariot behandlar utrymning då en av nödutgångarna är blockerad. Det antas att 100 personer som vistas i gångstråket nära nödutgången utrymmer via denna, övriga 800 personer antas utrymma via de två närliggande gångstråken.

Förflyttningstiden simuleras till 3 minuter och 28 sekunder.

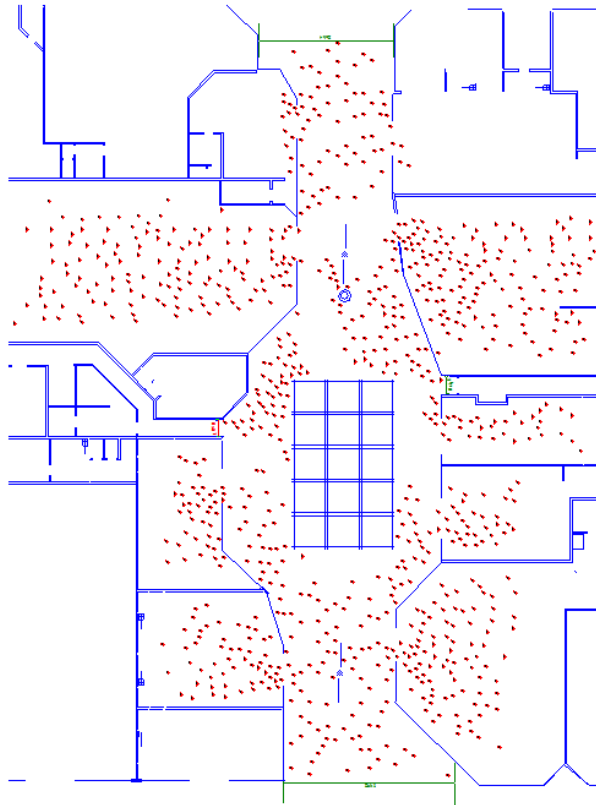
Scenario UC4

Förutsättningarna är de samma som i scenario UC3 förutom att personantalet har halverats till 450 personer.

Förflyttningstiden simuleras till 2 minuter och 33 sekunder.

Scenario UC5

I det här scenariot antas båda utrymningsvägarna vara blockerade, därmed måste samtliga 900 personer som vistas i området utrymma via de två närliggande gångstråken, se figur E.7.



Figur E.7 Utrymning av 900 personer då båda nödutgångarna antas blockerade, 30 sekunder in utrymningsförloppet.

Förflyttningstiden simuleras till 4 minuter och 4 sekunder.

Scenario UC6

Det råder samma förutsättningar som i scenario UC5 frånsett att personantalet har halverats till 450 personer.

Förflyttningstiden simuleras till 2 minuter och 40 sekunder.

Bilaga F – FDS

Tiden till att kritiska förhållanden uppstår för parametrarna brandgaslagrets höjd, temperatur och sikt, uppskattas med simuleringar i FDS. Brandgaslagrets höjd uppskattas visuellt med hjälp av en *slicefile* på en kritisk höjd, detta för att få en referenspunkt i lokalen för respektive fall och brandscenario. I simuleringarna för Chilli och New Yorker används även termoelementträd och temperaturslices vid alla nödutgångar samt vertikal och horisontellt placerade temperaturslices tvärs över lokalerna. I Wayne's Coffee används vertikala och horisontella temperaturslices vid nödutgångarna samt längsgående mitt i gångstråken. Sikten uppskattas i samtliga fall med hjälp av siktlices som är placerade på samma platser som mätinstrument för temperatur.

I samtliga simuleringar används betong som material i väggar, golv och tak, därmed tas ingen hänsyn till bland annat ytskikt och innertak. Detta anses inte påverka resultaten för temperatur, sikt och brandgaslagrets höjd.

Temperaturen i brandgaserna används även för att kontrollera att inte strålningen från brandgaslagret ger upphov till den kritiska nivån på $2,5 \text{ kW/m}^2$. Strålningsberäkningarna behandlas i bilaga G där den kritiska temperaturen på brandgaslagret beräknas till 185 °C .

Standard för optiska ljusspridningsdetektorer är att aktivering sker när ljuset dämpas med 2 - 4 % per fot (Kumar & Izzal Azid, 2011) vilket motsvarar 7 – 13 % dämpning per meter. För att ta ett konservativt värde används 13 % som tröskelvärde i simuleringarna. Tiden till aktivering av brandlarmet bestäms som den tid det tar för två rökdetektorer att aktivera. Denna tid används som varseblivningstid för samtliga scenarier.

Tid till kritiska förhållanden

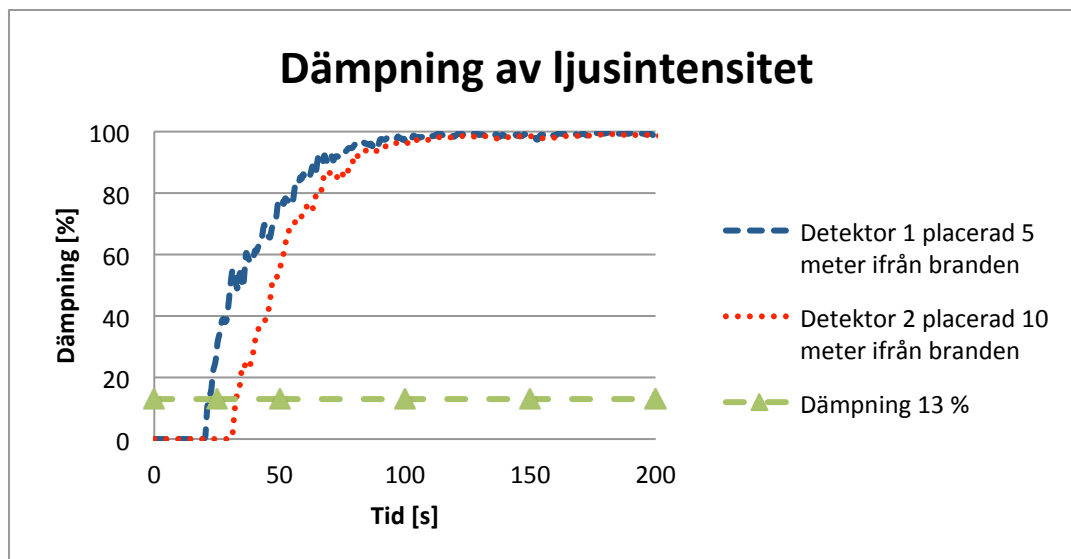
Nedan redovisas tid till kritiska förhållanden för samtliga brandscenarier.

Chilli

I följande avsnitt redovisas resultat från FDS-simuleringarna med *medium* tillväxt och sprinkleraktivering, *fast* tillväxt med och utan sprinkleraktivering samt *ultrafast* tillväxt med sprinkleraktivering för Chilli.

A1 - Ultrafast med sprinkler

Figur F.1 visar att rökdetektor 2, som är placerad 10 meter ifrån branden, aktiverar efter 33 sekunder. Detta motsvarar en dämpning av ljusintensitet på 13 %. Denna tid används som varseblivningstid i scenario A1.



Figur F.1 Dämpning av ljusintensitet för rökdetektor 1 och 2 vid tillväxthastigheten *ultrafast* med sprinkleraktivering.

Figur F.2 visar att det tar cirka 97 sekunder för brandgaslagret att nå en kritisk höjd på 2,1 meter. Detta sker dock vid rulltrappan där turbulensen blir stor på grund av att all tilluft sker via öppningen till entréplan samt att brandgaserna stiger uppåt i samma öppning. Denna tid kan därför anses vara konservativ.



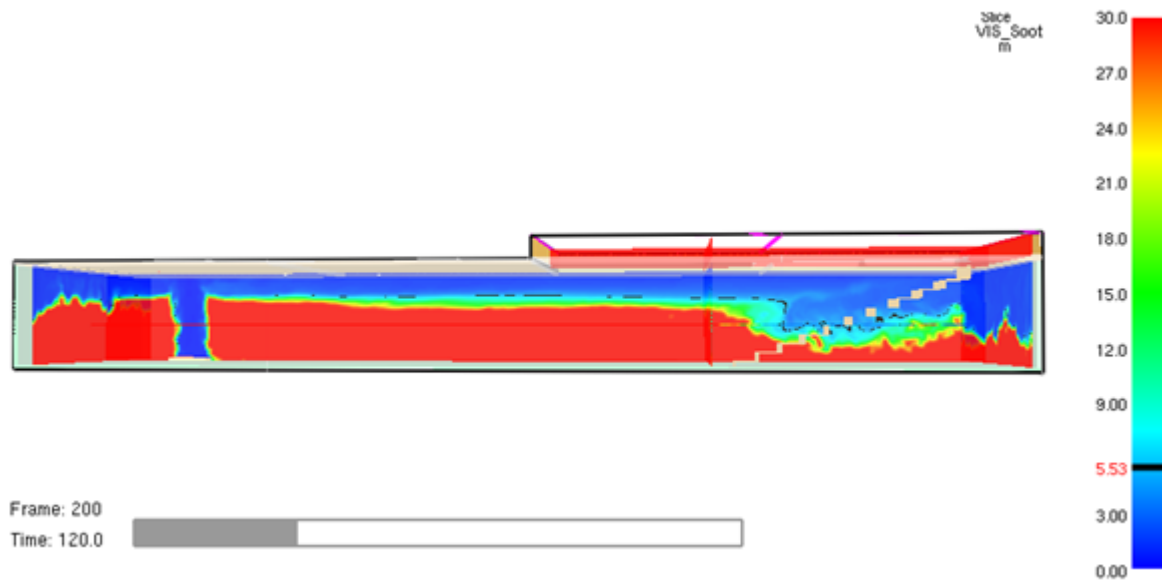
Frame: 164

Time: 96.6



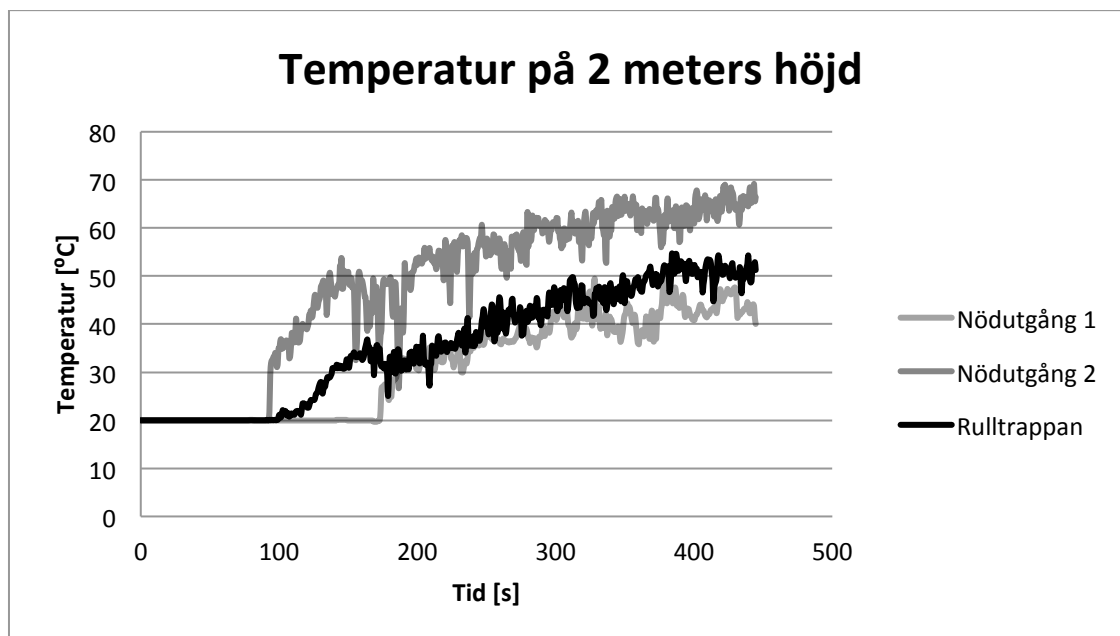
Figur F.2 Tid till dess att brandgaslagret når kritisk höjd.

Figur F.3 visar att det tar cirka 120 sekunder till dess att kritiska siktförhållanden uppstår. På grund av samma orsaker som för brandgaslagret anses värdet vara konservativt.



Figur F.3 Tid till dess att kritiska siktförhållanden uppstår.

Figur F.4 visar att kritiska temperaturförhållanden på 80 °C aldrig kommer att överstigas under simuleringstiden. Detta eftersom sprinkleraktiveringen begränsar branden och dess effektutveckling. Mätdata är hämtad från termoelement som är placerade på 2 meters höjd vid de tre olika nödutgångarna.

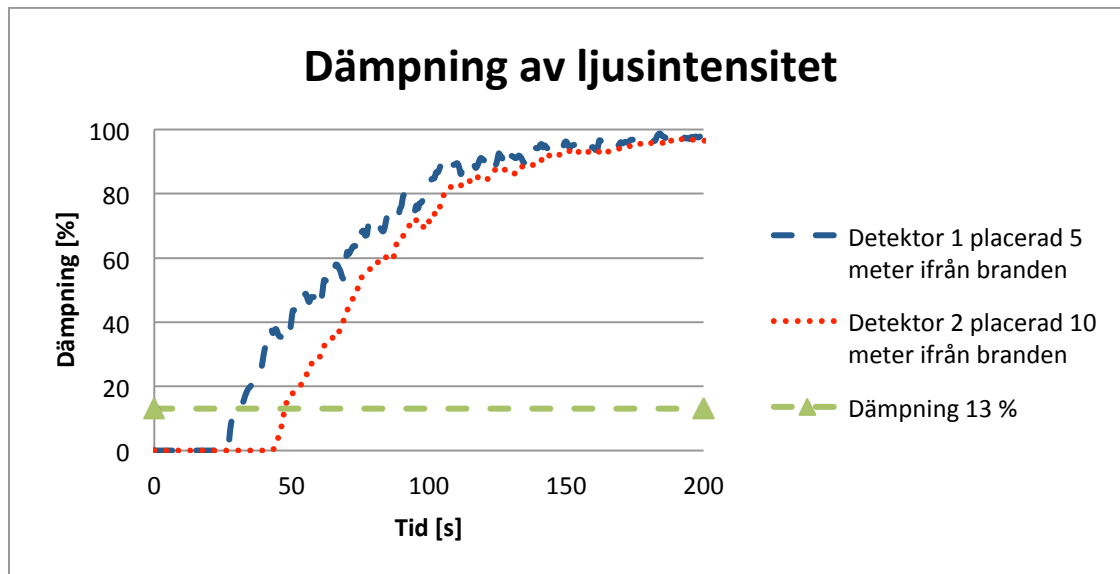


Figur F.4 Temperaturen som funktion av tiden vid tre olika nödutgångar på 2 meters höjd.

A3 - Fast med sprinkler

Figur F.5 visar att rökdetektor 2, vilken är placerad 10 meter ifrån branden, aktiverar efter 48

sekunder. Detta motsvarar en dämpning av ljusintensitet på 13 %. Denna tid används som varseblivningstid i scenario A3.



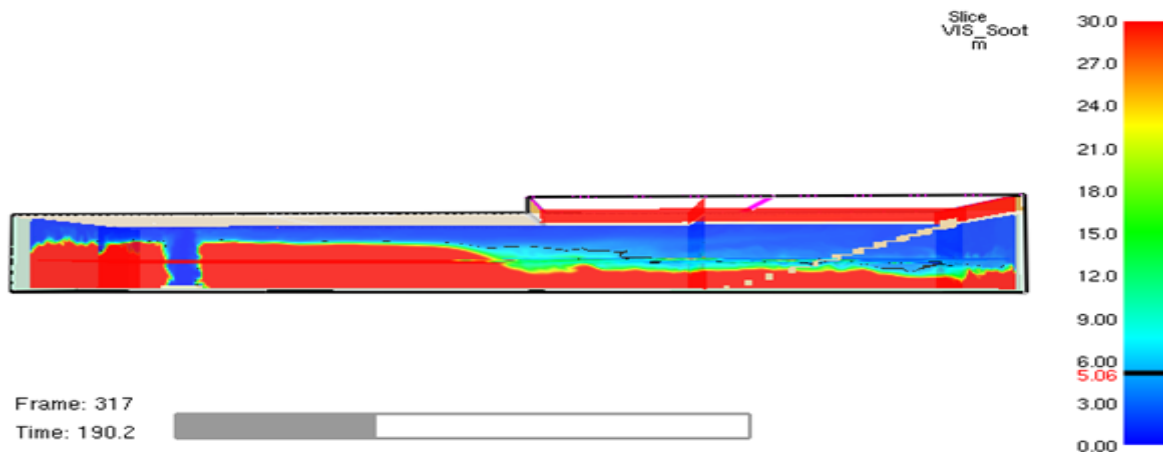
Figur F.5 Dämpning av ljusintensitet för rökdetektor 1 och 2 vid tillväxthastigheten *fast* med sprinkleraktivering.

Figur F.6 visar att det tar cirka 140 sekunder för brandgaslagret att nå kritisk höjd på 2,1 meter. På samma sätt som för scenario A1 blir det först kritiskt runt rulltrappan på grund av turbulensen.



