



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

Rapport 9241

Brandteknisk riskvärdering av Färjeterminalen Kapellskärs Hamn, Norrtälje



Magnus Lundqvist
Mikael Nylander
Matts Risberg Andersson
Mårten Wiberg

Lund 2004

Brandteknisk riskvärdering av Färjeterminalen Kapellskärs
Hamn, Norrtälje

Fire Safety Evaluation of the Ferryterminal at the Port of
Kapellskär, Norrtälje

Lundqvist Magnus
Nylander Mikael
Risberg Andersson Matts
Wiberg Mårten

Lund 2004

Avdelningen för Brandteknik

Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 Lund
Telefon: 046-222 73 00
e-post: brand@brand.lth.se

Department of Fire Safety Engineering

Lund Institute of Technology
Box 118
S-221 00 Lund
Telephone: +46 46222 73 00
e-mail: brand@brand.lth.se

Titel

Brandteknisk riskvärdering av Färjeterminalen Kapellskärs Hamn, Norrtälje

Title

Fire safety evaluation of the Ferryterminal at the Port of Kapellskär, Norrtälje

Av / By

Magnus Lundqvist
Mikael Nylander
Matts Risberg Andersson
Mårten Wiberg
Brandingenjörslinjen Lunds Tekniska Högskola, hösten 2004

Abstract

The purpose of this project was to evaluate the fire safety of the ferryterminal in Kapellskär, Norrtälje. The whole project has been carried out as a part of the students' education. The most important part of the evaluation has been the safety of the occupants in case of fire. As a result of this a lot of different estimations have been made, such as the size of the fire, its location in the building and what the burning material might be. In addition, estimations of how many people that would be affected of a fire or an evacuation of the building has been made. CFAST and SIMULEX have been used as tools in the evaluation process. These computer programs generate a lot of different outputs for example the smoke filling process of the building and the time of an evacuation from it. Furthermore a description of the building itself and different fire precautions has been included.

Keywords

Evacuation, fire scenario, smoke, untenable conditions, CFAST, SIMULEX, simulations, fire alarm system, Bfk

Nyckelord

Utrymning, brandscenario, brandgas, kritiska förhållanden, CFAST, SIMULEX, simuleringar, brandlarmssystem, Bfk

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.

Förord

Denna rapport förutsätter vissa förkunskaper i brandskyddsdimensionering och värdering av riskerna vid en brand. Under framtagandet av rapporten har ett stort antal personer varit behjälpliga. Ett stort tack riktas till följande personer:

Henry Linnsén, brandingenjör vid räddningstjänsten i Norrtälje

Hans Arvedahl, insatsledare vid räddningstjänsten i Norrtälje

Johan Lundin, universitetsadjunkt vid Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola

Olof Steen, hamnchef, Roslagshamnar AB Kapellskär

Peter Lundman, VA-tekniker, Roslagshamnar AB Kapellskär

Berit Andersson, universitetsadjunkt vid Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola

Lars Jensen, professor, Avdelningen för installationsteknik, Lunds Tekniska Högskola

Sammanfattning

Kapellskärs Hamn belägen utanför Norrtälje ägs av Roslagshamnar AB och ingår i koncernen Stockholms Hamnar AB. Denna rapport syftar till att dokumentera och utvärdera terminalbyggnadens befintliga brandskydd ur ett personsäkerhetsperspektiv.

Terminalbyggnaden är renoverad och utbyggd under perioden 2003-04. En brandskyddsdimensionering utfördes samtidigt, vilket gjort att byggnaden har ett bra befintligt brandskydd. Detta arbete har till största delen bestått i att kontrollera det upprättade brandskyddet. Det har också lett till att det har varit svårt att hitta tänkbara scenarion.

Två brandscenarion har studerats samt ett scenario av yttre hot från en olycka med farligt gods. Brandscenariona äger rum i avgångshallen på plan 3, där en fritös börjar brinna i restaurangköket samt ett scenario där en ljuslåga antänder gardinerna i försäljningsdiskarna. Olyckan med farligt gods har studerats utifrån ett rörbrott eller ett packningsläckage på en lastbil lastad med ammoniak. Även fyra andra scenarion har studerats. Dessa har kommenterats och givits åtgärdsförslag. En mer ingående studie av systematiskt brandskyddsarbete för Kapellskärs Hamn har också genomförts.

Utredningarna har genomförts med hjälp av handberäkningar och simuleringar i CFAST för brandscenariona samt simuleringar i BfK för scenariot med farligt gods. Utrymningsscenariona har simulerats i datorprogrammet SIMULEX.

Utredningen visar att det finns ett väl fungerande brandskydd i Kapellskärs Hamn och tillbudshistoriken visar att några större incidenter inte har inträffat inne i terminalbyggnaden. Det anses vidare att den största risken är just att man inte har haft några incidenter och därför inte arbetar aktivt med brandskyddet. Detta visas tydligt av att inget systematiskt brandskyddsarbete finns plus att räddningstjänsten inte har någon insatsplan för objektet. Vid en större incident i dagsläget skulle konsekvenserna kunna bli olyckliga, något som skulle kunna avhjälpas med ett bättre brandskyddsarbete.

Efter simuleringar och handberäkningar har framkommit att det **inte** uppstår kritiska förhållanden innan en utrymning av de publika delarna på plan 3 kan anses avklarad.

De åtgärder som anses vara av stor vikt för en ökad säkerhet i färjeterminalbyggnaden är:

- Punktskydd över fritösen på plan 3 *skall* installeras
- Systematiskt brandskyddsarbete *skall* påbörjas

Vidare anses att:

- Sopstationer i utrymningsvägar *bör* flyttas
- Rökdetektorer *bör* installeras i försäljningsdiskarna

Innehållsförteckning

1. INLEDNING.....	15
1.1 BAKGRUND	15
1.2 SYFTE.....	15
1.3 METOD.....	15
1.4 AVGRÄNSNINGAR.....	16
1.5 OSÄKERHETER	16
2. BESKRIVNING AV BYGGNAD	17
2.1 ALLMÄNT	17
2.2 BYGGNADSTEKNISK BESKRIVNING	17
2.3 BRANDCELLSINDELNING	17
2.4 LUFTBEHANDLINGSSYSTEMET.....	18
3. BESKRIVNING AV VERKSAMHETEN	23
3.1 ALLMÄNT	23
3.2 RISKPERSPEKTIV PÅ VERKSAMHETEN.....	23
4. SKYDD MOT BRANDSPRIDNING.....	25
4.1 INOM BRANDCELL	25
4.1.1 Krav enligt BBR.....	25
4.1.2 Ytskikt i utrymningsvägar	25
4.1.3 Ytskikt i övriga utrymmen	25
4.2 MELLAN BRANDCELLER	25
4.3 LUFTBEHANDLINGSSYSTEMETS FUNKTION VID BRAND	25
4.4 MELLAN BYGGNADER	25
5. BRANDTEKNISKA INSTALLATIONER.....	27
5.1 SLÄCKUTRUSTNING	27
5.2 PUNKTSKYDD	27
5.3 FAST SLÄCKUTRUSTNING	27
5.4 BRANDGASVENTILATION AV TRAPPHUS	27
5.5 BRANDGASVENTILATION AV HISSCHAKT/HISSMASKINRUM.....	28
6. LARMSYSTEM	29
6.1 ALLMÄNT	29
6.2 BRANDLARM	29
6.3 UTRYMNINGSLARM	29
7. UTRYMNING	31
7.1 ALLMÄNT	31
7.2 UTRYMNINGSFÖRLOPPET	31
7.3 KRITISKA FÖRHÅLLANDEN	32
7.4 MAXIMALT PERSONANTAL	32
7.5 UTRYMNINGSVÄGAR	32
7.5.1 Dörrar.....	33
7.5.2 Trapphus.....	33
7.6 GÅNGAVSTÅND TILL UTRYMNINGSVÄG.....	33
7.7 PASSAGEMÅTT I UTRYMNINGSVÄG.....	33
7.8 TEKNISK UTRUSTNING FÖR UTRYMNING.....	33
7.9 RÄDDNINGSTJÄNSTENS MEDVERKAN VID UTRYMNING.....	33
7.10 RESULTAT AV UTRYMNINGSSIMULERING	33
8. RÄDDNINGSTJÄNSTENS INSATSMÖJLIGHETER	35
8.1 INSATSTID	35
8.2 INTRÄNGNINGSVÄGAR	35

8.3 BRANDVATTENFÖRSÖRJNING	35
8.4 RISKER FÖR RÄDDNINGSTJÄNSTEN	35
9. BRANDSCENARION.....	37
9.1 VAL AV BRANDSCENARIO	37
9.2 KVALITATIV BEDÖMNING AV TÄNKBARA BRANDSCENARION	37
9.2.1 Brand i fritös.....	37
9.2.2 Brand i trapphusets sopstationer.....	38
9.2.3 Brand i soffa	38
9.2.4 Brand i personalkök.....	39
9.2.5 Brand i försäljningsdiskar	39
9.2.6 Brand i disponibla utrymmen	40
9.2.7 Farligt gods-olycka.....	40
10. UTVALDA SCENARION	41
10.1 KVANTITATIV BEDÖMNING AV UTVALDA SCENARION	41
10.2 BRAND I FRITÖS	41
10.2.1 Allmänt.....	41
10.2.2 Beräkningsunderlag.....	41
10.2.3 Resultat	42
10.2.4 Slutsats.....	42
10.2.5 Förslag på åtgärder.....	42
10.3 BRAND I FÖRSÄLJNINGSDISKAR	42
10.3.1 Allmänt.....	42
10.3.2 Brandgaslagrets höjd.....	43
10.3.3 Resultat	43
10.3.4 Slutsats.....	44
10.3.5 Förslag på åtgärder.....	44
10.4 FARLIGT GODS-OLYCKA	44
10.4.1 Allmänt.....	44
10.4.2 Gränsvärden för ammoniak	46
10.4.3 Resultat	46
10.4.4 Slutsats.....	46
11. KÄNSLIGHETSANALYS	47
11.1 KÄNSLIGHETSANALYS KAPELLSKÄRS HAMN	47
11.1.1 Brand i fritös.....	47
11.1.2 Brand i försäljningsdiskar	47
11.1.3 Farligt gods-olycka.....	47
11.1.4 Utrymningen	47
12. SYSTEMATISKT BRANDSKYDDSBARBETE.....	49
12.1. VAD SÄGER LAGEN OM SKYDD MOT OLYCKOR.....	49
12.2. RÄDDNINGSVERKET TOLKAR LAGEN OM SKYDD MOT OLYCKOR.....	49
12.3. VARFÖR SBA BÖR BEDRIVAS I KAPELLSKÄRS HAMN	50
12.4. FÖRSLAG TILL SBA I KAPELLSKÄRS HAMN	51
13. DISKUSSION	55
14. ÅTGÄRDSFÖRSLAG	57
15. REFERENSER.....	59
APPENDIX	61
A. TILLBUDSHISTORIK	61
B. UTRYMNINGSDEL	63
B1. Personantal	63
B2. Utrymningsvägar.....	65
B3. Utrymningsmodellering	67
B3.1 Utrymningsmodellering känslighetsanalys.....	69
B4. Detektion	71

C. BRAND.....	73
C1. <i>Beräkningar Brand i fritös</i>	73
C1.1 Känslighetsanalys av brand i fritös	76
C2. <i>Beräkningar av brand i försäljningsdiskar</i>	78
C2.1 Kontrollberäkningar för CFAST-simulering av Brand i försäljningsdiskar	83
C2.2 Känslighetsanalys av brand i försäljningsdiskar	86
C3. <i>Beskrivning av datorprogram</i>	87
C4. <i>Resultat BfK</i>	89
D. SIMULEX DATALISTOR	105
D1. <i>In/Utdata från SIMULEX 3:e våningen</i>	105
D2. <i>Indata/utdata känslighets simulering simulex:</i>	109
E. CFAST DATALISTOR.....	111
E1. <i>Indata CFAST Brand i försäljningsdiskar</i>	111

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Denna rapport avser Kapellskärs Hamn, Norrtälje. Rapporten är upprättad i utbildningssyfte och bör ej utgöra det enda underlaget för beslutsfattande gällande brandskyddet. Kvalitetssäkring har ej utförts varför stor försiktighet vid hänvisning till denna dokumentation skall iakttas. Framtagandet av rapporten ingår som ett moment i kursen ”Brandteknisk Riskvärdering”, 10 poäng, i regi av Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola. Objektet har tilldelats gruppen av kursledningen i samarbete med fastighetsägaren Stockholms Hamnar AB och räddningstjänsten i Norrtälje.

1.2 Syfte

Syftet är att uppskatta byggnadens befintliga brandskydd med inriktning på personsäkerheten, samt att ge förslag på förbättringsåtgärder.

1.3 Metod

Inledningsvis lyftes en diskussion fram kring definitionen av en säker byggnad. Då det inte finns någon entydig definition av en säker byggnad behövdes ett enkelt verktyg för att strukturera arbetet med att värdera säkerheten. De komponenter som efter diskussion i arbetsgruppen valts ut för att utvärdera det befintliga brandskyddet i Kapellskärs Hamn är som följer:

- En analys av brandskyddet utifrån modellen förenklad dimensionering, dvs uppfylls kraven enligt Boverkets byggregler, BBR.
- Datorsimuleringar och handberäkningar för att uppskatta brand- och utrymningssäkerheten i terminalbyggnaden.
- Systematiskt brandskyddsarbete, vilket är en förutsättning för att erhålla en jämn och hög brandskyddsnivå.

Boverkets byggregler innehåller föreskrifter och allmänna råd till lagar och förordningar gällande tekniska egenskapskrav på byggnadsverk (*BBR 1:1*). Om dessa råd uppfylls kan man anse att byggnaden innehar ett tillfredsställande brandskydd ur en byggnadsteknisk aspekt. Genom datorsimuleringar och handberäkningar ges ytterligare en dimension till värderingen av det byggnadstekniska brandskyddet. Denna värdering görs utifrån att man i de undersökta scenariona tittar på om kritiska förhållanden uppstår, *se kapitel 7.3*. Gränsvärdena för kritiska förhållanden i byggnaden får inte överskridas under den tid som behövs för utrymning, *enligt (BBR 5:361)*. Vidare anses det viktigt att de verksamma inom byggnaden besitter kunskap om det befintliga brandskyddet, för att på ett aktivt sätt kunna bidra till en säkrare byggnad (*www.svbf.se*). Mot bakgrund av dessa funderingar har de tre komponenterna valts ut för att beskriva det befintliga brandskyddet i Kapellskärs Hamn.

Projektet fortsatte med ritningsläsning och insamling av därtill uppkomna frågeställningar. Detta följdes upp med ett möte med räddningstjänsten i Norrtälje och ett objektsbesök på färjeterminalen Kapellskärs Hamn. Objektet fingranskades och svar på både nya och gamla frågeställningar besvarades av räddningstjänstens Henry Linnsén och Hans Arvedahl och Kapellskärs Hamns hamnchef Olof Steen och VA-tekniker Peter Lundman.

Besöken följdes upp med att en kvalitativ bedömning gjordes av vilka olika brandscenarion som kan tänkas uppkomma i terminalbyggnaden. Sedan gjordes en kvantitativ bedömning av de värsta troliga scenariona, vilka genomfördes med handberäkningsmetoder och med datorprogrammen CFAST för brandscenariona och SIMULEX för utrymningssimuleringarna. Då det gäller simuleringar i avgångshallen på plan 3 hade en CFD-simulering varit lämpligare, då en sådan hade givit säkrare utdata vad gäller rökfyllnadsförloppet. Då tillräcklig kunskap i CFD-simulering inte fanns inom gruppen föll istället valet på en tvåzonsmodell, trots de osäkerheter detta medför.

Vid beräkningar och datorsimuleringar har alla antaganden varit konservativa för att alltid ha en god säkerhetsmarginal. Detta görs dock med viss försiktighet för att inte hamna för långt ifrån verkligheten. Resultaten från brandscenariona har sedan jämförts med utrymningssimuleringarna för att se om personsäkerheten har upprätthållits eller om förbättringar av brandskyddet bör göras. Även scenarion som inte bedömts kvantitativt har kommenterats med lämpliga åtgärder.

1.4 Avgränsningar

Byggnaden har en sådan konstruktion att byggnadskollaps inte ska kunna påverka utrymningssäkerheten och därför har inte byggnadens bärighet undersökts i detta arbete. Vid bedömning av utrymningssäkerhet har koldioxid- och syrehalten inte tagits i beaktande.

1.5 Osäkerheter

De datorprogram och handberäkningsmetoder som används vid brandscenarioberäkningar bygger på en rad förenklingar och antaganden. Detta gör att resultaten endast bör användas med försiktighet och ses som riktvärden för dimensionering av brandsäkerheten.

2. Beskrivning av byggnad

2.1 Allmänt

Kapellskärs Hamn tillhör Roslagshamnar AB och ligger utanför Norrtälje. Området består förutom terminalbyggnaden av tullens kontrollstation och Roslagshamnars underhållsbyggnader. Terminalbyggnaden är i fyra våningar där den fjärde bara innehåller fläktrummet. Byggnaden är 65 x 30 m och kan som mest inrymma 2000 personer, varav 1500 finns i avgångshallen på plan 3, *se bild 2.1*. Byggnaden är nyrenoverad i maj 2004 och utförd i brandklass Br 1.



Bild 2.1 Avgångshall

2.2 Byggnadsteknisk beskrivning

Byggnaden har en bärande stomme av betong och stål. Golven är i huvudsak av betong, väggarna av antingen betong eller gips och taken är av brandsäkra träskivor i utrymningsvägar och består i övriga utrymmen av undertaksskivor.

2.3 Brandcellsindelning

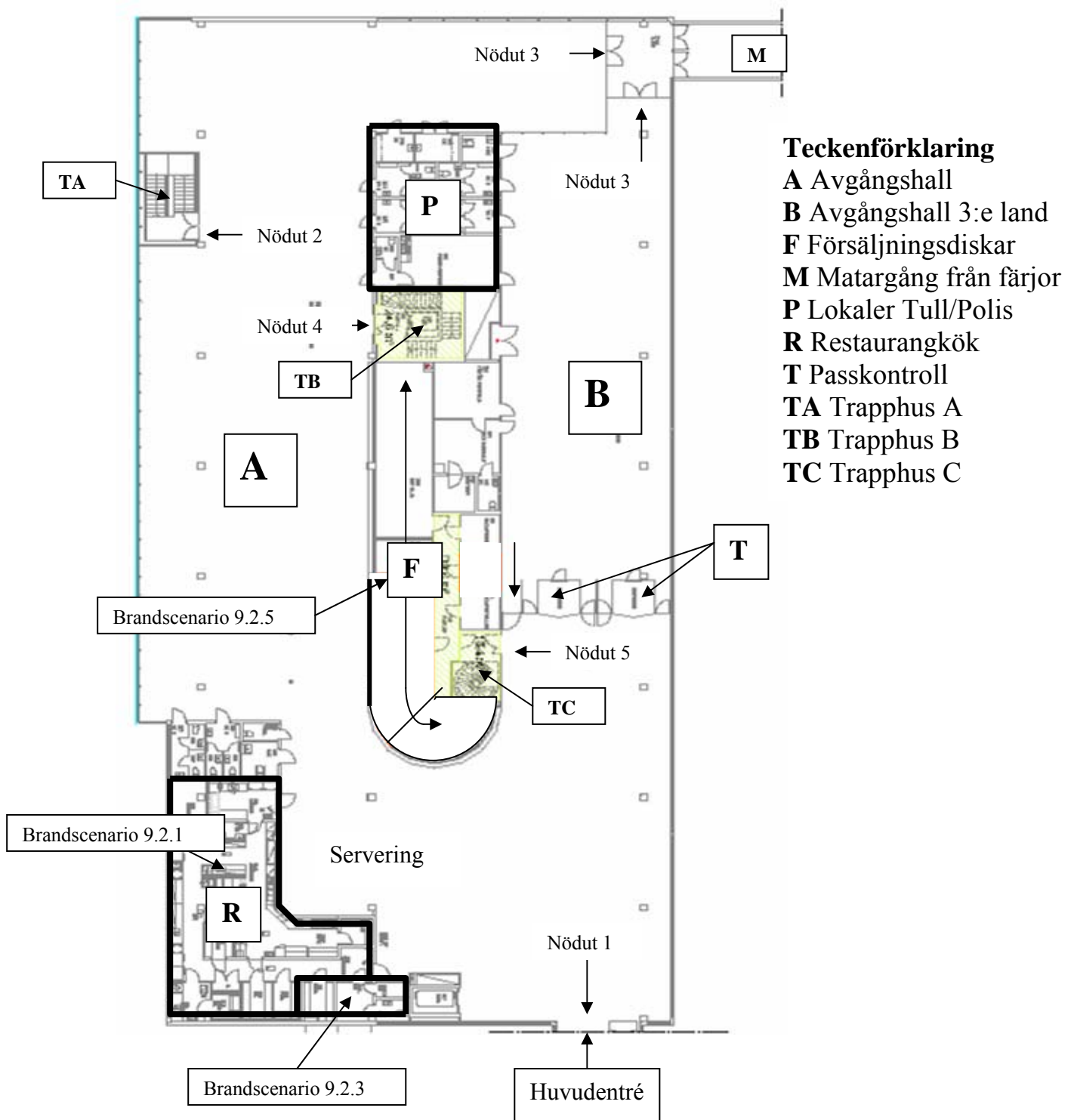
Varje våningsplan utgör en egen brandcell med bjälklag som brandcellsgräns och med brandcellsskiljande väggar som ansluter mot yttertak eller mot brandcellsskiljande bjälklag. Utrymmen som är egna brandceller är:

- Trapphus
- Matargångar till och från färjorna
- Fläktrum
- Datahall på plan 1
- Arkivrum på plan 1
- Elverkstad och elcentral
- Friliggande hiss
- Disponibla utrymmet

Brandcellsskiljande bjälklag och väggar är utförda i brandklass EI 60 och dörrar i brandcellsväggar i brandklass EI 60C och i utrymningsvägar i brandklass EI 30C. Matargångarna är utförda i brandklass E 15.

2.4 Luftbehandlingssystemet

Luftbehandlingssystemet är uppbyggt med mekanisk till- och frånluft. Fläktrummet är placerat på taket, där ett flertal aggregat serverar en eller flera brandceller. Där systemet serverar flera brandceller hindras brandgasspridning med hjälp av spjäll, som stänger när tillhörande detektor aktiveras. Även berörda aggregat stängs automatiskt av vid en indikering av brand. Dessa måste sedan återställas manuellt.



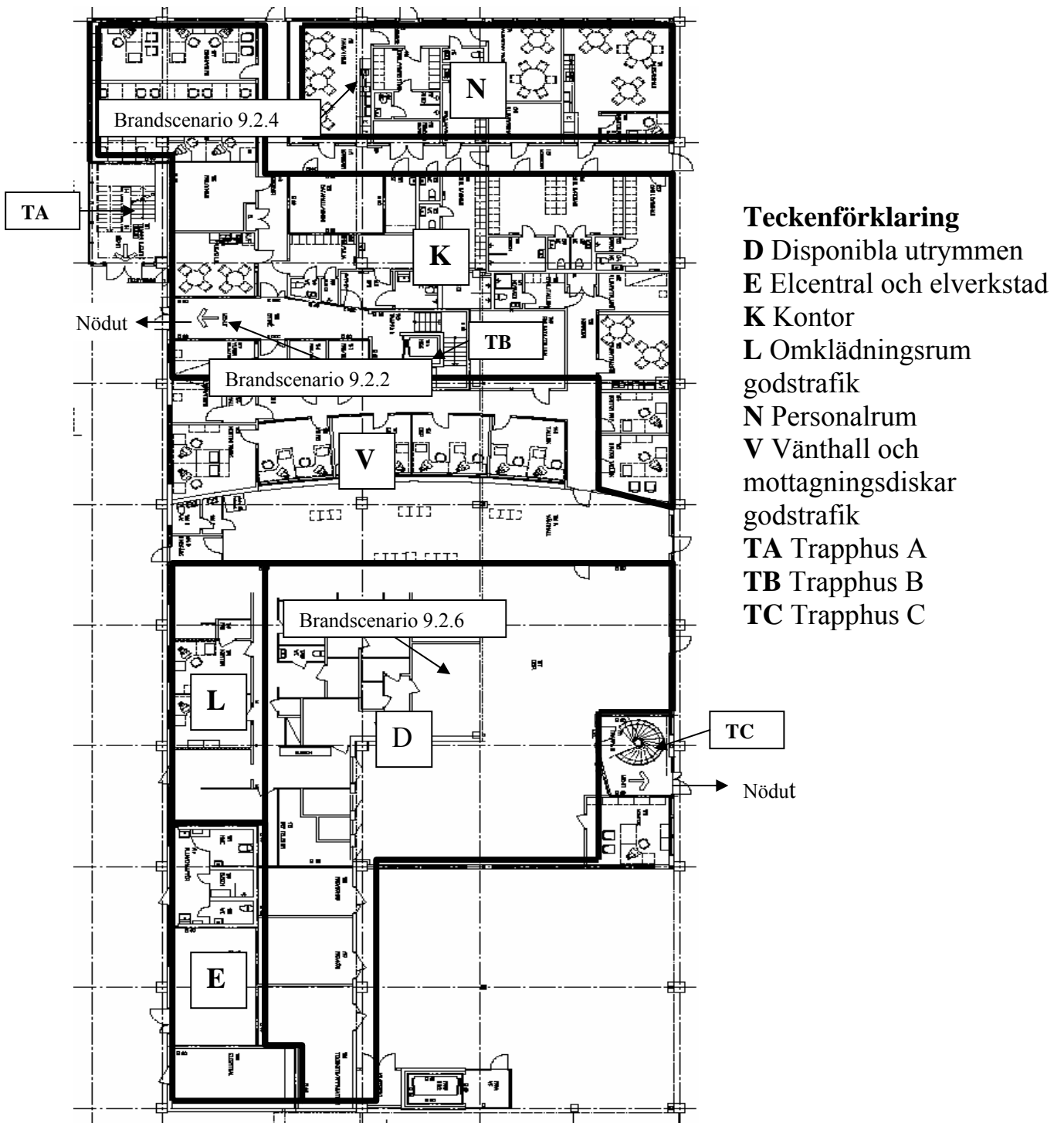
Figur 2.1 Översikt plan 3



Teckenförklaring

- C Ankomsthall 3:e land
- K Kontor
- L Kontor/lokaler godstrafik
- M Matargång från färjor
- N Tullkontroll
- P Lokaler Tull/Polis
- S Konferenslokaler
- T Passkontroll

Figur 2.2 Översikt plan 2



Figur 2.3 Översikt plan 1

3. Beskrivning av verksamheten

3.1 Allmänt

Kapellskärs Hamn trafikeras av färjor från Viking Line (trafikerar Åland och Finland sommartid), SiljaLine (trafikerar Finland) och Tallink (trafikerar Estland) för både gods- och persontrafik samt av FinnLink (trafikerar Finland) för godstrafik. Det finns fyra stycken färjelägen, tre stora för djupgående färjor och ett litet för VikingLines Ålandsbåtar. Det lilla är planerat att renoveras för att ge tillgänglighet för fler stora färjor. Det anlöper mellan 6-9 färjor dagligen och hamnen tar emot ca 1,5 miljoner passagerare och 2,3 miljoner ton gods, varav 4 % farligt gods, varje år. Under högsäsong är ungefär 100 personer anställda vid hamnen och av dessa jobbar 20 inom Roslagshamn AB och resterande hos tullen eller rederierna, (www.stockholmshamn.se).

3.2 Riskperspektiv på verksamheten

Bränder i denna typ av anläggning är relativt ovanliga på grund av den ringa inredningen, vilket medför små möjligheter till brandutveckling. Historiskt sett har Kapellskärs Hamn varit förskonade från större incidenter. De största scenariona har varit läckage av farligt gods på hamnplanen, *se Appendix A*, samt några småbränder i askkoppar och papperskorgar i och utanför terminalbyggnaden. Den största risken med att det har varit så få incidenter är att en falsk trygghet infinner sig och brandsäkerheten eftersätts. Detta är något som uppmärksammas och kommer tas upp senare i denna rapport.

4. Skydd mot brandspridning

4.1 Inom brandcell

4.1.1 Krav enligt BBR

Enligt BBR 5:51 skall material i byggnadsdelar och fast inredning ha sådana egenskaper eller ingå i byggnadsdelarna på ett sådant sätt att de vid brand inte ger upphov till antändning eller snabb brandspridning. Vilket material som väljs styrs av den byggnadsklass byggnaden tillhör, där varje klass har olika brandskyddskrav. Färjeterminalen i Kapellskär tillhör byggnadsklass Br 1, där de hårdaste kraven på ytskikt gäller. Detta då terminalen räknas som en samlingslokal.

4.1.2 Ytskikt i utrymningsvägar

Tak- och väggytor i utrymningsvägar är utförda så att de uppfyller kraven i BBR. Vilket innebär ytskikt i lägst klass I, fäst på obrännbart underlag eller tändskyddande beklädnad. Även golvytorna motsvarar ställda krav.

4.1.3 Ytskikt i övriga utrymmen

Väggytor i samlingslokaler är utförda med ytskikt i lägst klass I, fäst på obrännbart underlag eller tändskyddande beklädnad.

4.2 Mellan brandceller

Enligt BBR 5:232 avses med brandcell en avgränsad del av en byggnad inom vilken en brand under en föreskriven minsta tid kan utvecklas utan att sprida sig till andra delar av byggnaden. För att hindra brandspridning av denna typ används bland annat automatiska dörrstängare och brandspjäll i luftbehandlingssystemet. Det är dock möjligt att en eventuell brandspridning mellan brandceller skulle kunna ske just via ventilationen. Detta om stora tryck byggs upp i brandrummet och brandgaserna trycks bakvägen genom tilluften.

4.3 Luftbehandlingssystemets funktion vid brand

Då rapporten fokuserar på de publika delarna vid avgångshallarna på plan 3, som utgör en egen brandcell om man bortser från trapphusen, så är det stora volymer som det handlar om. Efter att ha studerat ritningarna och sedan diskuterat problemet, görs en kvalitativ bedömning att den stora risken för brandgasspridning inte finns i ventilationen utan via de öppna volymerna. I de scenarion som behandlas har därför ingen hänsyn tagits till ventilationen.