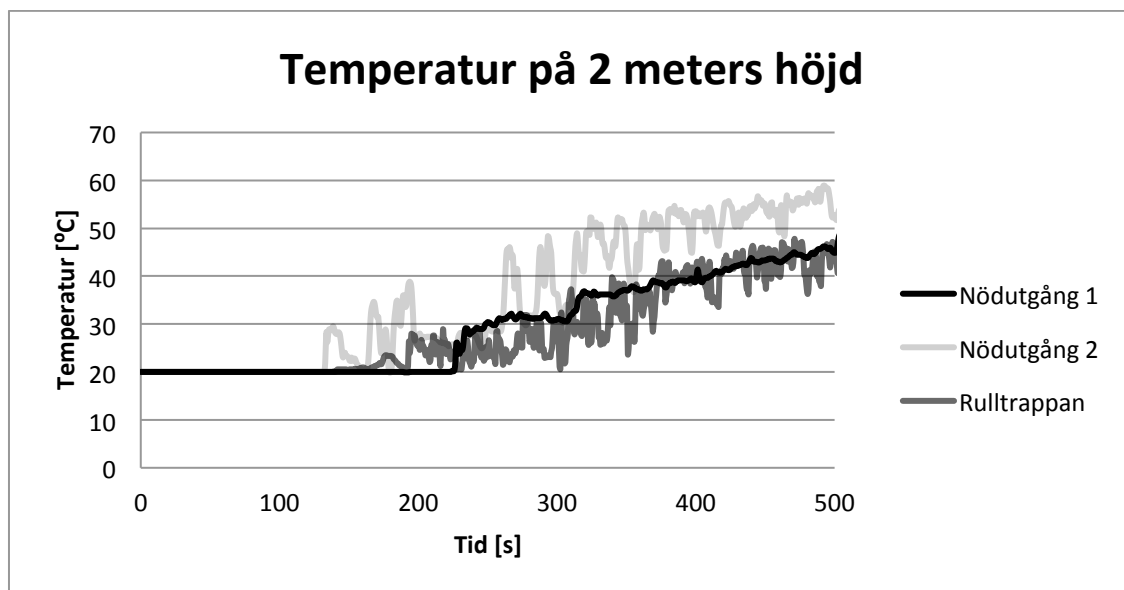
Figur F.6 Tid till dess att brandgaslagret når kritisk höjd.

Figur F.7 visar att det tar cirka 190 sekunder till dess att kritiska siktförhållanden uppstår.



Figur F.7 Tid till dess att kritiska siktförhållanden uppstår.

Figur F.8 visar att kritiska temperaturförhållanden på 80 °C aldrig kommer att överstigas under simuleringstiden. Detta eftersom sprinkleraktiveringen begränsar branden och dess effektutveckling.



Figur F.8 Temperaturen som funktion av tiden vid tre olika nödutgångar på 2 meters höjd.

A4 – Fast utan sprinkler

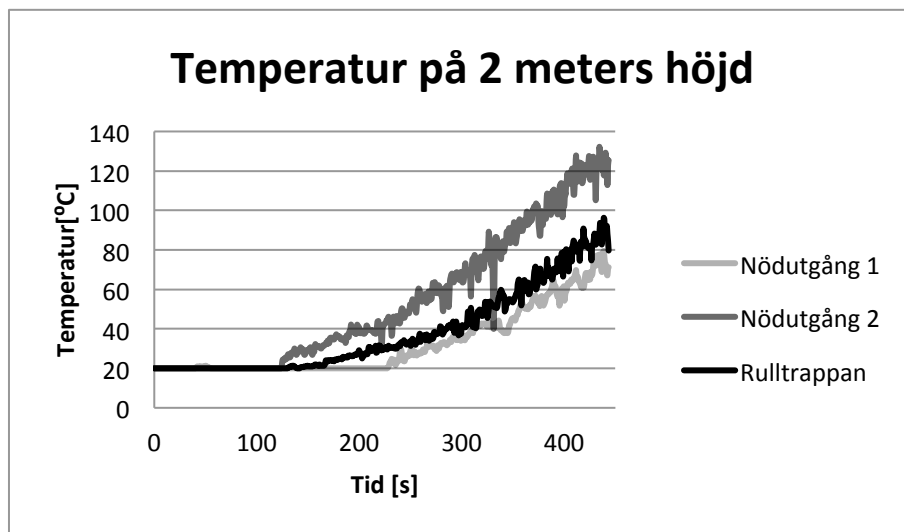
I scenariot med *fast* tillväxt utan sprinkleraktivering kommer kritiska förhållanden i form av sikt och brandgaslagrets höjd att uppnås lika fort som i fallet med sprinkler, detta eftersom sprinkleraktivering sker efter cirka 173 sekunder och vid den tiden har kriteriet för brandgaslagrets höjd redan fallerat.

Figur F.6 visar att det tar cirka 140 sekunder för brandgaslagret att nå kritisk höjd på 2,1 meter. Figur

F.7 visar att det tar cirka 190 sekunder till dess att kritiska siktförhållanden uppstår vid en *fast* tillväxt med sprinkler.

Skillnaden mellan detta scenario och scenariot där sprinkleraktivering sker är att brandens effektutveckling ständigt ökar enligt en tillväxtfaktor på $0,047 \text{ kW/s}^2$. Den ökande effektutvecklingen medför att temperaturen i lokalen kommer att öka och att kritiska temperaturförhållanden kommer att uppnås.

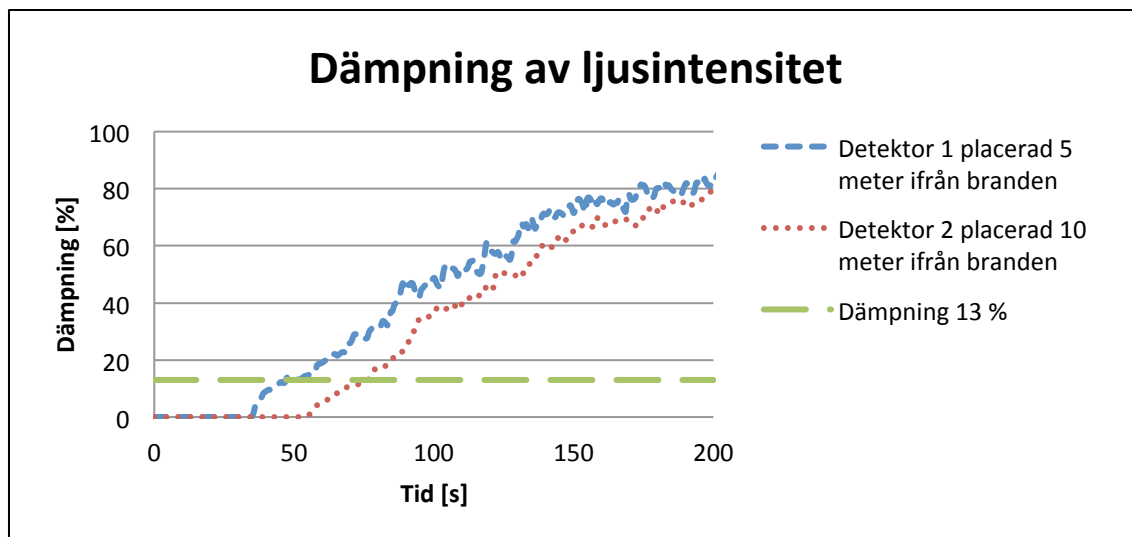
Figur F.9 visar hur temperaturen varierar med tiden vid tre olika nödutgångar i Chilli. Efter cirka 325 sekunder passerar temperaturen den kritiska nivån på 80°C vid nödutgång 2. Långt innan dess har däremot kriteriet för brandgaslagrets höjd och sikt fallerat.



Figur F.9 Temperaturen som funktion av tiden vid tre olika nödutgångar på 2 meters höjd.

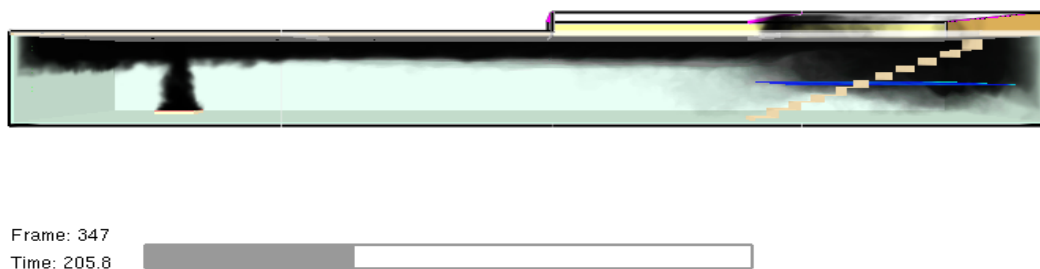
A5 - Medium med sprinkler

Figur F.10 visar att rökdetektor 2, som är placerad 10 meter ifrån branden, aktiverar vid 76 sekunder. Detta motsvarar en dämpning av ljusintensitet på 13 %. Denna tid används som varseblivningstid för scenario A5.



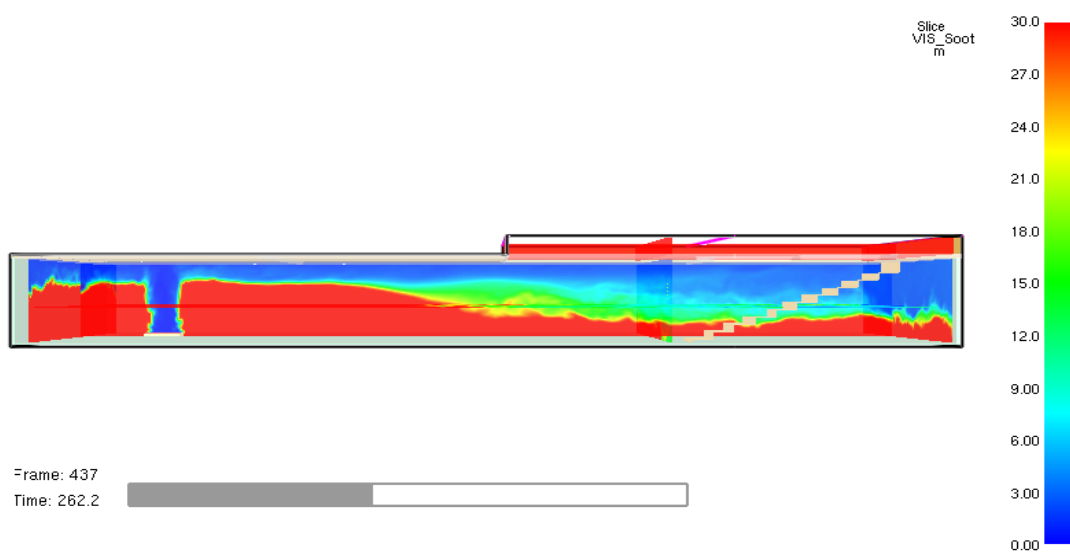
Figur F.10 Dämpning av ljusintensitet för rökdetektor 1 och 2 vid tillväxthastigheten *medium* och sprinkleraktivering.

Figur F.11 visar att det tar cirka 210 sekunder för brandgaslagret att nå kritisk höjd på 2,1 meter.



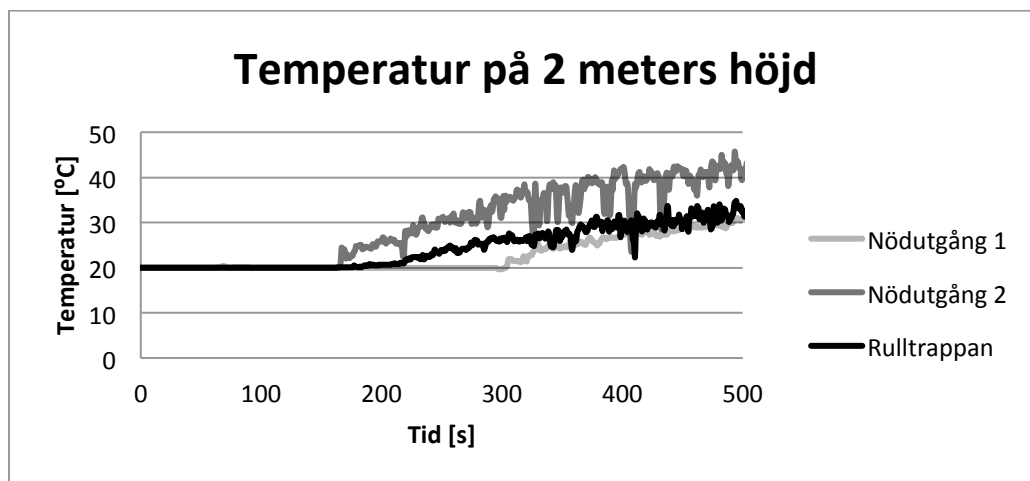
Figur F.11 Tid till dess att brandgaslagret når kritisk höjd.

Figur F.12 visar att det tar cirka 260 sekunder till dess att kritiska siktförhållanden uppstår.



Figur F.12 Tid till dess att kritiska siktförhållanden uppstår.

Figur F.13 visar att kritiska temperaturförhållanden på 80 °C aldrig kommer att uppnås under simuleringstiden.



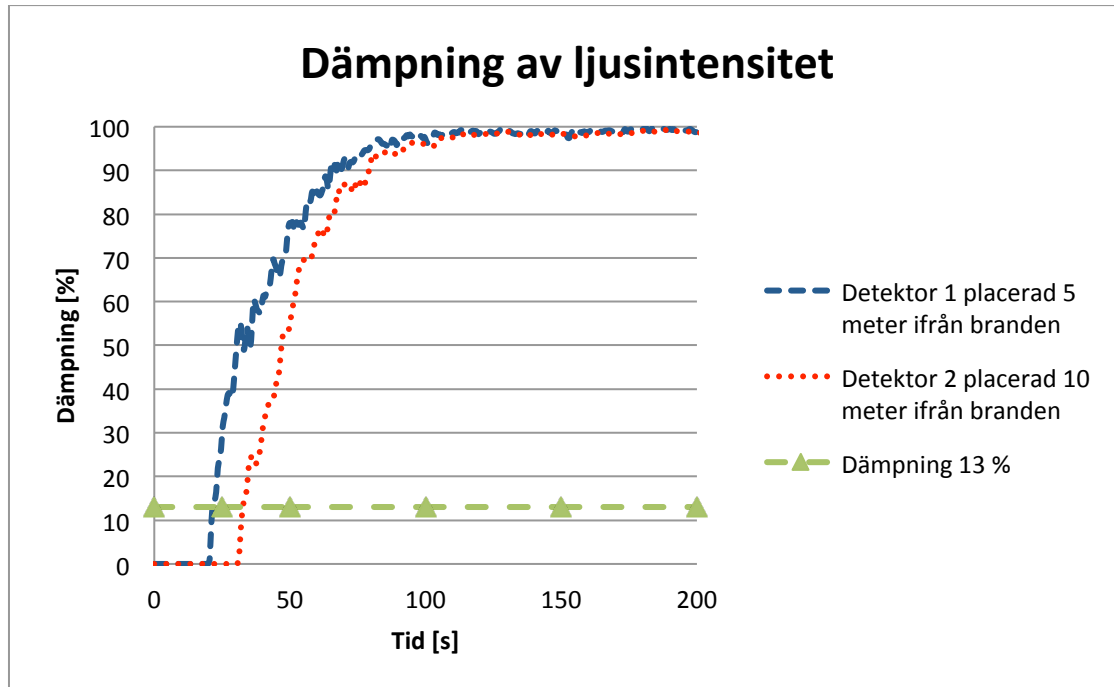
Figur F.13 Temperaturen som funktion av tiden vid tre olika nödutgångar på 2 meters höjd.

New Yorker

I följande avsnitt redovisas resultaten från simuleringarna i FDS med *ultrafast* tillväxt med sprinkleraktivering, *fast* tillväxt med och utan sprinkleraktivering samt *medium* tillväxt med sprinkleraktivering. I fallet med New Yorker utförs även en simulering med mindre celler, detta för att undersöka om det råder gridberoende resultat. Vidare undersöks även känsligheten för valet av värdet för sotproduktionen, se avsnittet om känslighetsanalys.

B1 - Ultrafast med sprinkler

Figur F.14 visar att rökdetektor 2, som är placerad 10 meter ifrån branden, aktiverar efter 33 sekunder. Detta motsvarar en dämpning av ljusintensitet på 13 %. Denna tid används som varseblivningstid i scenario B1.



Figur F.14 Dämpning av ljusintensitet för rökdetektor 1 och 2 vid tillväxthastigheten *ultrafast* med sprinkleraktivering.

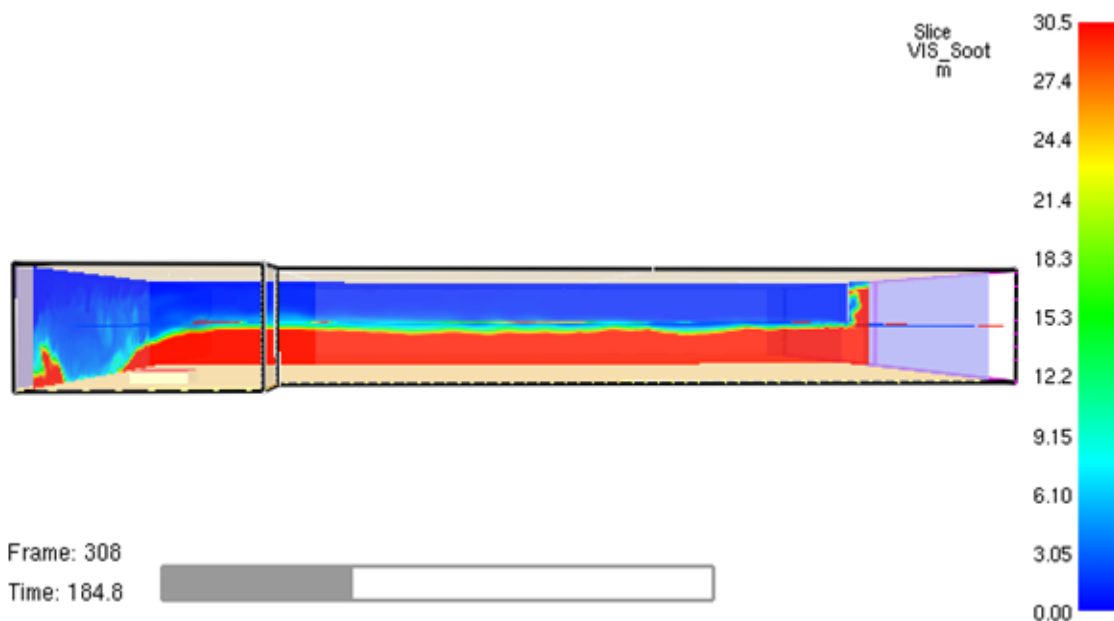
Figur F.15 visar att det tar cirka 130 sekunder för brandgaslagret att nå kritisk höjd på 2,0 meter.



Frame: 221
Time: 129.6

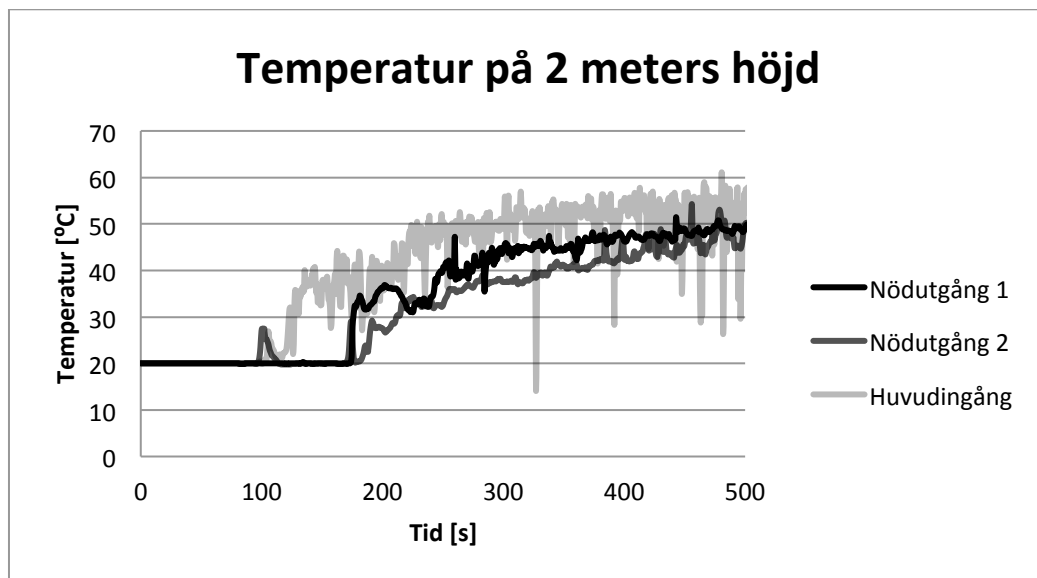
Figur F.15 Tid till dess att brandgaslagret når kritisk höjd.

Figur F.16 visar att det tar cirka 185 sekunder till dess att kritiska siktförhållanden uppstår.



Figur F.16 Tid till dess att kritiska siktförhållanden uppstår.

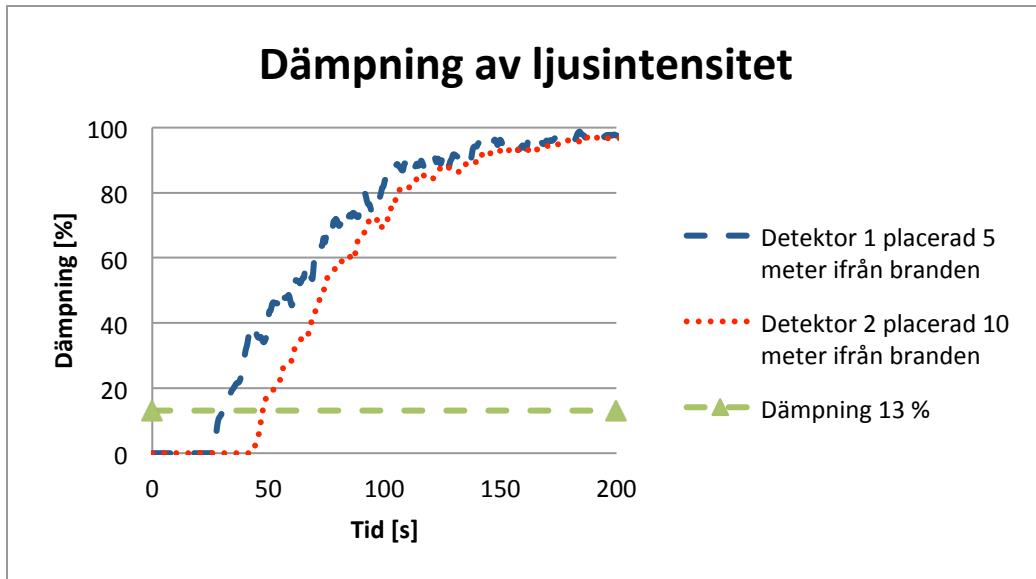
Figur F.17 visar att kritiska temperaturförhållanden på 80 °C aldrig kommer uppnås under simuleringstiden. Detta eftersom sprinkleraktivering begränsar branden och dess effektutveckling.



Figur F.17 Temperaturen som funktion av tiden vid tre olika nödutgångar på två meters höjd.

B3 - Fast med sprinkler

Figur F.18 visar att rökdetektor 2, som är placerad 10 meter ifrån branden, aktiverar efter 48 sekunder. Detta motsvarar en dämpning av ljusintensitet på 13 %. Denna tid används som varseblivningstid i scenario B3.



Figur F.18 Dämpning av ljusintensitet för rökdetektor 1 och 2 vid tillväxthastigheten *fast* med sprinkleraktivering.

Figur F.19 visar att det tar cirka 140 sekunder för brandgaslagret att nå kritisk höjd på 2,0 meter.



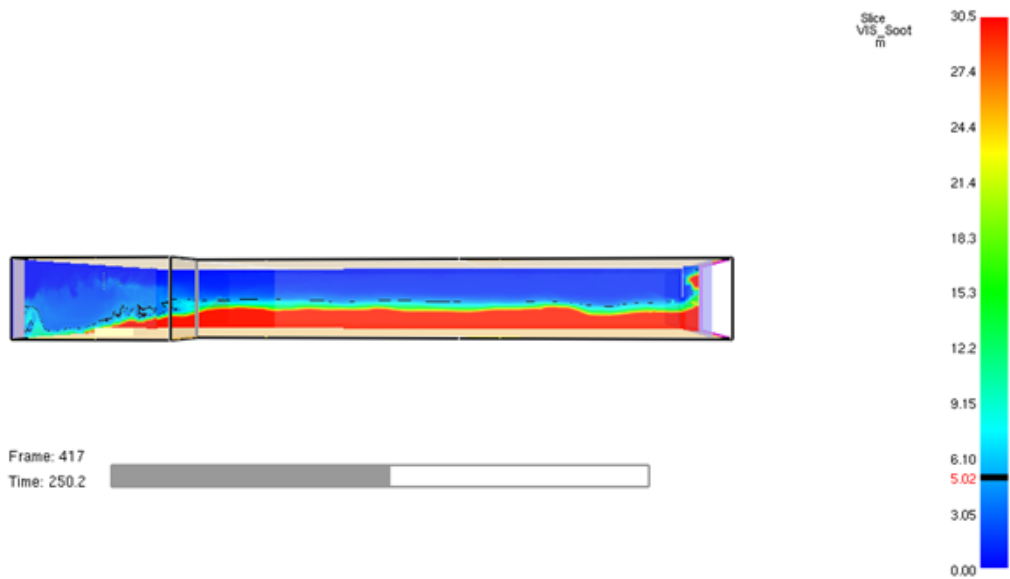
Frame: 235

Time: 139.8



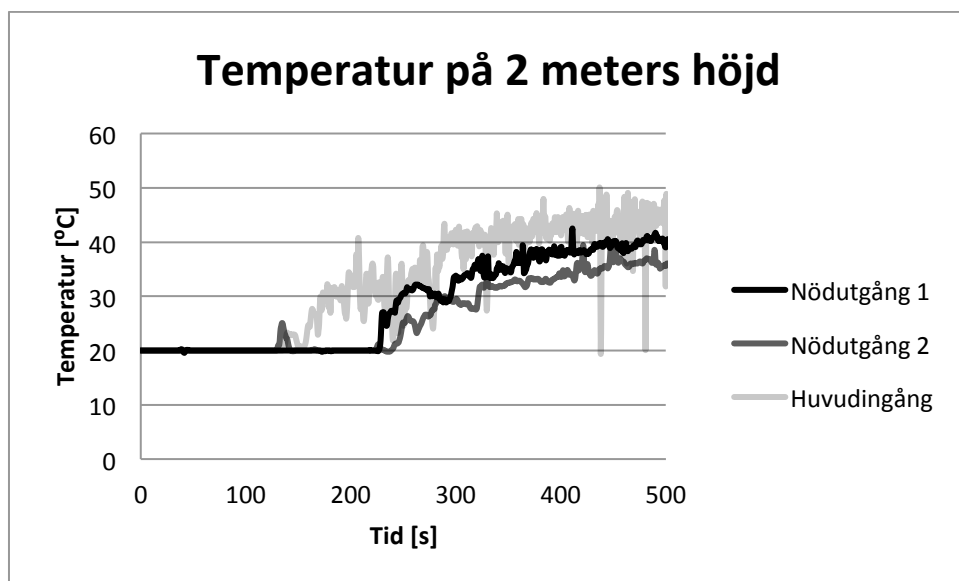
Figur F.19 Tid till dess att brandgaslagret når kritisk höjd.

Figur F.20 visar att det tar cirka 250 sekunder till dess att kritiska siktförhållanden uppstår.



Figur F.20 Tid till dess att kritiska siktförhållanden uppstår.

Figur F.21 visar att kritiska temperaturförhållanden på 80 °C aldrig kommer att överstigas under simuleringstiden. Detta eftersom sprinkleraktiveringen begränsar branden och dess effektutveckling.

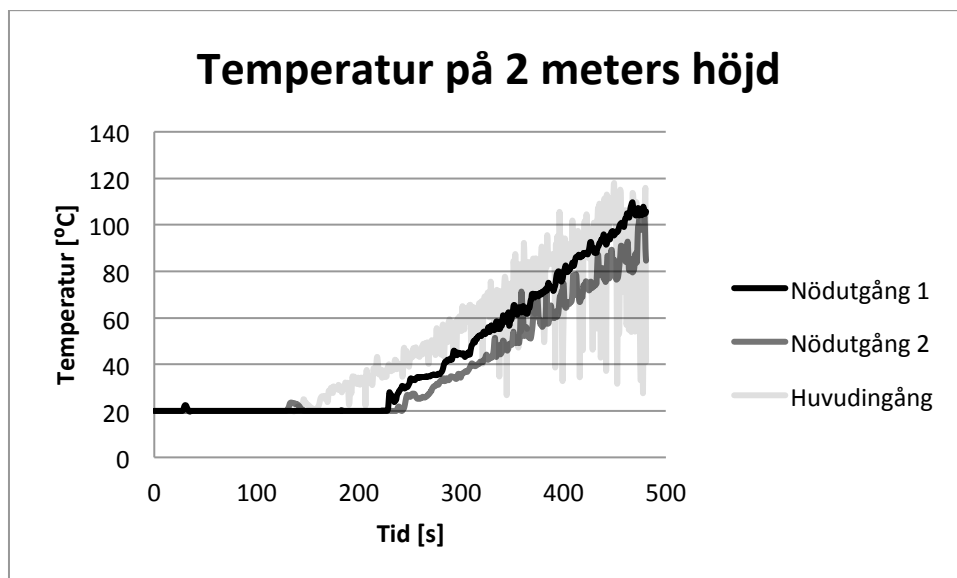


Figur F.21 Temperaturen som funktion av tiden vid tre olika nödutgångar på 2 meters höjd.

B4 - *Fast* utan sprinkler

I scenariot med *fast* tillväxt utan sprinkleraktivering i New Yorker kommer kritiska förhållanden i form av sikt och brandgaslagrets höjd att uppnås vid samma tid som i fallet med sprinkler, detta eftersom sprinkleraktivering sker efter cirka 158 sekunder och kriteriet för brandgaslagrets höjd redan har fallerat. Figur F.19 visar att det tar cirka 140 sekunder för brandgaslagret att nå kritisk höjd på 2 meter. Figur F.20 visar att det tar cirka 250 sekunder till dess att kritiska siktförhållanden uppstår vid en *fast* tillväxt med sprinkler.

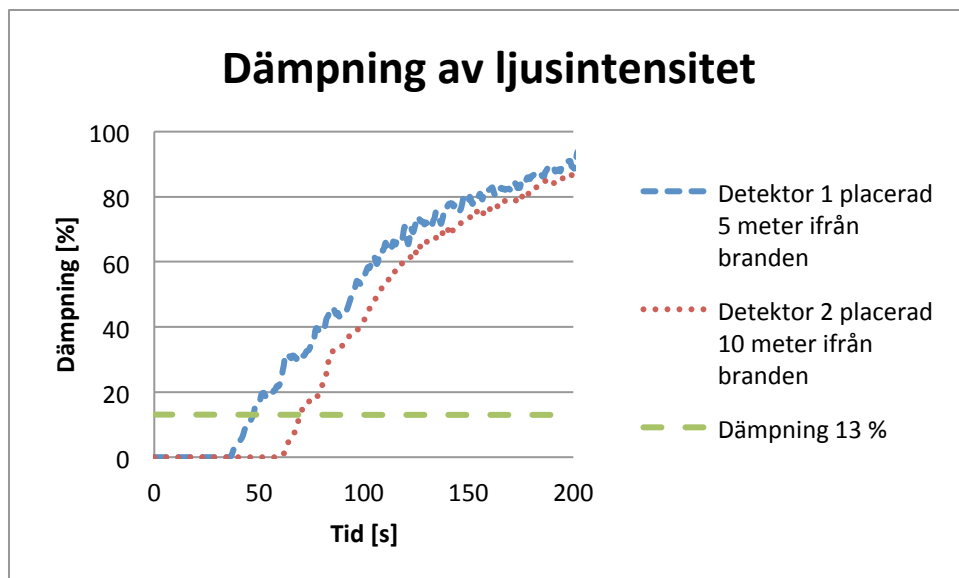
Enligt samma resonemang som tidigare kommer en ökande effektutveckling leda till högre temperaturer och medföra att kritiska temperaturförhållanden kommer att uppnås. Figur F.22 visar att kritiska temperaturförhållanden inträffar tidigast vid huvudingången. Detta sker efter cirka 350 sekunder, det vill säga efter att kritiska nivåer för brandgaslagrets höjd och sikt redan uppnåtts.



Figur F.22 Temperaturen som funktion av tiden vid tre olika nödutgångar på 2 meters höjd.

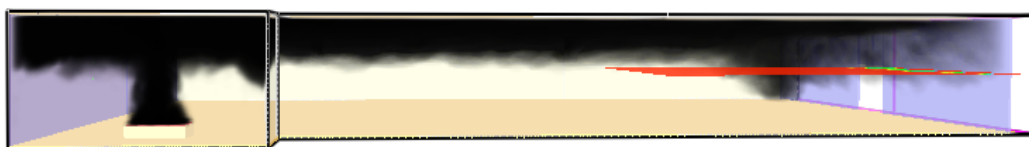
B5 – *Medium* med sprinkler

Figur F.23 visar att rökdetektor 2, som är placerad 10 meter ifrån branden, aktiverar efter 70 sekunder. Detta motsvarar en dämpning av ljusintensitet på 13 %. Denna tid används som varseblivningstid i scenario B5.



Figur F.23 Dämpning av ljusintensitet för rökdetektor 1 och 2 vid tillväxthastigheten *fast* med sprinkleraktivering.

Figur F.24 visar att det tar cirka 195 sekunder för brandgaslagret att nå en kritisk höjd på 2,0 meter.



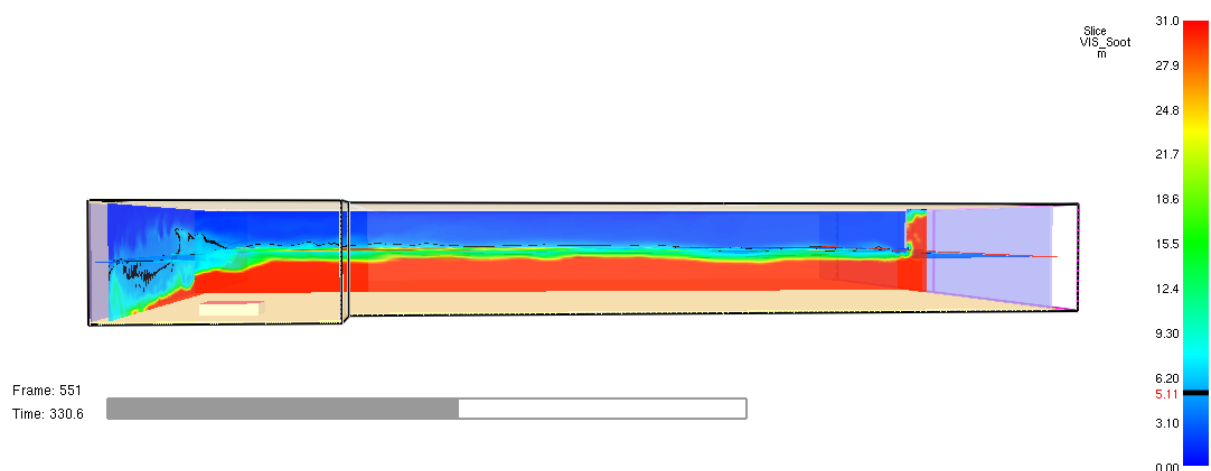
Frame: 334

Time: 193.2



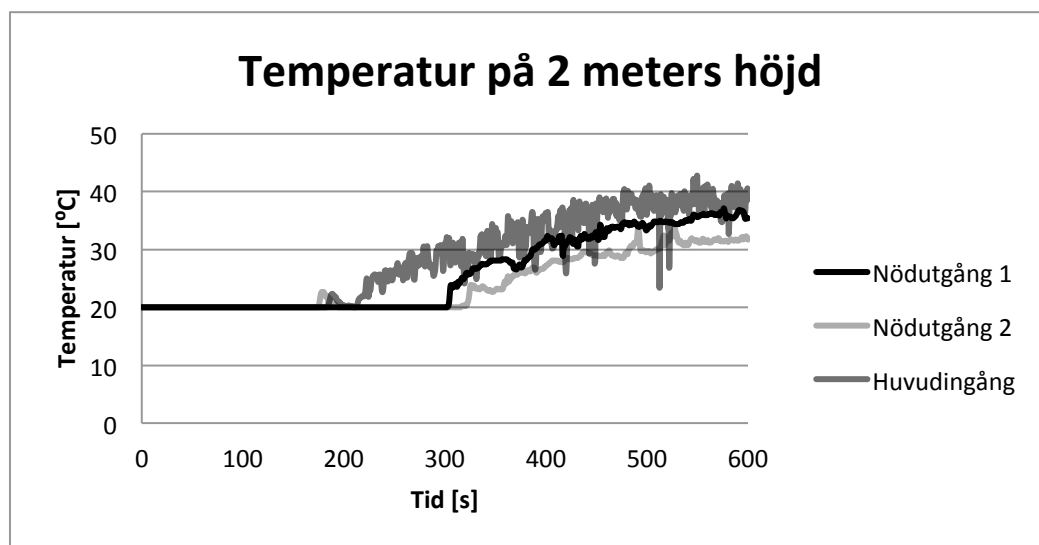
Figur F.24 Tid till dess att brandgaslagret når kritisk höjd.