Däremot har ventilationen behandlats i ett scenario med spill av farligt gods på hamnplanen utanför terminalen. Där ligger intresset i att undersöka om ogynnsamma förhållanden kan uppkomma inne i byggnaden som en följd av luftomväxlingarna, ventilationen.

4.4 Mellan byggnader

Om avståndet till närmsta byggnad överstiger 8 meter är risken för brandspridning mellan byggnader liten enligt BBR 5:72. Då avståndet till närmsta byggnad är betydligt längre än föreskrivna 8 meter föreligger inte någon risk för brandspridning av detta slag.

5. Brandtekniska installationer

5.1 Släckutrustning

Lokalerna är väl utrustade med inomhusbrandposter och handbrandsläckare så att avståndet till släckutrustningen inte överstiger 25 meter. De publika lokalerna är försedda med inomhusbrandposter. Dessa kompletteras framförallt i kontorsdelarna och i restaurangen med handbrandsläckare. I kontorsdelarna är det utplacerat skumsläckare och i restaurangen kolsyresläckare. Släckutrustningen förefaller vara utplacerad på strategiskt lämpliga platser.

5.2 Punktskydd

Under objektsbesöket upptäcktes och diskuterades avsaknaden av ett punktskydd över fritösen. Då restaurangen, *se bild 5.1*, och avgångshallen ligger inom samma brandcell ansågs det viktigt att undvika brand där. Genom att montera upp ett punktskydd med lämpligt släckmedel över fritösen skulle problemet kunna lösas.



Bild 5.1 Restaurang

5.3 Fast släckutrustning

Byggnaden saknar fast släcksystem.

5.4 Brandgasventilation av trapphus

Trapphus B och C är försett med brandgasventilation i form av brandgasfläkt som ger ca 20 luftomsättningar per timme i trapphusen. Fläktarna är placerade i taket i varje trapphus. Dessa klarar en temperatur av ca 350°C under 30 minuter. Brandgasfläktarna kan startas med en tryckknapp i markplan. Trapphus A har försetts med öppningsbara och lätt åtkomliga fönster för brandgasventilation. För trapphusens respektive placering se *figur 2.1*.

5.5 Brandgasventilation av hisschakt/hissmaskinrum

Hiss i trapphus

Hisschakt utan hissmaskinrum och med maskineri och styrsåp mm placerat i hisschaktet är försett med automatisk brandgasventilering. Brandgasfläkten klarar ca 350°C under minst 30 minuter och har flödet 0,15 m³/s. Elkablage är utfört så att en brand i hisschaktet inte kan slå ut strömförsörjningen till fläkten under 30 minuter.

Fritt placerad hiss

Hisschakt som betjänar olika brandceller är försett med brandgasventilation i form av fläkt som tål 350°C under 60 minuter. Kapaciteten hos fläkten är 20 luftomsättningar per timme av hisschaktet. Elkablage är utfört så att en brand i någon av brandcellerna som vetter mot hisschaktet inte kan slå ut strömförsörjningen till fläkten under 60 minuter.

I dessa båda fall startas fläktarna automatiskt vid detektion från rökdetektor i toppen av hisschaktet eller i dess närhet.

6. Larmsystem

6.1 Allmänt

Färjeterminalen i Kapellskärs Hamn är utrustad med två stycken brandförsvarstablåer och rökdetektorer kopplade till ett automatiskt brandlarm. Brandlarmet är i dagsläget inte direktkopplat till räddningstjänsten. Men enligt räddningstjänsten i Norrtälje ska en automatisk överföring av brandlarmet träda i kraft inom en snar framtid. Centralapparaten är belägen i ett av teknikrummen på plan 1. Detta rum utgör en egen brandcell.

Brandförsvarstablåerna är utplacerade i varsin ända av byggnaden. I den södra delen är tablån lättillgänglig och ämnad för räddningstjänsten då den är placerad strax intill entrén. Tablån i den norra delen används i första hand av hamnpersonalen som där snabbt kan orientera ett eventuellt tillbud. Byggnaden är även utrustad med ett utrymningslarm som aktiveras vid brandlarm samt manuellt via larmtryckknappar.

6.2 Brandlarm

Dessa ytor övervakas av brandlarmet:

Plan 1: Datahall 128, korridor 129 samt vindfång 166B.

Plan 2: Data 212, data 292, ankomsthall 207/208, korridor 203, bagagevisit 241, korridor 213, korridor 210, sovrum 235-238, korridor 275, övernattning 279-280 samt vänthall 286.

Plan 3: Avgångshall 303 och 352B, korridor 305, paus/passpolis 305 samt i restaurangdelen.

Generellt: Matargångar, utrymmen för ankomst och avgångstrappor samt toppen av trapphusen förses med brandlarm.

I lokalerna ovan är brandlarmet utfört i omfattning och utförande enligt SBF 110:6. Dock har undantag gjorts för detektoromfattningen då mindre ytor som toaletter försumrats. Larmtryckknappar förefaller vara utplacerade på strategiskt lämpliga platser med hänsyn till verksamheten.

Vid brandlarm ska följande funktioner träda i kraft:

- Utrymningslarm aktiveras på brandutsatt plan eller i hela byggnaden.
- Samtliga magnetuppställda dörrar stängs.
- Ventilationen i berörda delar stängs av.
- Brand- och brandgasspjäll i berörda delar stängs av.

6.3 Utrymningslarm

Utrymningslarmet är anordnat i form av talat meddelande i de publika delarna och med ringklocka i personaldelarna, utförd av typ tallriksklocka. Det talade larmet föregås av en akustisk signal med ca tio sekunders varaktighet. På grund av att det vistas utländska resenärerna i färjeterminalen utropas meddelandet på fyra olika språk, svenska, finska, estniska respektive engelska. Detta meddelande upprepas gång på gång och pågår ända tills att utrymningslarmet återställs via centralutrustningen. Dessa uppgifter kan inte styrkas då ingen funktionstest av utrymningslarmet utfördes under objektsbesöket. Utrymningslarmet är utfört enligt SBF: s skrift *Utrymningslarm, 1998*.

7. Utrymning

7.1 Allmänt

En utrymningssituation innebär att personer skall uppfatta att det brinner, förstå att det brinner och omformulera detta till ett beslut att utrymma samt kunna ta sig ut ur byggnaden. Detta ställer krav på utformningen av byggnaden så att utrymningen underlättas. Personer uppfattar saker olika i olika miljöer och där man inte känner sig hemma kan man ha svårt att uppfatta en brandsituation. Personliga egenskaper är naturligtvis också en viktig faktor så som tidigare erfarenheter, utbildning, funktionshinder och grad av vakenhet, vid hantering av en brandsituation. Det finns dock en del faktorer som är aktuella för att underlätta ett sådant tillfälle, såväl tekniska installationer som lokalens utformning och verksamhet. Dit kan räknas (Frantzich, H, 2001):

- Brandlarm för att tidigt upptäcka branden.
- Utrymningslarm för att underlätta förståelse av situationen.
- Belysning och utrymningsskyltar för att visa vägen ut.
- Dörrar som är lätt identifierbara och lätta att öppna.
- Logisk placering av utrymningsvägar.
- Goda siktförhållanden i lokalen för att lätt få en överblick.
- Närvaro av utbildad personal som kan hjälpa till vid utrymningen.

Kraven enligt BBR 5:31 är att byggnaden skall utformas så att tillfredställande utrymning kan ske vid brand.

7.2 Utrymningsförloppet

Den beräknade utrymningstiden kan delas upp i tre faser, som sinsemellan kräver olika lång tid.

- Varseblivning.
- Beslut och reaktion.
- Förflyttning.

Detta anses idag tillfredställande beskriva utrymningsförloppet (Frantzich, H, 2001). Summan av dessa tider, varseblivning, beslut+reaktion och förflyttning skall för den berörda situationen vara mindre än tid till kritiska förhållanden inträffar. Detta beskrivs normalt med:

$$t_{\text{krit, förh}} > t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{beslut+reaktion}} + t_{\text{förflyttning}}$$

Av dessa är $t_{\text{varseblivning}}$ och $t_{\text{beslut+reaktion}}$ svårast att identifiera, eftersom dessa är så beroende av personens förmåga att uppfatta branden och därigenom ett hot. $t_{\text{varseblivning}}$ har antagits vara tiden till att utrymningslarmet ljuder. Det tar enligt simuleringar i CFAST ca 2.5 minuter för brandförloppet i försäljningsdiskar att utveckla sådan effekt att fönsterglas mot vänthallen spricker och brandgaser strömmar ut, därigenom aktiveras rökdetektorerna. Som jämförelse har simuleringar gjorts med detektorer placerade i försäljningsdiskarna genom dataprogrammet Detact T2. Detta ger en varseblivningstid på under 30 sekunder. Däremot är $t_{\text{förflyttning}}$ enklare att uppskatta utifrån gånghastigheter hos olika individer. Värderna för olika kategorier finns i simuleringsprogrammet SIMULEX.

7.3 Kritiska förhållanden

Kritiska förhållanden är efter den tidpunkt då personsäkerhet ej längre kan garanteras vid utrymning, kriterium för detta enligt BBR 5:361:

- **Temperatur.** Temperatur över 80 C° för personer får inte inträffa under utrymningen.
- **Strålning.** Maximal strålningsintensitet får kortvarigt inte överstiga 10 kW/m², alternativt en maximal strålningsintensitet på 2.5 kW/m² under en längre tidsperiod (ca 10 min)
- **Brandgaslagrets höjd.** Den lägsta höjden på brandgaslagret får inte understiga 1,6+0, 1*H meter över golvet. Där H är takhöjden.
- **Sikt.** Minsta siktsträcka får inte understiga 10 m i utrymningsväg, kortare sträcka, 5 m, kan accepteras i brandrummet.
- **Toxicitet.** Toxicitet kan vara för höga halter av giftiga gaser, likväl som låga halter av syre. Halter som kan tolereras av de inblandade gaserna vid utrymning:
CO < 2000 ppm
CO₂ < 5 %
O₂ > 15 %

7.4 Maximalt personantal

Antalet personer som befinner sig i vänthallen på Kapellskär Hamns färjeterminal varierar kraftigt efter tidpunkt, veckodag och säsong. Personfördelningen varierar också då passagerare till tredjeland efter att de passerat passkontroll är begränsade till detta utrymme. Andra passagerare kan finnas i övriga delar av vänthallen. Persontätheten vid den simulering som har utförts är otroligt stor. Ett så kallat "worst case scenario" har använts och denna persontäthet kommer troligtvis aldrig att inträffa, trots att det är möjligt, men det är just för detta scenario som det finns störst risk för att en otilfredsställande utrymning kan inträffa och det är detta som är dimensionerande. För vidare information om de antaganden som ligger till grund för simuleringarna se *Appendix B*.

7.5 Utrymningsvägar

Grundkravet är att det ska finnas minst två av varandra oberoende utrymningsvägar från lokaler där personer vistas mer än tillfälligt. Med oberoende menas att en nödutgång skall kunna blockeras utan att det påverkar de övriga. Från vänthallen finns det 5 nödutgångar, se *figur 2.1*, :

1. Genom huvudentrén direkt ut i det fria. Detta är den primära utrymningsvägen och det är mer naturligt för utrymnande personer att ta den väg som de känner bäst.
2. Via trapphus i vänthall ut i det fria.
3. Från vänthall 3:e land och vänthall, via skyways och ut till det fria.
4. Trapphus mellan tull/polis och försäljningsdiskarna
5. Trapphus i försäljningsdiskarna

7.5.1 Dörrar

Enligt BBR 5:342 ska dörrar i eller till utrymningsvägar vara öppningsbara i utrymningsriktning och vara lätt identifierbara som utgångar. Dörrarna bör lätt kunna öppnas genom ett trycke som trycks nedåt eller utåt. Dörrar där ett flertal människor, fler än 10, kan väntas behöva utrymma och samtliga inte har tillgång till nyckel får inte vara låsta. Den högsta kraften som behövs för att öppna bör inte överstiga 130 N. I färjeterminalen i Kapellskärs finns automatiska skjutdörrar som ställer sig i öppet läge vid aktivering av brandlarm. Dörrar till utrymningsväg genom skyways och trapphus uppfyller kraven enligt BBR 5:342.

7.5.2 Trapphus

Trapphus Tr1 ska vara utförda enligt detaljkrav BBR 5:314, men detta kan ej styrkas. Trapphus i färjeterminalen är utformade som egna brandceller och utrustade med brandgasventilation.

Enligt 6.4 *Brandgasventilation av trapphus*.

7.6 Gångavstånd till utrymningsväg

Gångavstånd till utrymningsväg inom brandcell bör normalt inte överstiga 30 m enligt BBR 5:332. Detta uppfylls i Kapellskär.

7.7 Passagemått i utrymningsväg

En utrymningsväg bör enligt BBR 5:341 vara minst 1,2 m bred och 2,1 m hög i en brandcell för mer än 150 personer. På detta mått får dörrbladet endast inkräkta maximalt 50 mm. Den totala bredden av samtliga utrymningsvägar bör vara minst 1,0 m per 150 personer. Om en av utgångarna blockeras bör de övriga ha sådan bredd att de motsvarar 1,0 m per 300 personer. Dessa krav uppfylls.

7.8 Teknisk utrustning för utrymning

Byggnaden är utrustad med talat utrymningslarm som aktiveras automatiskt när en detektor detekterar en brand. Det talade meddelandet är inspelat på 4 språk och meddelar personerna att de snarast skall lämna byggnaden. För att underlätta utrymningen är byggnaden utrustad med nödbelysning, bestående av strålkastare som markerar utgångarna. Vid händelse av strömavbrott finns reservaggregat som aktiveras automatiskt och försörjer byggnaden.

7.9 Räddningstjänstens medverkan vid utrymning

Enligt räddningstjänsten torde utrymningen redan vara avklarad innan de anländer, räddningstjänstens insatstid beräknas vara 30 min. Utrymningen måste vara dimensionerad utifrån att räddningstjänsten inte kommer att medverka.

7.10 Resultat av utrymningssimulering

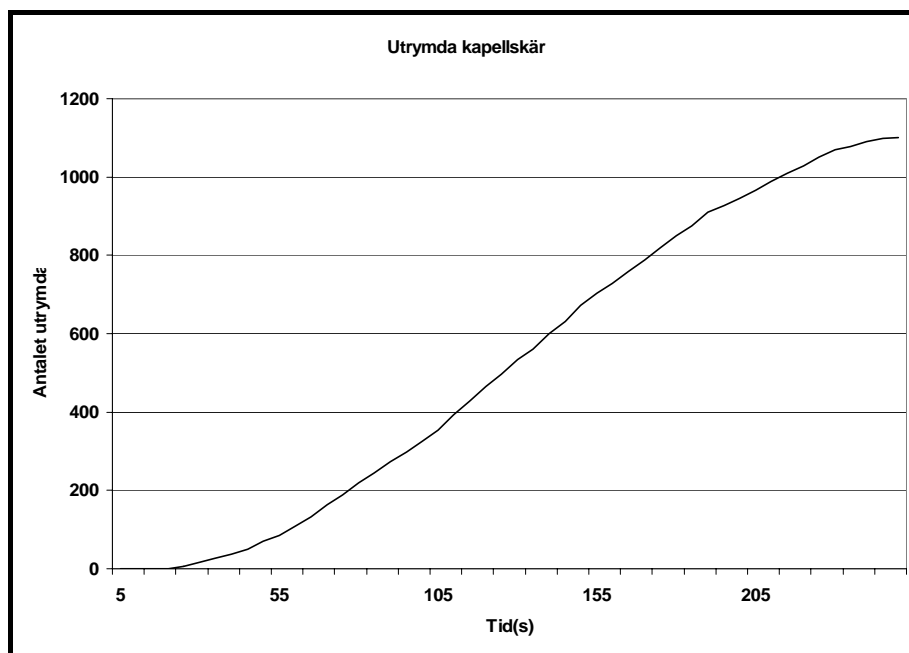
Vänthallen på tredje våning är öppen förutom byggnaden i mitten, se *figur 2.1*, vilket ger goda möjligheter att överblicka situationen. Om en brand skulle starta i restaurangen, skulle detta kunna observeras av en stor del av de personer som befinner sig på tredje plan, i stort sett samtidigt som branden detekteras. Ett scenario där det börjar med en brand i försäljningsdiskarna är svårare att detektera, då det inte finns några detektorer i rummen med biljettluckor. Detta kräver att en brand måste sprida sig vidare antingen via biljettluckorna till kontoren, eller ut i vänthallen. Efter det att glasrutorna spruckit kommer branden snabbt att

detekteras men, vid det laget har branden utvecklats till en relativt stor effekt och kommer att spärra huvudentrén för en stor del av passagerarna.

Vid denna simulering har de utplacerade antagits tillhöra ”shoppers”, varar 5 % antas vara handikappade och 10 % antas vara pensionärer. Beslut- och reaktionstider är satt till slumpmässigt fördelade 10 s, förutom för dem som befinner sig bakom kontorsdelen, dessa har 20 s. Detta kan ses som lite, men eftersom det är en öppen lokal och personerna antas ha god sikt, kommer en brand förmodligen att upptäckas av många innan den detekteras och upptäckten kommer att spridas fort i lokalen. Simuleringar visar att beslut- och reaktionstiden inte inverkar så mycket på utrymningstiden. Vid simuleringen antas att huvudentrén blir otillgänglig eftersom branden blockerar denna väg. Detta skapar en stor propp vid trapphuset och det har visat att det värsta scenariot är vid brand i försäljningsdiskarna som begränsar utrymning genom huvudentrén.

Utifrån nämnda faktorer har i denna rapport ett antal utrymningsförlopp kunnat beskrivas genom simulering, med hjälp av dataprogrammet *SIMULEX*. För beskrivning av tillvägagångssätt vid användning, redovisning av valda scenarier samt resultat se *Appendix B*.

Simuleringen visar att samtliga hunnit utrymma vänthallen efter 4 min exklusive varseblivning. Antalet utrymda som funktion av tid redovisas i figur 7.1.



Figur 7.1 Utrymning som funktion av tiden.

8. Räddningstjänstens insatsmöjligheter

8.1 Insatstid

Insatstiden består av anspänningstid, körtid och angreppstid. Räddningstjänsten i Norrtälje räknar med att anspänningstiden och körtiden uppgår till ca 20-25 minuter. Därtill kommer angreppstiden som beroende på komplexitet tros ligga på från 2-10 minuter. Ingen av dessa tider är verifierade med beräkningar, utan är de tider som har angivits av räddningstjänsten. Den långa körtiden innebär att vid ett eventuellt tillbud så ska terminalen vara utrymd vid räddningstjänstens ankomst. Detta medför att en första insats av personalen för att släcka eller begränsa en brand i ett tidigt skede kan bli mycket viktigt. Även vid en utrymningssituation ligger ett stort ansvar på personalen då det krävs en väl samordnad organisation för att kunna genomföra en snabb och smidig utrymning. Mot bakgrund av detta anses det viktigt att man i Kapellskärs Hamn bedriver ett organisatoriskt brandskyddsarbete som en funktion i ett kontinuerligt systematiskt brandskyddsarbete.

8.2 Inträngningsvägar

Enligt räddningstjänsten finns det inga planerade angreppsvägar. Brandens utseende och placering kommer att vara avgörande för vilken angreppsväg som väljs.

8.3 Brandvattenförsörjning

Räddningstjänsten räknar med att angöra motorsprutor till öppet vattentag för att på så sätt tillgodose vattenförsörjningen. Man har även möjlighet att angöra tankbilarna till öppet vattentag. På detta vis kommer vattenförsörjningen inte att vara några problem.

8.4 Risker för räddningstjänsten

Räddningstjänsten i Norrtälje ser inga risker för sin egen del i samband med en eventuell insats vid färjeterminalen i Kapellskärs Hamn.

9. Brandscenarion

9.1 Val av brandscenario

Följande frågeställningar har beaktats vid val av tänkbara brandscenarion

- Vilken brandbelastning finns i de olika lokalerna?
- Var i lokalen är större mängder brännbart material placerat?
- Kommer brandscenariot att förvärra utrymningssituationen?
- Finns det någon trolig brandorsak?
- Hur påverkas brandscenariot av det befintliga brandskyddet?
- Eventuellt yttre hot mot byggnaden?

De brandscenarion som visat sig intressanta, vid beaktande av ovan nämnda frågeställningar, har analyserats vidare. Inledningsvis har ett antal scenarion valts ut och beskrivits kvalitativt. För dessa har förslag givits i syfte att förebygga och förhindra ett sådant scenario från att inträffa. Utav dessa väljs sedan tre scenarion ut för att beskrivas kvantitativt. De valda scenariona beskrivs nedan.

9.2 Kvalitativ bedömning av tänkbara brandscenarion

9.2.1 Brand i fritös

Brand i fritös är en av de vanligaste anledningarna till att brand uppkommer i restaurangkök (Svenska Brandskyddsföreningen 2004). Detta kan ske genom att fritösen är dåligt rengjord, man har fyllt på med för lite frityrolja eller att termostaten i fritösen har gått sönder. Frityrbränder har ofta ett otrevligt förlopp med mycket skvättande och mycket rök. Detta gör att branden kan bli svår att släcka om man inte har en tidig släckinsats eller en dåligt utbildad personal. Fritösen i detta fall borde ha ett punktskydd för en tidig släckinsats, något som saknades, personalutbildning är också något som saknas. Detta gör att effekterna av en brand i fritösen kommer att undersökas, se *figur 2.1*.

9.2.2 Brand i trapphusets sopstationer

I trapphuset i terminalens mitt, se *figur 2.1*, har två stycken sopstationer placerats ut. Detta trapphus fungerar som utrymningsväg vilket gör att stationerna bör flyttas på grund av att inget löst brännbart material ska finnas i utrymningsvägar. En brand i en av sopstationerna skulle inte påverka utrymnings säkerheten från de publika delarna nämnvärt, varför detta scenario inte att undersökas närmare.



Bild 9.1 Sopstation i trapphus

Råd: Att ett soprum byggs utanför terminalen och att dessa flyttas ut dit.

9.2.3 Brand i soffa

I personalrummet innanför restaurangköket på plan 3, se *figur 2.1*, har en soffa placerats ut. Detta rum som ska användas till omklädning och raster har även blivit ett röktrum. Om man är oförsiktig och inte släcker cigaretten ordentligt så finns risk att fimpen av t ex tvärdrag ramlar ner i soffan och antänder denna. En brand här skulle ge ungefär samma konsekvens för en utrymning som en brand i försäljningsdiskarna. Varför ingen vidare undersökning utförs.



Bild 9.2 Soffa i personalrum

Råd: Att man inför rökförbud här och hänvisar personalen att röka på lämpligare plats.

9.2.4 Brand i personalkök

I personalköket på plan 1, se *figur 2.3*, har inga detektorer satts upp. Detta gör att en brand kan tillväxa här och sedan sprida brandgaserna vidare till intilliggande personalrum, som också saknar detektorer, utan att detta uppmärksammas. Det rör sig inte så många personer i denna del av terminalen och lokalerna ligger i markplan. Eftersom denna rapport fokuserar på personsäkerheten kommer detta inte att behandlas vidare.



Bild 9.3 Personalkök

Råd: Att man sätter upp en detektor i köket och på så sätt kommer ifrån detta problem.

9.2.5 Brand i försäljningsdiskar

I försäljningsdiskarna på plan 3, se *figur 2.1*, finns inga detektorer uppsatta. Inredningen består av vanliga kontorsmöbler med tillhörande pärmar, papper mm. Det finns även gardiner av brandbenäget material uppsatta längst hela väggarna i närhet av datautrustning. Detta sammantaget gör att en brand här är sannolik och skulle i sådana fall kunna ge upphov till ett kraftigt brandförlopp. Försäljningsdiskarna ligger i avgångshallen och utgör en stor risk för personer som vistas där, varför scenariot kommer att undersökas närmare.

9.2.6 Brand i disponibla utrymmen

Under renoveringen har lokaler på plan 1, se *figur 2.3*, byggts till men dessa har lämnats som disponibla eftersom man vill ha möjlighet att expandera verksamheten. Denna lokal har blivit till en lagerlokal för gamla möbler och dylikt, något som den inte är avsedd till. En brand här skulle kunna bli kraftig på grund av den relativt stora mängden brännbart material som ansamlas. Detta skulle kunna skada stora delar av terminalen och dess verksamhet, vilket skulle leda till driftsstörningar på färjetrafiken. En brand i dessa lokaler skulle dock inte medföra några större personrisker varför detta scenario inte kommer att behandlas vidare.



Bild 9.3 Disponibla utrymmen

Råd: Att man begränsar möjligheten till att använda detta som lagerlokal och har kontinuerlig kontroll av densamma.

9.2.7 Farligt gods-olycka

De flesta av incidenterna som har inträffat i Kapellskärs Hamn har haft med utsläpp av farligt gods att göra, se *Appendix A*. Dessa har historiskt sett inte utgjort någon större fara för personer som vistats i området. Om däremot en något större incident skulle inträffa anses det intressant att undersöka hur detta, i samband med ventilationen i byggnaden skulle kunna bidra till ogynnsamma förhållanden inne i byggnaden, se *figur 10.2*. Detta är något som kommer att studeras närmare i rapporten.

10. Utvalda scenarion

10.1 Kvantitativ bedömning av utvalda scenarion

Mot bakgrund av resonemanget i kapitel 9 så har tre scenarion valts ut som mer ingående kommer att undersökas. Dessa är brand i fritös, brand i försäljningsdiskarna samt olycka med farligt gods.

10.2 Brand i fritös

10.2.1 Allmänt

Branden uppstår i fritösen efter att automatsäkringarna för värmekontrollen av oljan har utlösts men inte återställts. När värmekontrollen inte fungerar så blir lätt fritureoljan över 300°C och kan då självantända. Branden kommer att bli svårhanterlig eftersom fritureoljan kommer att koka samtidigt som den brinner och därigenom skvätta mycket.



Bild 10.1 Fritös i restaurangkök

10.2.2 Beräkningsunderlag

Fritösen är av modellen tvåkorgig med måtten 0,40 x 0,50 m och rymmer 20 liter olja. Då inga genomförda försök på fritureoljor har hittats, görs en ingenjörsmässig och konservativ uppskattning för att ta fram värden som godtagbart ska motsvara fritureoljans egenskaper. Fritureolja består av 70 % solrosolja, 15 % jordnötsolja och 15 % palmolja och har en densitet som enligt egna mätningar är 890 kg/m³. Energiinnehållet i oljan är 37 MJ/kg (www.zeta.se 2004-10-04). Av denna energi kan inte allt utnyttjas till förbränning, men för att ligga på den konservativa sidan så används detta värde. Massavbrinningen för olika typer av oljor går från 0,025 kg/m² s och upp till 0,055 kg/m² s (DiNenno, P. J, 1995). I dessa beräkningar kommer ett värde på massavbrinningen på 0,040 kg/m² s användas. Ett värde som troligen är något för högt eftersom energiinnehållet är något lägre än de oljor som värdena kommer ifrån. Men eftersom räkningen görs konservativt så är detta ett godtagbart värde. Branden kommer i detta fall inte utgöra någon risk vad gäller värme, utan det är brandgasproduktionen som är det intressanta. Detta gör att endast räkningar på den fria höjden och siktbarheten på plan 3 kommer att göras. Eftersom effektutvecklingen är relativt liten i jämförelse med den stora volymen i vänthallen så kommer endast handberäkningar att användas i detta fall. Beräkningsgången för fritösbranden avhandlas i *Appendix C1*.

10.2.3 Resultat

Branden i fritösen kommer som mest att utveckla 210 kW och branden kommer då att hålla på i max 37 min. Vid beräkningar kommer en tid av 30 minuter att användas för Räddningstjänstens insatstid.

Om det förutsätts att det kommer bli en tvåzonsskiktning så kommer tiden till kritiska förhållanden vid utrymning att bli 22 min. Skiktbarheten i detta fall kommer inte att förändras i gaslagret utan approximeras med att den kommer att vara konstant i hela rummet samtidigt. Kraven på siktbarhet kommer inte att uppfyllas i gaslagret utan det blir kravet på den fria höjden som blir dimensionerande. Om det förutsätts att det kommer bli väl omblandade brandgaser så kommer tiden till kritiska utrymningsförhållanden att bli 10 min. Det blir siktbarheten som blir dimensionerande i detta fall eftersom den fria höjden är noll. För att kontrollera dessa beräkningar har en känslighetsanalys utförts där en ökning av brandarean till det dubbla prövats. Den minskade brinntiden gör att brandgasmängden inte ökar och i detta scenario så är det brandgasmängden som är det intressanta med avseende på utrymningssituationen. Detta visar att förändrade förutsättningar inte påverkar scenariot nämnvärt.

10.2.4 Slutsats

Eftersom räddningstjänsten som bäst kan starta sin insats efter 30 min så kan det antas att branden i fritösen kommer att brinna ut. De båda fall av brandgasernas uppförande som har behandlats är ytterligheter och verkligheten ligger troligtvis någonstans mittemellan. Detta gör att tiden till kritiska förhållanden i detta fall sätts till 16 min, vilket är betydligt längre än den framräknade utrymningstiden på 6,5 min, se *Appendix B3*. Denna utrymningstid är framräknad för brand i försäljningsdiskarna, men utrymningen vid brand i fritösen ger en liknande utrymning och därför används samma resultat.

10.2.5 Förslag på åtgärder

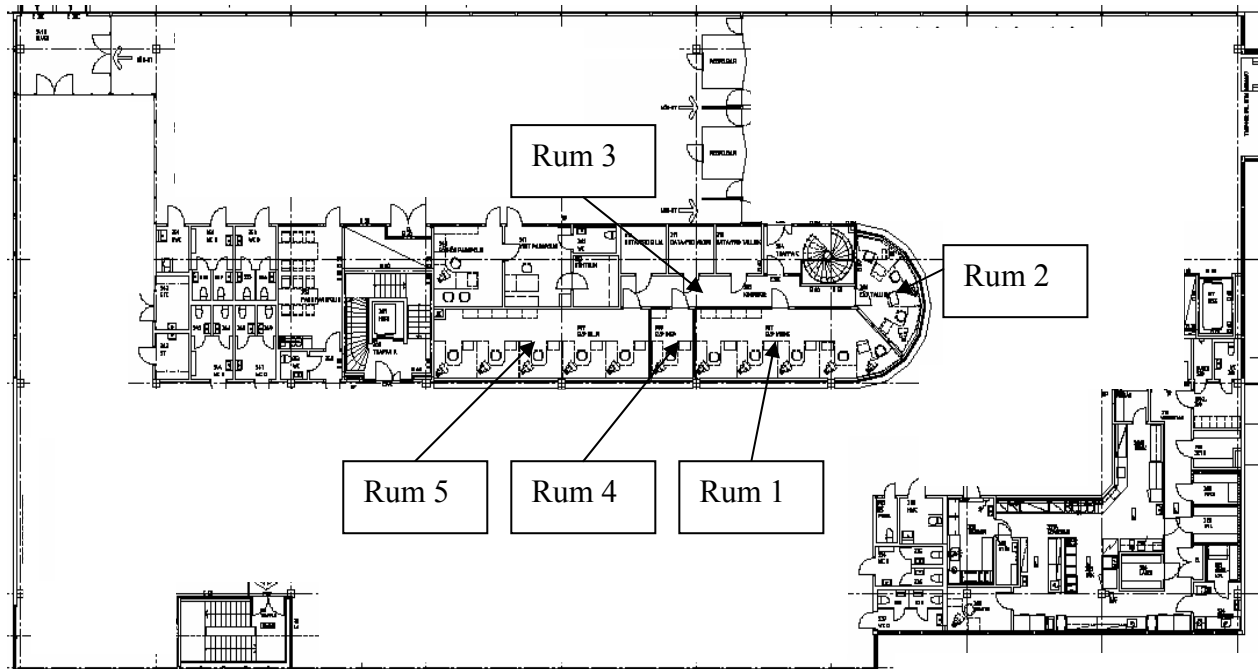
Räddningstjänstens insatstid är längre än något av de framräknade fallen vilket gör att det är ett eventuellt punktskydd eller ingripande från personalen som kan släcka denna typ av brand. Punktskyddet bör vara av typen Annsulex och skall installeras. Utöver detta så bör personalen i restaurangköket få utbildning i att släcka fritösbränder. Ett mål borde vara att all personal får en brandskyddsutbildning.

10.3 Brand i försäljningsdiskar

10.3.1 Allmänt

Mittpartiet av vänthallen är en kontorsdel, se *figur 10.1*, med biljettförsäljning genom glasluckor mot vänthallen. Rum 1 där branden börjar har 4 st kontorsplatser fördelade på rummets 34 m². Från detta rum kommer branden att sprida sig till rum 2 och 4 när temperaturen blivit så hög att fönsterglasen spruckit. Vid detta tillfälle kommer också brandgasspridningen att börja till vänthallen. Rum 2 är 35 m² och har 3 st kontorsplatser. Brandspridningen antas börja samtidigt som fönsterglasen spricker mot rum 1. När temperaturen i rum 2 blivit så stor att fönsterglasen spricker kommer brandgasspridningen ske mot vänthallen. Rum 3 är en korridor och innehåller inga brännbara material. Den har dock förbindelse med samtliga rum och kommer därför att bidra med brandgasspridning. Rum 4 är 8 m² och har en kontorsplats. Brandspridningen kommer att påbörjas i samma stund som

fönsterglasen går sönder i rum 1. När temperaturen är tillräckligt hög kommer brandspridning att fortsätta till rum 5 och brandgasspridningen kommer att ske till vänthallen. Rum 5 är 40 m² och har 5 st kontorsplatser. När temperaturen är tillräckligt hög kommer brandgasspridningen att fortsätta till vänthallen.



Figur 10.1 Översikt rumsindelning vid brand i försäljningsdiskar.

10.3.2 Brandgaslagrets höjd

Brandgaslagrets höjd redovisas för varje enskilt rum. Detta ska kunna jämföras med verklig brandgasspridning i lokalen, eftersom de fiktiva rummen har stora öppningar mot intilliggande rum och i verkligheten finns inga riktiga avgränsningar mellan sektionerna. Balkar i taket på byggnaden har en spalt på ovansidan och ett flertal hål där brandgaser kan strömma. Diagrammet visar att tillströmning av brandgaser till vänthallen påbörjas när fönsterglasen till rum 1 har spruckit efter drygt 2 minuter. Brandgaslagret sjunker sedan förhållandevis snabbt i brandrummet på grund av den snabba tillväxten och den höga effektutvecklingen. Efter ca 8 min når brandgaserna utanför brandrummet mot restaurangen ned till den kritiska höjden 2 m, vid denna tidpunkt anses utrymningen enligt simuleringen vara avklarad.

10.3.3 Resultat

För att få fram en effektkurva och ett maximalt värde på effekten så har en handberäkning på scenariot genomförts. För branden har en tillväxtkurva av αt^2 -modell som är "fast" använts. Detta beror på att rummen innehöll förutom möblerna många gardiner som inte tillför något nämnvärt till effekten, men som ökar brandspridningen väsentligt. Genom en approximation av innehållet i rummen så har en maximal effekt på 9 MW erhållits.

Den maximala effekten uppnås efter 7 minuter och branden har brunnit ut efter 44 minuter, se Appendix C2.1.

Det antas att brandtillväxten kommer att vara kontinuerlig eftersom kontorsdelarna ligger bredvid varandra och glasrutorna kommer att spricka innan maximal effektutveckling har nåtts för varje rum. Detta ligger till grund för den simulering som gjorts i dataprogrammet *CFAST*. För redovisning av resultat, beskrivning av programmet och de antaganden som gjorts, se *Appendix C2.2*.

10.3.4 Slutsats

Utrymningen påbörjas när fönsterglasen till brandrum 1 har spruckit och brandgaser strömmat ut, därigenom aktiveras brandlarmet. Det är rimligt att anta att det finns personal i biljettkurerna som skulle upptäcka en brand. Det är också rimligt att anta att en brand skulle uppmärksammas av personer på utsidan av biljettkurerna innan den utvecklats så pass att fönsterglasen spricker. Men eftersom det inte finns några detektorer i kontorsavdelningen där biljettkurerna befinner sig, är det också rimligt att anta att ingen detektion sker förrän branden uppmärksammas på utsidan. Dels av de brandgaser brandlarmet som går ut genom de spruckna fönsterglasen och dels av det automatiska brandlarm som aktiveras av brandgaserna när dessa når taket på vänthallen. Detta gör att vid påbörjan av utrymningen har det gått nästan 2,5 minuter och branden har nått en effektutveckling på ca 1 MW. Vid denna tidpunkt har brandgaser redan börjat fylla lokalen och förmodligen kommer till en viss del irrationellt beteende förekomma till följd av den stress som närheten av brandgaser framkallar, framförallt hos de individer som befinner sig i vänthall utland. Den stora volymen på lokalen gör att brandgaserna når kritisk gräns efter ca 8 minuter då borde utrymningen enligt simulering vara avklarad, men det finns en viss osäkerhet i simuleringar med *CFAST* då det gäller så stora lokaler, en viss inblandning av brandgaser i det nedre lagret lär vara trolig.

10.3.5 Förslag på åtgärder

Enligt de simuleringar som gjorts har lokalerna kunnat utrymmas innan kritiska förhållanden inträffat. Men det finns vissa osäkerheter i dessa beräkningar. Det är också osäkert är vilka skador som kan uppkomma vid en utrymning under sådana förhållanden att en brand med sådan effektutveckling befinner sig mitt i lokalen. Ett enkelt sätt att detektera branden tidigare är att placera rökdetektorer i alla kontorslokaler. På så vis minskas varseblivningstiden och utrymningen kan börja tidigare. Av en tidigare påbörjad utrymning finns mycket att vinna, framför allt en smidigare utrymning med personer som är medvetna om faran men ännu inte befinner sig i direkt hot.

10.4 Farligt gods-olycka

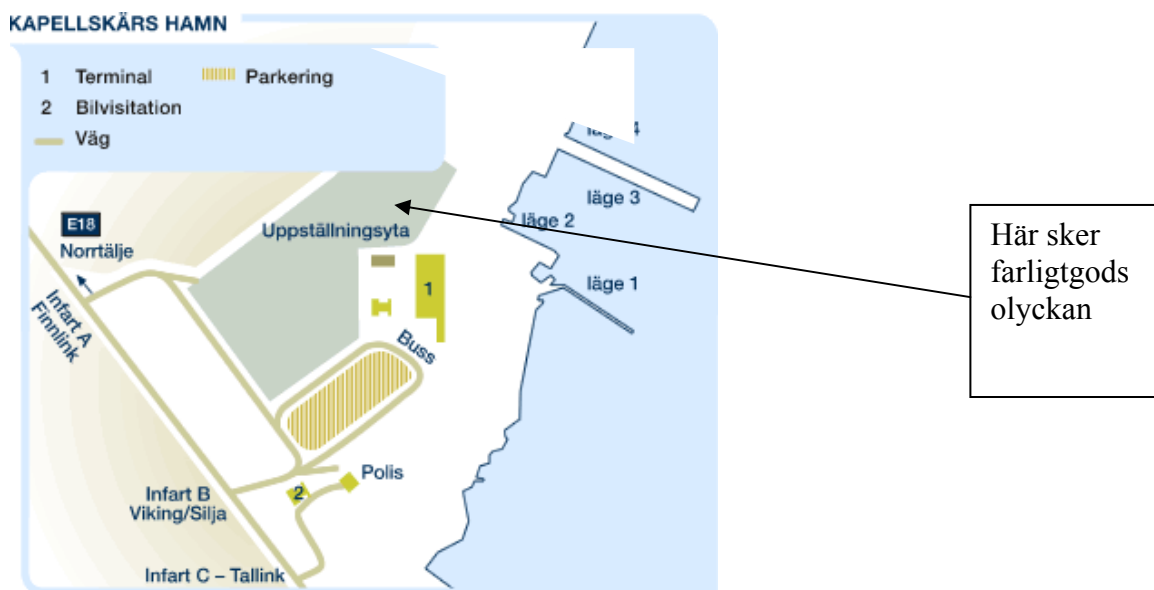
10.4.1 Allmänt

Mot bakgrund av att en stor mängd farligt gods passerar intill färjeterminalen samt att det finns dokumenterade incidenter med spill av farligt gods i Kapellskärs Hamn anses det intressant att se över ett sådant scenario. Ett annat delsyfte med valet av scenario är att titta på hur personer i de publika delarna påverkas vid ett utsläpp av ett farligt ämne som via ventilationen tillförs byggnaden. Färjeterminalens respektive plan utgör egna brandceller. Inom dessa finns dock mindre utrymmen och trapphus vilka utförs som egna brandceller. En mer detaljerad beskrivning av brandcellsindelning hittas under rubriken *2.1 Generell Brandcellsindelning*. I färjeterminalen stängs ventilationssystemet av då brandlarmet utlöses och brandspjäll slås till i de mindre brandcellerna. På så sätt undviks brand/brandgasspridning genom ventilationen. Genom en kvalitativ bedömning av ventilationssystemets uppbyggnad och de stora volymer som finns i de publika delarna på plan 3 anses den största

personsäkerhetsrisken med brandgasspridning inte vara genom ventilationssystemet utan genom de öppna ytorna. Detta resonemang har följts i de simulerade brandscenariona. Däremot är luftbehandlingssystemets funktion och kapacitet av stor betydelse i detta scenario.

Konsekvenserna av ett spill med farligt ämne beaktas d v s hur stora koncentrationer som uppnås efter en viss tid samt innebörden av dessa beträffande personsäkerheten i byggnaden. Beräkningarna har utförts med avseende på utsläpp av ammoniak från en lastbil. Två olika sorters utsläpp behandlas. Dels ett rörbrott som ger en stor källstyrka samt ett läckage i en packning vilket ger en något lägre källstyrka. Båda scenariona är troliga då det passerar en mängd farligt gods av klass 2, gasformiga ämnen, varje år i hamnen enligt information som mottagits från Roslagshamn AB. Då ammoniak tillhör denna klass utförs beräkningarna med avseende på detta ämne. Specifika uppgifter om att just ammoniak skulle passera i Kapellskärs Hamn kan dock inte styrkas.

För att få reda på koncentrationen ammoniak i byggnaden måste antalet luftväxlingar per timme beräknas. Detta görs genom användning av schablonvärdet 7 l/s, vilket är det minsta tilluftsflöde för varje person som samtidigt kan förväntas vistas i en samlingslokal, enligt BBR 6:232. Avgångshallarna på plan 3 är dimensionerade för max 1500 personer, vilket ger flödet 37800 m³/h. Volymen på det aktuella planet är enligt tidigare 7905 m³, flödet dividerat med volymen ger antalet luftväxlingar per timme till 4,8.



Figur 10.2 Översikt hamnområde.

Utsläppet samt spridningen av gasmolnet har beräknats med hjälp av programmet BfK som är utvecklat av Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI, för Räddningsverket. Programmet är mycket användarvänligt och lämnar ett lättöverskådligt utdata i form av figurer och diagram.

Ammoniakutsläppen beräknas i fyra olika fall, för ett givet avstånd ifrån byggnaden, där vindstyrkan och storleken av källstyrkan varieras. Ventilationsintaget antas sitta på en höjd av 12 meter.

10.4.2 Gränsvärden för ammoniak

Förnimbarhet	5 ppm
Nivå gränsvärde (NGV)	25 ppm
Uttalad lukt	50 ppm
Immediate dangerous to life and health (IDLH)	300 ppm

Information hämtad ifrån Räddningstjänstens Informationsbank, RIB.

10.4.3 Resultat

I fallet med packningsläckage och en vindstyrka på 10 m/s uppstår inga större koncentrationer i byggnaden. Efter 30 minuters exponering är koncentrationen strax över 30 ppm. Om vindstyrkan uppgår till 5 m/s ansamlas en större koncentration av ammoniak i byggnaden, strax över 70 ppm. Efter 15 minuter har man redan överstigit 50 ppm vilket är det tillåtna gränsvärdet för ammoniak.

Då läckaget sker i form av ett rörbrott och vindstyrkan uppgår till 10 m/s fås en ammoniakkoncentration av 900 ppm efter 30 minuter. Redan efter 5 minuter uppgår inomhuskoncentrationen till nästan 400 ppm. Noterbart är att i detta scenario är risken för lindriga skador för personer som befinner sig inne i byggnaden överhängande. Avtar vindstyrkan till 5 m/s inträffar det allvarligaste scenariet som studerats i dessa beräkningar. Redan efter 4 minuter så uppgår koncentrationen till 500 ppm inne i färjeterminalen. Den maximala koncentrationen är strax under 2000 ppm och uppnås efter ca 40 minuter. De höga ammoniakkoncentrationerna som erhålls i detta scenario leder till en stor del svåra skador som i vissa fall kan vara dödliga.

För utförligt resultat se *Appendix C4*.

10.4.4 Slutsats

Då Lagen om skydd mot olyckor infördes medförde detta en rad förändringar. Bland annat får ordet "olycka" ett vidare begrepp. Idag räcker det inte med att endast göra en riskinventering av de olyckor som kan uppstå i händelse av brand. Utan man måste tänka vidare än så. Beräkningarna påvisar att en olycka till följd av utsläpp av farligt ämne mycket väl kan vara det värsta troliga scenario som kan drabba Kapellskärs Hamn. Denna bedömning görs utifrån personsäkerheten i byggnaden. Då höga koncentrationer av ammoniak uppträder i byggnaden efter en kort tid krävs att personalen handlar snabbt. Förutsättningen för detta är att ett väl fungerande organisatoriskt brandskyddsarbete bedrivs på plats. Personalen inne i terminalen bör samordnas med hamnpersonalen som sannolikt upptäcker olyckan först. En funktion bör även upprättas så att ventilationssystemet i hela byggnaden kan slås av i ett tidigt skede efter det att olyckan inträffat. För att leva upp till det som nya lagen säger gällande skydd mot olyckor bör konsekvenserna vid en olycka av det här slaget beaktas och studeras vidare. Detta gäller såväl Räddningstjänsten i Norrtälje som verksamhetsutövarna vid Kapellskärs Hamn. Då osäkerheter med såväl val av farligt ämne som faktiska omständigheter kring indata och ventilation är stora, anses att en grundligare undersökning bör genomföras för ett sådant scenario.

11. Känslighetsanalys

En känslighetsanalys är en kontroll av huruvida ändrade förutsättningar för valda scenarion och utrymning skulle ge ett mer kritiskt resultat.

11.1 Känslighetsanalys Kapellskärs Hamn.

11.1.1 Brand i fritös

För att se hur en högre brandeffekt skulle påverka scenariot ökades brandarean till det dubbla, vilket medför att även brandeffekten fördubblas. Resultatet av detta blir att brinntiden förkortas och därigenom blir mängden producerade brandgaser mindre än i ursprungsscenario. Eftersom det är brandgasproduktionen som är det intressanta i detta scenario visade det sig att en ökad effekt till följd av en ökad brandarea inte ger ett värre scenario, se *Appendix C1.1*.

11.1.2 Brand i försäljningsdiskar

I detta scenario undersöks huruvida tillväxthastigheten skulle påverka brandförloppet och detektionstiden. Tillväxthastigheten för brandens effektkurva sattes till fast respektive medium. Resultatet av detta blir att vid en mediumtillväxt uppnås maxeffekten efter nästan dubbelt så lång tid som vid en fasttillväxt, se *Appendix C2*.

11.1.3 Farligt gods-olycka

Vid farligt gods-olyckan undersöktes hur olika typer av läckage och förändrad vindhastighet påverkar scenariot. De typer av läckage som undersökts är ett rörbrott och en läckande packning vid vindhastigheterna 5 respektive 10 m/s. Undersökningen visar att vindstyrkan har stor betydelse för resultatet. När vindhastigheten ökar medför detta att exponeringstiden över byggnaden minskar samtidigt som luftinblandningen i gasmolnet blir högre. Detta visar att scenariot med rörbrott och en vindhastighet på 5 m/s är det mest kritiska av de undersökta scenariona, se *Appendix C3*.

11.1.4 Utrymningen

För att kontrollera utrymningstiderna har scenariot i försäljningsdiskarna används. Effekten av att flytta initialbranden från rum 1 till rum 5 har undersökts, se *figur 10.1*. Detta medför att utrymning genom trapphus A försvåras samt att fler utrymmer genom huvudingången istället. Simuleringarna av dessa två scenarion visar att ändrade förutsättningar inte ger några märkbara differenser i utrymningstid, se *Appendix B3*.

12. Systematiskt brandskyddsarbete

Systematiskt brandskyddsarbete, SBA, rekommenderas av Statens räddningsverk för att uppfylla kraven som ställs i den nya lagen, Lag om skydd mot olyckor (2003:778). Ett systematiskt brandskyddsarbete innebär att det ska finnas en tydlig förutbestämd ansvarsfördelning mellan ägare och verksamhetsutövare. Införandet av lagen skydd mot olyckor medför även att ansvaret för brandskyddet allt mer läggs över på den enskilde. Det ska finnas en organisation, på plats, som ska besitta kunskap om de risker och det brandskydd som finns i byggnaden. De ska även se till att underhålla sitt eget brandskydd och ha kontroll över hur riskbilden förändras.

12.1. Vad säger Lagen om skydd mot olyckor

I den nya Lagen om skydd mot olyckor 2 kap 2 § (2003:778) framgår att alla ägare och verksamhetsutövare av byggnader och anläggningar skall vidta de åtgärder som behövs för att förebygga brand och för att hindra och begränsa skadorna till följd av brand. Dessa åtgärder kan vara av teknisk karaktär så som anskaffande av utrustning för brandsläckning, eller organisatoriska åtgärder så som utbildning och information.

För att uppfylla de krav som Lagen om skydd mot olyckor ställer, bör ett systematiskt brandskyddsarbete, SBA, bedrivas under byggnadens eller anläggningens hela användningstid. För att hjälpa ägaren och/eller verksamhetsutövaren att bedriva ett systematiskt brandskyddsarbete har Statens räddningsverk givit ut allmänna råd (SRVFS 2004:3) vars funktion är att förtydliga innebörden av den nya lagen och att ge generella rekommendationer om deras tillämpning.

12.2. Räddningsverket tolkar Lagen om skydd mot olyckor

I det råd som Statens räddningsverk har gett ut anser de att, för att uppfylla kraven i Lagen om skydd mot olyckor, bör ett systematiskt brandskyddsarbete bedrivas. De allmänna råden har en annan juridisk status än föreskrifter och är som nämnts ovan, ett sätt att förtydliga innebörden av den nya lagen.

Svar på hur väl brandskyddet verkligen fungerar ges inte genom enstaka kontroller av hur utförda brandskyddsåtgärder fungerar. För att uppnå ett bra brandskydd bör ett systematiskt och kontinuerligt brandskyddsarbete bedrivas, med utgångspunkt från de brandrisker som finns. På så vis underhålls och utvecklas kunskaperna om brandskyddet inom verksamheten. Det systematiska brandskyddsarbetet bör bedrivas med avseende på såväl förebyggande åtgärder som på de åtgärder som planeras i händelse av inträffad brand. För varje byggnad eller anläggning bör det finnas en dokumentation av brandskyddet som beskriver byggnaden och dess brandskyddslösningar, verksamheten som bedrivs och den organisation som finns för brandskyddet samt de förändringar som sker. För att lättare förankra det framtida brandskyddsarbetet inom verksamheten bör dokumentationen utföras/sammanställas av personer inom den egna verksamheten. Dock kan extern hjälp behöva anlitas vid särskilda behov. Det är viktigt att poängtera att det inte räcker med att upprätta en dokumentation för att upprätthålla och förbättra brandskyddet.

12.3. Varför SBA bör bedrivas i Kapellskärs Hamn

Enligt Statens räddningsverks allmänna råd mot bakgrund av bestämmelserna i 2 kap 2 § Lagen skydd mot olyckor (2003:778) bör Kapellskärs Hamn bedriva ett systematiskt brandskyddsarbete. Efter objektsbesök och ett antal samtal med ansvariga vid Roslagshamnar AB har klara brister upptäckts vad gäller det organisatoriska brandskyddsarbetet. Bland annat har utbildningen av personalen ansetts bristfällig. Det saknas struktur för hur personalen skall agera i samband med en eventuell utrymning av färjeterminalen. Det är tydligt att man i Kapellskärs Hamn inte upprättat någon plan för personalens agerande i syfte att hjälpa till och visa människor ut för på så sätt åstadkomma en så snabb och smidig utrymning som möjligt. Vid objektsbesöket framkom även att personalens kunskap i att hantera handbrandsläckare är bristfällig. Endast ett fåtal av de anställda får utbildning i att sköta en handbrandsläckare för att kunna släcka en brand i ett tidigt skede.

I Kapellskär nyttjas färjeterminalen av flera olika verksamhetsutövare. Det är tull, polis, rederier samt hamnpersonal. Efter samtal med ansvariga vid Roslagshamnar AB kan konstateras att inget uttalat samarbete finns dem emellan, vad gäller brandskyddsarbetet. För att det totala brandskyddet i byggnaden ska kunna upprätthållas krävs samordning. Därför är det viktigt att en övergripande organisation för brandskyddsarbetet bildas som inkluderar alla verksamhetsutövare kopplade till färjeterminalen. Vidare finns planer på att Kapellskärs Hamns färjeläger ska byggas ut. Detta medför att trafiken av passagerare i framtiden kommer att öka. Samtidigt ökar då också kraven på att ett samordnat organisatoriskt brandskyddsarbete bedrivs på ett tillfredställande sätt.

En annan aspekt som understryker vikten av att ha ett fungerande organisatoriskt brandskyddsarbete i Kapellskärs Hamn är räddningstjänstens långa insattid på ca 30 minuter. Det innebär att det är upp till personalen och dess kompetens att sköta en första insats i händelse av exempelvis en brand med utrymning som följd.

Vid objektsbesöket studerades även det befintliga brandskyddet. Besöket gjordes endast ett par månader efter att färjeterminalen återinvigts till följd av en ombyggnation. Den generella bild som gavs var att det var rent och snyggt i lokalerna. I de publika delarna, vilka främst behandlas i detta arbete, återfinns endast en mycket liten mängd brännbart material. Överlag ansågs det befintliga brandskyddet vara väl fungerande. Endast några få nedslag gjordes vid besöket. Exempelvis kan nämnas att brännbart material placerats i ett par utrymningsvägar och några brandcellsavskiljande dörrar var uppställda med hjälp av snören i syfte att vädra lokalerna. Här är det viktigt att personalen är informerad och medveten om byggnadens brandskydd och dess funktion. Detta för att upprätthålla ett fungerande brandskydd i hela byggnaden och att undvika att liknande felsteg begås.

Genom ytterligare samtal med ansvariga för Roslagshamn AB samt uppgifter från räddningstjänsten i Norrtälje gällande tillbudshistorik konstateras att man inte haft ett enda brandtillbud i färjeterminalen under de senaste tjugo åren. De tillbud som skett är ute på hamnplanen strax intill byggnaden. Det handlar då om utsläpp av farligt ämne och dessa återfinns i *Appendix A*.

Just det faktum att det inte inträffat några brandtillbud i färjeterminalen på tjugo år kan medföra att man underskattar de risker som faktiskt finns. Därför är det viktigt att vara noggrann med att se över sitt befintliga brandskydd kontinuerligt. Mot bakgrund av allt som nämnts anses det oerhört viktigt att ett systematiskt brandskyddsarbete snarast kommer igång i Kapellskärs Hamn.

12.4. Förslag till SBA i Kapellskärs Hamn

Räddningstjänsten i Norrtälje har på sin hemsida en utförlig vägledning angående systematiskt brandskyddsarbete. Denna är till för att informera och vägleda fastighetsägare och verksamhetsutövare när ett systematiskt brandskyddsarbete skall upprättas. För att i framtiden underlätta ett samarbete mellan kommunen och Roslagshamn i detta avseende, har vägledning från räddningstjänsten Norrtälje använts som underlag till detta förslag.

Policy

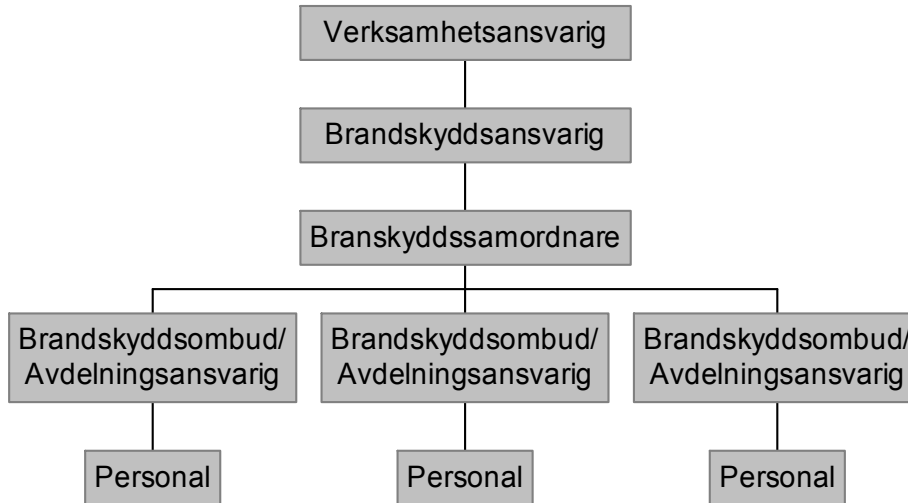
När arbetet med SBA påbörjas måste en tydlig brandskyddspolicy uttryckas. Det är väldigt viktigt att denna är väl förankrad hos samtliga anställda på alla avdelningar. För att uppnå ett framgångsrikt SBA krävs en vi-känsla där alla strävar mot samma mål. Brandskyddspolicyn kan formuleras:

Inom vår verksamhet skall Vi aktivt arbeta för ett brandskydd som skyddar liv, hälsa och egendom. Detta ska Vi uppnå genom att ha:

- Brandskyddsorganisation
- Brandskyddsregler
- Brandskyddsbeskrivning
- Drift- och underhållsinstruktioner
- Utrymningsstrategi
- Planer för brandskyddsutbildningar
- Kontrollsystem
- Uppföljningsrutiner

Brandskyddsorganisation

Då hamnen och färjeterminalen är en relativt stor arbetsplats krävs en tydlig brandskyddsorganisation. *Figur 12.1*, nedan visar ett förslag på hur denna kan vara uppbyggd.



Figur 12.1 Förslag till brandskyddsorganisation

Överst i organisationen står förslagsvis hamnchefen, som är ytterst ansvarig för verksamheten på platsen. Under honom bör en person med god kännedom om hamnen och byggnaden, utbildas och utses till brandskyddsansvarig. Denna person bör ha det övergripande ansvaret för, och samordna samtliga brandskyddsfrågor. Till detta hör även att följa upp rapporterade brister, kontrollera att regler mm följs upp på avdelningarna, samt tilldela resurser och vara en länk mellan avdelningsansvariga och verksamhetsansvarig. Detta är ett stort ansvar men bör och behöver inte vara en betungande uppgift. Om det skulle visa sig vara en för stor arbetsbörda löses det enkelt med att utse en brandskyddssamordnare, som får figurera som länk mellan avdelningarna och brandskyddsansvarig. Då det är många olika verksamhetsutövare i byggnaden såsom polis, rederier, restaurang, tull och hamnarbetare bör det utses brandskyddsombud på varje avdelning. Denna ansvarar tillsammans med övrig personal för brandskyddet på avdelningen enligt verksamhetens policy. Det viktigaste är att organisationen inte skall bli en börda. Den ska istället anpassas till rådande förhållanden och inte bli för stor.