Figur F.25 visar att det tar cirka 330 sekunder till dess att kritiska siktförhållanden uppstår.



Figur F.25 Tid till dess att kritiska siktförhållanden uppstår.

Figur F.26 visar att kritiska temperaturförhållanden på 80 °C aldrig kommer att uppfyllas under simuleringstiden. Detta eftersom sprinkleraktiveringen begränsar branden och dess effektutveckling.



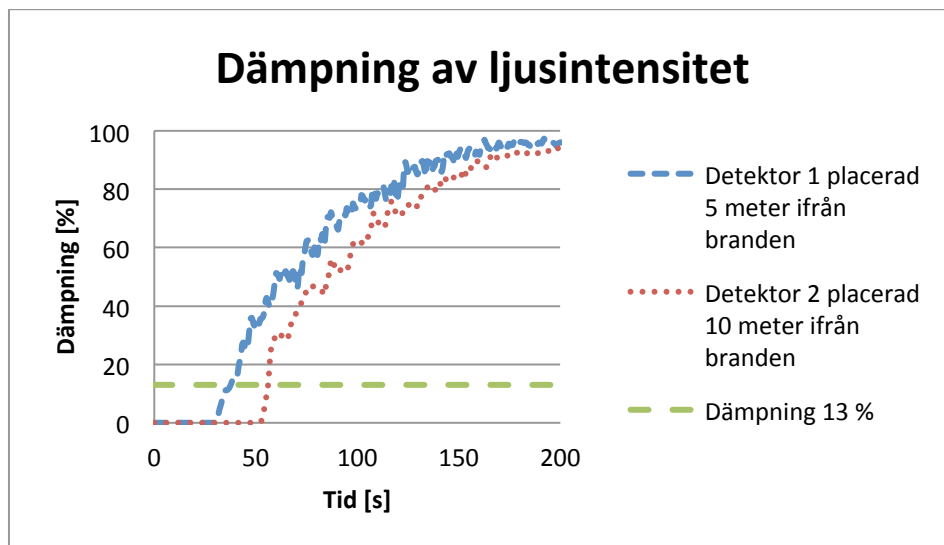
Figur F.26 Temperatur som funktion av tiden vid tre olika nödutgångar på 2 meters höjd.

Wayne's Coffee

I följande avsnitt redovisas resultaten från simuleringarna i FDS med *fast* tillväxt, med och utan sprinkleraktivering samt *medium* tillväxt med sprinkleraktivering.

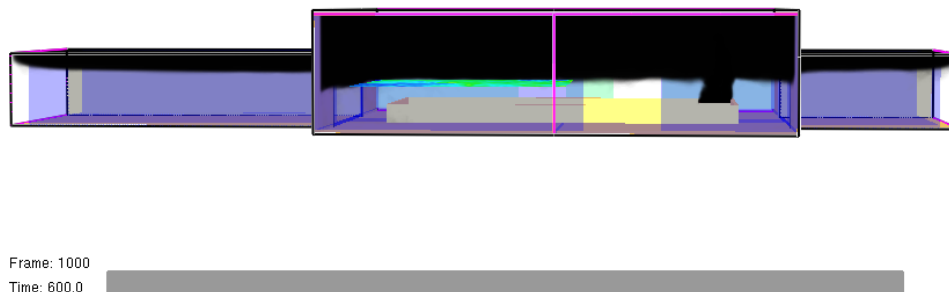
C1 - Fast med sprinkler

Figur F.27 visar att rökdetektor 2, som är placerad 10 meter ifrån branden, aktiverar efter 56 sekunder. Detta motsvarar en dämpning av ljusintensitet på 13 %. Denna tid används som varseblivningstid i scenario C1.



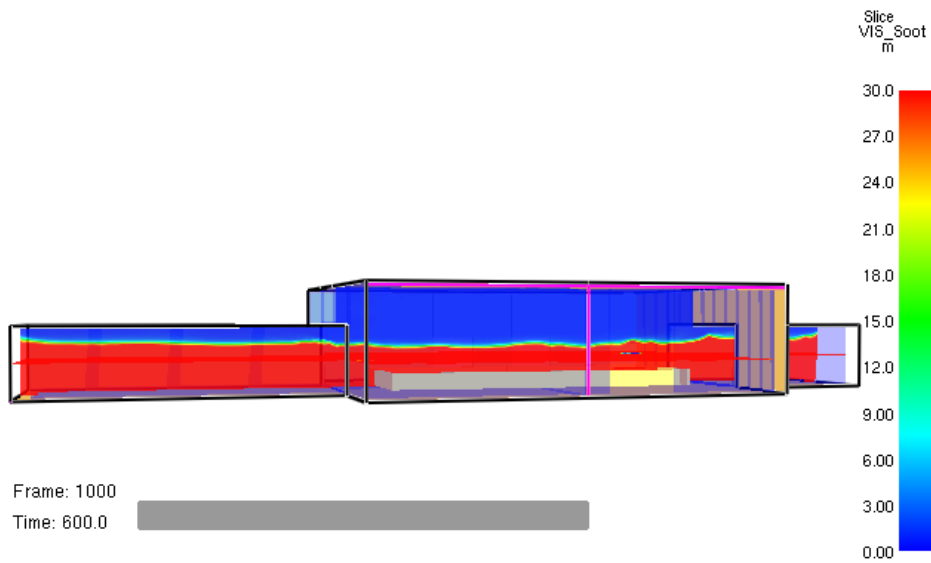
Figur F.27 Dämpning av ljusintensitet för rökdetektor 1 och 2 vid tillväxthastigheten *fast* med sprinkleraktivering.

Figur F.28 visar att brandgaslagret aldrig når en kritisk höjd på 2,0 meter under simuleringen, vilken varar i 600 sekunder, vid en *fast* tillväxt med sprinkler. Detta på grund av den omfattande volym som gångstråken bidrar med.



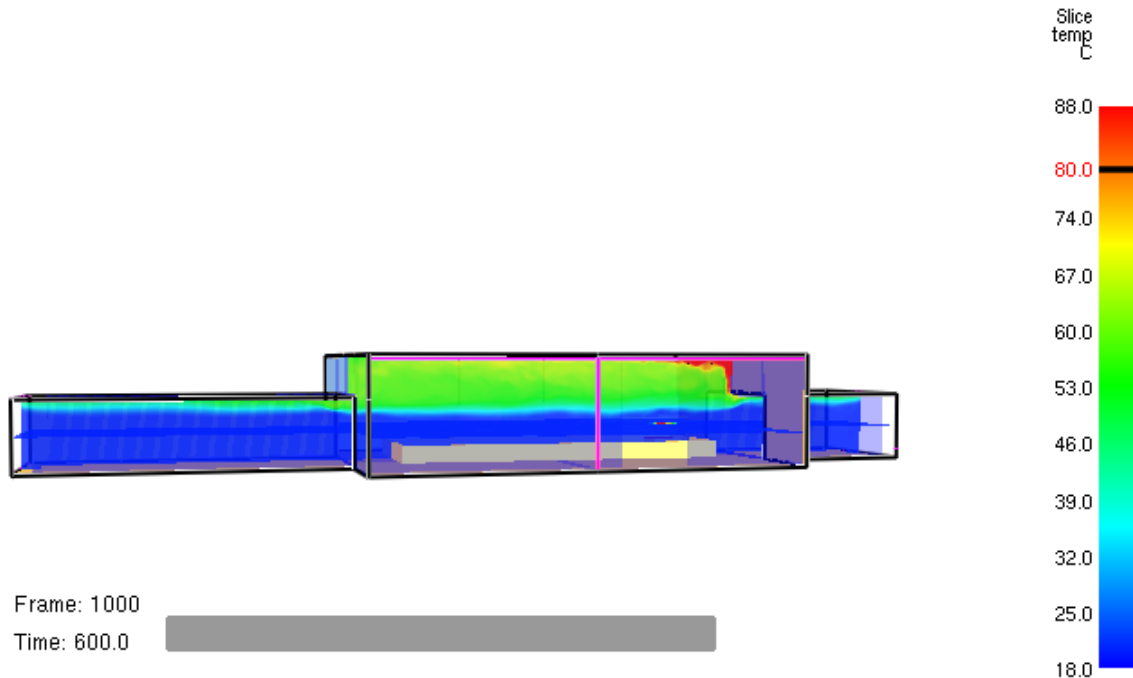
Figur F.28 Brandgaslagrets höjd efter 600 sekunder.

Figur F.29 visar siktförhållanden inte når kritiska nivåer under simuleringstiden.



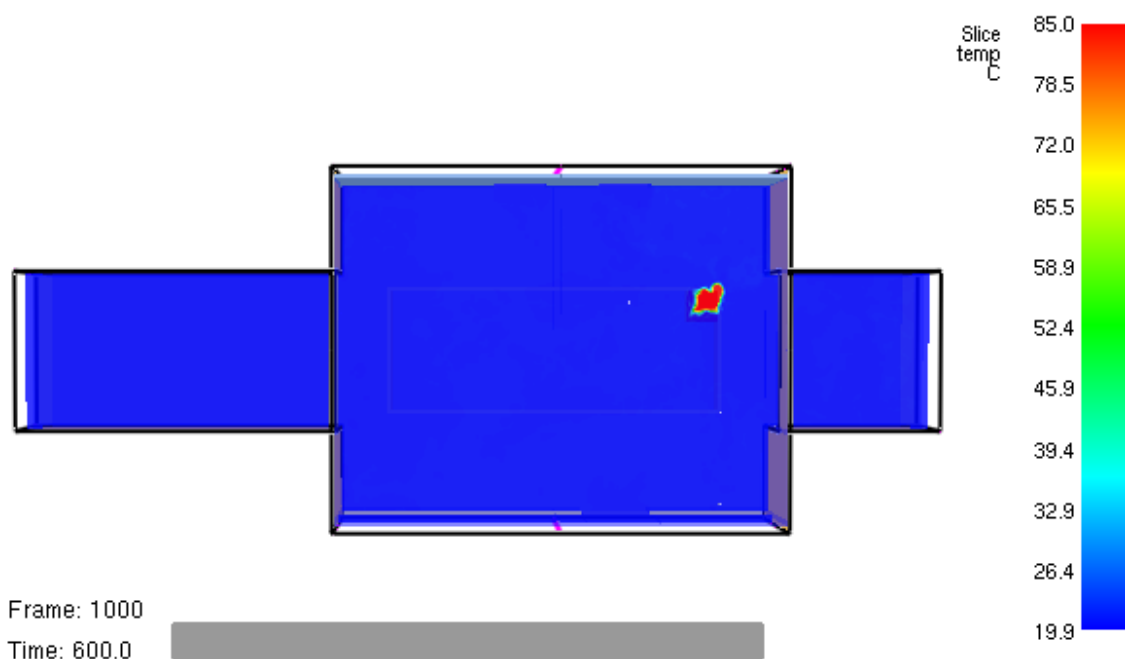
Figur F.29 Siktförhållanden efter 600 sekunder.

Figur F.30 visar att brandgaslagrets temperatur inte uppnår kritiska temperaturer under simuleringstiden, vilket medför att inte heller strålning från brandgaslagret kommer uppnå en kritisk nivå på $2,5 \text{ kW/m}^2$.



Figur F.30 Brandgaslagrets temperatur efter 600 sekunder.

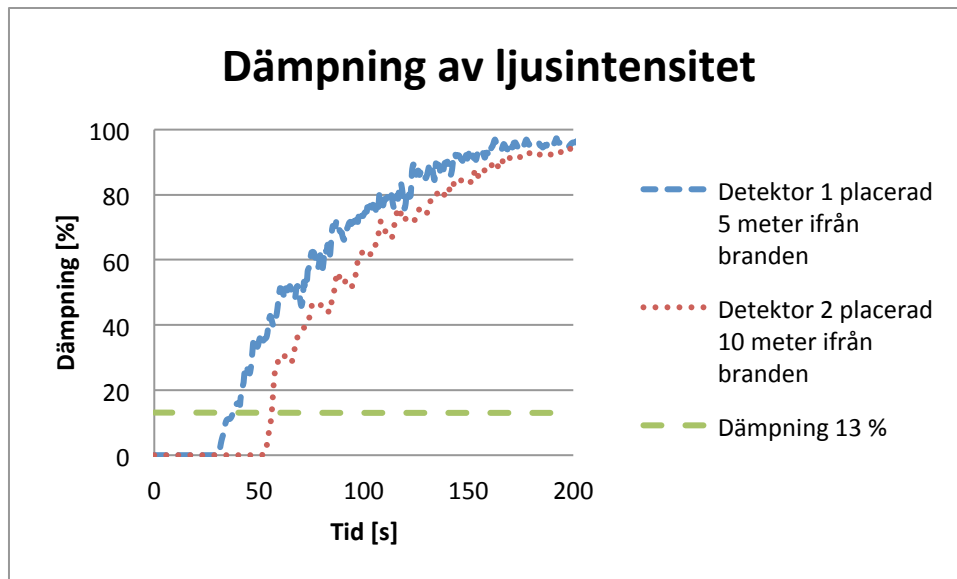
Figur F.31 visar temperaturen på 2 meters höjd inte når kritiska förhållanden under simuleringstiden förutom där branden är placerad.



Figur F.31 Temperatur på 2 meters höjd efter 600 sekunder.

C2 - Fast utan sprinkler

Figur F.32 visar att rökdetektor 2, som är placerad 10 meter ifrån branden, aktiverar efter 56 sekunder. Detta motsvarar en dämpning av ljusintensitet på 13 %. Denna tid används som varseblivningstid i scenario C2.



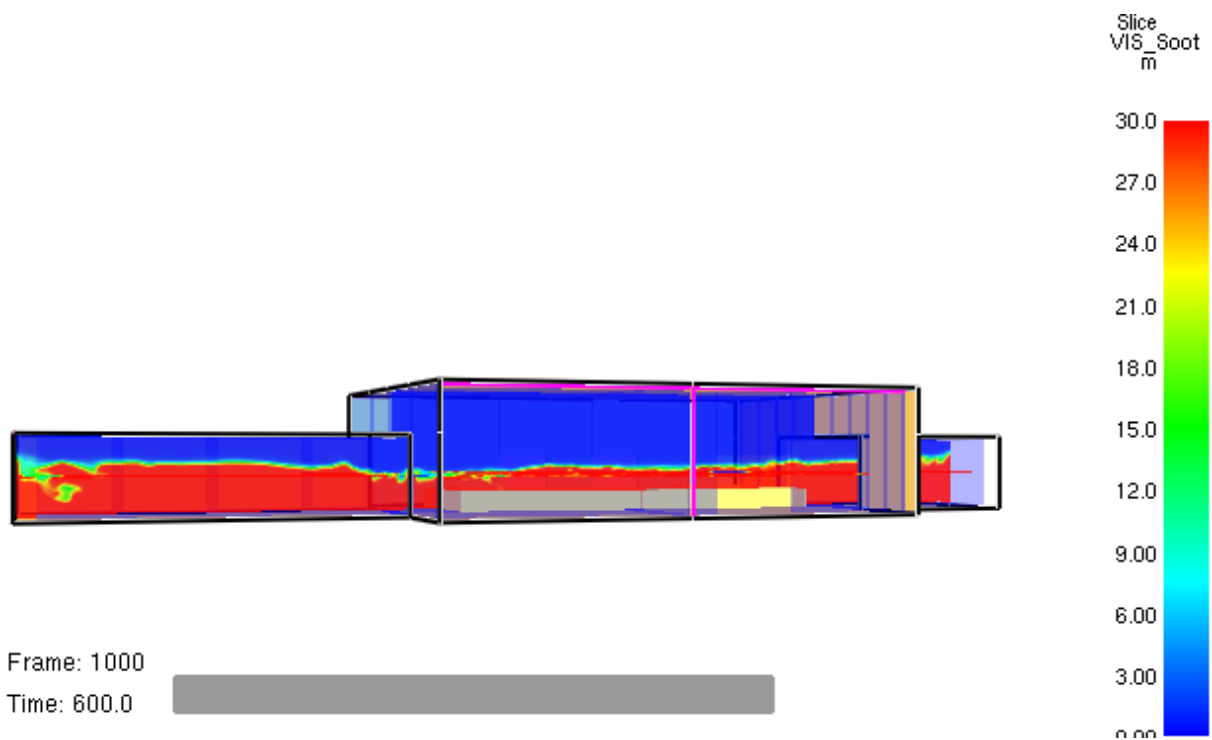
Figur F.32 Dämpning av ljusintensitet för rökdetektor 1 och 2 vid tillväxthastigheten *fast* utan sprinkleraktivering.