Brandskyddsregler

Att upprätta brandskyddsregler är en viktig del av det systematiska brandskyddsarbetet. Enkla bestämmelser som samtliga anställda kan följa i sitt dagliga arbete, men också regler av mer teknisk natur, som kanske mer rör viss personal än andra. Några förslag på brandskyddsregler vars främsta syfte är att förhindra brand kan röra:

- Förändringar i verksamheten
- Information till nyanställda och vikarier
- Heta arbeten i lokalerna
- Rökning inomhus
- Teknisk apparatur
- Levande ljus
- Lampor och lysrör
- Kyl- och frysskåpsdörrar
- Elektrisk utrustning
- Brandfarliga gaser
- Tillbudsrapportering

Brandskyddsbeskrivning

Det byggnadstekniska och organisatoriska brandskyddet skall inventeras och dokumenteras. Vad gäller det byggnadstekniska brandskyddet görs detta lämpligen via att i ritningar tydligt markera utrymningsvägar, handbrandsläckare, inomhusbrandposter och branddörrar, gärna med symboler. I detta avsnitt är det även lämpligt med en riskinventering. Vart finns riskerna i Kapellskär och vad bör vi vidta för åtgärder för att förhindra eller minska konsekvenserna av en eventuell incident. I den organisatoriska biten dokumenteras hur personalen skall agera vid en utrymning/släckning, samlingsplats, rutiner för information till ny personal och utbildningsplaner. Denna brandskyddsbeskrivning kan tjäna som underlag för den skriftliga redogörelse för brandskydd som ägaren skall lämna till kommunen enligt 2 kap 3 § i Lagen i skydd mot olyckor.

Drift- och underhållsinstruktioner

För att kunna bibehålla ett gott brandskydd är det mycket viktigt att underhållet av de byggnadstekniska åtgärderna inte eftersätts. Därför skall checklistor med drift och underhållsinstruktioner upprättas för följande:

- Brandfilt
- Brandlarm, centralapparat
- Dörr i brandcellsgräns med dörrstängare
- Inomhusbrandpost
- Brandlarmsknapp
- Magnetuppställd dörr i brandcellsgräns
- Dörr i och till utrymningsväg
- Provningsjournal
- Checklista för brandskydd

Respektive produkts leverantör kan hjälpa till med provmetoder för funktionskontroller och instruktioner för underhållet. Samma sak gäller för provningsintervall. Det är sedan nödvändigt att dokumentera de fel och brister som påträffas samt när dessa åtgärdats.

Utrymningsstrategi

Ansvar vilar på personalen om utrymning av byggnaden blir aktuell. En tydlig utrymningsstrategi bör därför upprättas och sedan gås igenom med all personal. Personalen ska ha kännedom var utrymningsvägarna är placerade. De bör även utbildas till att kunna hjälpa till och visa människor ut vid utrymning. De anställda bör även ha en kännedom om brand- och utrymningslarmet i byggnaden, deras funktion och hur det låter när de aktiveras ska vara bekant. Andra funktioner som bör kännas till är vägledande markeringar och nödbelysning, vilka byggnaden är försedd med.

Plan för brandskyddsutbildningar

För att personer i organisationen ska klara av vissa arbetsuppgifter och för att höja medvetenheten om brandskyddet bör olika utbildningar genomföras. En del utbildningar bör även genomföras regelbundet. Det kan också vara bra att veta hur man agerar vid en eventuell brand, ska man försöka släcka eller utrymma? Och hur släcker man, t ex med hjälp av en handbrandsläckare, i så fall. Här följer några förslag på utbildningsområden:

- De anställda och eventuella vikarier bör omgående informeras om företagets brandskydd. Det görs i form av en genomgång av brandskyddspärmen.
- All personal bör genomgå en brandutbildning som bland annat inkluderar praktik med handbrandsläckare.
- Utbildning om systematiskt brandskyddsarbete. Detta bör innefatta de personer som har ett större ansvar inom företagets brandskyddsorganisation.
- Utbildning för utförande av ”heta arbeten”
- Utbildning av automatiskt brandlarm. Kännedom om larmet är viktigt för all personal. För personer med mer ansvar inom brandskyddsorganisationen är det även viktigt med kännedom om larmets funktion.
- En övergripande brandskyddsutbildning bör även ges till verksamhetsansvarig, brandskyddsansvarig och respektive avdelningsansvarig vid färjetterminalen.

Uppföljning

Den som har huvudansvaret för brandskyddet bör en gång per år se över dokumentationen. Varje del bör ses över för att bland annat säkerställa att underhållet följer kontrollplanen och om några uppgifter behöver uppdateras. Vidare bör en stor tanke läggas vid vilka fel och brister som har observerats och eventuella tillbud eller olyckor som har inträffat. Slutsatsen av detta kan resultera i olika åtgärder. Exempel på åtgärder kan vara mer utbildning, nya rutiner eller instruktioner eller olika tekniska lösningar. Slutligen bör brandskyddspolicyn tänkas över, om den ska stå fast eller ändras. Det kan också vara lämpligt att alla inblandade får vid något eller några tillfällen möjlighet att diskutera det systematiska brandskyddsarbetet. Detta är bra för att alla ska känna sig delaktiga i arbetet och det är även ett tillfälle att ta tillvara på bra idéer som de anställda kan sitta inne med.

Alla dokument som rör det systematiska brandskyddet samlas i en ’brandskyddspärm’. Denna pärm är viktig då den ligger till grund för det systematiska brandskyddsarbetet och är en källa till information för samtliga anställda vad gäller brandskyddet. Det är även denna pärm som räddningstjänsten kommer att granska när man gör sin tillsyn.

13. Diskussion

Efter beräkningar och diskussioner angående Kapellskärs Hamn så visar det sig att hamnens terminalbyggnad har ett relativt gott brandskydd. Genom den nyliga renoveringen har terminalbyggnaden ett mycket rent och snyggt utseende och därför inte heller några brandrisker på grund av tidens gång. Den sparsamma inredningen och de stora lokalerna gör att en brand har svårt att utvecklas och om den gör det så skulle den i många fall upptäckas i ett tidigt skede. Historiskt sett har det också visat sig att färjeterminalen har varit förskonad från större brandtillbud.

Ett problem med brandskyddet i Kapellskärs Hamn är den långa insatstid som räddningstjänsten har. Utöver detta finns ingen insatsplan upprättad över objektet. Detta gör att ett väl genomarbetat systematiskt brandskyddsarbete blir ännu viktigare, då man inte kan få någon extern hjälp inom 30 minuter.

Beräkningar och kvalitativa bedömningar har visat att det trots detta finns en del saker att förbättra. Den genomgående faktorn till förbättring har varit att ett bra uppbyggt systematiskt brandskyddsarbete skulle kunna minimera de flesta av de risker som idag finns i Kapellskärs Hamn. I dagsläget är hamnen måttligt trafikerad vilket gör att den persontäthet som använts i de beräknade utrymningsscenarioerna inte inträffar så ofta. Däremot finns det planer på att i framtiden utöka trafiken i hamnen. Detta skulle leda till att ett större antal personer vistas i terminalbyggnaden dagligen.

Av de studerade brandscenariona är det endast branden i försäljningsdiskarna som i värsta fall kan leda till någon risk för personskada i utrymningsskedet. Det visar sig att genom en tidig upptäckt med till exempel rökdetektorer skulle riskerna minska avsevärt från detta scenario. Vid fritösbranden är problemet det häftiga brandförloppet med mycket skvättande av het olja och rök. I detta fall är en tidig släckinsats, förslagsvis av ett punktskydd, tillsammans med utbildning av personalen det viktiga. När det gäller olyckan med farligt gods framkom att de stora mängder luft som växlas i byggnaden kan medföra att skadliga koncentrationer av farliga gaser kan uppkomma inne i byggnaden. Det anses därför nödvändigt med väl inarbetade rutiner som kan förhindra en sådan olycka eller hur man ska agera vid en sådan olycka. En enkel lösning är att tidigt stänga av ventilationen.

Utöver de scenarion som har beräknats så har ett antal mindre incidenter diskuterats och till dessa har givits råd på åtgärder som anses rimliga. Det visar sig att även dessa till stor del skulle kunna avhjälpas genom ett aktivt arbete med brandskyddet.

Att det systematiska brandskyddsarbetet snarast kommer igång är det som genomgående återkommer under arbetet med rapporten. Inte bara för att den nya lagen om skydd mot olyckor kräver det, men för att det är tydligt att brandskyddstänkandet är eftersatt. Det byggnadstekniska brandskyddet efter ombyggnaden är tillfredsställande och brandbelastningen i de publika delarna är liten. Men redan efter ett par månader slarvas det med de tekniska lösningarna. Vid besök på objektet kunde bland annat dörr med stängare i brandcellsgräns konstateras uppställd med hjälp av snöre. För att bibehålla funktionen av de byggnadstekniska åtgärderna är det viktigt att inte tumma på det befintliga brandskyddet. Med ett fungerande och bland personalen väl förankrat systematiskt brandskyddsarbete, som innefattar kontinuerliga egenkontroller, erhålls en jämnare och högre nivå på brandskyddet. Detta är också det primära vad gäller brandskyddet av färjeterminalen i Kapellskär idag.

14. Åtgärdsförslag

Efter en genomförd brandteknisk riskvärdering av färjeterminalen i Kapellskärs Hamn anses det byggnadstekniska brandskyddet vara väl fungerande med några få undantag.

- Ett punktskydd *skall* sättas upp ovanför fritösen i restaurangköket.
- Dörrkilar och dörrupphängare för branddörrar *skall* avlägsnas.
- Sopstationerna i trapphus B *bör* flyttas.
- Rökdetektorer *bör* sättas upp i försäljningsdiskarna.
- Rökdetektorer *bör* sättas upp i personalköket.

Det organisatoriska brandskyddsarbetet i Kapellskärs Hamn är undermåligt. Det systematiska brandskyddsarbetet som är reglerat av lagen och som skall finnas på varje arbetsplats från och med 1 januari 2004 har ännu inte påbörjats i Kapellskärs Hamn. Detta är något som måste åtgärdas.

- Ett systematiskt brandskyddsarbete *skall* påbörjas snarast.

15. Referenser

- BBR , *Boverkets byggregler*, BFS 1993:57 med ändringar tom BFS 2002:19, Boverket, Karlskrona, 2002.
- Beyler, C. L. *Fire Plumes and Ceiling Jets*, Fire Safety Journal. No 11, 1986. Page 53-75.
- Brandskyddshandboken. Rapport 3117, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2002.
- DiNunno, P. J. *SFPE Handbook of fire protection engineering 2nd Edition*, USA, 1995.
- Drysdale, D., *An introduction to Fire Dynamics. Second edition*, John Wiley & Sons, Chichester, 1998.
- Frantzych, H. *Tid för utrymning vid brand*. SRV Rapport P21-365/01, Räddningsverket, Karlstad, 2001.
- Frantzych, H. *Användarmanual till SIMULEX ver 1.1*, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 1997.
- Försvarsdepartementet, *Lagen (2003:778) om skydd mot olyckor*
- Hinkley, P. L. *Rates of 'Production' of Hot Gases in Roof Venting Experiments*, Fire Safety Journal. No 10, 1986. Page 57-65.
- Karlsson, B. Quintiere, J.G. *Enclosure Fire Dynamics*. USA, 2002.
- Rasbach, D. J. Pratt, B.T. *Estimation of the Smoke Produced in Fires*, Fire Safety Journal. No 2, 1979/80. Page 23-37.
- SBF, *Utrymningslarm*. Svenska Brandförsvarsföreningen, Stockholm, 1998.
- Statens räddningsverks allmänna råd och kommentarer om systematiskt brandskyddsarbete (SRVFS 2004:3)
- Svenska Brandskyddsföreningen. 2004. Restaurangköket är en av våra vanligaste brandplatser- nu finns ett effektivt skydd. *Brand & Räddning*, nr 3-4, s 36.
- Winterton, R. H. S. *Heat Transfer*, Great Britain, 1997.

Elektroniska källor:

<http://www.fire.nist.gov/fire/fires/fires2.html> (2004-10-05)
http://www.norrtälje.se/templates/Page_1899.asp (2004-09-20)
<http://www.raddningsverket.se> (2004-09-21)
<http://www.trainformation.se/Pub/valjatra/s6-10.pdf> (2004-12-01)
<http://www.zeta.nu> (2004-10-04)
<http://www.svbf.se> (2004-11-30)
<http://www.stockholmshamn.se> (2004-09-22)

Muntliga källor:

Arvedahl, Hans, insatsledare, Räddningstjänsten Norrtälje, *samtal*
Jensen, Lars, professor, Avdelningen för installationsteknik vid Lunds Tekniska Högskola, *samtal*
Linnsén, Henry, brandingenjör, Räddningstjänsten Norrtälje, *samtal*
Lundin, Johan, universitetsadjunkt, Avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola, *samtal*
Lundman, Peter, VA-tekniker, Roslagshamnar AB, *samtal*
Steen, Olof, hamnchef, Roslagshamnar AB, *samtal*

Appendix

Beräkningar i Appendix är baserade på och följer tidigare använda och väl verifierade formler, hämtade från välkänd kurslitteratur inom området.

A. Tillbudshistorik

Följande information är hämtad från räddningstjänsten i Norrtälje utifrån tillbud i Kapellskärs Hamn.

2004-09-07 17:44:00

Räddningstjänsten tar emot larm angående kemspill i hamnområdet i Kapellskär. Under framkörning nås man om beskedet att 1000 liter isobutyrsyra (UN2529), farlighetsnr. 38, hade läckt ut på parkeringsområdet i hamnen. Hela larmplanen för keminsats hade aktiverats, dvs styrkor från Farsta, Åkersberga, Täby samt Norrtälje. Senare under framkörning framkom uppgifter om att Roslagshamnars/Stockholms hamns entreprenör för att omhänderta farligt gods spill, Skadeservice AB redan var på plats. De hade larmat räddningstjänsten då ämnet är brandfarligt. Man hade spärrat av med 50 meter och utrymt området i väntan på räddningstjänsten.

En skadad tank hade läckt ut 700 liter av syran där merparten åkt ned i en dagvattenbrunn med oljeavskiljare. B101 lade ett skumtäck över den vätskepöl som fanns kvar på marken och avvaktade vidare åtgärder. Miljö & Hälsa, Sara Helmersson, kontaktas och man bedömer att ingen miljöpåverkan skulle ske på spillet i dagvattenbrunnen. Dock uppmättes därefter koncentrationen av brännbara gaser innan syran kunde pumpas upp.

I och med att inga brännbara gaser konstaterats i brunnen upphörde räddningstjänsten. Då Skadeservice AB erhöll alla resurser för att pumpa ur brunnen och omhänderta spillet kunde man återvända till stationen.

Högst anmärkningsvärt är de uppgifter som framkom under insatsen. Dvs att hamnpersonalen först larmade Skadeservice AB då olyckan skedde. Skadeservice AB åker därmed från Östhammar till Kapellskär för att konstatera läget på olycksplatsen. Allt detta innan räddningstjänsten underrättas/larmas. Detta medför en fördröjning av räddningstjänstens insatstid på 1 timme!

2004-07-19 21:32:33

Larm kommer in till räddningstjänsten angående läckage från en trailer. Man skickar 3 st. bilar till platsen. Ett fat innehållande hartslösning (UN1866) hade skadats vid lastning. 125 liter hade runnit ut. Den information räddningstjänsten fick fram angående ämnet var att det var brandfarligt, flampunkt under 23°C, och att spill bör tas om hand med sand eller jord. Räddningstjänsten säkrade mot brand, mätte därefter koncentrationen av brännbara gaser och konstaterade att det fanns brännbara gaser i låg koncentration. Med hjälp av hamnpersonalen lastade man av det skadade fatet och övriga kollin som var skadade av läckaget. Dessa placerades på en plastduk med sand. Vidare absorberades spillet på flaket med sand för att undanröja brandrisken. Därefter avslutades räddningstjänsten och man lämnar platsen.

2004-04-06 09:33:00

Sanering av biohydraulolja i hamnbassängen, Kapellskär. Ett dragfordon vars hydraulslang gått sönder stod och läckte. 70 liter olja hade runnit ut varvid 30 liter ned i vattnet.

Räddningstjänsten skickade en bil till platsen. Vid framkomst konstaterar man att länsar redan var utlagda så uppgiften blev att strö ut barkmull för att försöka suga upp oljan som runnit ut.

Efter detta samtalar man med Thord Jansson (hamnpersonal) som i sin tur hade kontaktat Skadeservice AB. Därmed kunde hamnpersonalen och skadeservice avsluta arbetet och räddningstjänsten lämna.

B. Utrymningsdel

B1. Personantal

Kapellskärs Hamn har som mest trafik och högsta passagerarantal under sommarmånaderna, Tidtabell för fartygsanlop i Kapellskärs Hamn redovisas i *tabell B.1*.

Perioden ca 1/6 – ca 30/8 (varierar med år) Högtrafik

Läge	Rederi	Ank	Avg	Veckodag	Anmärkning
	1 Tallink	18:00	20:00	Alla dagar	Vana Tallin
	1 Tallink	07:30	10:00	Tisdag	Regal Star
	1 Tallink	08:30	11:30	Onsdag	Regal Star
	1 Tallink	13:00	17:00	Torsdag	Regal Star
	1 Tallink	07:30	11:00	Lördag	Regal Star
	1 Tallink	12:30	17:00	Söndag	Regal Star
	2 Viking Line	08:30	09:00	Alla dagar	Ålandsfärjan
		14:30	15:00	Alla dagar	Ålandsfärjan
		20:15	20:30	Alla dagar	Ålandsfärjan
3+4	Finnlink	05:30	11:00	Alla dagar	Finneagle
3+4	Finnlink	15:30	22:00	Alla dagar	Finnfellow
3+4	Finnlink	23:00	01:00	Alla dagar	Finnsailor
	Avvikande tidtabell var 6:e helg				
3+4	Finnlink	05:30	11:00	Fredag	
3+4	Finnlink	15:30	23:00	Fredag	
3+4	Finnlink	23:00	11:00*	Fredag *Lördag	
3+4	Finnlink				
3+4	Finnlink	15:30	22:00	Lördag	
3+4	Finnlink	05:30	11:00*	Lördag *Söndag	
3+4	Finnlink	05:30	07:00	Söndag	
3+4	Finnlink	15:30	22:00	Söndag	
3+4	Finnlink	23:00	01:00*	Söndag *Måndag	

Perioden ca 1/9 – ca 1/5 (varierar med år)

Läge	Rederi	Ank	Avg	Veckodag	Anmärkning
	1 Tallink	Tider som ovan			
	2 Viking Line	09:30	12:00	Måndag-Torsdag	
	2 Viking Line	17:30	19:00	Måndag-Torsdag	
	2 Viking Line	08:30	09:00	Fredag-Söndag	
	2 Viking Line	14:30	15:00	Fredag-Söndag	
	2 Viking Line	20:15	20:30	Fredag-Söndag	
3+4	Finnlink	Tider som ovan			
3+4	Silja Line	06:30	08:00	Alla dagar	Silja Europa
3+4		01:30	08:00	Alla dagar	Reservtid
3+4		04:00	05:30	Alla dagar	
3+4		07:00	08:00	Alla dagar	

Tabell B.1 Tidtabell för fartygsanlop i Kapellskärs Hamn

Under högtrafiken tar fartygen passagerare enligt statistik från Kapellskärs Hamn:

- Vana Tallin: Max 1200 passagerare och 1000 längdmeter fordon, normalt 500-600 passagerare varav ca 80 % är bilburna, det vill säga ca 100-120 personer som passerar via terminalens vänthall.
- Regal Star: Max 1200 längdmeter fordon. Detta fartyg tar endast chaufförer som passagerare och därför passerar inga terminalens vänthall.
- Finnlink: 2500 längdmeter fordon. Endast bilburna passagerare, inga genom terminalens vänthall.
- Ålandsfärjan: max 900 passagerare varav ca 50 % är bilburna, här varierar antalet passagerare kraftigt, ca 500 genom terminalens vänthall.
- Silja Europa: Max 3000 passagerare och 1400 längdmeter fordon. Normalt ca 150 personer varav ca 20 % är bilburna.

Genom denna statistik har ett ”värsta scenario” simulerats med 1100 st personer och en personfördelning enligt:

- Restaurang och huvudentré: 100 st ”shoppers”, varav 12 st är pensionärer och 10 st är handikappade. Dessa har en responstid på 10 s, vilket räknas från och med att branden slår ur genom biljettluckan mot restaurangen. Detta kommer att kunna observeras av ett stort antal av dessa personer och därför kommer responstiden vara kort.
- Vänthall utland: 700 st ”shoppers”, varav 79 st är pensionärer och 19 st är handikappade. Dessa har responstid 10 s. Dessa kommer alla att kunna se branden som slår ut genom biljettluckan.
- Vänthall 3.e land: 300 st “shoppers”, varav 31 st är pensionärer och 21 st är handikappade. Dessa har en reaktionstid på 20 s, detta tack vare att de inte ser branden från sin hall. Kombinationen utrymningslarm och passagerare från de andra vänthallarna som de ser utrymma, ger dessa den förhållandevis korta reaktionstiden.

B2. Utrymningsvägar

- **Nödutgång 1, Huvudentré 1.** Utrymningsväg genom huvudentré består av en rak trappa 1,7 m bred och 25 m lång, i änden av trappan sitter skjutdörrar som öppnas med fotocell och ställer sig öppna vid larm. Utrymningsvägen visas i *bild B.1*.



Bild B.1 Nödutgång 1

- **Nödutgång 2, Trapphus A.** Från trapphuset på plan 3 går det fyra trappplan till plan 1 där utgång till det fria finns. Trapphuset är en egen brandcell och befinner sig i väntshall utland. Utrymningsvägen visas i *bild B.2*.



Bild B.2 Nödutgång 2

- **Nödutgång 3, Skyways 3.** Från änden på väntsal 3:e land sker utgång till fartygen genom skyways. Utrymningsvägen, se *Bild B.3*.



Bild B.3 Nödutgång 3

- **Nödutgång 4, Trapphus B.** Från trapphuset på plan 3 går det fyra trapplan till plan 1 där utgång till det fria finns. Trapphuset är en egen brandcell och befinner sig i avgångshallen.
- **Nödutgång 5, Trapphus C.** Från trapphuset på plan 3 går det fyra trapplan till plan 1 där utgång till det fria finns. Trapphuset är en egen brandcell och befinner sig i avgångshallen tredje land.

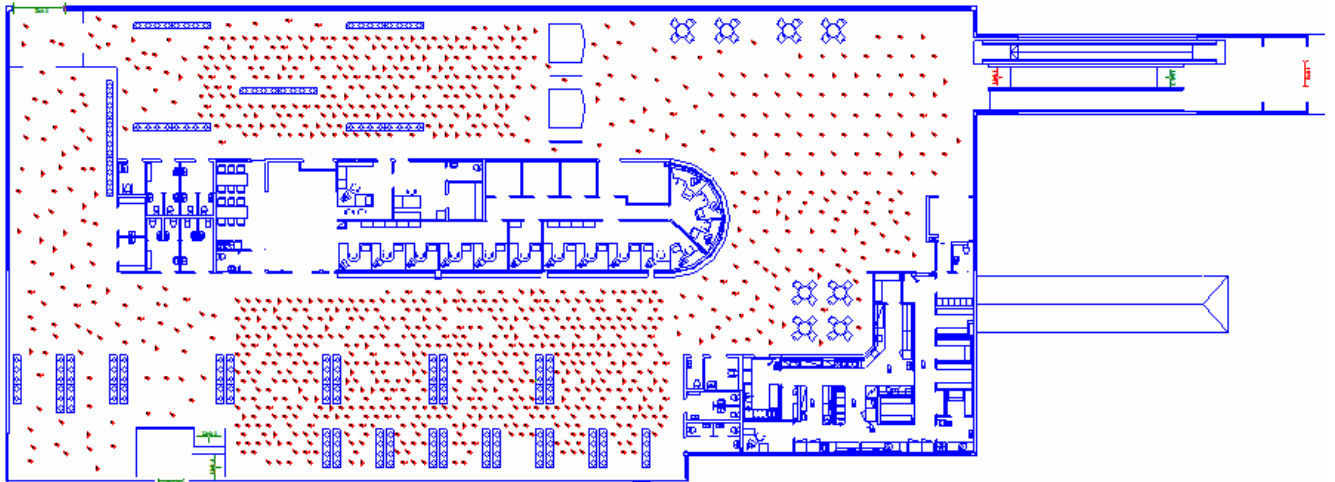
Nödutgångarna 1-3 får alla ses som lättillgängliga och välmarkerade, från skyways sker utrymning till markplan via trappor på utsidan. Vid simulering har tiden från skyways till markplan inte tagits med, eftersom skyways befinner sig utanför byggnaden och är mycket stora, dessutom sker ett stort luftutbyte med utomliggande luft eftersom dessa inte är helt täta. Skyways visas i *bild B.4*.



Bild B.4 Skyways

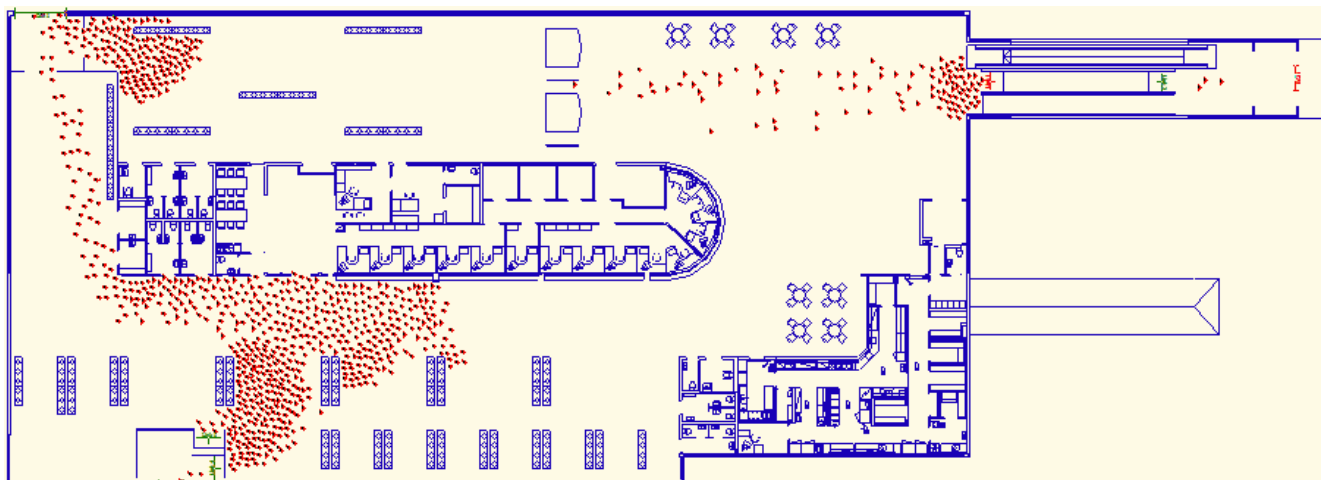
B3. Utrymningssimulering

På plan 3 finns det 5 st nödutgångar, av dessa har endast 3 st använts i simuleringen, detta då två av utgångarna är placerade i mittensektionen av byggnaden där i scenariot med brand i försäljningsdiskar börjar. Det är möjligt att utrymma via dessa nödutgångar som är egna brandceller, men, det anses inte som troligt om inte personal visar vägen. En fördelning av personer över en större del av lokalen är trolig men, det skulle enbart påskynda utrymningsförloppet. Inledningsskedet av utrymningen visas i *figur B.1*.

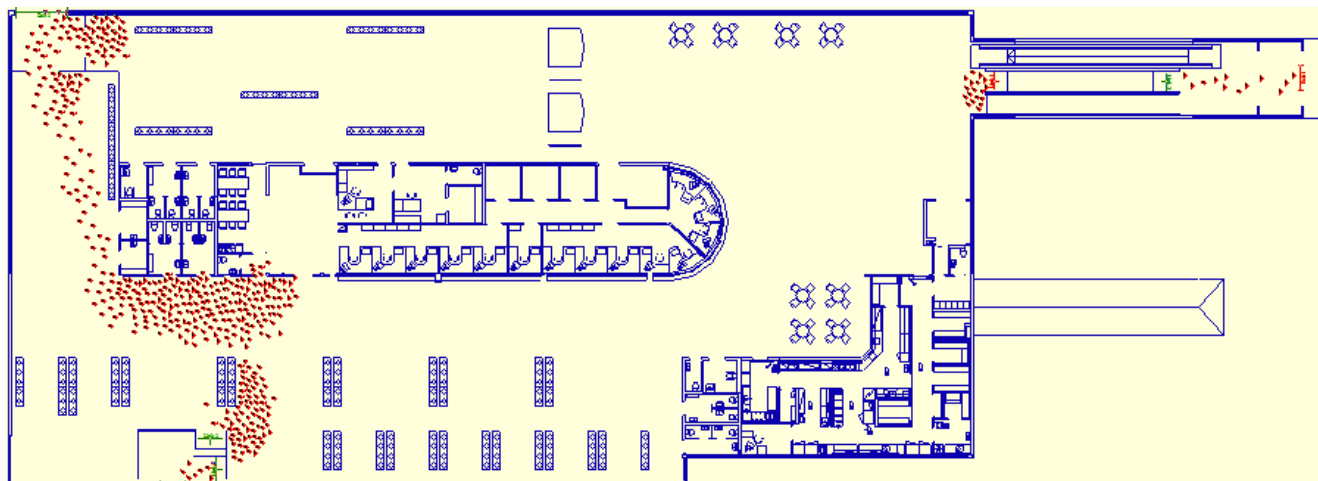


Figur B.1 Utrymningssituationen i inledningsskedet.

Branden blockerar utrymning via huvudentrén för de personer som befinner sig i vänthall utland, därför tar dessa utrymningsväg trapphus och skyways. De som stod närmast passkurerna tar sig tillbaka till huvudentrén eftersom detta ligger närmast till hands. Dörrar till passkurer öppnas manuellt av passpolis och bredvid passkurerna finns dörrar som öppnas vid larm. Utrymningssituation efter 1 minut visas i *figur B.2*.

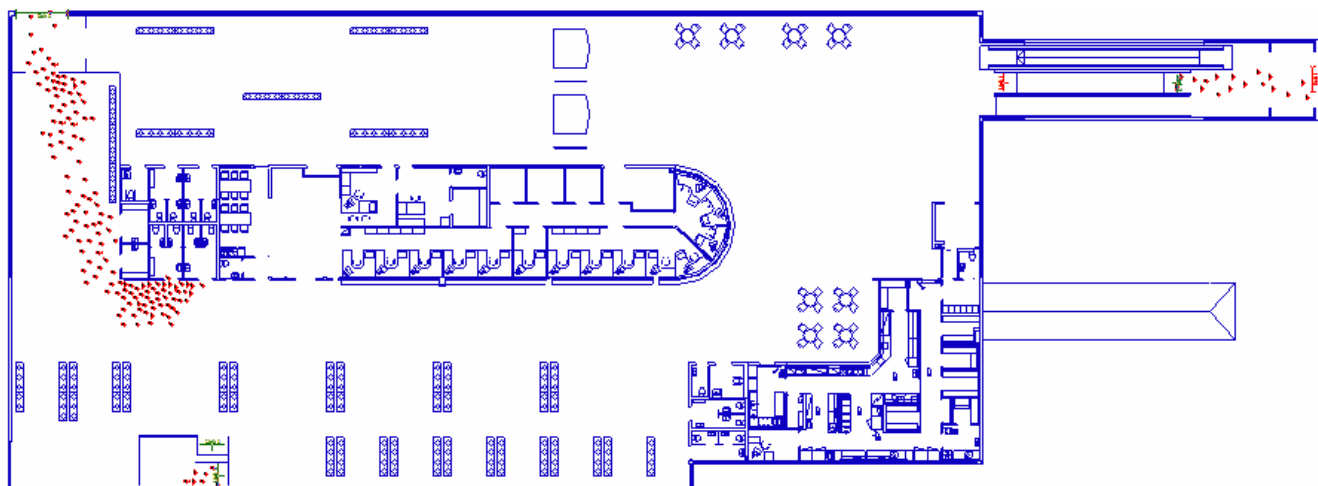


Figur B.2 Utrymningssituationen efter 1 minut.



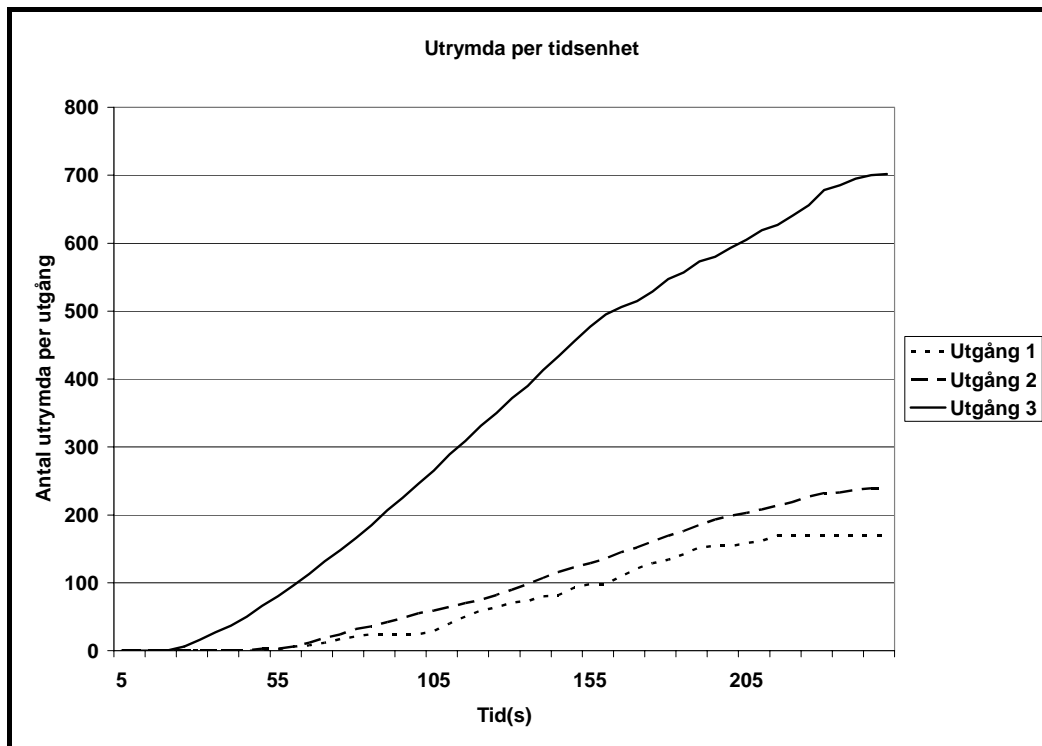
Figur B.3 Utrymningsituationen efter 2 minuter.

Mot slutet av simuleringen är det endast genom skyways som personer utrymmer, det är den del av lokalen som påverkas minst av branden. Utrymningsituation efter 3 minuter visas i *figur B.4*.



Figur B.4 Utrymningsituationen efter 3 minuter.

Vid simulering i *SIMULEX* för det utvalda brandscenariot kan följande resultat presenteras för varje utgång:



Figur B.5 Utrymning som funktion av tiden.

Samtliga 1100 personer är utrymda efter 4:07 min exklusive varseblivning.

B3.1 Utrymningssimulering känslighetsanalys

För att värdera giltigheten i rapportens antaganden har en känslighetsanalys utförts. I utrymningsscenariot på plan 3 har vissa förändringar utförts för att simulera brandförloppet med en annan startplats.

Utförande

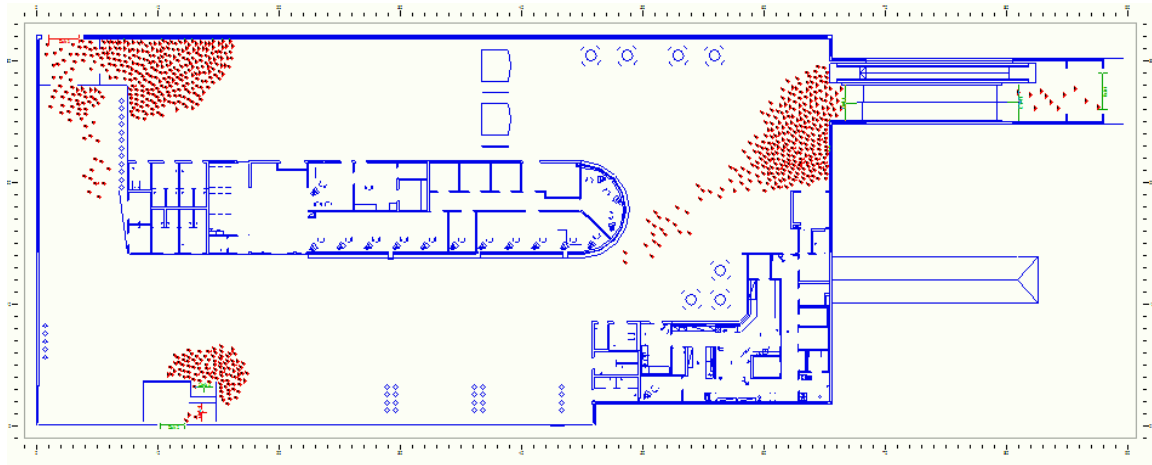
Det har antagits att branden startar i rum 5 istället för rum 1. Därigenom har utrymning via trapphuset försvårats, effektutvecklingen i brandscenariot är densamma.

Vid denna simulering har samma personantal (1100 st) som vid den ursprungliga simuleringen använts och övriga antaganden har varit liknande. Förutom på det att personerna övervägande kommer söka sig mot utgång 1 och 3.

Resultat

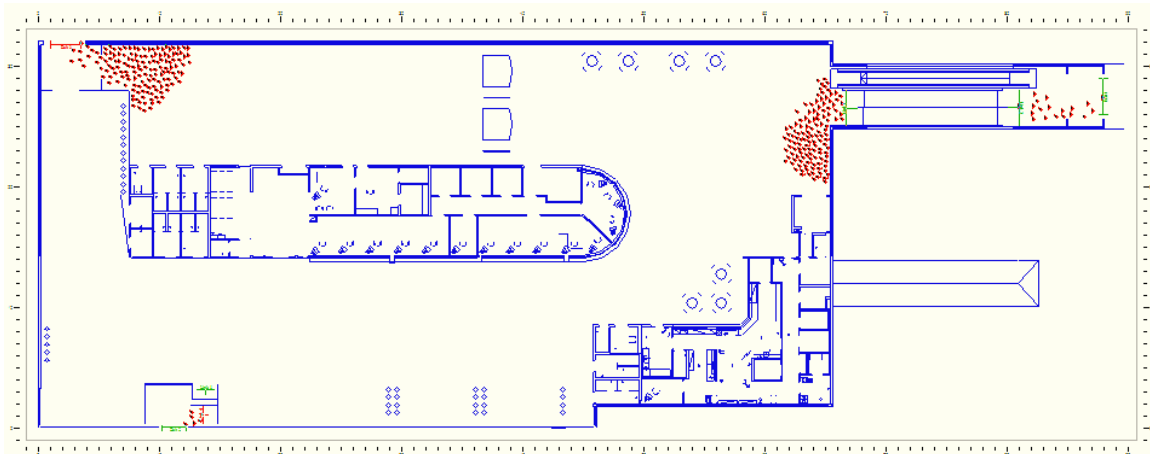
Eftersom brandgaser kommer strömma ut från mittpartiet av kontorsbyggnaden kommer personerna under utrymningen redan från inledningen söka sig från denna del av byggnaden. Det antas dock att de människor som befinner sig i trapphusets absoluta närhet kommer att

välja denna utrymningsväg, eftersom den är väl synlig, nära och det är behövt att passera brandgaserna för att nå huvudentrén.



Figur B.6 Utrymningsituationen efter 1 minut

Personerna kan förhållandevis snabbt förflytta sig från den omedelbara farozonen. Inom mindre än 2 minuter har samtliga förflyttat sig från den del av vänthallen som brandgaserna strömmar ut till.



Figur B.7 Utrymningsituationen efter 2 minuter

Samtliga är utrymda ur lokalen efter 3:39 min.

Slutsats

Det visar sig att personerna utrymmer snabbare med utrymningsväg 2 blockerad, än med utrymningsväg 1 blockerad. Detta är sannolikt eftersom huvudentrén är större och lättare att ta sig igenom. Värsta scenariot inträffar med huvudentrén blockerad.

B4. Detektion

Utrymningslarmet kommer att ljuda efter det att branden detekteras. Detta kommer tyvärr inte att ske förrän glasrutorna till vänthallen gått sönder och brandgasspridningen har börjat till vänthallen, detta sker efter ca 2 min. För att påvisa vikten av installation av detektorer i försäljningsdiskarna har simuleringar gjorts med dataprogrammet Detact T2.

Detact T2 används för att beräkna tiden tills en viss temperatur eller viss röktäthet har uppnåtts vid en detektor. Programmet förutsätter att detektorn är placerad under ett tak inom en relativt stor area. Detta medför att ingen hänsyn tas till varma stillastående brandgaser och endast värmeflödet under taket påverkar detektorn, detta medför inga problem i detta fall.

Som indata används takhöjd, omgivningstemperatur, RTI-värde för detektorn, maximalt avstånd mellan brand och detektor samt tillväxtfaktor för den tänkta branden. Utdata är tid till aktivering. Förhållanden antas vara adiabatiska vilket medför ett optimistiskt resultat, tidigare aktivering. Simuleringarna visar att detektorer på insidan försäljningsdiskarna skulle spara 1,5-2 min av detekteringstiden vid brand i försäljningsdiskarna.

C. Brand

C1. Beräkningar Brand i fritös

Rumsvolymen (V_{rum}): Rummet består av den stora avgångshallen på tredje plan med tillhörande restaurang. Volymen av försäljningsdiskarna/kontoren som ligger i mitten av hallen räknas bort eftersom brandröken bara kommer att spridas dit i små mängder. Takhöjden i hallen har stora variationer från 3.00 till 4.60 m, av detta har ett medelvärde räknats fram som ger medelhöjden $H = 4.10$ m. Bredden av rummet är 31.4 m och längden är 61.4 m detta ger $A_{\text{rum}} = 1928 \text{ m}^2$. Arealen av försäljningsdiskarna/kontoren, $A_{\text{för}}$, är 281 m^2 . $V_{\text{rum}} = H \times (A_{\text{rum}} - A_{\text{för}}) = 6753 \text{ m}^3$

Brandeffekten (Q):

$$Q = \dot{m}'' \times A_{\text{fritös}} \times \Delta H_c$$

\dot{m}'' = massavbrinningen av frityroljan = $0,040 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$

$A_{\text{fritös}}$ = arean av fritösöppningen = $0,40 \times 0,50 = 0,20 \text{ m}^2$

ΔH_c = Förbränningsbart energiinnehåll = 37 MJ/kg

ΔH_c kommer att multipliceras med 0,7 eftersom bara 70 % av det effektiva värdet kan utnyttjas.

$$Q = 0,040 \times 0,20 \times 37 \times 0,7 = 0,21 \text{ MW} = 210 \text{ kW}$$

Flamhöjden (L):

Flamhöjden är viktig att veta för att se om flammorna slår upp i taket eller inte. Den höjd som den ska jämföras med är höjden mellan fritösen och taket z.

$$L = 0,235 \times Q^{2/5} - 1,02 \times D$$

D = bränslediametern = $0,50 \text{ m}$ som i detta fall har räknats om till en cirkulär area, $A_{\text{fritös}}$, och sedan har diametern räknats fram.

$$L = 0,235 \times 210^{2/5} - 1,02 \times 0,50 = 1,49 \text{ m}$$

$$z = 2,05 \text{ m}$$

Flammorna kommer inte att slå upp i taket.

Val av plymmodell och uträkning av massflödet på höjden z upp i plymen:

Det finns en uppsjö av plymmodeller som olika forskare kommit fram med. I detta scenario har valts att undersöka resultaten från tre av dessa modeller, Thomas, Heskestads och McCaffreys.

Thomas plymmodell: Bygger på stora bränder men har visat sig stämma bra även på mindre bränder enl. P.L. Hinkley

$$\dot{m}''_p = 0,59 \times D \times z^{3/2} = 0,87 \text{ kg/s}$$

Heskestads plymmodell: Bygger på en punktbrand, top-hat profil och Boussinesq antagande angående densiteten.

$$\dot{m}''_p = 0,071 \times Q^{1/3} \times (z - z_0)^{5/3} + 1,92 \times 10^{-3} \times Q = 1,59 \text{ kg/s}$$

z_0 den virtuella höjden som kompenserar för branddiameter och brandeffekt

$$z_0 = 0,083 \times Q^{2/5} - 1,02 \times D = 0,19 \text{ m}$$

McCaffreys plymmodell: Bygger på samma förutsättningar som Heskestad men har delat upp flammen och plymen i tre olika delar.

$$\text{Om } z/Q^{2/5} < 0,2 \text{ och i detta fall är } z/Q^{2/5} = 0,24$$

$$m''_p = 0,053 \times Q^{0,48} \times z^{1,3} = 1,75 \text{ kg/s}$$

Val av plymmodell: För att se om det föreligger någon risk för personskada kommer i detta fallet McCaffreys modell att användas eftersom den ger det största massflödet.

Beräkning av temperaturen och densiteten av brandgaserna på höjden z:

Eftersom McCaffreys plymmodell valts så används även den tillhörande formeln för uträkning av temperaturen i plymen.

$$\Delta T = (k/0,9 \times \sqrt{2g})^2 \times (z/Q^{2/5})^{2\eta-1} \times T_{omg} = 293 \text{ K}$$

Om $z/Q^{2/5} < 0,2$ så är $k = 1,1$ (m/kW^{1/3}s) och $\eta = -1/3$, $T_{omg} = 293 \text{ K}$

Temperaturen på brandgaserna på höjden z blir då

$$T_{brg} = T_{omg} + T_{omg} = 531 \text{ K} \text{ detta ger densiteten } (\rho_{brg}) = 0,662 \text{ kg/m}^3$$

Beräkning av tiden som bränslet kan brinna:

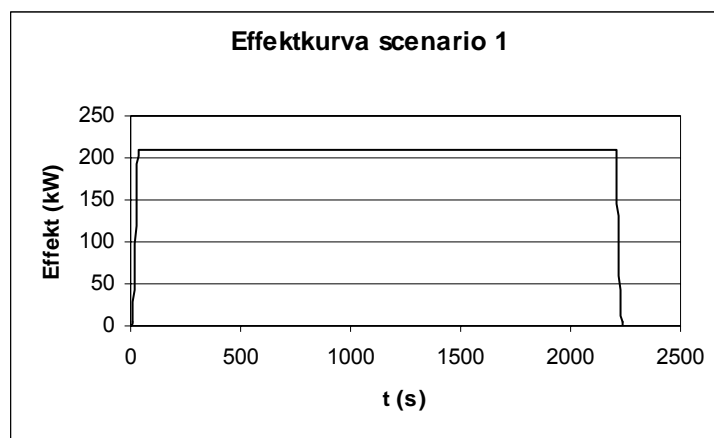
Energiinnehåll i hela mängden frityrolja:

$$Q_{max} = \Delta H_c \times 0,7 \times (V_{bränsle} \times \rho_{bränsle}) = 461 \text{ MJ}$$

Brinnhastigheten är 210 kJ/s

Detta ger den sammanlagde brinntiden (t_{brand}) på $461\ 000/210 = 2195 \text{ s} = 36,6 \text{ min}$

Den effektiva brinntiden kommer att bli lite längre eftersom antändningsfasen och avsvalningsfasen ger ett tidstillskott. Tillväxthastigheten har räknats som en αt^2 -kurva som är ultrafast och även en avsvälning med samma typ av kurva. Den totala brinntiden (t_{brand}) blir då $2240 \text{ s} = 37,3 \text{ min}$.



Figur C.1 Effektkurva brand i fritös.

Beräkning av den sammanlagda volym brandgaser som branden i frityroljan kan ge:

$$V_{brg} = (m''_p / \rho_{brg}) \times t_{brand} = 5802 \text{ m}^3$$

För att se hur denna rökmängd kommer att påverka personer som vistas i lokalen så måste rökpotentialen och siktbarheten räknas ut.

Beräkning av optiska densiteten och siktbarheten:

Rökpotentialen (D_o) för olika typer av olja ligger mellan 4-6 (ob m^3/g) (Rasbach, D. J. Pratt, B.T). Eftersom frityrolja är en vegetabilisk olja så kommer denna potential vara lägre, mellan 1-3 (ob m^3/g) och eftersom det är det värsta fallet som ska undersökas så används ett värde på $D_o = 3$ ob m^3/g .

Siktbarheten (D_s/L_s):

$$D_s/L_s = (D_o \times m_{br})/V_{brg}$$

Massan av frityrolja som har förbränts vid en viss tid (m_{br}):

$$m_{br} = m'' \times A_{fritös} \times t_{brand}$$

Räddningstjänsten har en insatstid på 30 min och därför sätts t_{brand} till 1800 s

Om det förutsätts att det kommer bli en tvåzonsskiktning så kommer förutsättningarna efter 30 min vara följande:

$$V_{brg} = (m''_p / \rho_{brg}) \times t_{brand} = 4758 \text{ m}^3$$

Den fria höjden blir:

$$Z_{fh} = H - Z_{bgl} = 1,21 \text{ m}$$

$$Z_{bgl} = V_{brg} / (A_{rum} - A_{för}) = 2,89 \text{ m}$$

Kravet enligt BBR 5:36 är att den fria höjden för utrymning är $Z_{fhkrav} = 1,6 + (0,1 \times H)$

$$Z_{fhkrav} = 2,01 \text{ m}$$

Kravet enligt BBR om den fria höjden ger en $V_{brg} = 3442 \text{ m}^3$, detta i sin tur ger $t_{brand} = 1302 \text{ s}$

Siktbarheten i brandgaserna blir:

$$D_s/L_s = (D_o \times m_{br})/V_{brg} = 9,1 \text{ ob vilket ger en siktbarhet på } 1,2 \text{ m enligt diagram}$$

$$m_{br} = m'' \times A_{fritös} \times t_{brand} = 14,4 \text{ kg}$$

Eftersom siktbarheten i detta fall kommer vara konstant och att det inte uppfyller kraven på siktbarhet, så blir det kravet på den fria höjden som blir dimensionerande $t_{dim} = 1302 \text{ s} = 21,7 \text{ min}$

Om det förutsätts att det kommer bli väl omblandade brandgaser så kommer förutsättningarna efter 30 min vara följande:

$$V_{brg} \text{ blir samma som } V_{rum} = 6753 \text{ m}^3$$

Siktbarheten i brandgaserna blir:

$$D_s/L_s = (D_o \times m_{br})/V_{brg} = 6,40 \text{ ob vilket ger en siktbarhet på ca } 2 \text{ m enligt diagram}$$

$$m_{br} = m'' \times A_{fritös} \times t_{brand} = 14,4 \text{ kg}$$

Kraven enligt BBR är att siktbarheten måste vara över 5 m inom en brandcell vilket ger ett värde på D_s/L_s på 2 ob.

I detta fall blir det siktbarheten som blir dimensionerande eftersom den fria höjden är noll vilket ger $t_{dim} = 563 \text{ s} = 9,38 \text{ min}$ innan kraven överstigits.

C1.1 Känslighetsanalys av brand i fritös

För att kontrollera om andra förutsättningar skulle förändra branscenariot så har den dubbla brandarean testats för att se om den ökade effekten skulle förvärra utrymningssituationen.

Brandeffekten (Q):

$$Q = \dot{m}'' \times A_{\text{fritös}} \times \Delta H_c$$

$$\dot{m}'' = \text{massavbrinningen av frityroljan} = 0,040 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$$

$$A_{\text{fritös}} = \text{arean av fritösöppningen} = 0,80 \times 0,50 = 0,40 \text{ m}^2$$

$$\Delta H_c = \text{Förbränningsbart energiinnehåll} = 37 \text{ MJ/kg}$$

ΔH_c kommer att multipliceras med 0,7 eftersom bara 70 % av det effektiva värdet kan utnyttjas.

$$Q = 0,040 \times 0,40 \times 37 \times 0,7 = 0,41 \text{ MW} = 410 \text{ kW}$$

Flamhöjden (L):

Flamhöjden är viktig att veta för att se om flammorna slår upp i taket eller inte. Den höjd som den ska jämföras med är höjden mellan fritösen och taket z.

$$L = 0,235 \times Q^{2/5} - 1,02 \times D$$

D = bränslediametern = 0,71 (m) i detta fall har räknats om till en cirkulär area, $A_{\text{fritös}}$, och sedan har diametern räknats fram.

$$L = 0,235 \times 410^{2/5} - 1,02 \times 0,71 = 1,88 \text{ m}$$

$$z = 3,05 - 1,00 = 2,05 \text{ m}$$

Flammorna kommer inte att slå upp i taket.

Val av plymmodell och uträkning av massflödet på höjden z upp i plymen:

Det finns en uppsjö av plymmodeller som olika forskare kommit fram med. I detta scenario har valts att undersöka resultaten från tre av dessa modeller, Thomas, Heskestads och McCaffreys.

Thomas plymmodell: Bygger på stora bränder men har visat sig stämma bra även på mindre bränder.

$$\dot{m}''_p = 0,59 \times D \times z^{3/2} = 1,23 \text{ kg/s}$$

Heskestads plymmodell: Bygger på en punktbrand, top-hat profil och Boussinesq antagande angående densiteten.

$$\dot{m}''_p = 0,071 \times Q^{1/3} \times (z - z_0)^{5/3} + 1,92 \times 10^{-3} \times Q = 2,26 \text{ kg/s}$$

z_0 den virtuella höjden som kompenserar för branddiameter och brandeffekt

$$z_0 = 0,083 \times Q^{2/5} - 1,02 \times D = 0,20 \text{ m}$$

McCaffreys plymmodell: Bygger på samma förutsättningar som Heskestad men har delat upp flammen och plymen i tre olika delar.

$$\text{Om } z/Q^{2/5} < 0,2 \text{ och i detta fall är } z/Q^{2/5} = 0,18$$

$$\dot{m}''_p = 0,026 \times Q \left(z / Q^{2/5} \right)^{0,909} = 2,30 \text{ kg/s}$$

Val av plymmodell: För att se om det föreligger någon risk för personskada kommer i detta fallet McCaffreys modell att användas eftersom den ger det största massflödet.

Beräkning av temperaturen och densiteten av brandgaserna på höjden z:

Eftersom McCaffreys plymmodell valts så används även den tillhörande formeln för uträkning av temperaturen i plymen.

$$\Delta T = (k/0,9 \times \sqrt{2g})^2 \times (z/Q^{2/5})^{2\eta-1} \times T_{\text{omg}} = 360 \text{ K}$$

Om $z/Q^{2/5}$ är 0,08-0,2 så är $k = 1,9 \text{ (m/kW}^{1/3}\text{s)}$ och $\eta = 0$, $T_{\text{omg}} = 293 \text{ K}$

Temperaturen på brandgaserna på höjden z blir då

$$T_{\text{brg}} = T_{\text{omg}} + \Delta T = 653 \text{ K} \text{ detta ger densiteten } (\rho_{\text{brg}}) = 0,540 \text{ kg/m}^3$$

Beräkning av tiden som bränslet kan brinna:

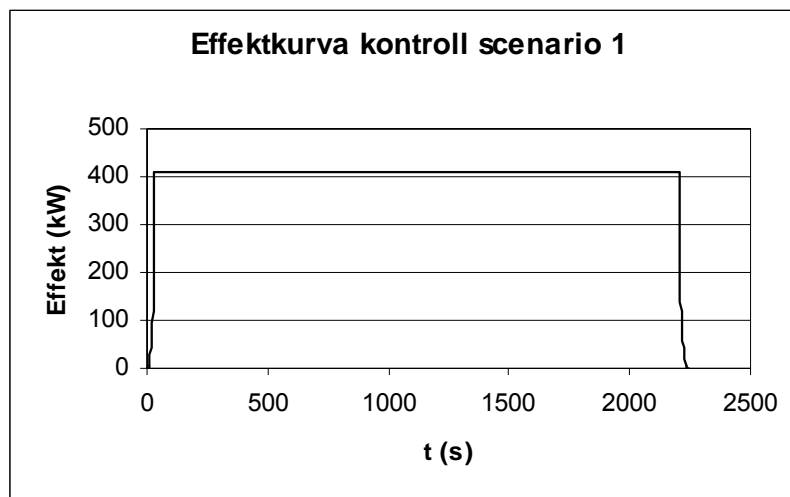
Energiinnehåll i hela mängden frityrolja:

$$Q_{\text{max}} = \Delta H_c \times 0,7 \times (V_{\text{bränsle}} \times \rho_{\text{bränsle}}) = 461 \text{ MJ}$$

Brinnhastigheten är 410 kJ/s

Detta ger den sammanlagde brinntiden (t_{brand}) på $461\,000/410 = 1124 \text{ s} = 18,7 \text{ min}$

Den effektiva brinntiden kommer att bli lite längre eftersom antändningsfasen och avsvalningsfasen ger ett tidstillskott. Tillväxthastigheten har räknats som en αt^2 -kurva som är ultrafast och även en avsvälning med samma typ av kurva. Den totala brinntiden (t_{brand}) blir då $1186 \text{ s} = 19,8 \text{ min}$.



Figur C.2 Effektkurva vid kontroll av brand i fritös.

Beräkning av den sammanlagda volym brandgaser som branden i frityroljan kan ge:

$V_{\text{brg}} = (m''_p / \rho_{\text{brg}}) \times t_{\text{brand}} = 5051 \text{ m}^3$ vilket är mindre än 5802 m^3 som erhöles i det första försöket.

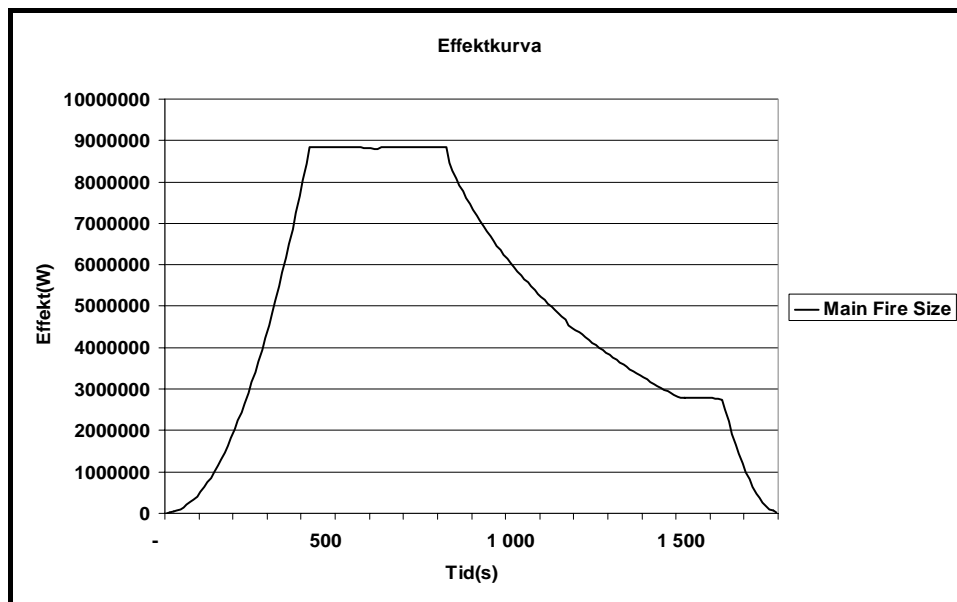
Resultat

Beräkningarna visar att en större brandarea inte skulle öka mängden brandgaser eftersom brinntiden kommer att förkortas. Detta gör att inga vidare beräkningar behöver genomföras på detta scenario.

C2. Beräkningar av brand i försäljningsdiskar

Effektkurva

Simuleringsprogrammet CFAST som bygger en tvåzonsmodell har använts för att simulera brandförloppet i kontorsdelen av vänthallen på plan 3. En effektkurva för en kontorsdel har tagits från *NIST*'s hemsida och anpassats till rådande scenario. CFAST kan endast simulera rektangulära rum och det går endast att ha ett brandrum. Detta gör att i simuleringen har brandspridningen antagits vara kontinuerlig, vilket torde överensstämja väl med verkligheten eftersom kontorsdelarna sitter ihop. Det har visat sig genom simuleringar för de enskilda rummen att glasrutorna spricker av värmen innan full effekt har utvecklats i berörda brandrum. Vilket gör att ventilationen inte inverkar mycket på tillväxten. Effektkurvan under brandförloppet redovisas i *figur C.3*.