Figur F.33 Visar att brandgaslagrets höjd når kritiska förhållanden efter cirka 500 sekunder vid en *fast* tillväxt utan sprinkler.



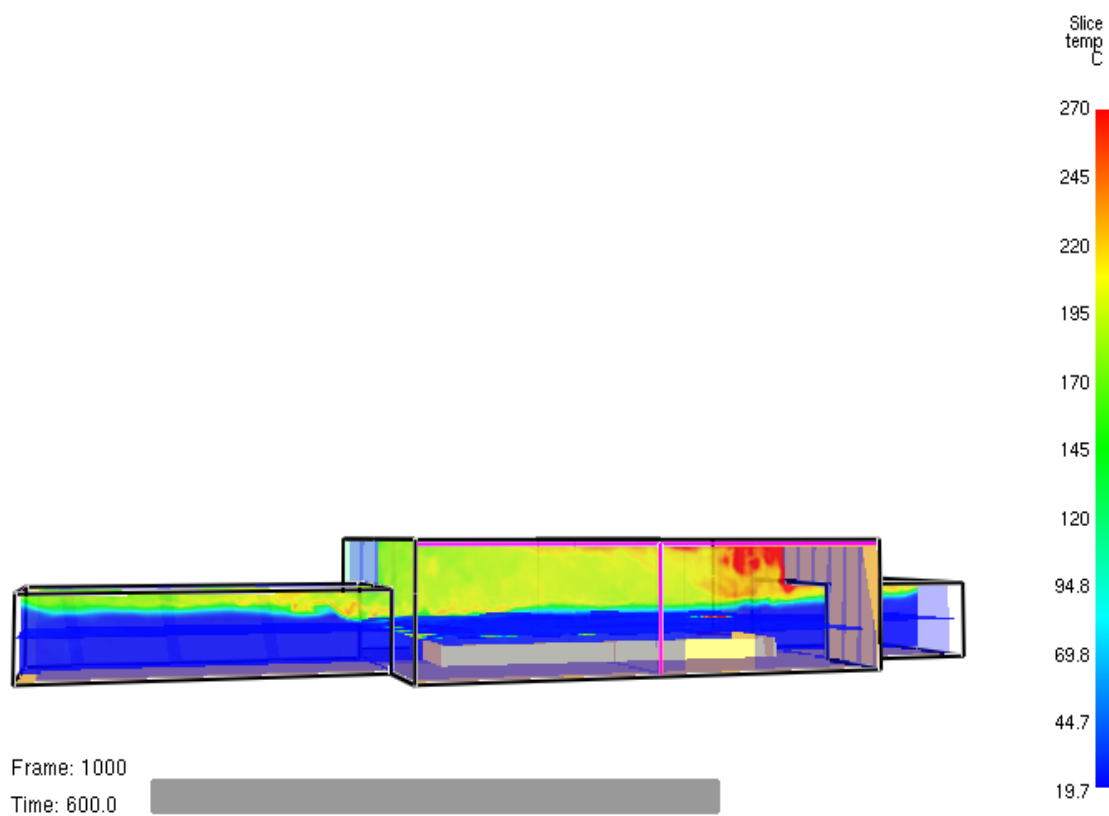
Figur F.33 Tid till dess att brandgaslagret når kritisk höjd.

Figur F.34 visar att kritiska siktförhållanden i utrymmet inte uppstår under simuleringstiden.



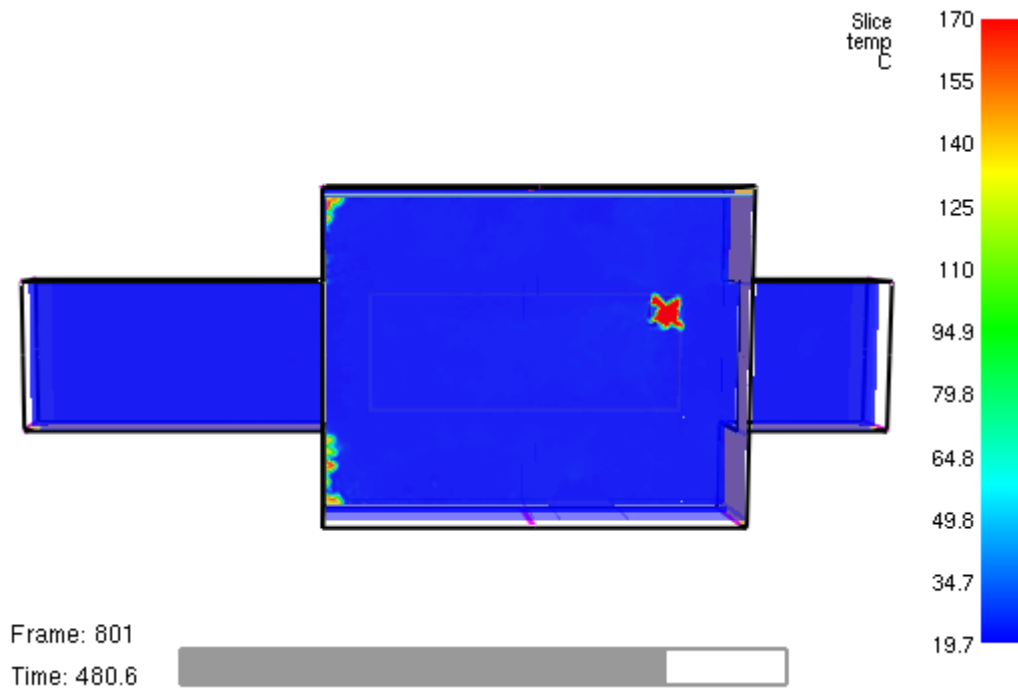
Figur F.34 Siktförhållanden efter 600 sekunder.

Figur F.35 visar att brandgaslagret kommer uppnå en temperatur som kommer ge upphov till kritisk strålning. Vid vilken tidpunkt kritisk strålning från brandgaslagret uppstår beräknas i bilaga G.



Figur F.35 Brandgaslagrets temperatur efter 600 sekunder.

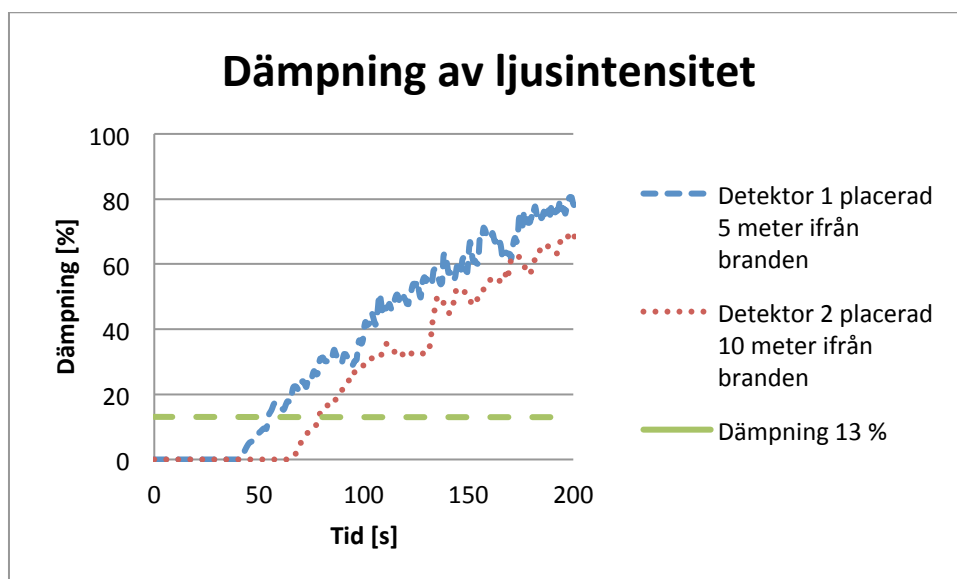
Figur F.36 visar att kritiska temperaturer vid 2 meters höjd uppstår i utrymmet efter cirka 480 sekunder.



Figur F.36 Tid till att kritiska temperaturer uppstår.

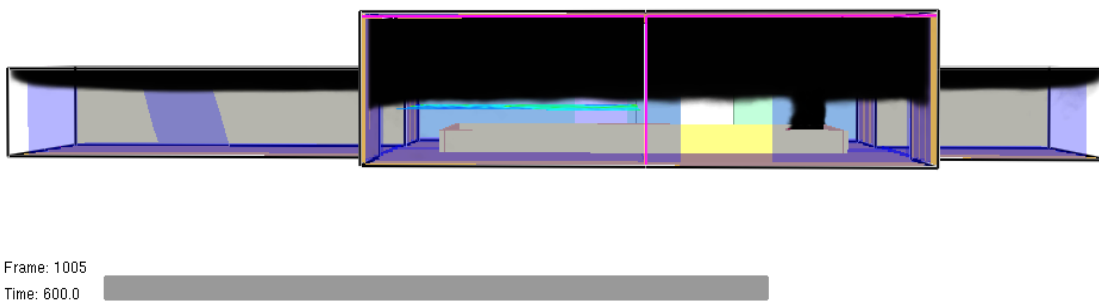
C3 – Medium med sprinkler

Figur F.37 visar att rökdetektor 2, som är placerad 10 meter ifrån branden, aktiverar efter 78 sekunder. Detta motsvarar en dämpning av ljusintensitet på 13 %. Denna tid används som varseblivningstid i scenario C3.



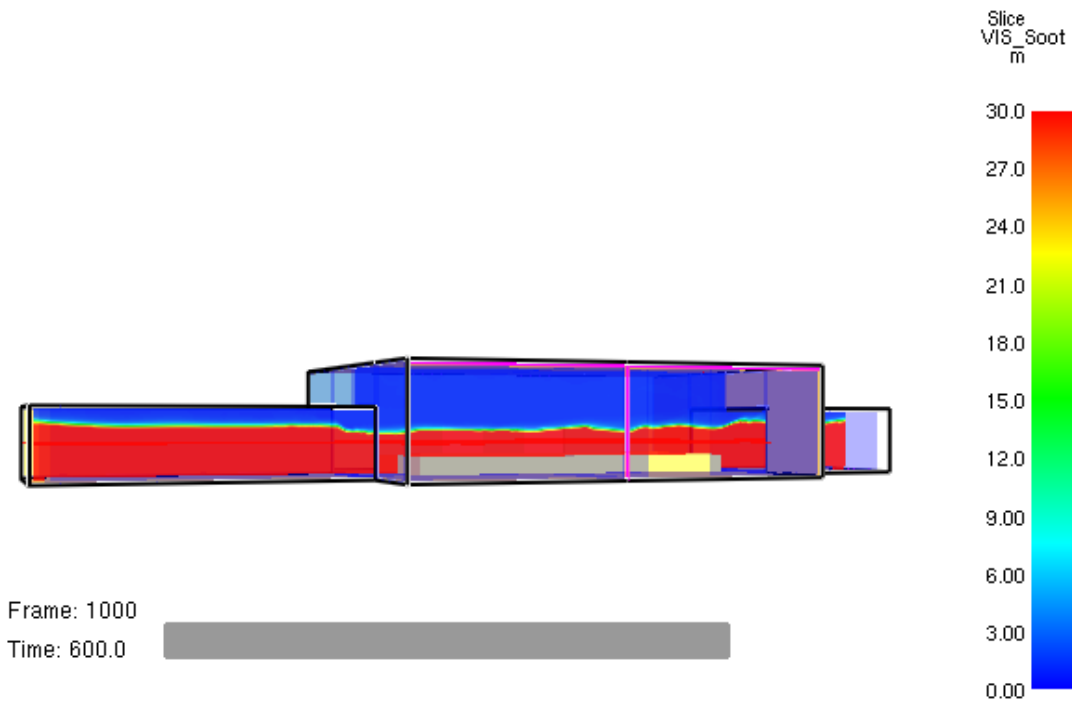
Figur F.37 Dämpning av ljusintensitet för rökdetektor 1 och 2 vid tillväxthastigheten *medium* med sprinkleraktivering.

Figur F.38 visar att brandgaslagret höjd inte når kritiska nivåer under simuleringstiden.



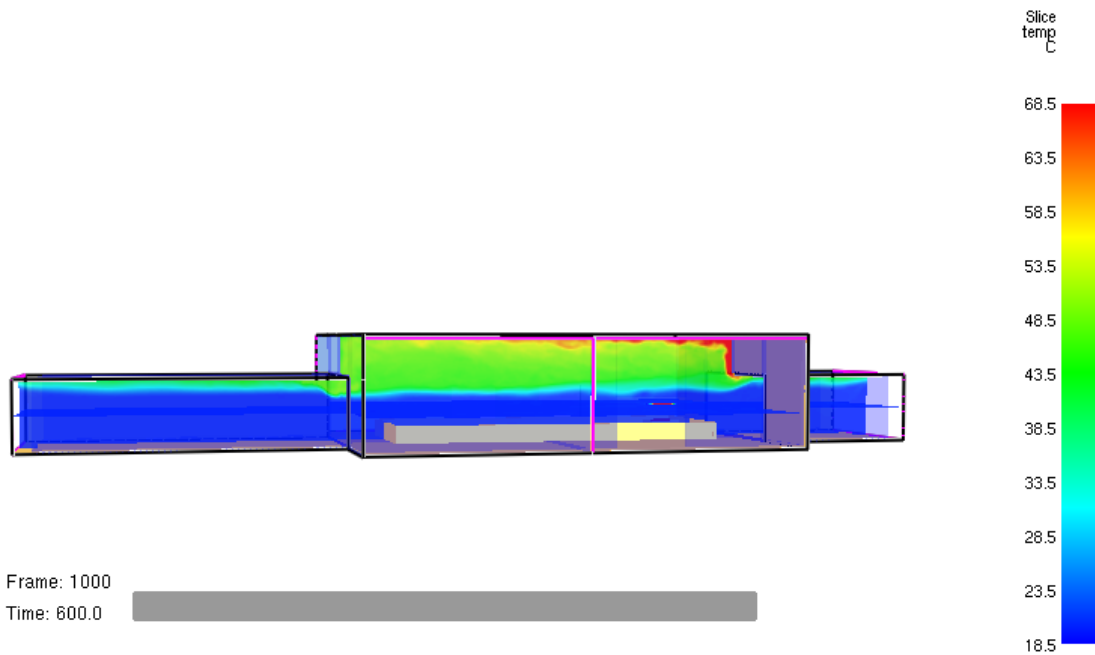
Figur F.38 Brandgaslagrets höjd efter 600 sekunder.

Figur F.39 visar att det inte uppstår kritiska siktförhållanden i utrymmet under simuleringstiden.



Figur F.39 Siktförhållanden efter 600 sekunder.

Figur F.40 visar att det brandgaslagrets temperatur inte uppnår kritiska temperaturer på 2 meters höjd under simuleringstiden, vilket medför att inte heller strålningen från brandgaslagret kommer uppnå kritisk strålning på $2,5 \text{ kW/m}^2$.



Figur F.40 Brandgaslagrets temperatur efter 600 sekunder

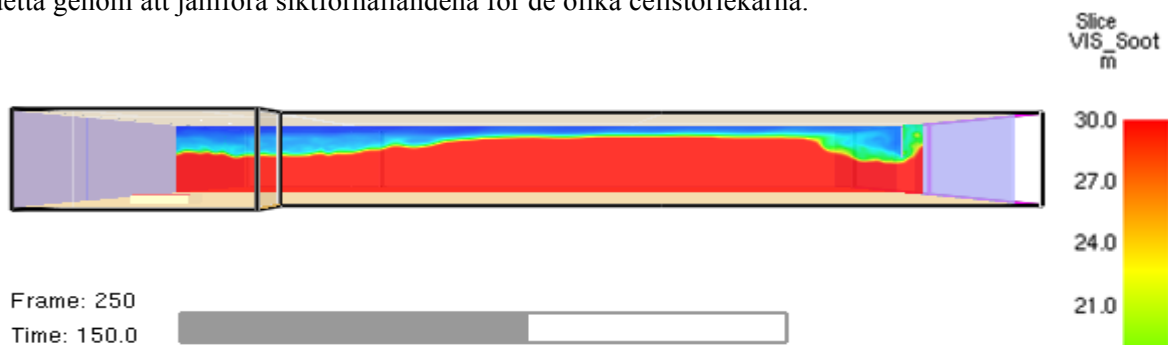
Känslighetsanalys

Nedan presenteras känslighetsanalysen för FDS-simuleringarna.

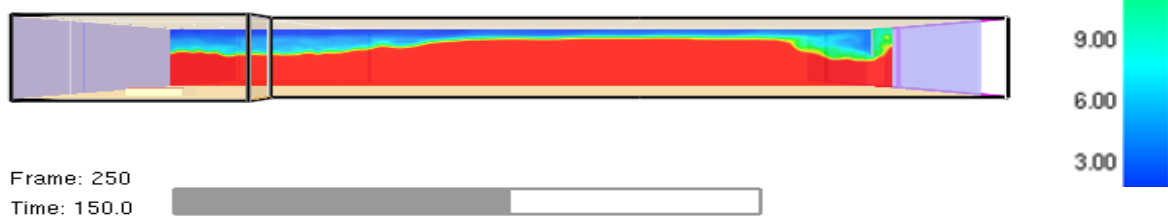
Gridberoende

Resultat från FDS-simuleringar påverkas av vilken cellstorlek som används vid respektive scenario. För simuleringarna i rapporten har celler på 10 centimeter använts i samtliga fall. Då lokalerna delas in i små volymerheter görs antagande att varje volymerhet har konstant temperatur, densitet och massa. Hur bra detta överrensstämmer med verkligheten beror på hur stora volymerheter som lokalen ifråga delas upp i. För att undersöka känsligheten av cellernas storlek genomförs en simulering på scenariot *fast* tillväxt och sprinkleraktivering i New Yorker, med 5 centimeters celler i volymen närmast branden och 10 centimeters celler i den övriga volymen. Resultatet från denna simulering jämförs sedan med den ordinarie simuleringen där 10 centimeters celler används i hela lokalen. Möjligheten att genomföra denna känslighetsanalys på varje scenario är tidskrävande och kräver stor datakapacitet, därför undersöks endast en gridberoende simulering.