Figur C.3 Effektkurva brand i försäljningsdiskar.

Utformning av rum

Eftersom CFAST endast kan simulera rektangulära rum och att den bygger på en tvåzonsmodell, gör det svårt att simulera en brand i en mycket stor lokal. Därför har en fiktiv rumsindelning använts, där lokalen delats upp i nio stycken nästan likadana rum.

Brandrummet är lite mindre för att överensstämna bättre med den verkliga storleken och takhöjden är lägre vilket också överensstämmer med verkligheten. De rum som slagits ihop till brandrummet är alla utrustade med lika kontorsdelar och därför kan det antas vara nära överensstämmande med verkligheten. För att den fiktiva rumsindelningen skall gälla, bör en del kriterier uppfyllas. Dessa kriterier och rummens geometrier redovisas i *tabell C.1*.

Rum	L(m)	W(m)	H(m)	Q(kW)	L/W	Kontroll L/W<3	L/H	Kontroll L/H>0,2	Kontroll L/H<4	$5*L*W*H^{1/2}$	Kontroll $5*L*W*H^{1/2}<Q$
1	20	7	2,7	17000	2,8	ok	7,4	ok		1150	ok
2	22	14	5	17000	1,6	ok	4,4	ok		3443	ok
3	22	7	5	17000	3,1		4,4	ok		1721	ok
4	22	14	4	17000	1,6	ok	5,5	ok		3080	ok
5	22	14	5	17000	1,6	ok	4,4	ok		3443	ok
6	22	14	5	17000	1,6	ok	4,4	ok		3443	ok
7	22	14	5	17000	1,6	ok	4,4	ok		3443	ok
8	22	7	4	17000	3,1		5,5	ok		1540	ok
9	22	14	5	17000	1,6	ok	4,4	ok		3443	ok

Tabell C.1 Kriterium för rum för CFAST- simulering av brand i försäljningsdiskar.

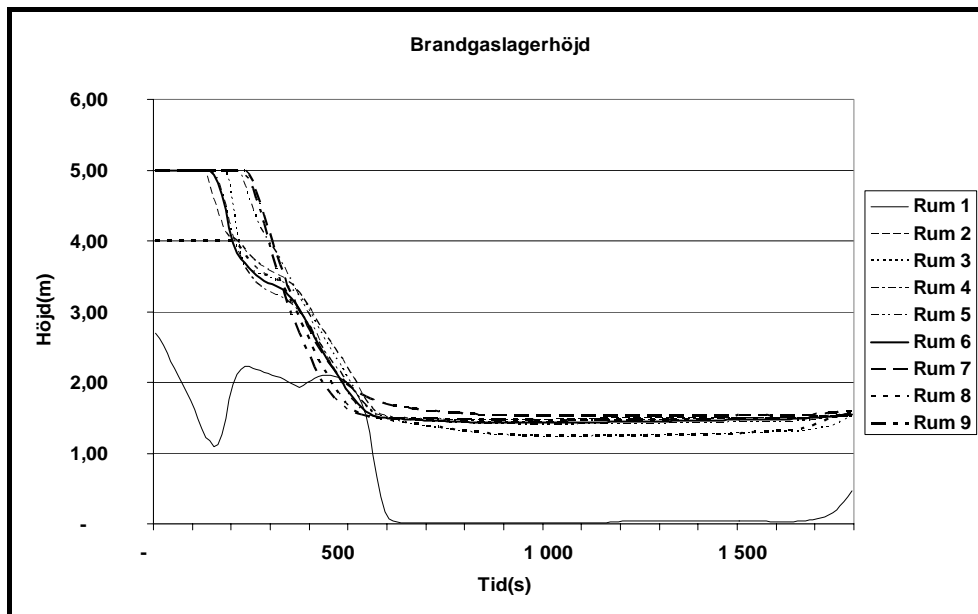
Enligt tabellen ovan uppfylls de flesta av kraven för användning av rumsgeometrierna vid en tvåzonsmodell. De kriterium som inte uppfylls beror på att rummen är stora i förhållande till rumshöjden. Men eftersom effektutvecklingen är mycket stor i förhållande till rumsstorleken bedöms detta inte som avgörande. Rumsindelningen redovisas i *figur C.4*.

9	7	5
8	1 Brandrum	3
6	2	4

Figur C.4 Fiktiv rumsindelning vid brand i försäljningsdiskar.

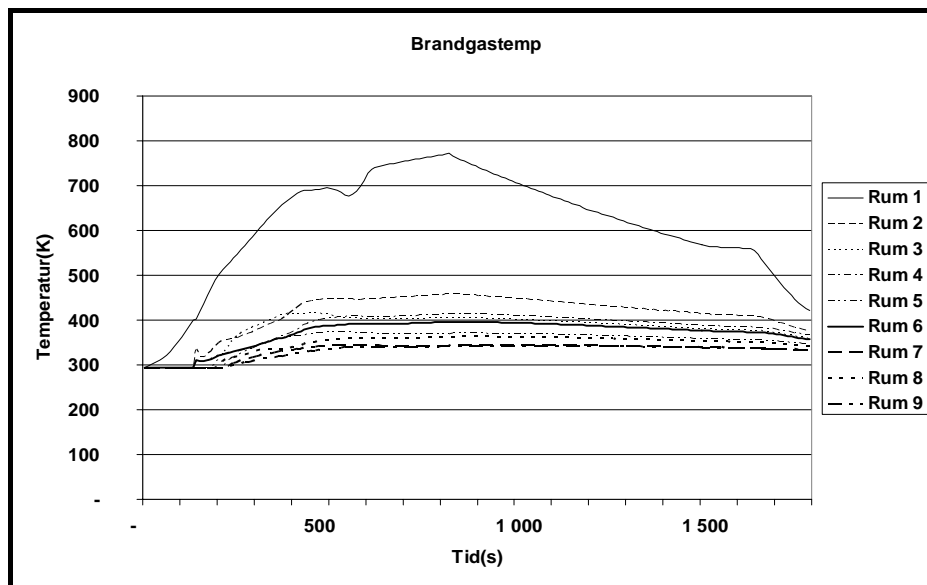
Resultat från simuleringar med den fiktiva rumsindelningen ger en uppfattning om den tidsrymd som krävs för att uppnå kritiska förhållanden.

Brandgaslagret har nått kritisk nivå efter ca 7min, brandgaslagret i varje rum som funktion av tid redovisas i *figur C.5*.



Figur C.5 Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden.

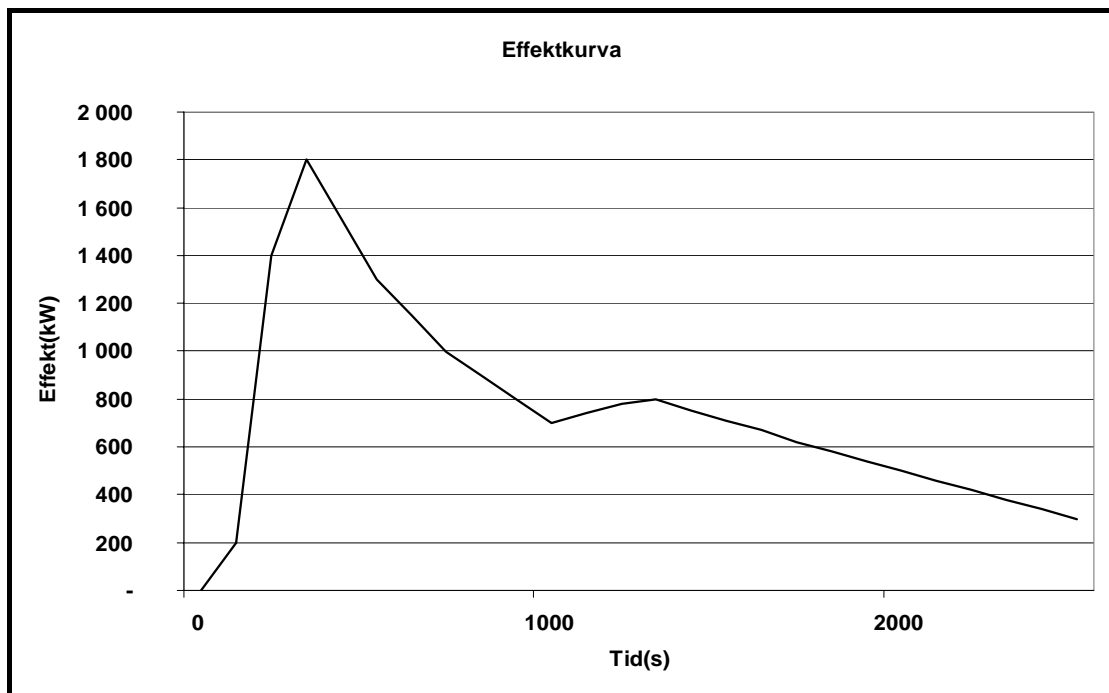
Brandgastemperaturen stiger som en följd av den ökande effektutveckling och har nått 80-150 C° när brandgaslagret har nått sin kritiska nivå. Värderna redovisas i figur C.6.



Figur C.6 Brandgastemperaturen som funktion av tiden.

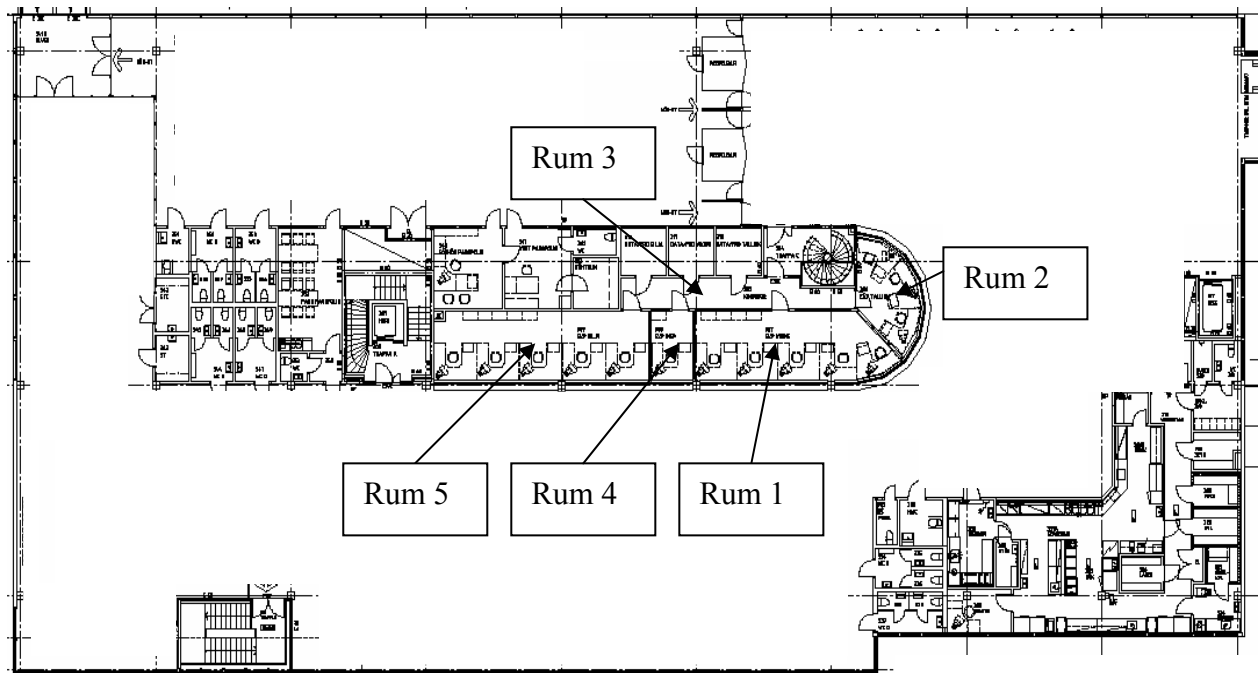
Anpassning av effektkurva

Effektutvecklingskurvor har framtagits genom data som presenterats på NISTs hemsida, National Institute of Standards and Technology. Effektkurvan som presenteras är för en kontorsdel med två väggar. För det totala energivärdet jämfördes effektkurvan från NIST och uppgifter från *Enclosure fire dynamics*. Effektkurvan presenteras i figur C.7.



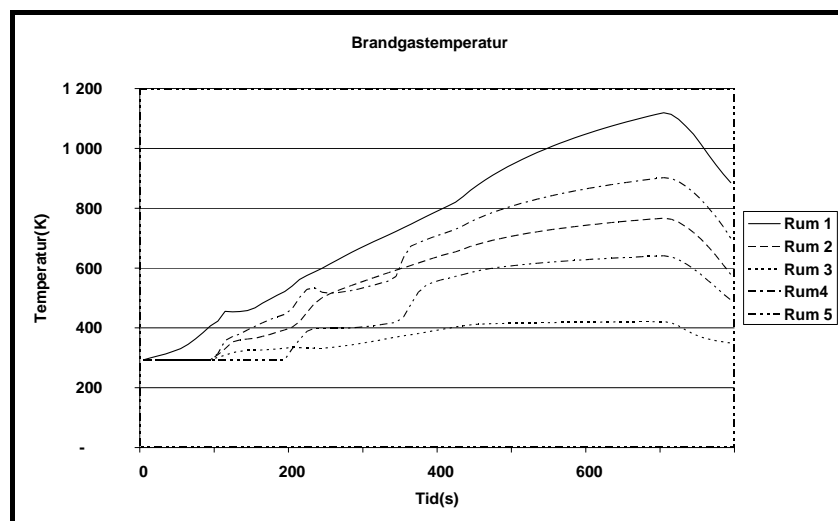
Figur C.7 Anpassad effektkurva för brand i försäljningsdiskar.

För att få så troliga värden som möjligt, till simuleringen med fiktiva rumsgeometrier gjordes simuleringar med rummen i verklig skala först. För att utreda hur snabbt brandspridningen sker och hur ventilationsberoende brandtillväxten var, sattes rum 1 som brandrum och tid till spridning till nästa rum och vänthall har satts lika med den tid då fönsterglasen spricker, fönsterglas antas spricka vid 250 °C.



Figur C.8 Översikt rumsindelning vid brand i försäljningsdiskar.

Brandspridningen har sedan antagits fortsätta kontinuerligt, genom att nästa rums fönsterglas har spruckit av temperaturen. Genom dessa antaganden har en effektutveckling för hela scenariot kunnat beräknas och sedan användas i den simulering som har tagit hänsyn till hela lokalen. I brandspridningen mellan rummet har det dock inte kunnats ta hänsyn till effektutvecklingen i varje enskilt rum, utan detta har fått approximeras med en stor brand. Detta är en svaghet i *CFAST*. Temperaturutvecklingen i varje enskilt rum kan utläsas ur *figur C.9*.



Figur C.9 Brandgastemperatur i respektive rum vid brand i försäljningsdiskar

På grund av att fönsterglasen spricker förhållandevis snabbt, fortsätter effektutvecklingen utan att begränsas av ventilationen.

C2.1 Kontrollberäkningar för CFAST-simulering av Brand i försäljningsdiskar

För att kontrollera de värden som har erhållits ur CFAST så har en handberäkning av scenariot gjorts.

Beräkningsunderlag:

Försäljningsdiskarna är uppdelade i fyra rum med takhöjden 2,7 m, följande areor och antal kontorsplatser:

Rum 1 34 m² och 4 kontorsplatser

Rum 2 35 m² och 3 kontorsplatser

Rum 3 8 m² och 1 kontorsplatser

Rum 4 40 m² och 5 kontorsplatser

Varje kontorsplats innehåller ett skrivbord, en hylla och ett skåp.

Möblerna tillsammans uppskattas ha en vikt av 85 kg och bestå endast av trä.

Trägenskaper:

Densitet 470 kg/m³

$\Delta H_c = 16,9$ MJ/kg

$m''_{ideal} = 0,013$ kg/m²s

m''_{ideal} är en idealisk massavbrinning av trä som är framtagen av Tewardsson. Den är lite hög men fungerar bra som riktvärde för massavbrinningen.

Halva arean av kontoren antas bestå av möbler vilket ger en maximal brandyta på 58,5 m².

Den tillgängliga energiinnehållet i trä är:

$Q = \Delta H_c \times m_{trä} \times \text{antal kontorsplatser}$

$Q = 18675$ MJ

Den maximala effekten blir:

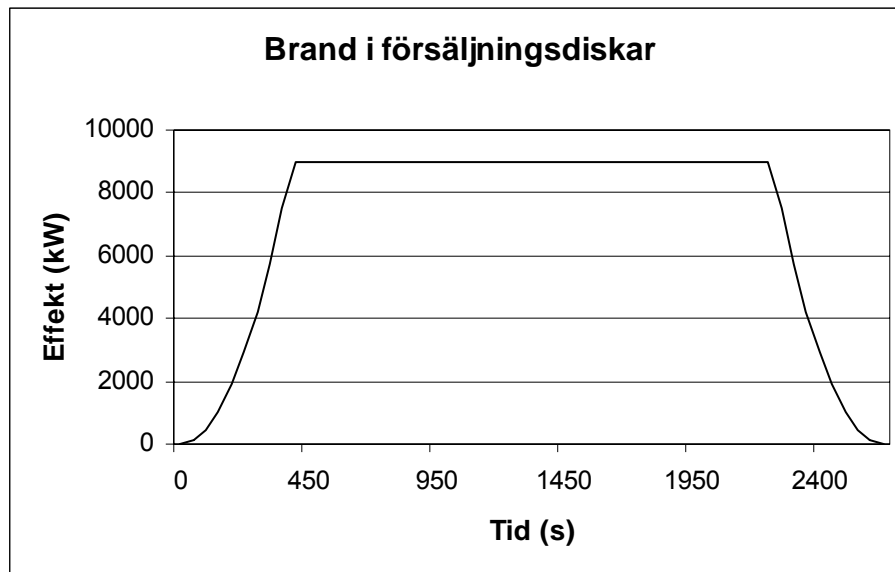
$Q_{max} = \Delta H_c \times m''_{ideal} \times A_{brand} \times \text{Förbrännings effektiviteten}$

$Q_{max} = 9,00$ MW

Effektkurva:

För branden har valts en tillväxtkurva som är "fast". Detta beror på att rummen förutom möblerna innehåller många gardiner som inte tillför något nämnvärt till effekten men som ökar brandspridningen väsentligt.

Detta gör att en maximal effekt uppnås efter 440 s och att branden har brunnit ut efter 2650 s.



Figur C.10 Effektkurva brand i försäljningsdiskar.

Beräkning av tiden till fönstren i rum 1 spricker:

Det antas att fönstren spricker vid 250 °C.

Uträkningen sker med hjälp av kontinuitetsekvationen där det sägs att rummet inte släpper ut några gaser utan att allt som skapas stannar kvar och värmer upp rummet. Detta kommer att leda till ett högt tryck i rummet som förmodligen skulle trycka sönder väggarna tidigare, men detta frånses eftersom endast en uppskattning av temperaturökningen efterfrågas.

$$Q = V \times \rho_a \times c_v \times (T_g - T_a)$$

$$Q = 2,7 \times 34 \times 1,2 \times 0,7 \times (250 - 20) = 17,7 \text{ kJ}$$

Integreras effektkurvan så får man tiden till att Q uppnåtts som i detta fallet blev 104 s.

Syretillgång

Tillgången av syre i tillväxtfasen kontrolleras, efter att fönstren har spruckit i första rummet så kommer det att finnas god tillgång på syre från hela vänthallen.

$$\text{Volymen av rummet} = 2,7 \times 34 = 91,8 \text{ m}^3.$$

Densiteten på luft är 1,2 kg/m³ vilket ger 110 kg luft.

Luften består till 23 % av syre vilket ger 25,3 kg syre.

Varje kilogram syre som förbränns ger 13,1 MJ.

I rum 1 kan 330 MJ erhållas om allt syre brinner upp och detta är mycket större än 17,7 kJ som krävs för att spräcka rutorna.

Massflöde i plymen

Brandarean omräknat som en cirkulär brand ger en branddiameter på 8,63 m

Vid så här stora bränder används Thomas plymmodell.

$$m_p = 0,59 \times D \times z^{3/2}$$

z är höjden från branden till taket och i detta fallet $2,7 - 1 = 1,7$

$$m_p = 11,3 \text{ kg/s}$$

Beräkning av temperaturen i taknivå:

Branden i detta fall har en stor utbredning och för att få temperaturen ovanför elden med hjälp av Heskestads formel för centerlinjetemperaturen så har branden delats upp per kvadratmeter.

Detta ger:

$$Q/\text{brandarean} = 154 \text{ MW/m}^2$$

$$\text{Lågornas höjd } L = 0,235 \times Q^{2/5} - 1,02 \times D = 0,61 \text{ m}$$

$$\text{Anpassad bränslenivå } z_0 = 0,083 \times Q^{2/5} - 1,02 \times D = -0,53$$

$$\text{Temperaturändringen } \Delta T = 25 \times (Q^{2/5} / (z - z_0))^{5/3} = 153 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{tot}} = 153 + 20 = 173 \text{ }^\circ\text{C} \text{ vilket ger } \rho_{\text{bg}} = 0,8$$

$$\text{Massflödet av brandgaser ut ur rummet blir } m_p'' = m_p / \rho_{\text{bg}} = 14,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

För att se hur denna rökmängd kommer att påverka personer som vistas i lokalen så räknas på kraven för frihöjd och siktbarhet.

Vid två-zonsskiktning:

Eftersom CFAST är en tvåzonsmodell så är det en sådan som studeras här.

Kravet enligt BBR 5:36 är att den fria höjden för utrymning är $z_{\text{fhkrav}} = 1,6 + (0,1 \times H)$ och detta ger i avgångshallen $z_{\text{fhkrav}} = 2,01 \text{ m}$

Med denna fria höjd så erhålls en volym av brandgaserna på $V_{\text{bg}} = 3450 \text{ m}^3$ se Appendix C1

Tiden till att denna volym är fylld blir:

$$T_{\text{rökfyllnad}} = V_{\text{bg}} / m_p''$$

$$T_{\text{rökfyllnad}} = 240 \text{ s} = 4 \text{ min}$$

Siktförhållandena i gaslagret:

Avsteg från detta kan göras om siktförhållandena är goda och därför så kontrolleras detta:

Rökpotentialen (D_0) för trä uppskattar vi till $0,25 \text{ (ob m}^3/\text{g)}$ (D.J Rasbash och T. Pratt).

Siktbarheten (D_s/L_s):

$$D_s/L_s = (D_0 \times m_{\text{br}}) / V_{\text{brg}}$$

$D_s/L_s = 13,4$ vilket är mycket högre än kravet 2. Detta gör att inget avsteg från kravet kan göras.

Slutsats

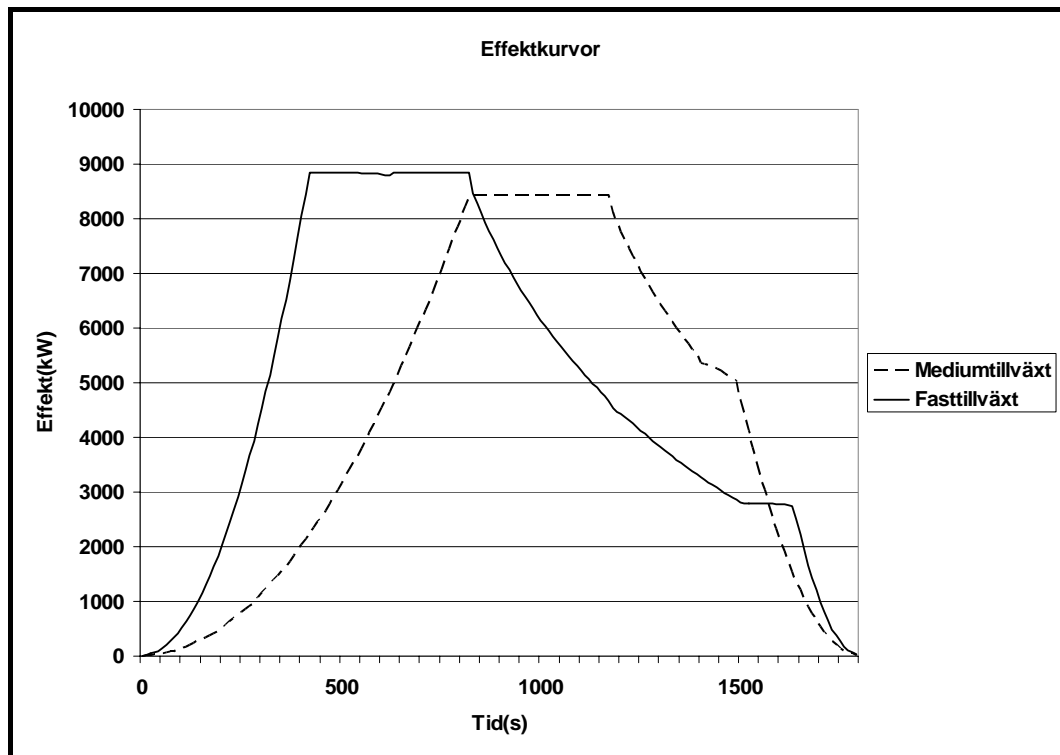
Enligt simuleringarna kommer kritiska förhållanden uppstå efter ca 7 min från det att branden startat och enligt beräkningar efter ca 4 min från det att maximal effekt uppnåtts och brandgasspridning har påbörjats till lokalen. De första glasrutorna mellan brandrummet och vänthallen går sönder efter ca 2 min, vilket gör att kritiska förhållanden borde uppstå efter ca 6 min enligt beräkningar. Detta överensstämmer någorlunda väl med simuleringen med tanke på de förenklingar som gjorts. Enligt simuleringar i SIMULEX tar utrymningen ca 4 min från det att personerna i lokalen blivit medvetna om faran genom utrymningslarmet. Eftersom det inte finns några detektorer i försäljningsdiskarna kan branden detekteras först när glasrutorna spruckit och brandgasspridningen påbörjats till vänthallen efter ca 2 min och sedan aktiverat en av de detektorer som finns i vänthallen. Detta kommer att ta ytterligare några sekunder men, förmodligen inte så många tack vare den stora effektutvecklingen vid tidpunkten. Detta ger en total utrymningstid av ca 6,5 min, vilket är strax under tid till kritiska förhållanden men, som tack vare de osäkerheter som finns i simuleringarna känns onödigt nära. Därför har simuleringar gjorts i dataprogrammet Detact T2 för att bestämma den tid som åtgår innan branden skulle detekteras om detektorer fanns i försäljningsdiskarna. Två olika simuleringar gjordes med Detact T2, en för detektor rakt ovanför branden och en för detektor så långt som möjligt från branden. Resultaten blev 4 s respektive 30 s vilket skulle förkorta varseblivningstiden med ca 2 min, detta skulle kunna göra stor skillnad vid en utrymning.

C2.2 Känslighetsanalys av brand i försäljningsdiskar

För att bedöma validiteten på CFAST- simuleringarna har liknande simuleringar gjorts med en annan brandtillväxt.

Effektutveckling

Det ursprungliga brandscenariot tillväxer enligt $\alpha = 0,047$ (fast) och det för känslighetsanalysen avsedda enligt $\alpha = 0,012$ (medium). Effektkurvor för båda scenariona redovisas i figur C.11.

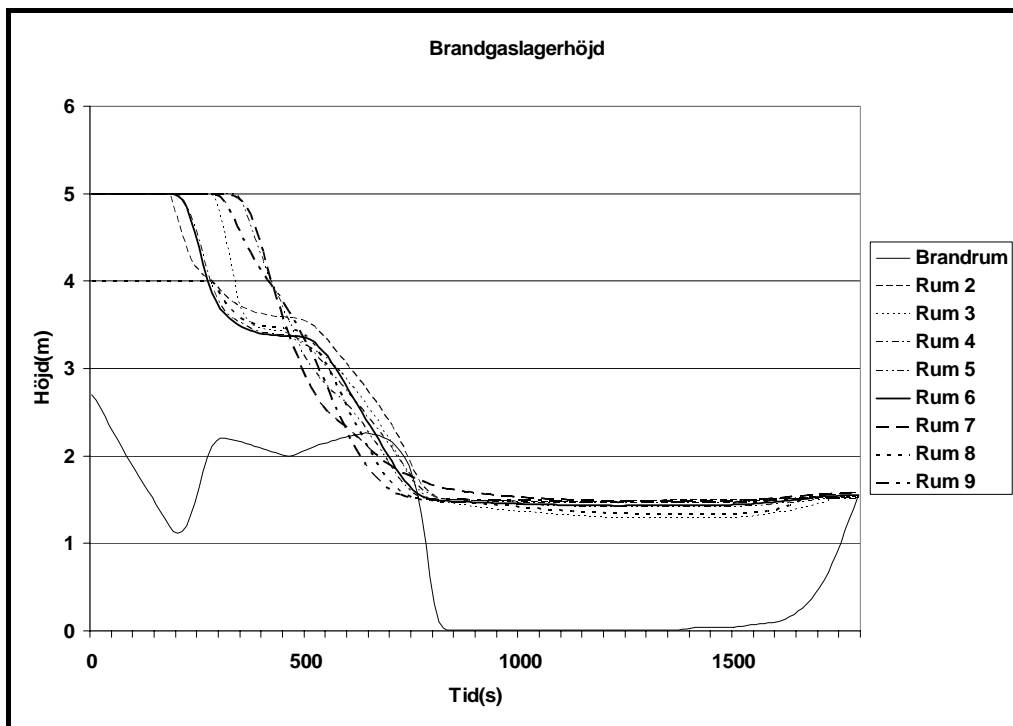


Figur C. 11 Effektkurvor för fast & medium tillväxt

Den maximala effektutvecklingen blir ungefär densamma, den stora skillnaden är tidpunkten för maximal effekt.

Brandgaslagrets höjd

Brandscenariot med ”fast” tillväxt gav kritiska förhållanden efter ca 7 minuter då brandgaslagret nått 2 meter. Brandgaslagrets höjd som funktion av tid redovisas i *figur C.12*.