Analysen av de två olika cellstorlekarna i simuleringen visar att det inte råder någon större skillnad i utdata gällande parametrarna brandgaslagrets höjd, temperatur och sikt. Figur F.41 och F.42 illustrerar detta genom att jämföra siktförhållandena för de olika cellstorlekarna.



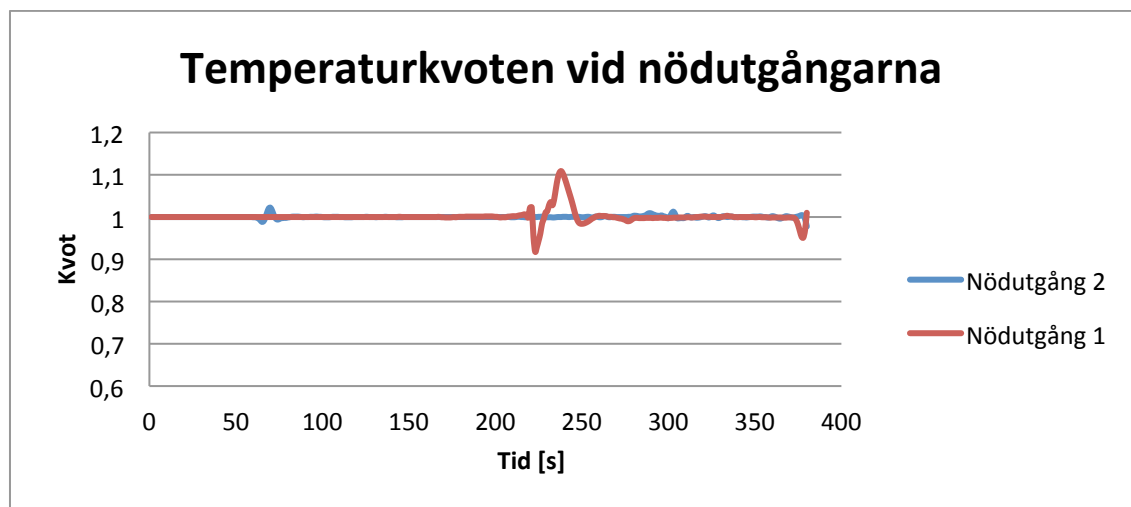
Figur F.41 Visar mätdata för sikt vid användning av 5 centimeters celler.



Figur F.42 Visar mätdata för sikt vid användning av 10 centimeters celler.

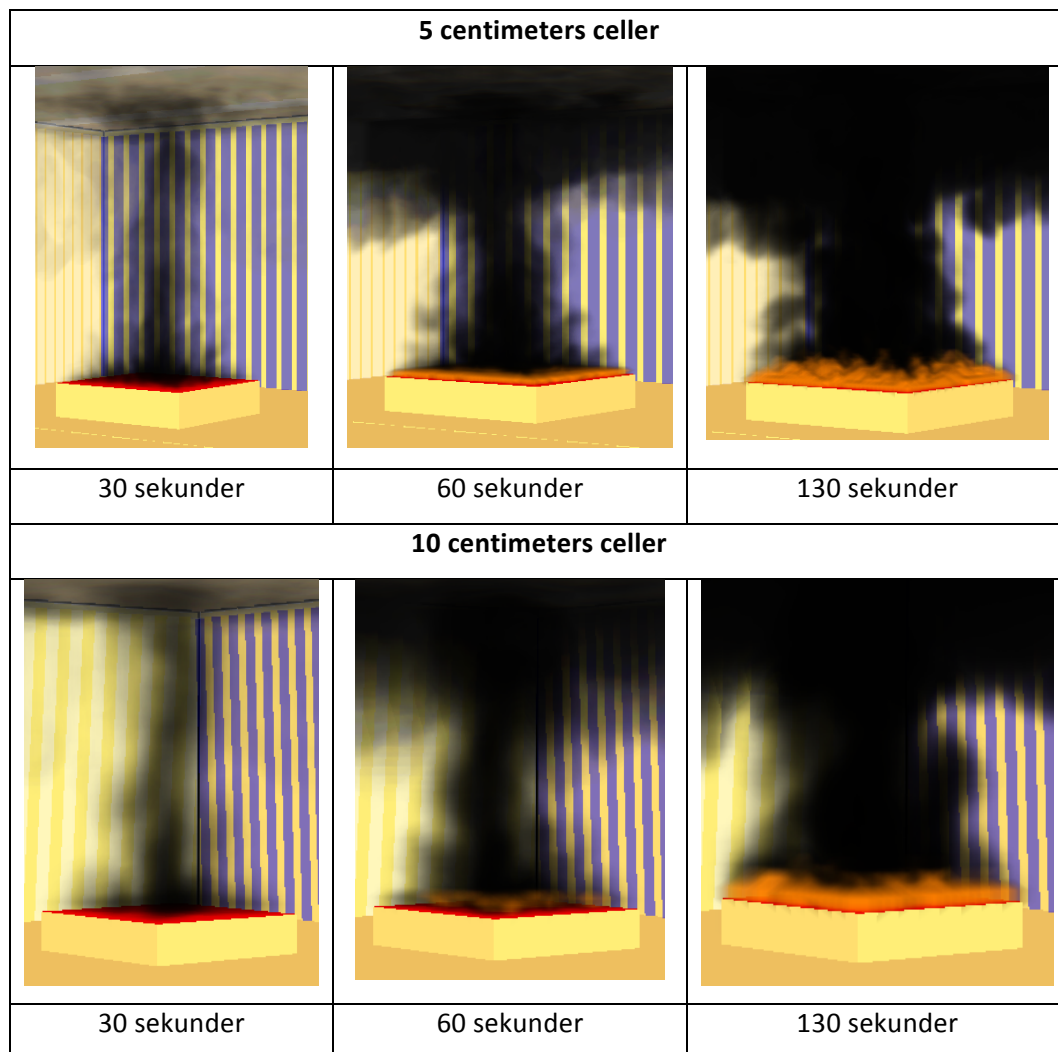
Termoelement används vid nödutgång 1 och 2 och dessa utdata jämförs för de olika simuleringarna vid respektive nödutgång. Detta sker genom att kvoten för temperatur beräknas för de olika

simuleringarna, med 10 respektive 5 centimeters celler, på 2 meters höjd vid nödutgång 1 och 2. Som figur F.43 visar så skiljer sig temperaturen maximalt 10 % i några få enstaka punkter.



Figur F.43 Visar kvoten i temperaturdata mellan de två olika simuleringarna på 2 meters höjd vid respektive nödutgång.

Analysen visar att cellstorlekarna i de två olika simuleringarna inte har någon större inverkan på de kritiska parametrarna brandgaslagrets höjd, sikt och temperatur. Dessa parametrar är de mest väsentliga ur utrymningssäkerhetssynpunkt. Vid jämförelse av flammans turbulens och cellstorlekarnas inverkan på denna råder en skillnad mellan de olika cellstorlekarna, vilket stillbilderna i figur F.44 illustrerar. Detta påverkar dock inte tiden till kritiska förhållanden vilket kan ses i figur F.41 och F.42.



Figur F.44 Visar jämförelse mellan 5 respektive 10 centimeters celler.

Sotproduktion

För att undersöka huruvida valet av *sootyield*, som används i FDS-simuleringar, påverkar kritiska parametrar som brandgaslagrets höjd, temperatur och sikt görs en känslighetsanalys på denna parameter. För brandscenarier i Chilli och New Yorker används polyester som bränsle med en sotproduktion på 0,09 (Beyler, et al., 2002). Då det brännbara materialet i butikerna inte enbart utgörs av polyester utan även andra ämnen som till exempel trä, som sotar mindre anses valet av *sootyield* på 0,09 vara konservativt. Detta stämmer även väl överrens med BBRAD's rekommendationer på val av *sootyield* vid dimensionerande bränder på 0,1.

Vid analys av känsligheten på denna parameter simuleras scenarierna *fast* tillväxt och sprinkleraktivering i Chilli respektive New Yorker med en sotproduktion på 0,06, vilket är ett rekommenderat värde för varuhus (Staffansson, 2010). Detta val motsvarar en 33 % minskning av sotproduktion till skillnad från ordinarie scenario i Chilli respektive New Yorker.

Bränslets sotproduktion påverkar bland annat siktbarheten och toxiciteten i brandgaserna. Analys visar att en minskning av *sootyield* på 33 % i FDS har en mindre inverkan på brandgaslagrets höjd, sikt och temperatur. Skillnaderna kan avläsas i figurerna F.45-F.48, där högre sotproduktion bidrar till tätare brandgaser (Jensen, 2009). Detta anses inte påverka tiden till kritiska förhållanden nämnvärt och eftersom resultatet grundas på det högre värdet på sotproduktion bedöms resultaten skapa en säkerhetsmarginal vid utrymning.



Frame: 324

Time: 162.0

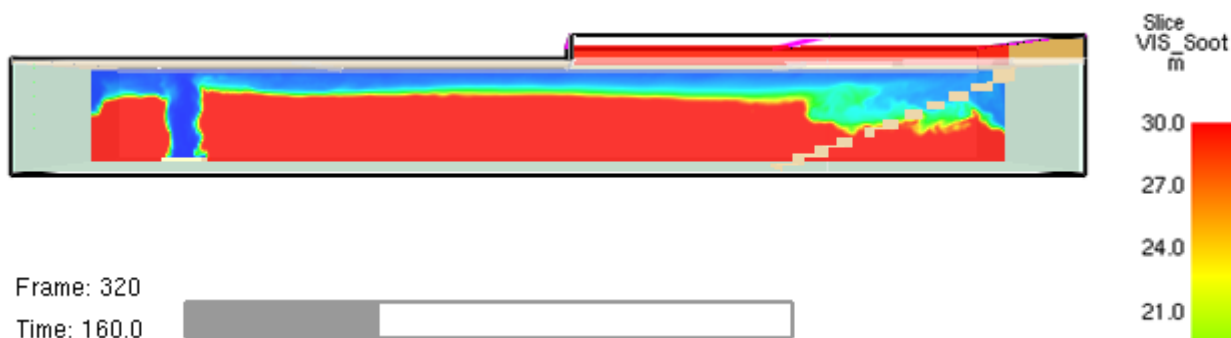
Figur F.45 Sotproduktion med sootyield 0,06



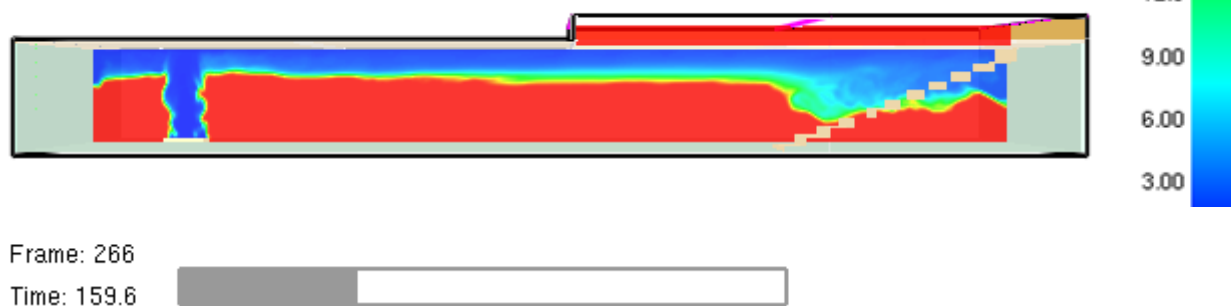
Frame: 269

Time: 161.4

Figur F.46 Sotproduktion med sootyield 0,09



Figur F.47 Sikt med sootyield 0,06.



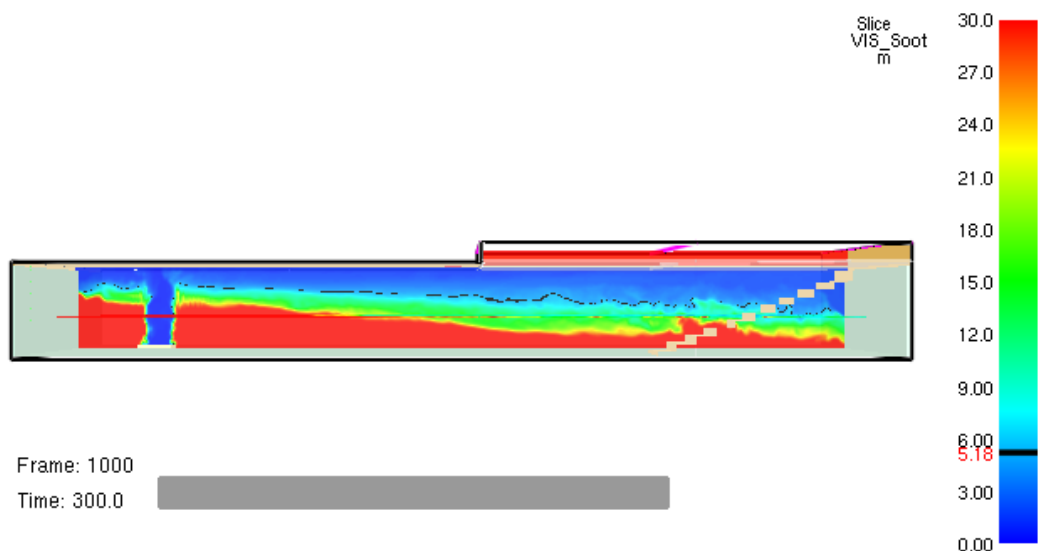
Figur F.48 Sikt med sootyield 0,09.

Även känsligheten för rökdetektorernas aktiveringstid analyserades med avseende på sotproduktion. En jämförelse av aktiveringstiderna visar att för Chilli sker aktivering 5 sekunder senare för den mindre sotproduktionen och 2 sekunder senare för scenariot i New Yorker. Denna skillnad i aktiveringstid bedöms inte påverka utrymningstiderna i Chilli och New Yorker.

Tid till kritiska förhållanden med åtgärdsförslag

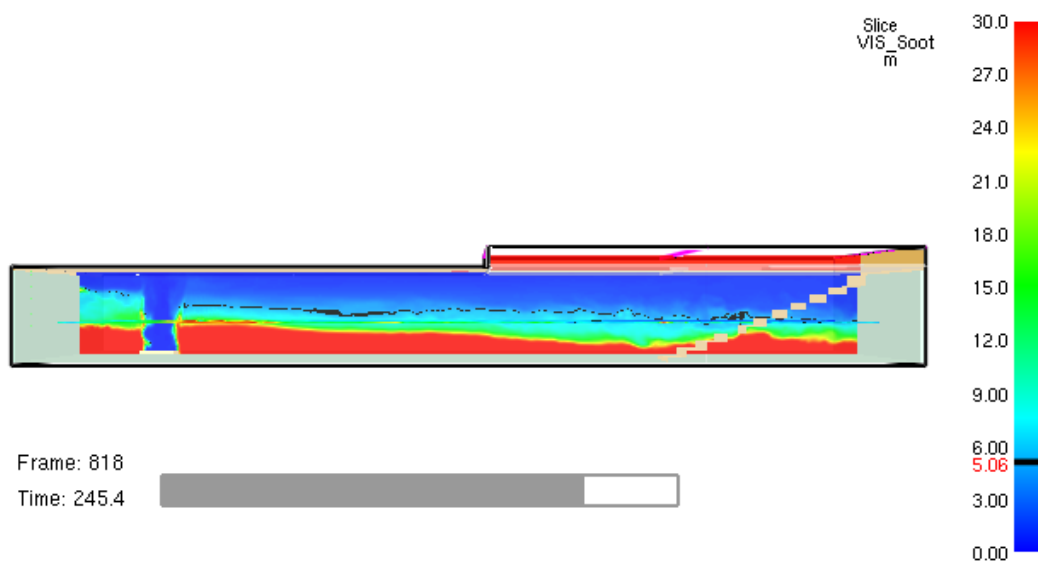
Medium tillväxt med sprinkleraktivering väljs att simuleras på grund av att scenariot är det statistiskt mest förekommande. I fallet med sprinklerfallering väljs scenario A4, *fast* tillväxt att simuleras med åtgärder trots att scenario A6 är statistiskt mer förekommande. Detta för att kontrollera inverkan av en snabbare brandtillväxt samt att scenario A6 bedöms vara representerat av A4.

Då detaljerad information kring placering och funktion saknas används vid kontroll av åtgärdsförslag i FDS-simuleringar två fläktar, placerade i takhöjd med en kapacitet på 4 m³/s vardera. Figur F.49 visar att kritiska siktförhållanden för scenario A5 inte uppstår inom simuleringstiden på 300 sekunder.



Figur F.49 Tid till dess att kritiska siktförhållanden uppstår.

Figur F.50 visar att kritiska siktförhållanden för scenario A4 uppstår efter drygt 240 sekunder.



Figur F.50 Tid till dess att kritiska siktförhållanden uppstår.

Kontroll av karakteristiska diametern D^*

Celler på 10 centimeter kan i vissa fall vara fullt tillräckligt som storlek men i andra fall inte, detta beror på vad som ska studeras. I dessa fall när det är rökasspridningen i större lokaler som är av intresse anses cellernas storlek på 10 centimeter vara tillräckliga. En kontroll av den karakteristiska diametern D^* och cellstorleken δ_x görs dock för att se om *meshens* storlek ger rimliga resultat. Kvoten mellan dessa bör ligga mellan 4 och 16 för att ge rimliga resultat (McGrattan, McDermott, Hostikka,

& Floyd, 2010). D^* beräknas enligt ekvation 5.3.1 där värden vid 20 °C används för den omgivande luften.

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{2/5} \quad \text{Ekvation 5.3.1}$$

Chilli

Kontroll av D^*/δ_x för Chilli ger en kvot på 13 för *ultrafast*, 11 för *fast* och 10 för *medium* vilka alla är inom önskat intervall. För *fast* effektutveckling utan sprinkler hamnar kvoten på 30, detta på grund av den höga maxeffekten på 17 000 kW. Denna kvot ligger utanför giltighetsområdet och för att göra en kontroll av hur detta påverkar resultaten används tiden för den längsta utrymningstiden som maxtid, där effekten vid denna tid kontrolleras med kvoten D^*/δ_x .

Den längsta utrymningstiden för scenariot *fast* utan sprinkler i Chilli är 222 sekunder vilket ger en effekt på cirka 2300 kW. Denna effekt ger en kvot på 13 vilken ligger inom intervallet för giltighet. Då brandscenariot inte analyseras vidare efter den totala utrymningstiden anses alla simuleringar för Chilli vara validerade för kontrollen av D^* .

New Yorker

För New Yorker hamnar kvoten för *ultrafast* på 12, för *fast* på 10 samt för *medium* på 9 vilka alla är inom det önskade intervallet. På samma sätt som för Chilli hamnar kvoten utanför intervallet för scenariot med *fast* tillväxt utan sprinkleraktivering och på samma sätt används den maximala utrymningstiden som värde för kontroll av giltigheten istället.

I detta fall hamnar effekten på 1150 kW för en maximal utrymningstid på 156 sekunder vilket ger en kvot på 10. Denna kvot är inom giltighetsintervallet och simuleringarna anses därmed vara acceptabla.

Wayne's Coffee

För Wayne's Coffee hamnar kvoten för *fast* tillväxt på 11 och för *medium* på 9 vilka båda är inom det önskade intervallet. Även i detta fall kontrolleras giltigheten för *fast* tillväxt vid den maximala utrymningstiden.

För Wayne's hamnar effekten på 3400 kW för en utrymningstid på 270 sekunder vilket ger en kvot på 16. Även denna kvot hamnar inom giltighetsintervallet om än knappt, och simuleringarna anses därmed vara acceptabla.

Indatafiler

I denna bilaga redovisas en indatafil från respektive brandscenario:

Simulering av Chilli

```
&HEAD CHID='CHILLIFAST', TITLE='BTR Simulering av Chilli fast med sprinkler' /
```

```
&MESH ID='MESH Brand', IJK=120,150,50, XB=0.0,12.0, 0.0,15.0, 0.0,5.0/
```

```
&MESH ID='MESH 1', IJK=120,150,50, XB=12.0,24.0, 0.0,15.0, 0.0,5.0/
```

```
&MESH ID='MESH 2', IJK=110,150,60, XB=24.0,35.0, 0.0,15.0, 0.0,6.0/
```

```
&MESH ID='MESH 3', IJK=110,150,60, XB=35.0,46.0, 0.0,15.0, 0.0,6.0/
```

```
&TIME T_END=600.0 /
```

-material i väggarna

```
&MATL ID          ='CONCRETE',  
  FYI             ='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',  
  SPECIFIC_HEAT   =1.04,  
  CONDUCTIVITY    =1.8,  
  DENSITY         =2280.0/
```

```
&SURF ID          ='SURF',  
  RGB             =146,202,166,,  
  MATL_ID(1,1)    ='CONCRETE',  
  MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,  
  THICKNESS(1)    =0.2/
```

-Bränsle-

```
&REAC ID='Polyester'  
  SOOT_YIELD=0.09  
  C=1  
  H=1.4  
  HEAT_OF_COMBUSTION=32500  
  IDEAL=.TRUE. /
```

&SURF ID='Burner', HRRPUA=350, RAMP_Q='fast med spr', COLOR='RED'/ total maxeffekt på
1400 kW vid 173 sekunder

&RADI RADIATIVE_FRACTION=0.35/

-Brännare-

&OBST XB=4.0, 6.0, 9.0, 11.0, 0.1, 0.4, SURF_IDS='Burner','INERT','INERT'/

-Effektutvecklingskurva-

&RAMP ID='fast med spr', T=0.0, F=0.001 /

&RAMP ID='fast med spr', T=15.0, F=0.007 /

&RAMP ID='fast med spr', T=30.0, F=0.03 /

&RAMP ID='fast med spr', T=45.0, F=0.07 /

&RAMP ID='fast med spr', T=60.0, F=0.12 /

&RAMP ID='fast med spr', T=75.0, F=0.19 /

&RAMP ID='fast med spr', T=90.0, F=0.27 /

&RAMP ID='fast med spr', T=105.0, F=0.37 /

&RAMP ID='fast med spr', T=120.0, F=0.48 /

&RAMP ID='fast med spr', T=135.0, F=0.61 /

&RAMP ID='fast med spr', T=150.0, F=0.75/

&RAMP ID='fast med spr', T=173.0, F=1 /

&RAMP ID='fast med spr', T=600.0, F=1 /

&RAMP ID='fast med spr', T=610.0, F=0 /

---Geometri---

-källare-

&OBST XB=0.0,0.2, 0.0,15.0, 0.2,4.8, SURF_ID='SURF'/ Left Wall

&OBST XB=0.0,46.0, 0.0,15.0, 4.8,5.0, SURF_ID='SURF', COLOR='WHITE',
TRANSPARENCY=0.5 / tak

&OBST XB=0.2,46.0, 0.0,0.2, 0.2,5.0, SURF_ID='SURF', COLOR='WHITE',
TRANSPARENCY=0.5/ Bottom Wall

&OBST XB=0.0,46.0, 0.0,15.0, 0.0,0.2, SURF_ID='SURF'/ golv

&OBST XB=0.2,46.0, 14.8,15.0, 0.2,4.8, SURF_ID='SURF'/ Top Wall

&OBST XB=45.8,46.0, 0.2,14.8, 0.2,4.8, SURF_ID='SURF'/ Right Wall

-trappa-

&OBST XB=42.0,43.0,0.0,3.0,4.0,4.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=34.0,34.0,0.0,3.0,0.4,0.8, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=41.0,42.0,0.0,3.0,3.6,3.6, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=37.0,38.0,0.0,3.0,2.0,2.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=34.0,35.0,0.0,3.0,0.8,0.8, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=42.0,42.0,0.0,3.0,3.6,4.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=38.0,38.0,0.0,3.0,2.0,2.4, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=35.0,35.0,0.0,3.0,0.8,1.2, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=38.0,39.0,0.0,3.0,2.4,2.4, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=39.0,40.0,0.0,3.0,2.8,2.8, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=36.0,37.0,0.0,3.0,1.6,1.6, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=36.0,36.0,0.0,3.0,1.2,1.6, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=33.0,34.0,0.0,3.0,0.4,0.4, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=41.0,41.0,0.0,3.0,3.2,3.6, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=40.0,40.0,0.0,3.0,2.8,3.2, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=43.0,43.0,0.0,3.0,4.0,4.6, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=37.0,37.0,0.0,2.0,1.6,2.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=40.0,41.0,0.0,3.0,3.2,3.2, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=35.0,36.0,0.0,3.0,1.2,1.2, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=33.0,33.0,0.0,3.0,0.0,0.4, SURF_ID='INERT'/
&OBST XB=39.0,39.0,0.0,3.0,2.4,2.8, SURF_ID='INERT'/

-hål rulltrappa-

&HOLE XB=34.0,39.0, 3.2,5.2, 4.5,5.1/

&HOLE XB=34.0,43.0, 0.2,3.2, 4.5,5.1 /

-vent rulltrappa-

&VENT XB=0.0,46.0, 0.0,15.0, 6.0,6.0, SURF_ID='OPEN'/

-temperatur gaslager-

&SLCF PBX=0.4 QUANTITY='TEMPERATURE' /

&SLCF PBX=0.8 QUANTITY='TEMPERATURE' /

&SLCF PBX=45.6 QUANTITY='TEMPERATURE'/

&SLCF PBX=32.0 QUANTITY='TEMPERATURE'/

&SLCF PBY=10.0 QUANTITY='TEMPERATURE'/

&SLCF PBZ=2.1 QUANTITY='TEMPERATURE' /

-sikt i gaslager-

&SLCF PBX=0.4 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBX=0.8 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBX=45.6 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBX=32.0 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBY=10.0 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBZ=2.1 QUANTITY='VISIBILITY' /

-temp vid nödutgång 1-

&DEVC XYZ=0.6,1.1,1.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN1' /
&DEVC XYZ=0.6,1.1,2.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN2' /
&DEVC XYZ=0.6,1.1,2.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN3' /
&DEVC XYZ=0.6,1.1,2.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN4' /
&DEVC XYZ=0.6,1.1,2.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN5' /
&DEVC XYZ=0.6,1.1,2.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN6' /
&DEVC XYZ=0.6,1.1,3.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN7' /
&DEVC XYZ=0.6,1.1,3.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN8' /
&DEVC XYZ=0.6,1.1,3.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN9' /
&DEVC XYZ=0.6,1.1,3.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN10' /
&DEVC XYZ=0.6,1.1,3.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN11' /
&DEVC XYZ=0.6,1.1,4.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN12' /
&DEVC XYZ=0.6,1.1,4.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN13' /
&DEVC XYZ=0.6,1.1,4.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN14' /
&DEVC XYZ=0.6,1.1,4.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN15' /
&DEVC XYZ=0.6,1.1,4.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN16' /

-temp vid nödutgång 2-

&DEVC XYZ=45.6,14.2,1.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN17' /
&DEVC XYZ=45.6,14.2,2.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN18' /
&DEVC XYZ=45.6,14.2,2.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN19' /
&DEVC XYZ=45.6,14.2,2.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN20' /
&DEVC XYZ=45.6,14.2,2.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN21' /
&DEVC XYZ=45.6,14.2,2.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN22' /
&DEVC XYZ=45.6,14.2,3.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN23' /
&DEVC XYZ=45.6,14.2,3.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN24' /
&DEVC XYZ=45.6,14.2,3.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN25' /
&DEVC XYZ=45.6,14.2,3.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN26' /

&DEVC XYZ=45.6,14.2,3.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN27' /
&DEVC XYZ=45.6,14.2,4.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN28' /
&DEVC XYZ=45.6,14.2,4.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN29' /
&DEVC XYZ=45.6,14.2,4.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN30' /
&DEVC XYZ=45.6,14.2,4.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN31' /
&DEVC XYZ=45.6,14.2,4.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN32' /

-temp vid trappan-

&DEVC XYZ=32.0,1.6,1.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE1' /
&DEVC XYZ=32.0,1.6,2.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE2' /
&DEVC XYZ=32.0,1.6,2.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE3' /
&DEVC XYZ=32.0,1.6,2.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE4' /
&DEVC XYZ=32.0,1.6,2.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE5' /
&DEVC XYZ=32.0,1.6,2.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE6' /
&DEVC XYZ=32.0,1.6,3.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE7' /
&DEVC XYZ=32.0,1.6,3.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE8' /
&DEVC XYZ=32.0,1.6,3.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE9' /
&DEVC XYZ=32.0,1.6,3.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE10' /
&DEVC XYZ=32.0,1.6,3.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE11' /
&DEVC XYZ=32.0,1.6,4.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE12' /
&DEVC XYZ=32.0,1.6,4.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE13' /
&DEVC XYZ=32.0,1.6,4.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE14' /
&DEVC XYZ=32.0,1.6,4.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE15' /
&DEVC XYZ=32.0,1.6,4.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE16' /

-optisk detektor i taket-

&DEVC ID='detektor5m', PROP_ID='optiskdetektor', XYZ=10, 10.0, 4.7 /
&DEVC ID='detektor10m', PROP_ID='optiskdetektor', XYZ=15, 10.0, 4.7 /
&DEVC ID='detektor5m', PROP_ID='optiskdetektor', XYZ=5, 5.0, 4.7 /
&PROP ID='optiskdetektor', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', LENGTH=1.8,
ACTIVATION_OBSCURATION=3.28 /

&TAIL /

Simulering av New Yorker

&HEAD CHID='NEWYORKERFAST', TITLE='BTR simulering av NEW YORKER med *fast*
tillväxt och sprinkler' /

&MESH ID='mesh brand', IJK=80,200,40, XB=0.0,8.0, 0.0,20.0, 0.0,4.0 /

&MESH ID='mesh 1', IJK=135,150,40, XB=8.0,21.5, 4.0,19.0, 0.0,4.0 /

&MESH ID='mesh 2', IJK=135,150,40, XB=21.5,35.0, 4.0,19.0, 0.0,4.0 /

&MESH ID='mesh 3', IJK=135,160,40, XB=8.0,21.5, 19.0,35.0, 0.0,4.0 /

&MESH ID='mesh 4', IJK=135,160,40, XB=21.5,35.0, 19.0,35.0, 0.0,4.0 /

&MESH ID='mesh 5', IJK=80,150,40, XB=0.0,8.0, 20.0,35.0, 0.0,4.0 /

&TIME T_END=600.0 /

---material i väggar---

&MATL ID = 'CONCRETE',
FYI = 'NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',
SPECIFIC_HEAT = 1.04,
CONDUCTIVITY = 1.8,
DENSITY = 2280.0 /

&SURF ID = 'SURF',
RGB = 146,202,166,
MATL_ID(1,1) = 'CONCRETE',
MATL_MASS_FRACTION(1,1) = 1.0,
THICKNESS(1) = 0.1 /

-Strålningsvinklar-

&RADI NUMBER_RADIATION_ANGLES=300 /

-Bränsle-

&REAC ID='Polyester'
SOOT_YIELD=0.09
C=1
H=1.4
HEAT_OF_COMBUSTION=32500
IDEAL=.TRUE. /

&SURF ID='Burner', HRRPUA=293, RAMP_Q='fast med spr', COLOR='RED'/ total maxeffekt på
1170 kW vid 158 sekunder.

-Brännare-

&OBST XB=3.0, 5.0, 3.0, 5.0, 0.1, 0.5, SURF_IDS='Burner','INERT','INERT'/

-Effektutvecklingskurva-

&RAMP ID='fast med spr', T=0.0, F=0.001 /
&RAMP ID='fast med spr', T=15.0, F=0.009 /
&RAMP ID='fast med spr', T=30.0, F=0.04 /
&RAMP ID='fast med spr', T=45.0, F=0.08 /
&RAMP ID='fast med spr', T=60.0, F=0.14 /
&RAMP ID='fast med spr', T=75.0, F=0.23 /
&RAMP ID='fast med spr', T=90.0, F=0.33 /
&RAMP ID='fast med spr', T=105.0, F=0.44 /
&RAMP ID='fast med spr', T=120.0, F=0.58 /
&RAMP ID='fast med spr', T=135.0, F=0.73 /
&RAMP ID='fast med spr', T=150.0, F=0.90 /
&RAMP ID='fast med spr', T=158.0, F=1 /
&RAMP ID='fast med spr', T=600.0, F=1 /
&RAMP ID='fast med spr', T=610.0, F=0 /

---GEOMETRI---

-golv och tak-

&OBST XB=0.0, 8.0, 0.0, 35.0, 0.0, 0.1/

&OBST XB=0.0, 8.0, 0.0, 35.0, 3.9, 4.0, COLOR='WHITE', TRANSPARENCY=0.5/

&OBST XB=8.0, 34.0, 4.0, 35.0, 0.0, 0.1/

&OBST XB=8.0, 34.0, 4.0, 35.0, 3.9, 4.0, COLOR='WHITE', TRANSPARENCY=0.5/

väggar långsida-

&OBST XB=0.0, 0.1, 0.0, 35.0, 0.1, 3.9, COLOR='BLUE', TRANSPARENCY=0.5/
&OBST XB=33.9, 34.0, 4.0, 35.0, 0.1, 3.9, COLOR='BLUE', TRANSPARENCY=0.5/
&OBST XB=0.1, 7.9, 0.0, 0.1, 0.1, 3.9, COLOR='WHITE', TRANSPARENCY=0.5/
&OBST XB=7.9, 8.0, 0.0, 4.0, 0.1, 3.9, COLOR='WHITE', TRANSPARENCY=0.5/
&OBST XB=7.9, 34.0, 4.0, 4.1, 0.1, 3.9, COLOR='WHITE', TRANSPARENCY=0.5/
&OBST XB=0.1, 33.9, 34.9, 35.0, 0.1, 3.9, COLOR='WHITE', TRANSPARENCY=0.5/

-hål dörr-

&HOLE XB=33.9,34.0, 17.5,21.0, 0.1,2.1 /

-vent dörröppning-

&VENT XB=35.0,35.0, 0.0,35.0, 0.0,4.0 , SURF_ID='OPEN'/

-temperatur gaslager-

&SLCF PBX=0.2 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.6 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=33.9 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=3.0 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=20.0 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=2.0 QUANTITY='TEMPERATURE' /

-temp vid nödutgång 1-

&DEVC XYZ=0.6,10.,1.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN1' /
&DEVC XYZ=0.6,10.0,2.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN2' /
&DEVC XYZ=0.6,10.0,2.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN3' /
&DEVC XYZ=0.6,10.0,2.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN4' /
&DEVC XYZ=0.6,10.0,2.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN5' /
&DEVC XYZ=0.6,10.0,2.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN6' /
&DEVC XYZ=0.6,10.0,3.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN7' /
&DEVC XYZ=0.6,10.0,3.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN8' /
&DEVC XYZ=0.6,10.0,3.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN9' /
&DEVC XYZ=0.6,10.0,3.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN10' /
&DEVC XYZ=0.6,10.0,3.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN11' /