Figur C.12 Brandgaslagrets höjd som funktion av tid vid mediumtillväxt

Slutsats

Som *figur C.12* visar sker nedstigning av brandgaslagret långsammare vid ”medium” scenariot, detta stämmer bra överens med effektkurvorna. Vid ”fast” scenariot uppstod kritiska förhållanden efter ca 7 minuter och med ”medium” scenariot efter ca 10 minuter. Detta visar att det är lämpligt att använda ”fast” scenariot som grund till bedömning av tiden till kritiska förhållanden med risk för att vara konservativ.

C3. Beskrivning av datorprogram

CFAST

Dataprogrammet FAST/CFAST V 3.17 användes för att modellera effekterna av brandgasspridning och temperaturdistribution i delar av byggnaden under branden. Programmet är av typen tvåzonsmodell och bygger på att brandrummet delas in i två zoner, kontrollvolymer, en varm övre zon där alla brandgaser samlas och en nedre kallare zon. Det antas att förhållanden inom dessa zoner är likformiga, alltså att temperatur, densitet och gaskoncentration är konstant inom hela zonen (Peacock, R. D.). Eftersom dessa antaganden och förenklingar görs måste man vara medveten om osäkerheterna i dessa simuleringar och ett kritiskt granskande måste göras vid beaktande av dessa resultat. Begränsningar är de förenklingar som görs på rummets geometri, vilka måste vara rektangulära, samt att ett stort antal rum försämrar resultaten. Eftersom de två zonerna antas vara homogena var för sig tas ingen hänsyn till avkyllning av brandgaserna vilka då erhåller lägre stigkraft. Efter en övertändning är brandrummet inte längre indelat i två zoner och därför är inte programmet

tillförlitligt efter detta, ett annat problem är att programmet inte tar hänsyn till återstrålningen från golv, väggar och tak som kan öka effektutvecklingen (Gojkovic, D 2004-09-28).

SIMULEX

För att studera utrymningsförloppet från en byggnad kan datorprogrammet SIMULEX användas. Det är ett användarvänligt program som beräknar tiden för förflyttning av personer i en byggnad till det att alla har lämnat byggnaden. Efter att ritningar har lagts in i programmet placeras symboler, motsvarande varje person, in som sedan går mot närmaste utgång, om inte användaren angett annan utgång. I programmet finns olika kategorier av personer inlagda så som män, kvinnor, äldre, handikappade, shoppers, kontorsarbetare osv. Dessa kan väljas av användaren för att på bästa sätt anpassas till sina egna förhållanden. Under utrymningen kan simuleringen pausas för att vid olika tider studera förloppet och eventuella flaskhalsar. Programmet ger inga exakta svar på utrymningstiden, men det ger en god uppskattning och används inom branschen.

BfK

Beräkningsmodeller för Kemikalieexponering, BfK, är ett spridningsprogram som har utvecklats av FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut för Räddningsverket. Programmet är anpassat för att kunna utföra beräkningar på gasformiga utsläpp avseende både C-angrepp och kemikalieolyckor. I BfK tas endast hänsyn till den passiva spridningen, vilket innebär att vindförhållanden spelar stor roll i beräkningarna. BfK används ofta i olika spridningssammanhang.

C4. Resultat BfK

BfK Avancerat läge, Kemikalieolycka

Kemikalie : Ammoniak.

Emballage : Tankbil med 20000 kg kemikalie.
Lagrat i omgivningstemperatur och en vätskenivå om 1.0 m utan pålagt övertryck.

Läckage : Rörbrott.
Rörlängden är 1.0 m.
Rördiametern är 50.0 mm.
Rörets ytråhet är 0.00010 m.
Läckagets area är 19.6 cm².
Utsläppets effektiva höjd är 1.0 m över marken.

Omgivning : Bebyggt.

Inläckning : Ventilationsintag på 12.0 m höjd.
4.8 luftväxlingar per timme.

Väder : 10.0 C° och 5.0 m/s vindstyrka.
Stabilitetsklass D (D - Neutral skiktning) och 259 W/m² solinstrålning.

Åtgärder : Inga.

Beräkningar: Koncentration beräknas för höjden 12.0 m
Den yttre beräkningsgränsen är baserad på kemikaliens giftighet (5% av IDLH).

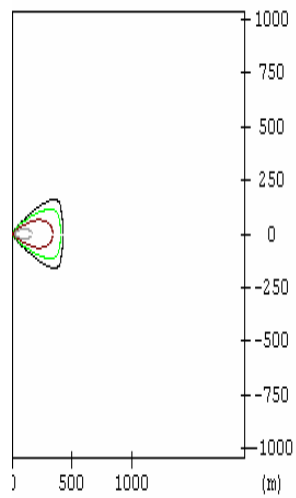
Utsläppet : Utströmning av tryckkondenserad gas i vätskefas.
Ingen pöl bildas.
Luftburen källstyrka kommer från vätskeutströmning

Källstyrka : 8.8 kg/s (beräknad)

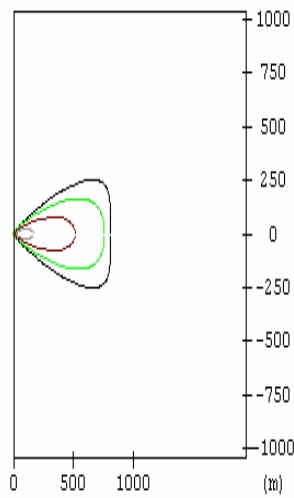
Varaktighet: 38 min (beräknad)

Koncentration vid olika tider på 12.0 m höjd.

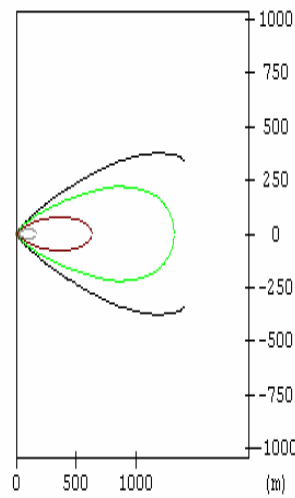
1 minuter



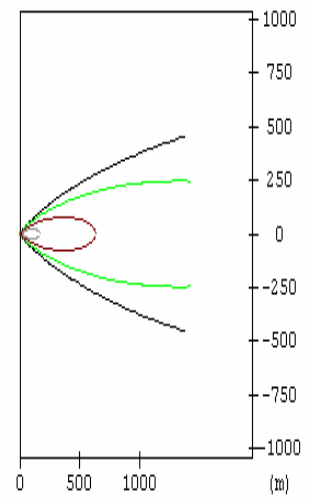
2 minuter



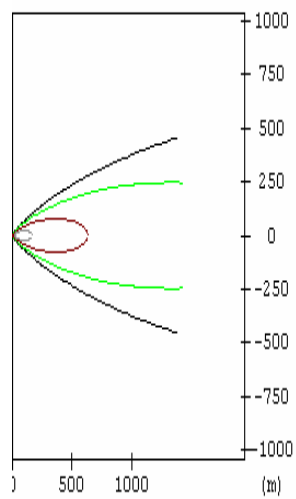
4 minuter



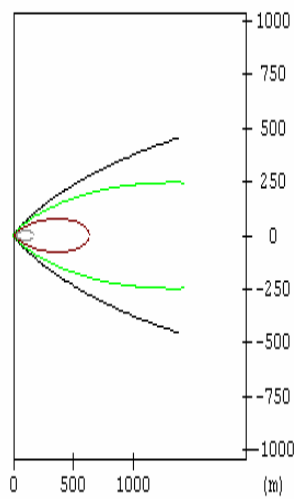
8 minuter



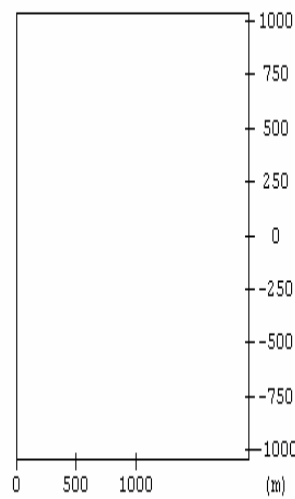
16 minuter



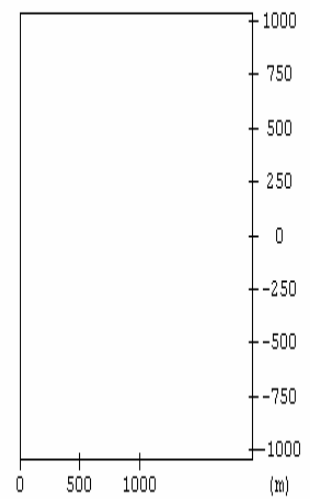
32 minuter



64 minuter

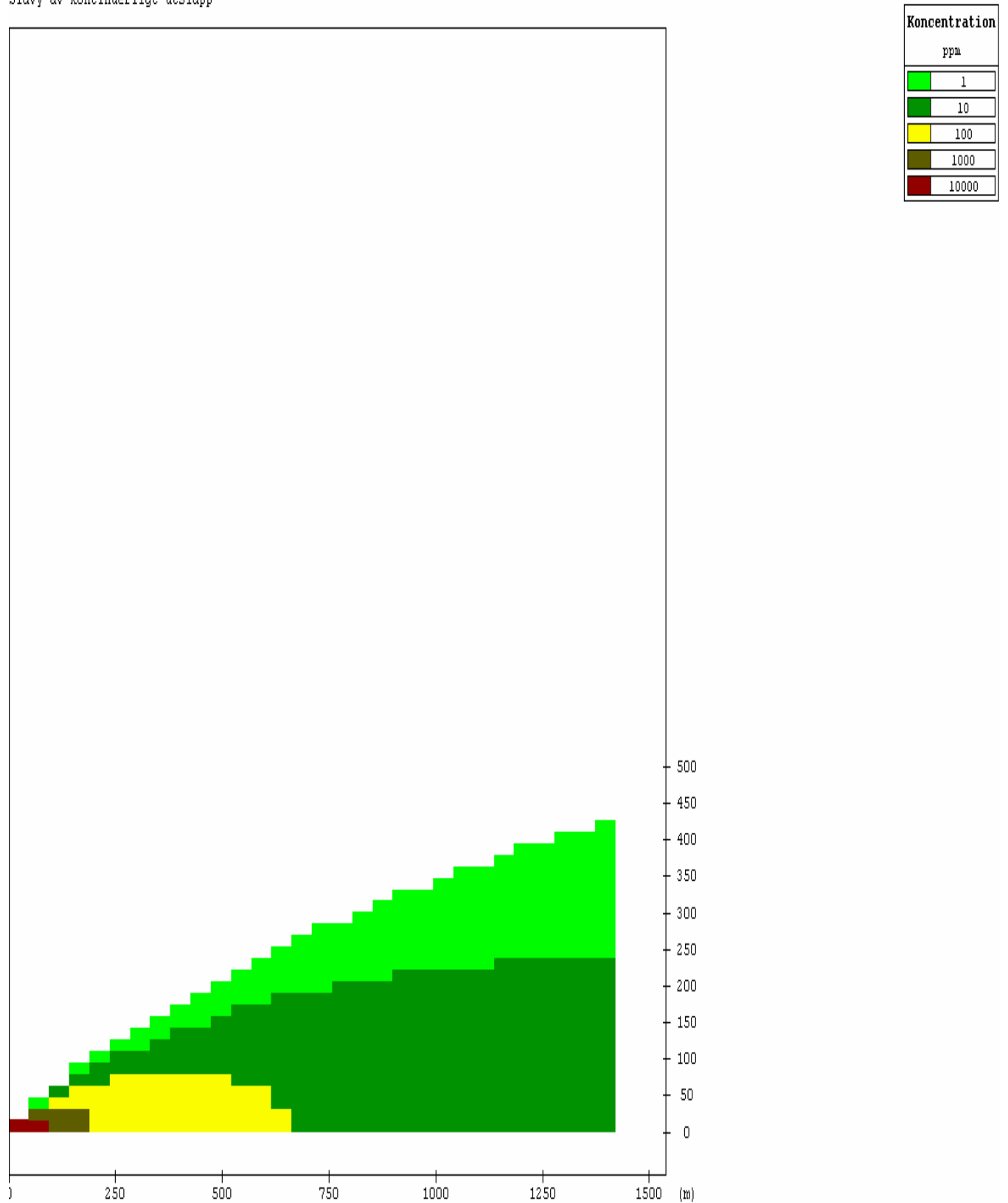


128 minuter

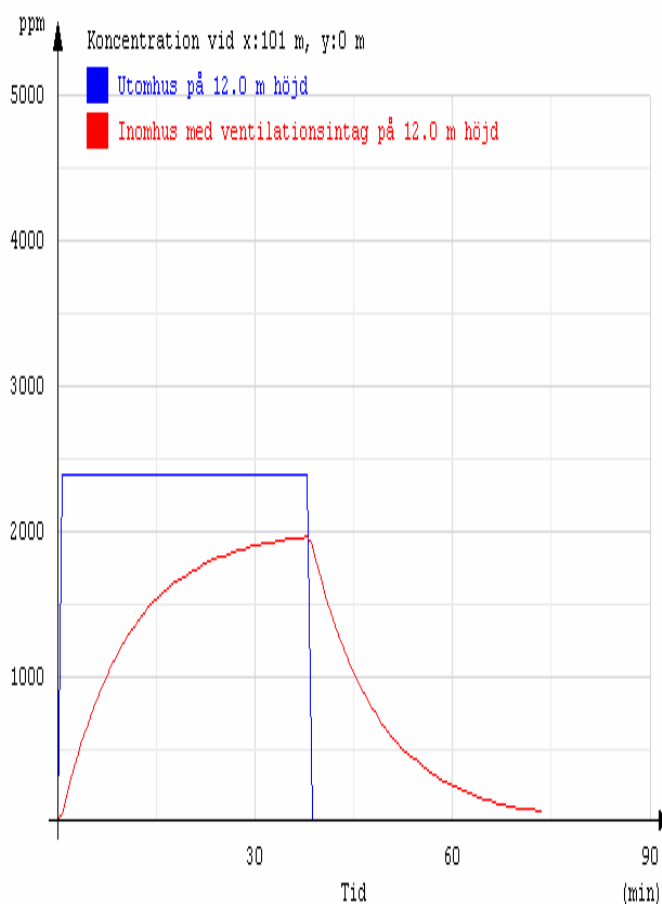
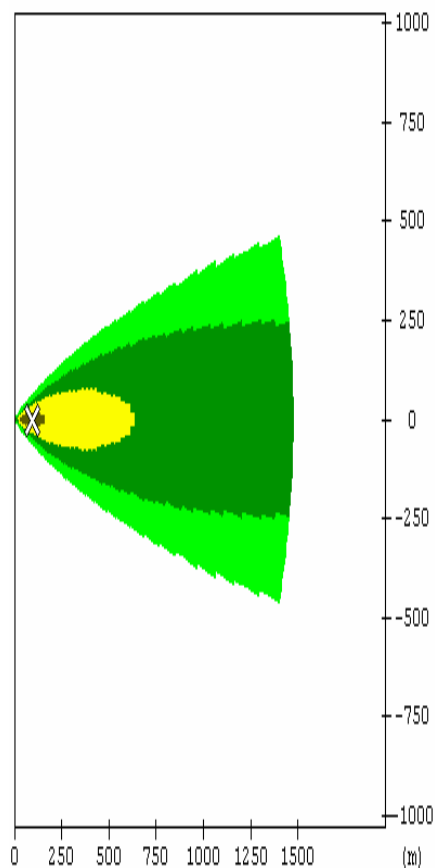


Koncentration ppm	1	100
	10	1000

Sidvy av kontinuerligt utsläpp



Kont. utsläpp, spridning på 12.0 m höjd



Koncentration	1	100
ppm	10	1000

Skadefall efter 30 minuter vid (x:101 m, y:0 m).		
	Utombus på 12.0 m höjd	Inomhus ventilationsintag på 12.0 m höjd
Förnimmelse	Ja	Ja
Uttalad lukt	Ja	Ja
Irritation	0 ‰	1 ‰
Lindriga skador	22 ‰	58 ‰
Svåra skador	69 ‰	39 ‰
Dödliga skador	8 ‰	1 ‰

BfK Avancerat läge, Kemikalieolycka

Kemikalie : Ammoniak.

Emballage : Tankbil med 20000 kg kemikalie.
Lagrat i omgivningstemperatur och en vätskenivå om 1.0 m utan pålagt övertryck.

Läckage : Rörbrott.
Rörlängden är 1.0 m.
Rördiametern är 50.0 mm.
Rörets ytråhet är 0.00010 m.
Läckagets area är 19.6 cm².
Utsläppets effektiva höjd är 1.0 m över marken.

Omgivning : Bebyggt.

Inläckning : Ventilationsintag på 12.0 m höjd.
4.8 luftväxlingar per timme.

Väder : 10.0 C° och 10.0 m/s vindstyrka.
Stabilitetsklass D (D - Neutral skiktning) och 259 W/m² solinstrålning.

Åtgärder : Inga.

Beräkningar: Koncentration beräknas för höjden 12.0 m
Den yttre beräkningsgränsen är baserad på kemikalens giftighet (5% av IDLH).

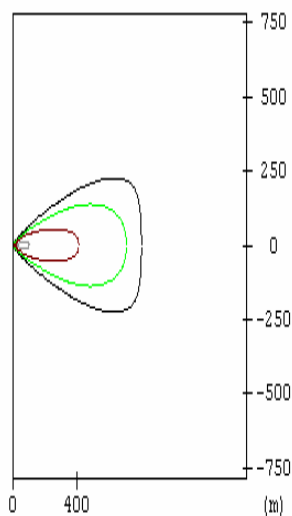
Utsläppet : Utströmning av tryckkondenserad gas i vätskefas.
Ingen pöl bildas.
Luftburen källstyrka kommer från vätskeutströmning

Källstyrka : 8.8 kg/s (beräknad)

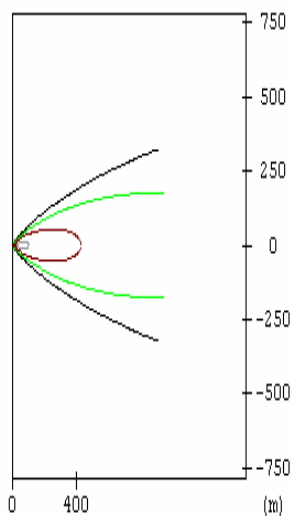
Varaktighet: 38 min (beräknad)

Koncentration vid olika tider på 12.0 m höjd.

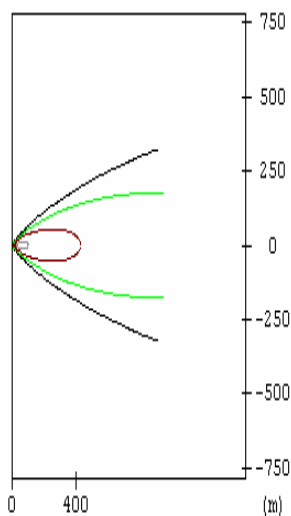
1 minuter



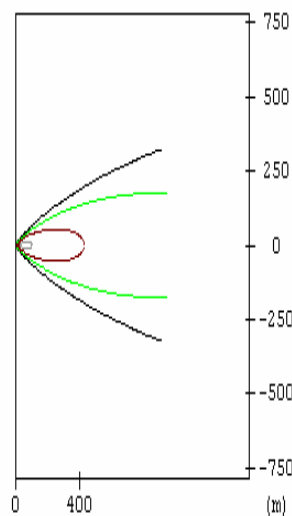
2 minuter



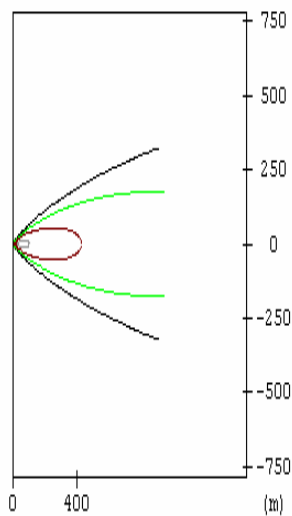
4 minuter



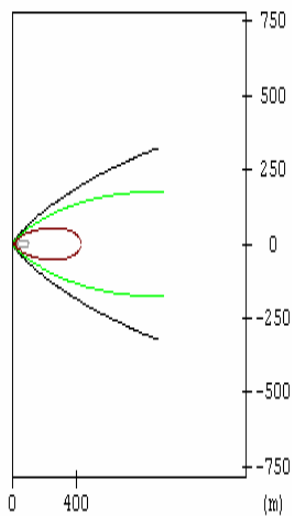
8 minuter



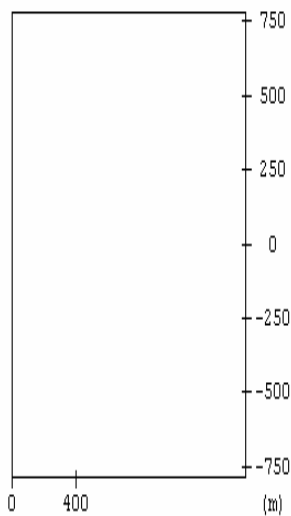
16 minuter



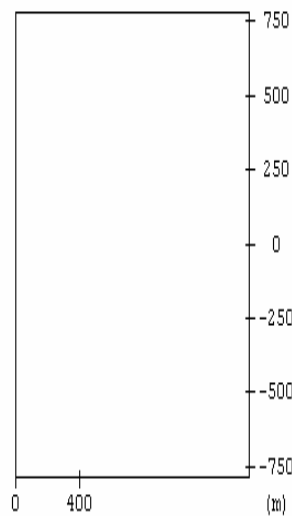
32 minuter



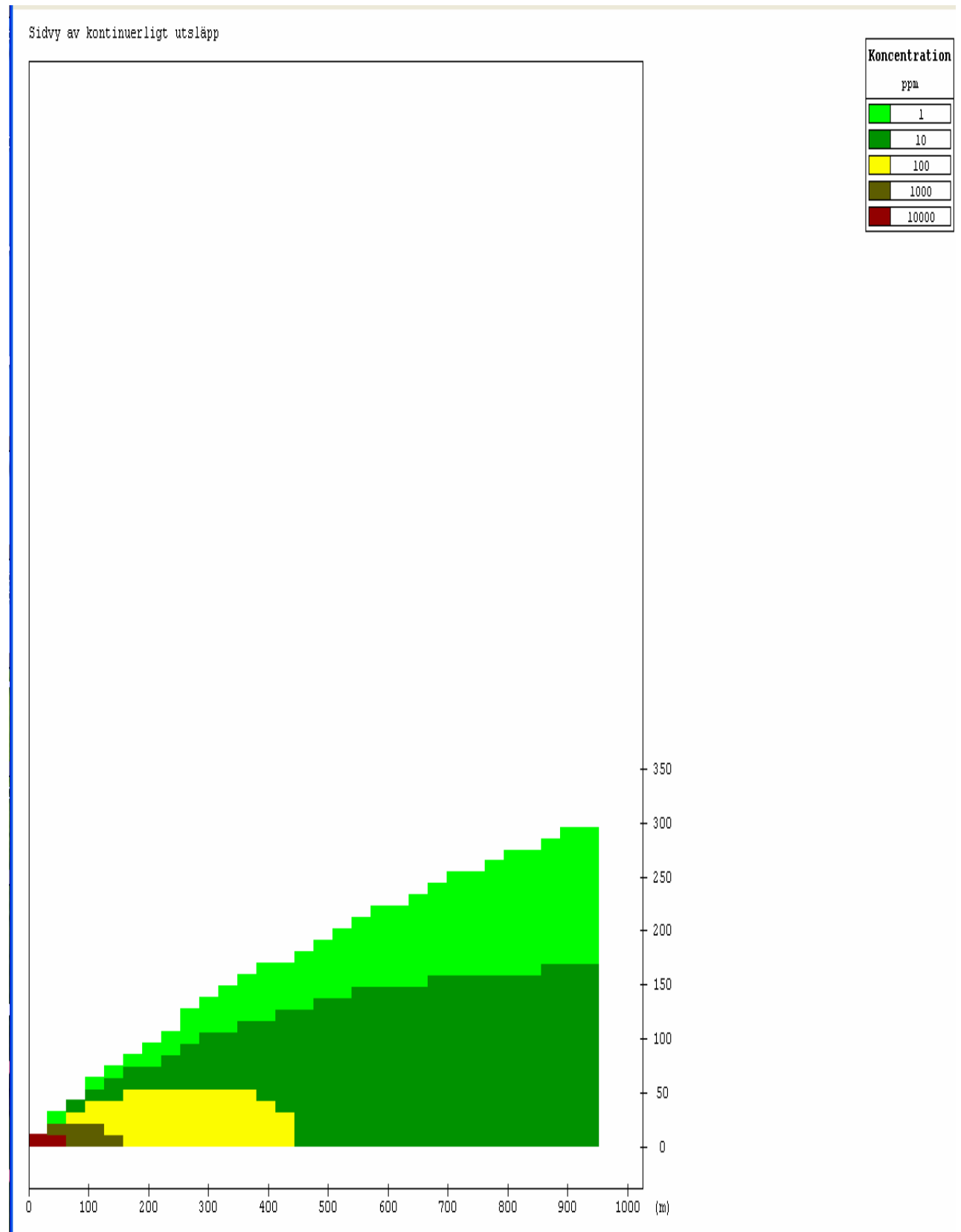
64 minuter



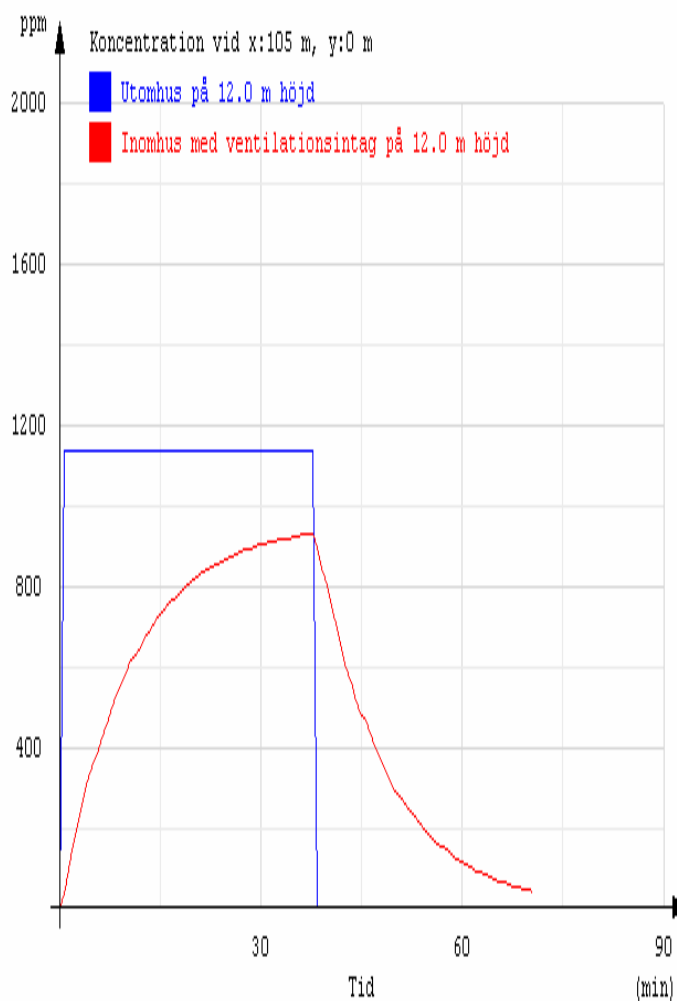
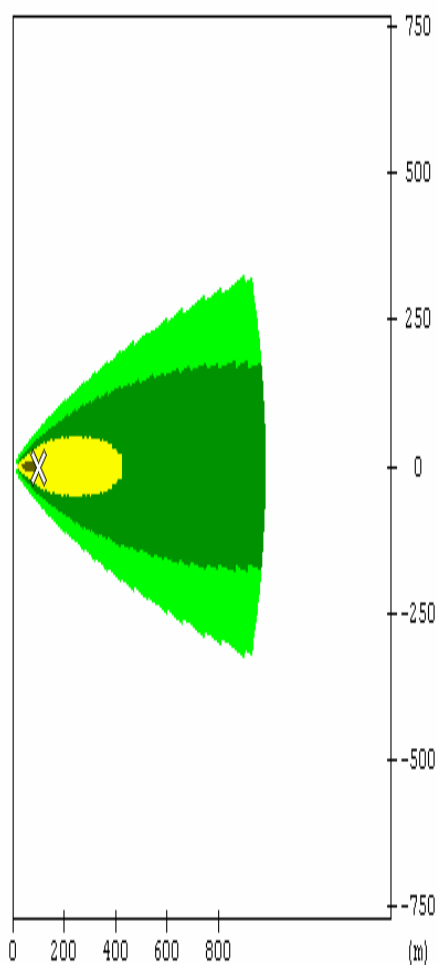
128 minuter



Koncentration ppm	1	100
	10	1000



Kont. utsläpp, spridning på 12.0 m höjd



Koncentration	1	100
ppm	10	1000

Skadefall efter 30 minuter vid (x:105 m, y:0 m).

	Utomhus på 12.0 m höjd	Inomhus ventilationsintag på 12.0 m höjd
Förnimmelse	Ja	Ja
Uttalad lukt	Ja	Ja
Irritation	4 %	24 %
Lindriga skador	72 %	72 %
Svåra skador	23 %	4 %
Dödliga skador	0 %	0 %

BfK Avancerat läge, Kemikalieolycka

Kemikalie : Ammoniak.

Emballage : Tankbil med 20000 kg kemikalie.

Lagrat i omgivningstemperatur och en vätskenivå om 1.0 m utan pålagt övertryck.

Läckage : Packningsläckage.

Läckagets area är 0.2 cm².

Utsläppets effektiva höjd är 1.0 m över marken.

Omgivning : Bebyggt.

Inläckning : Ventilationsintag på 12.0 m höjd.

4.8 luftväxlingar per timme.

Väder : 10.0 C° och 5.0 m/s vindstyrka.

Stabilitetsklass D (D - Neutral skiktning) och 259 W/m² solinstrålning.

Åtgärder : Inga.

Beräkningar: Koncentration beräknas för höjden 12.0 m

Den yttre beräkningsgränsen är baserad på kemikaliens giftighet (5% av IDLH).

Utsläppet : Utströmning av tryckkondenserad gas i vätskefas.

Ingen pöl bildas.