-temp vid nödutgång 2-

&DEVC XYZ=0.6,28.0,1.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN12' /
&DEVC XYZ=0.6,28.0,2.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN13' /
&DEVC XYZ=0.6,28.0,2.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN14' /
&DEVC XYZ=0.6,28.0,2.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN15' /
&DEVC XYZ=0.6,28.0,2.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN16' /
&DEVC XYZ=0.6,28.0,2.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN17' /
&DEVC XYZ=0.6,28.0,3.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN18' /
&DEVC XYZ=0.6,28.0,3.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN19' /
&DEVC XYZ=0.6,28.0,3.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN20' /
&DEVC XYZ=0.6,28.0,3.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN21' /
&DEVC XYZ=0.6,28.0,3.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TN22' /

-temp vid entré-

&DEVC XYZ=34.0,20.0,1.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE1' /
&DEVC XYZ=34.0,20.0,2.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE2' /
&DEVC XYZ=34.0,20.0,2.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE3' /
&DEVC XYZ=34.0,20.0,2.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE4' /
&DEVC XYZ=34.0,20.0,2.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE5' /
&DEVC XYZ=34.0,20.0,2.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE6' /
&DEVC XYZ=34.0,20.0,3.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE7' /
&DEVC XYZ=34.0,20.0,3.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE8' /
&DEVC XYZ=34.0,20.0,3.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE9' /
&DEVC XYZ=34.0,20.0,3.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE10' /
&DEVC XYZ=34.0,20.0,3.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TE11' /

-sikt i gaslager-

&SLCF PBX=0.2 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBX=0.6 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBX=33.9 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBX=3.0 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBY=20.0 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBZ=2.0 QUANTITY='VISIBILITY' /

-optisk detektor i taket-

&DEVC ID='detektor5m', PROP_ID='optiskdetektor', XYZ=3, 10.0, 3.9 /

&DEVC ID='detektor10m', PROP_ID='optiskdetektor', XYZ=3, 15.0, 3.9 /

&PROP ID='optiskdetektor', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', LENGTH=1.8,
ACTIVATION_OBSCURATION=3.28 /

&TAIL /

Simulering av Waynes Coffee

```
&HEAD CHID='WAYNESFAST', TITLE='BTR Simulering av WAYNES fast med sprinkler' /
```

```
&MESH ID='MESH 1', IJK=90,90,40, XB=0.0,9.0, -1.0,8.0, 0.0,4.0/  
&MESH ID='MESH 2', IJK=90,180,40, XB=0.0,9.0, 33.0,51.0, 0.0,4.0/  
&MESH ID='MESH 3', IJK=100,125,64, XB=-5.4,4.6, 8.0,20.5, 0.0,6.4/  
&MESH ID='MESH 4', IJK=100,125,64, XB=4.6,14.6, 8.0,20.5, 0.0,6.4/  
&MESH ID='MESH 5', IJK=100,125,64, XB=-5.4,4.6, 20.5,33.0, 0.0,6.4/  
&MESH ID='MESH 6', IJK=100,125,64, XB=4.6,14.6, 20.5,33.0, 0.0,6.4/
```

```
&TIME T_END=600.0 /
```

-material i väggarna-

```
&MATL ID           ='CONCRETE',  
  FYI              ='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',  
  SPECIFIC_HEAT    =1.04,  
  CONDUCTIVITY     =1.8,  
  DENSITY          =2280.0/
```

```
&SURF ID           ='SURF',  
  RGB              =146,202,166,,  
  MATL_ID(1,1)     ='CONCRETE',  
  MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,  
  THICKNESS(1)     =0.2/
```

-Bränsle-

```
&REAC ID='wood and fabrics'  
  SOOT_YIELD=0.06  
  C=3.4  
  H=6.2  
  HEAT_OF_COMBUSTION=17000  
  IDEAL=.TRUE. /
```

&SURF ID='Burner', HRRPUA=312, RAMP_Q='fast med spr', COLOR='RED'/ total maxeffekt på
1250 kW vid 163 sekunder

-Brännare-

&OBST XB=6.2, 8.2, 10.8, 12.8, 0.1, 1.0, SURF_IDS='Burner','INERT','INERT'/

-Effektutvecklingskurva-

&RAMP ID='fast med spr', T=0.0, F=0.001 /

&RAMP ID='fast med spr', T=15.0, F=0.008 /

&RAMP ID='fast med spr', T=30.0, F=0.03 /

&RAMP ID='fast med spr', T=45.0, F=0.08 /

&RAMP ID='fast med spr', T=60.0, F=0.14 /

&RAMP ID='fast med spr', T=75.0, F=0.21 /

&RAMP ID='fast med spr', T=90.0, F=0.30 /

&RAMP ID='fast med spr', T=105.0, F=0.41 /

&RAMP ID='fast med spr', T=120.0, F=0.54 /

&RAMP ID='fast med spr', T=135.0, F=0.69 /

&RAMP ID='fast med spr', T=150.0, F=0.85/

&RAMP ID='fast med spr', T=163.0, F=1 /

&RAMP ID='fast med spr', T=600.0, F=1 /

---Geometri---

&OBST XB=-5.0,-4.8, 8.0,33.0, 0.2,6.3, SURF_ID='SURF', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.3/ Obstruction

&OBST XB=-5.0,0.2, 32.8,33.0, 0.2,6.3, SURF_ID='SURF', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.3/ Obstruction

&OBST XB=-5.0,14.2, 8.0,33.0, 6.3,6.4, SURF_ID='SURF', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.3/ Obstruction

&OBST XB=-5.0,0.2, 8.0,8.2, 0.2,6.3, SURF_ID='SURF', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.3/ Obstruction

&OBST XB=-5.0,14.2, 8.0,33.0, 0.0,0.2, SURF_ID='SURF', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.3/ Obstruction

&OBST XB=0.0,0.2, 0.0,8.0, 0.2,4.0, SURF_ID='SURF', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.3/ Obstruction

&OBST XB=0.0,9.0, 8.0,8.2, 4.0,6.3, SURF_ID='SURF', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.3/ Obstruction

&OBST XB=0.0,0.2, 33.0,50.0, 0.2,4.0, SURF_ID='SURF', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.3/ Obstruction

&OBST XB=0.0,9.0, 0.0,8.0, 4.0,4.2, SURF_ID='SURF', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.3/ Obstruction

&OBST XB=0.0,9.0, 33.0,50.0, 4.0,4.2, SURF_ID='SURF', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.3/ Obstruction

&OBST XB=0.0,9.0, 32.8,33.0, 4.0,6.3, SURF_ID='SURF', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.3/ Obstruction

&OBST XB=0.0,9.0, 33.0,50.0, 0.0,0.2, SURF_ID='SURF', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.3/ Obstruction

&OBST XB=0.0,9.0, 0.0,8.0, 0.0,0.2, SURF_ID='SURF', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.3/ Obstruction

&OBST XB=0.8,8.2, 30.0,30.2, 0.2,1.2, SURF_ID='INERT'/ Top Wall (Max X)

&OBST XB=0.8,8.2, 10.8,11.0, 0.2,1.2, SURF_ID='INERT'/ Bottom Wall (Min X)

&OBST XB=0.8,1.0, 10.8,30.2, 0.2,1.2, SURF_ID='INERT'/ Left Wall (Min Y)

&OBST XB=8.0,8.2, 10.8,30.2, 0.2,1.2, SURF_ID='INERT'/ Right Wall (Max Y)

&OBST XB=8.8,9.0, 33.0,50.0, 0.2,4.0, SURF_ID='SURF', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.3/ Obstruction

&OBST XB=8.8,9.0, 0.0,8.0, 0.2,4.0, SURF_ID='SURF', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.3/ Obstruction

&OBST XB=8.8,14.2, 32.8,33.0, 0.2,6.3, SURF_ID='SURF', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.3/ Obstruction

&OBST XB=8.8,14.2, 8.0,8.2, 0.2,6.3, SURF_ID='SURF', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.3/ Obstruction

&OBST XB=14.0,14.2, 8.0,33.0, 0.2,6.3, SURF_ID='SURF'/ Obstruction

-hål-

&HOLE XB=-5.1,-4.7, 15.0,19.0, 0.2,3.0/

&HOLE XB=13.9,14.3, 15.0,18.0, 0.2,3.0 /

&HOLE XB=13.9,14.3, 21.0,24.0, 0.2,3.0 /

-vent-

&VENT XB=0.0,9.0, -1.0,-1.0, 0.0,4.0, SURF_ID='OPEN'/
&VENT XB=0.0,9.0, 51.0,51.0, 0.0,4.0, SURF_ID='OPEN'/
&VENT XB=-5.4,-5.4, 8.0,33.0, 0.0,6.2, SURF_ID='OPEN'/
&VENT XB=14.6,14.6, 8.0,33.0, 0.0,6.4, SURF_ID='OPEN'/

-temperatur gaslager-

&SLCF PBY=0.2 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=50.0 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=4.5 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.3 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=8.7 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=-4.6 QUANTITY='TEMPERATURE'/
&SLCF PBX=13.8 QUANTITY='TEMPERATURE'/
&SLCF PBY=20.5 QUANTITY='TEMPERATURE'/
&SLCF PBZ=2.0 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=23.0 QUANTITY='TEMPERATURE'/
&SLCF PBY=27.0 QUANTITY='TEMPERATURE' /

-sikt i gaslager-

&SLCF PBY=0.2 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBY=50.0 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBX=4.5 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBX=0.3 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBX=8.7 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBX=-4.6 QUANTITY='VISIBILITY'/
&SLCF PBX=13.8 QUANTITY='VISIBILITY'/
&SLCF PBY=20.5 QUANTITY='VISIBILITY'/
&SLCF PBZ=2.0 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBY=23.0 QUANTITY='VISIBILITY'/
&SLCF PBY=27.0 QUANTITY='VISIBILITY'/

-optisk detektor i taket-

&DEVC ID='detektor5m', PROP_ID='optiskdetektor', XYZ=1.2, 11.8, 6.2/
&DEVC ID='detektor10m', PROP_ID='optiskdetektor', XYZ=-3.8, 11.8, 6.2/

&DEVC ID='detektor5m', PROP_ID='optiskdetektor', XYZ=7.2, 16.8, 6.2/

&PROP ID='optiskdetektor', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', LENGTH=1.8,
ACTIVATION_OBSCURATION=3.28 /

&TAIL /

Bilaga G - Strålningsberäkningar

För att undersöka om personer vid utrymning utsätts för en strålningsnivå som överstiger 2,5 kW/m² görs en kontrollberäkning av strålningen från branden med hjälp av Heskestads flamhöjdsekvation, ekvation G.1, och synfaktorn, Φ .

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

Storleken på flammen från branden approximeras till en rektangel med hjälp av flamhöjden och flammans diameter. Detta är ett konservativt antagande då flammen i verkligheten smalnar av uppåt. Genom att lösa ut synfaktorn från ekvation x samt använda brandens effektutveckling och flamhöjd vid den kritiska strålningsnivån på 2,5 kW/m² kan sedan ett minsta avstånd från branden beräknas där individer inte utsätts för kritisk strålning.

Ekvation G.2 visar hur synfaktorn beräknas och med hjälp av ekvation G.3 och G.4 samt tabell 2.7 i *An introduction to fire dynamics* (Drysdale, 2009) kan det minsta avståndet från branden lösas ut och beräknas:

$$\Phi = \frac{\dot{q}''}{2 \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4} \quad \text{Ekvation G.2}$$

$$S = \frac{L_1}{L_2} \quad \text{Ekvation G.3}$$

$$\alpha = \frac{L_1 \cdot L_2}{D_2^2} \quad \text{Ekvation G.4}$$

Enligt samtliga FDS-simuleringar uppnås kritiska förhållanden för brandgaslagrets höjd och sikt snabbast. Tiden till de kritiska nivåerna uppnås används som en referenstid i strålningsberäkningarna för att uppskatta brandens effektutveckling. I de fall då sprinkler inte aktiveras används istället den maximala utrymningstiden i beräkningarna. Temperaturen för flammen uppskattas i samtliga fall till 800 °C (Karlsson & Quintiere, 2000).

En sammanställning av beräkningarna för alla scenarier redovisas i tabell G.1- G.3 nedan.

Tabell G.1 Indata och resultat från strålningsberäkningarna för Chilli.

Chilli	A1 - Ultrafast med sprinkler	A3 - Fast med sprinkler	A4 - Fast utan sprinkler	A5 - Medium med sprinkler
Tid [s]	109	164	164	234
Tillväxthastighet [kW/s ²]	0,19	0,047	0,047	0,012
Effektutveckling [kW]	2130	1270	1270	657
Brandens diameter [m]	1,13	1,13	1,13	1,13
Flamhöjden [m]	3,99	2,94	2,94	2,0
Avstånd till kritisk strålning [m]	6,1	5,05	5,05	4,33

Tabell G.2 Indata och resultat från strålningsberäkningarna för New Yorker.

New Yorker	B1- Ultrafast med sprinkler	B3 - Fast med sprinkler	B4 - Fast utan sprinkler	B5 - Medium med sprinkler
Tid [s]	158	163	163	262
Tillväxthastighet [kW/s ²]	0,19	0,047	0,047	0,012
Effektutveckling [kW]	1800	1170	1170	820
Brandens diameter [m]	1,13	1,13	1,13	1,13
Flamhöjden [m]	3,55	2,81	2,81	2,29
Avstånd till kritisk strålning [m]	5,8	5,14	5,14	4,65

Tabell G.3 Indata och resultat från strålningsberäkningarna för Wayne´s Coffee.

Wayne´s Coffee	C1 - Fast med sprinkler	C2 - Fast utan sprinkler	C3 - Medium med sprinkler
Tid [s]	163	270	269
Tillväxthastighet [kW/s ²]	0,047	0,047	0,012
Effektutveckling [kW]	1250	5400	870
Brandens diameter [m]	1,13	1,13	1,13
Flamhöjd [m]	2,9	7,3	2,4
Avstånd till kritisk strålning [m]	5,0	7,2	4,7

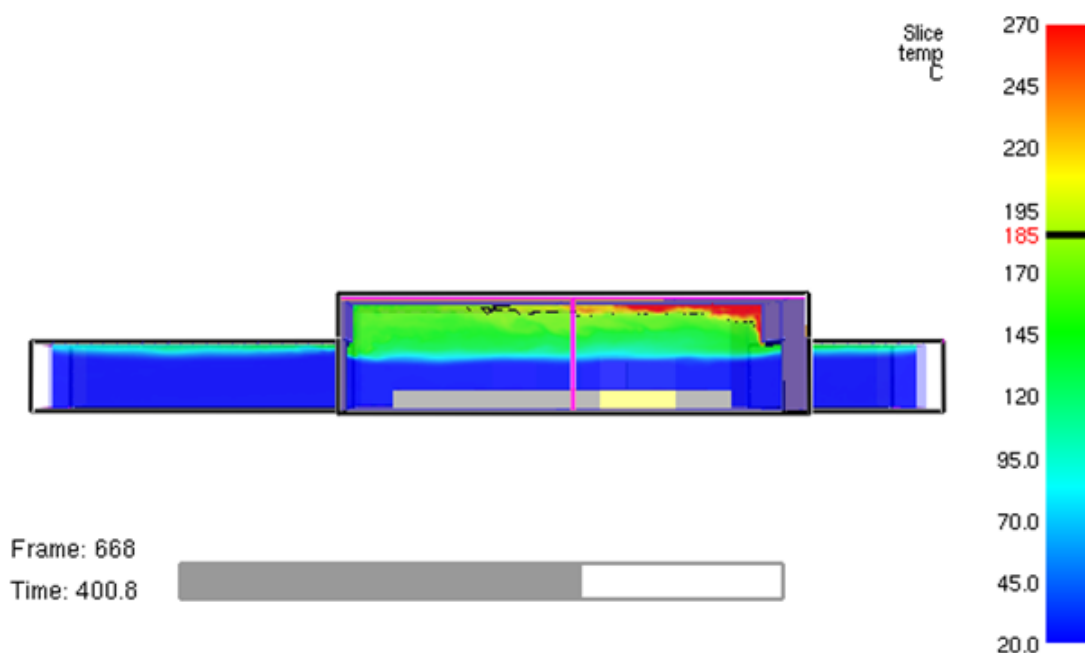
Resultatet av beräkningarna ger ett minsta avstånd från flamman för att inte utsättas för kritiska nivåer av strålning. Dessa avstånd jämförs med viktiga punkter i respektive scenario som är viktiga med hänsyn till kritiska nivåer, till exempel nödutgångar och gångstråk.

Kontroll av strålning från brandgaslagret

Brandgaslagrets temperatur kan orsaka kritiska strålningsnivåer mot individer. För att kontrollera om temperaturen i brandgaslagret ger upphov till kritiska strålningsnivåer mot en individ används ekvation D.5 för att kunna beräkna temperaturen i brandgaslagret.

$$T = \sqrt[4]{\frac{\dot{q}''}{\Phi * \epsilon * \sigma}} \quad \text{Ekvation G.5}$$

Den kritiska strålningen sätts till $2,5 \text{ kW/m}^2$ och synfaktorn sätts till 1 för att få ett konservativt värde som täcker in hela takytan. Den kritiska temperaturen beräknas då till 185°C . Vid en jämförelse med bilderna av temperaturen från simuleringarna ses att inget scenario för Chilli eller New Yorker kommer uppnå kritiska nivåer. För Wayne's Coffee klarar sig de scenarier då sprinkler aktiveras men för scenario C2 - *fast* utan sprinkleraktivering kommer kritisk temperatur uppnås i brandgaslagret vid ungefär 400 sekunder, se figur G.1. Dock är den längsta totala utrymningstiden för scenario C2, 270 sekunder vilket innebär att ingen person under utrymning kommer utsättas för kritiska nivåer.



Figur G.1 Temperatur i brandgaslagret för scenario C2.