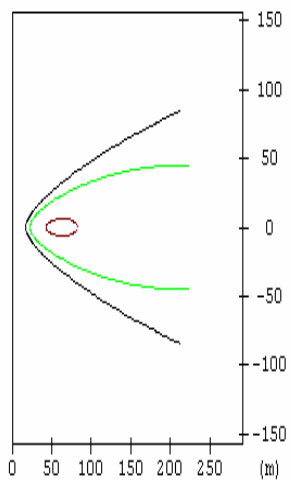
Luftburen källstyrka kommer från vätskeutströmning

Källstyrka : 0.31 kg/s (beräknad)

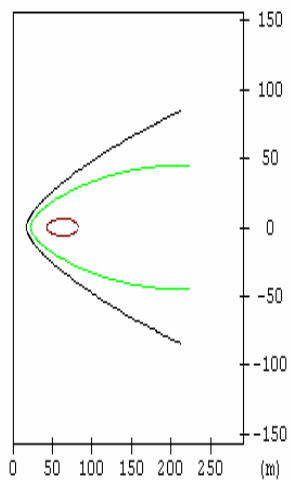
Varaktighet: 1091 min (beräknad)

Koncentration vid olika tider på 12.0 m höjd.

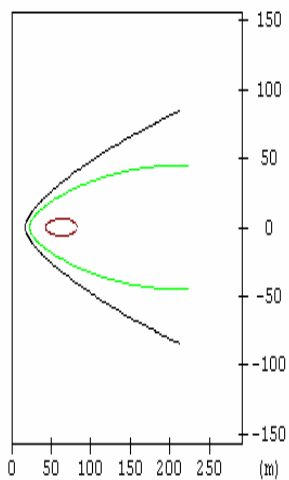
1 minuter



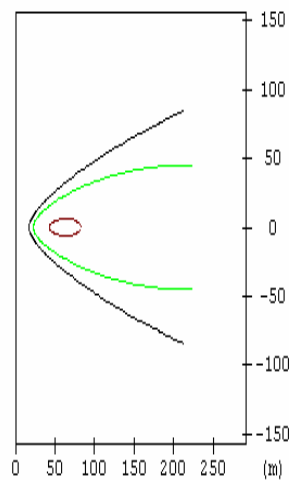
2 minuter



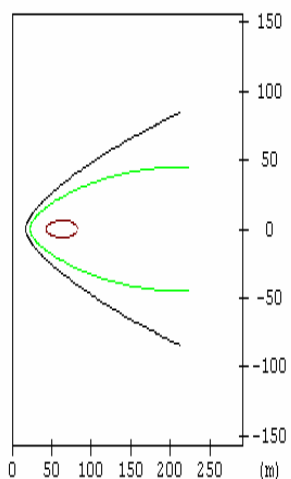
4 minuter



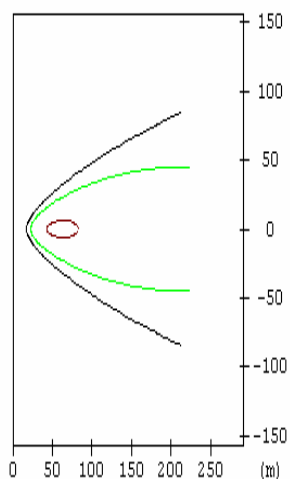
8 minuter



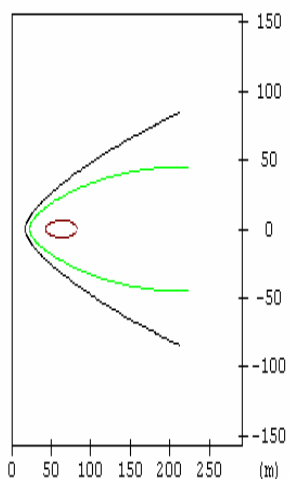
16 minuter



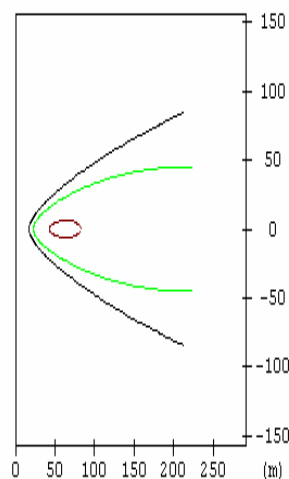
32 minuter



64 minuter

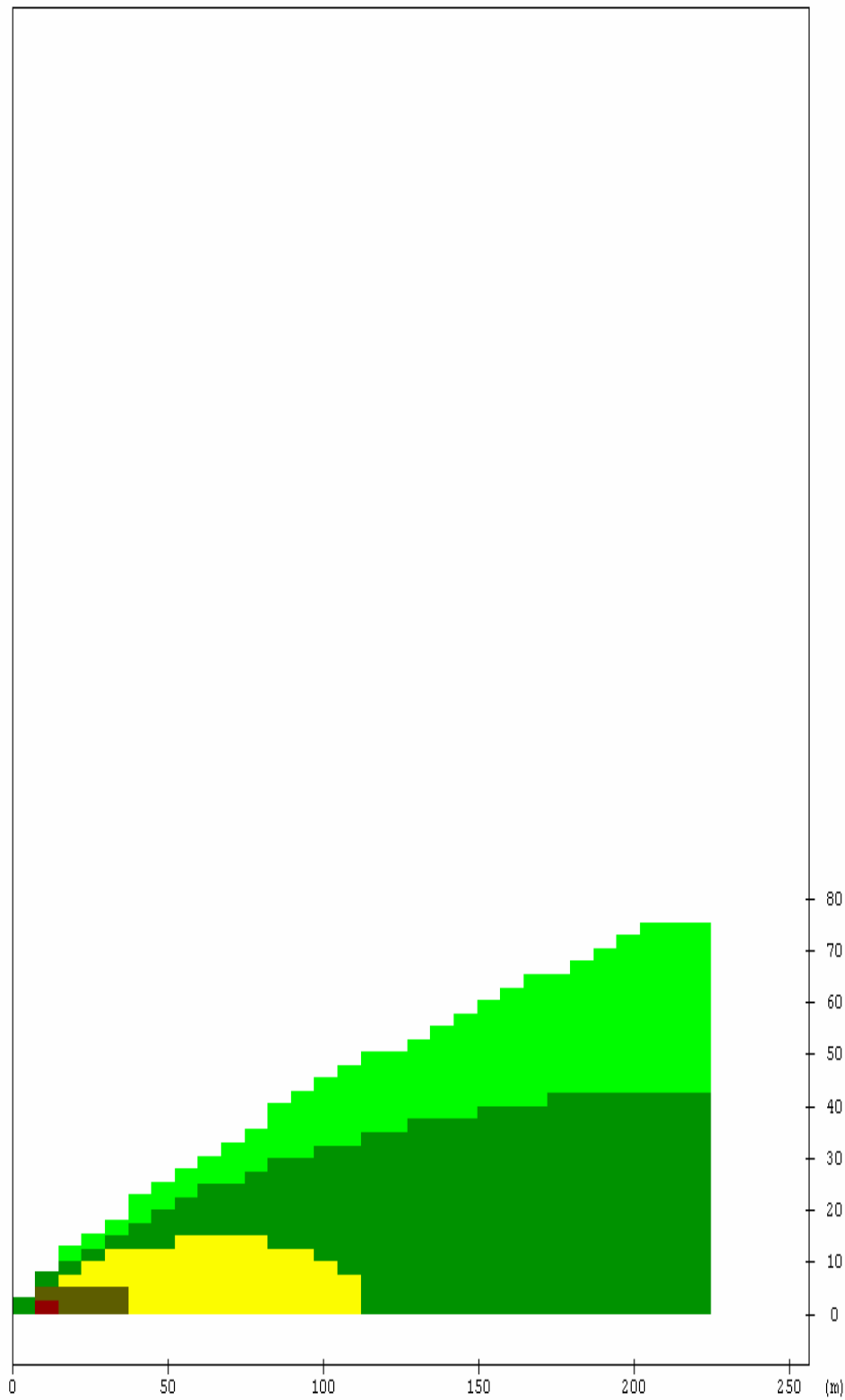


128 minuter

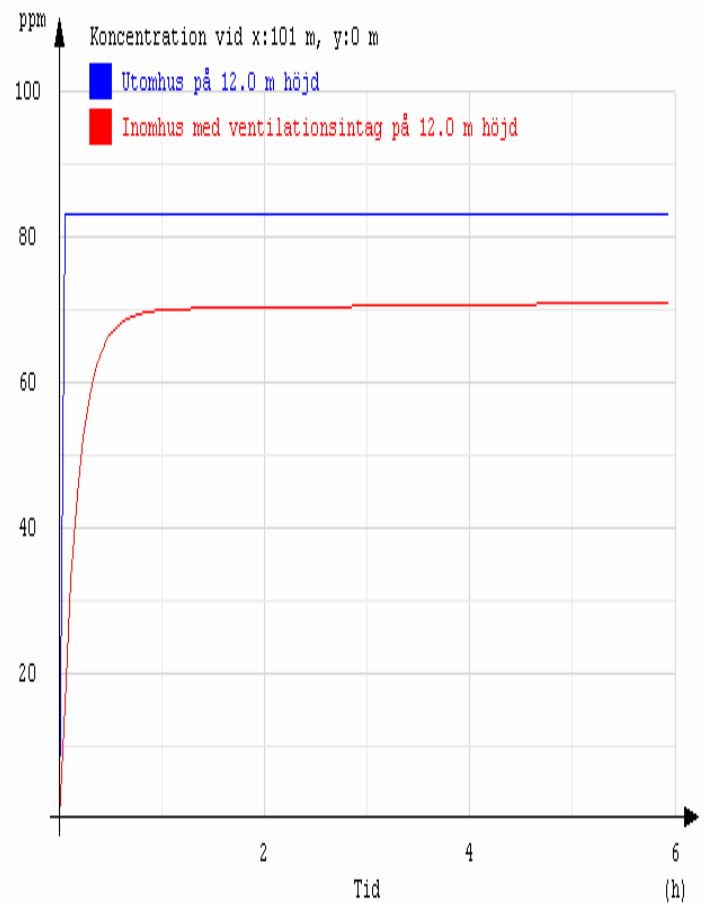
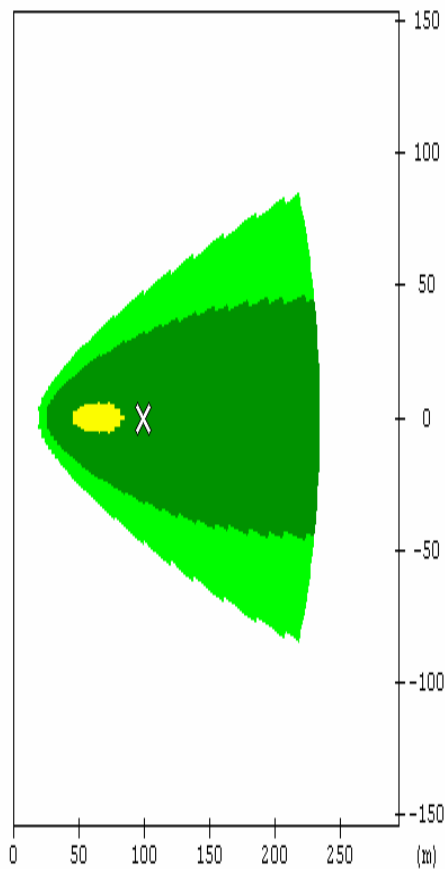


Koncentration ppm	 1	 100
	 10	

Sidvy av kontinuerligt utsläpp



Kont. utsläpp, spridning på 12.0 m höjd



Koncentration ppm	1	10	100

Skadefall efter 30 minuter vid (x:101 m, y:0 m).

	Utomhus på 12.0 m höjd	Inomhus ventilationsintag på 12.0 m höjd
Förnimmelse	Ja	Ja
Uttalad lukt	Ja	Ja
Irritation	13 ‰	2 ‰
Lindriga skador	0 ‰	0 ‰
Svåra skador	0 ‰	0 ‰
Dödliga skador	0 ‰	0 ‰

BfK Avancerat läge, Kemikalieolycka

Kemikalie : Ammoniak.

Emballage : Tankbil med 20000 kg kemikalie.

Lagrat i omgivningstemperatur och en vätskenivå om 1.0 m utan pålagt övertryck.

Läckage : Packningsläckage.

Läckagets area är 0.2 cm².

Utsläppets effektiva höjd är 1.0 m över marken.

Omgivning : Bebyggt.

Inläckning : Ventilationsintag på 12.0 m höjd.

4.8 luftväxlingar per timme.

Väder : 10.0 C° och 10.0 m/s vindstyrka.

Stabilitetsklass D (D - Neutral skiktning) och 259 W/m² solinstrålning.

Åtgärder : Inga.

Beräkningar: Koncentration beräknas för höjden 12.0 m

Den yttre beräkningsgränsen är baserad på kemikaliens giftighet (5% av IDLH).

Utsläppet : Utströmning av tryckkondenserad gas i vätskefas.

Ingen pöl bildas.

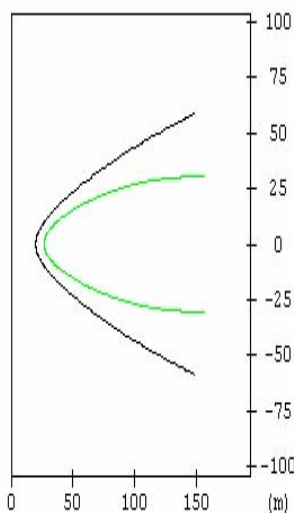
Luftburen källstyrka kommer från vätskeutströmning

Källstyrka : 0.31 kg/s (beräknad)

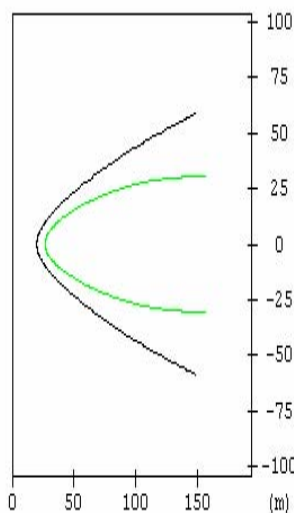
Varaktighet: 1091 min (beräknad)

Koncentration vid olika tider på 12.0 m höjd.

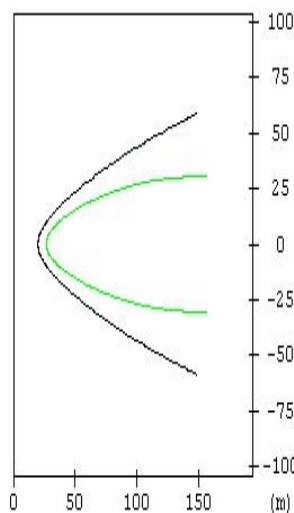
1 minuter



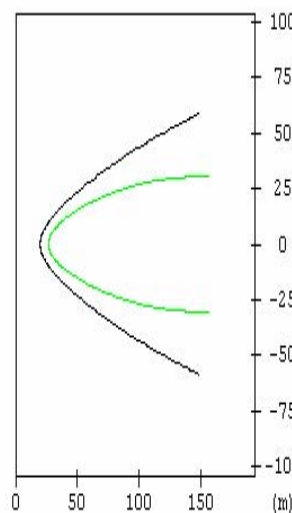
2 minuter



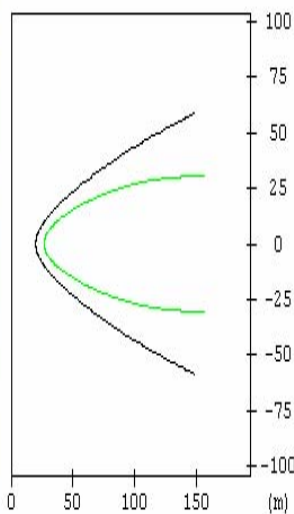
4 minuter



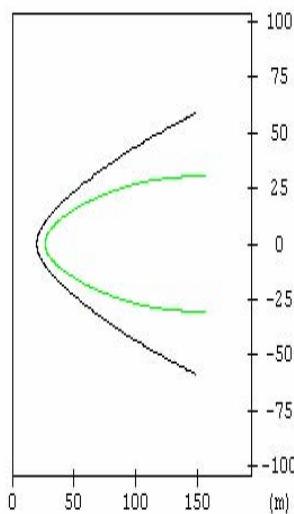
8 minuter



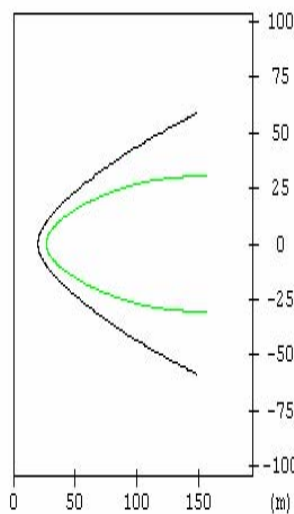
16 minuter



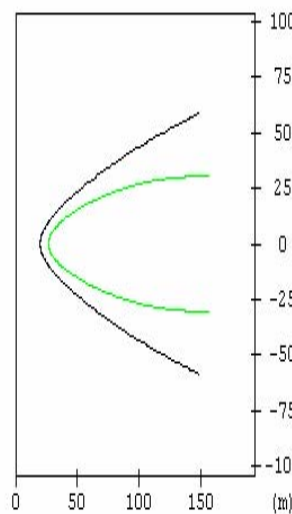
32 minuter



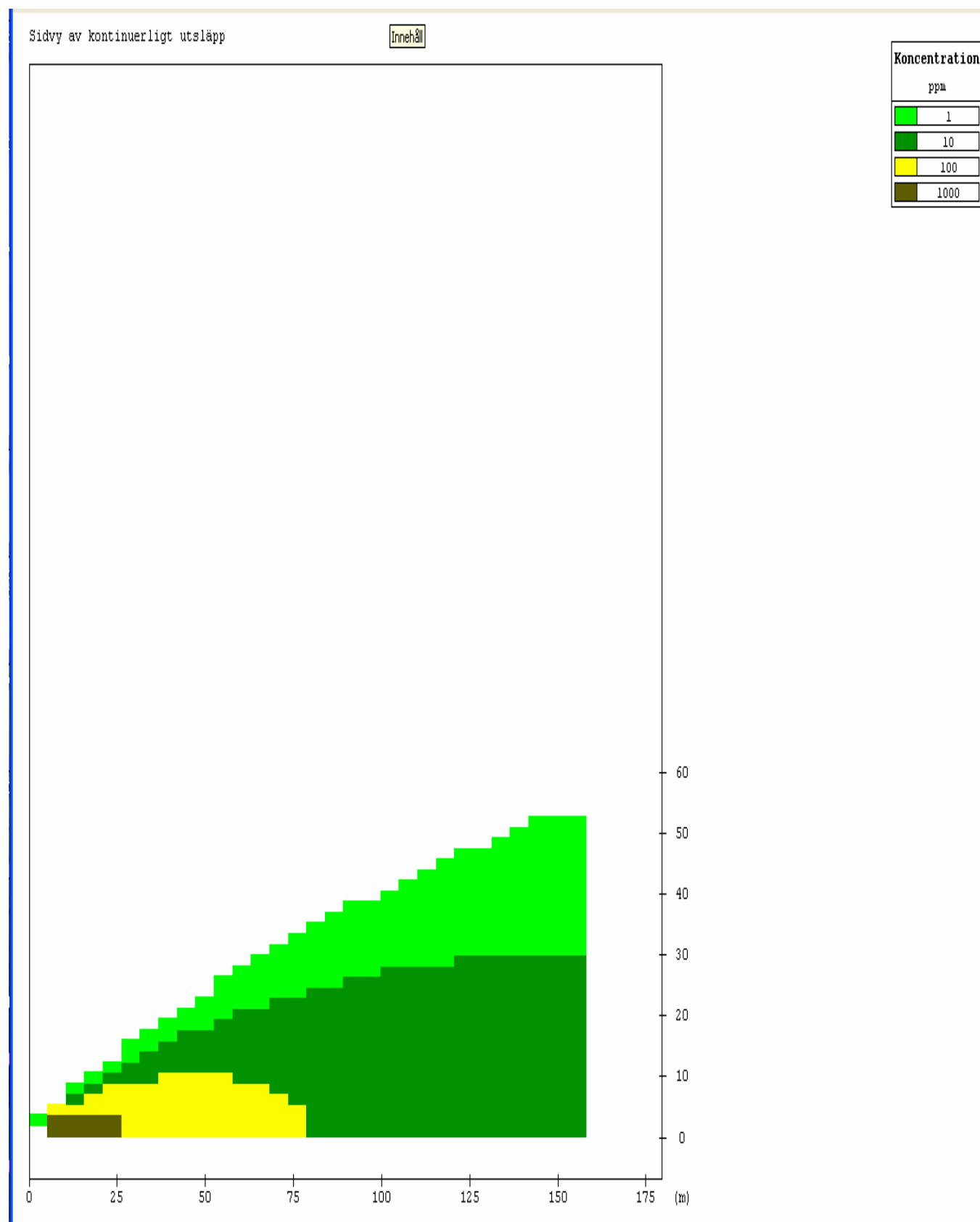
64 minuter



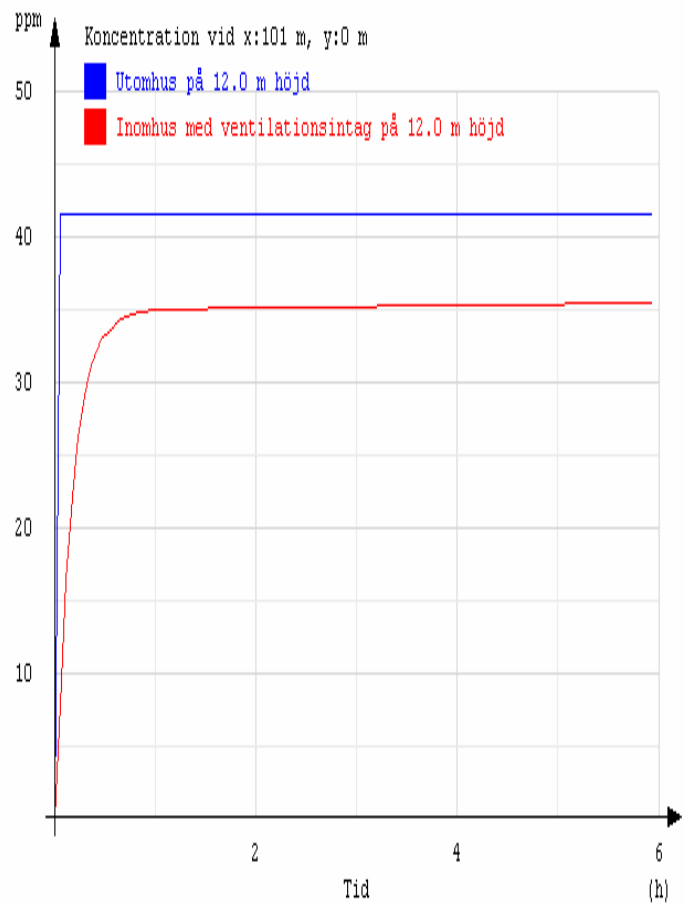
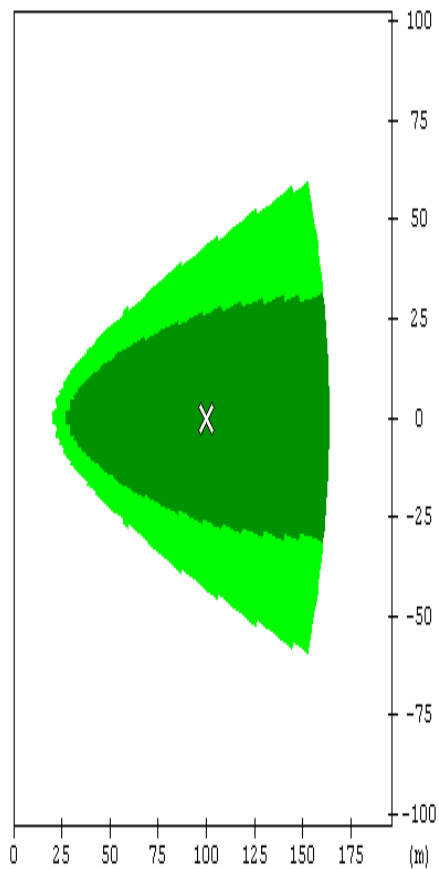
128 minuter



Koncentration	1
ppm	10



Kont. utsläpp, spridning på 12.0 m höjd



Koncentration	1
ppm	10

Skadefall efter 30 minuter vid (x:101 m, y:0 m).

	Utomhus på 12.0 m höjd	Inomhus ventilationsintag på 12.0 m höjd
Förnimmelse	Ja	Ja
Uttalad lukt	Nej	Nej
Irritation	1 %	0 %
Lindriga skador	0 %	0 %
Svåra skador	0 %	0 %
Dödliga skador	0 %	0 %

D. SIMULEX Datalistor

D1. In/Utdata från SIMULEX 3:e våningen.

Number of Floors = 1
 Number of Staircases = 2
 Number of Exits = 3
 Number of Links = 4
 Number of People = 1100

 plan3 (DXF file: Drawing1.dxf) (Size: 89.688,32.056 metres)
 Number of People Initially in This Floor = 1100
 Link 1 : (66.95,27.27 m), 0.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Staircase 0
 Link 2 : (78.65,27.33 m), 180.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Staircase 0
 Link 3 : (13.70,3.15 m), -90.00 degrees, 1.70 m wide, connected to Staircase 1
 Link 4 : (14.05,1.00 m), 0.00 degrees, 1.70 m wide, connected to Staircase 1
 Exit 1 : (87.80,27.60 m), 0.00 degrees, 1.70 m wide
 Exit 2 : (11.20,0.10 m), -90.00 degrees, 1.70 m wide
 Exit 3 : (2.25,32.00 m), -90.00 degrees, 3.50 m wide

 Staircase 0 (Size: 1.700,25.000 metres)
 Number of People Initially in This Stair = 0
 Link 1 : (0.85,25.00 m), 90.00 degrees, 1.20 m wide, connected to plan3
 Link 2 : (0.80,0.00 m), 270.00 degrees, 1.20 m wide, connected to plan3

 Staircase 1 (Size: 1.700,25.000 metres)
 Number of People Initially in This Stair = 0
 Link 3 : (0.90,25.00 m), 90.00 degrees, 1.70 m wide, connected to plan3
 Link 4 : (0.80,0.00 m), 270.00 degrees, 1.70 m wide, connected to plan3

 All people reached the exit in 4:07.0.

Number of people through all exits over 5-second periods

Time(s), N (People)	
5	0
10	0
15	0
20	1
25	5
30	10
35	11
40	10
45	13
50	20
55	15
60	23
65	25
70	30
75	26
80	30
85	26
90	28
95	24
100	28
105	28
110	41
115	35
120	36
125	31
130	37
135	28

140	39
145	32
150	40
155	32
160	25
165	31
170	28
175	31
180	31
185	25
190	35
195	17
200	19
205	20
210	23
215	21
220	19
225	23
230	17
235	8
240	14
245	7
250	2

Number of people through Exit 1 over 5-second periods

Time(s), N (People)	
5	0
10	0
15	0
20	0
25	0
30	0
35	0
40	0
45	0
50	1
55	1
60	4
65	2
70	4
75	5
80	4
85	3
90	0
95	0
100	0
105	5
110	11
115	10
120	9
125	5
130	7
135	2
140	7
145	2
150	11
155	5
160	0
165	11
170	12
175	8
180	5
185	8
190	10
195	2
200	0

205	4
210	4
215	7
220	0
225	0
230	0
235	0
240	0
245	0
250	0

Number of people through Exit 2 over 5-second periods

Time(s), N (People)

5	0
10	0
15	0
20	0
25	0
30	0
35	0
40	0
45	0
50	3
55	0
60	3
65	6
70	7
75	5
80	8
85	4
90	6
95	6
100	7
105	4
110	6
115	5
120	5
125	7
130	8
135	8
140	9
145	9
150	7
155	6
160	7
165	9
170	7
175	9
180	8
185	7
190	9
195	8
200	6
205	4
210	5
215	6
220	5
225	8
230	5
235	1
240	4
245	2
250	0

Number of people through Exit 3 over 5-second periods

Time(s), N (People)

5	0
10	0
15	0
20	1
25	5
30	10
35	11
40	10
45	13
50	16
55	14
60	16
65	17
70	19
75	16
80	18
85	19
90	22
95	18
100	21
105	19
110	24
115	20
120	22
125	19
130	22
135	18
140	23
145	21
150	22
155	21
160	18
165	11
170	9
175	14
180	18
185	10
190	16
195	7
200	13
205	12
210	14
215	8
220	14
225	15
230	12
235	7
240	10
245	5
250	2

D2. Indata/utdata känslighets simulering simulex:

Number of Floors = 1
 Number of Staircases = 2
 Number of Exits = 3
 Number of Links = 4
 Number of People = 1100

 Floor 0 (DXF file: Drawing1.dxf) (Size: 89.688,32.056 metres)
 Number of People Initially in This Floor = 1100
 Link 1 : (66.70,26.50 m), 0.00 degrees, 3.00 m wide, connected to Staircase 0
 Link 2 : (81.00,26.60 m), 180.00 degrees, 3.00 m wide, connected to Staircase 0
 Link 3 : (13.77,3.23 m), -90.00 degrees, 1.50 m wide, connected to Staircase 1
 Link 4 : (13.60,1.08 m), 0.00 degrees, 1.50 m wide, connected to Staircase 1
 Exit 1 : (87.90,27.50 m), 0.00 degrees, 3.00 m wide
 Exit 2 : (11.23,0.10 m), -90.00 degrees, 2.00 m wide
 Exit 3 : (2.22,31.85 m), -90.00 degrees, 2.50 m wide

 Staircase 0 (Size: 2.400,15.000 metres)
 Number of People Initially in This Stair = 0
 Link 1 : (1.20,15.00 m), 90.00 degrees, 3.00 m wide, connected to Floor 0
 Link 2 : (1.30,0.00 m), 270.00 degrees, 3.00 m wide, connected to Floor 0

 Staircase 1 (Size: 1.700,25.000 metres)
 Number of People Initially in This Stair = 0
 Link 3 : (0.80,25.00 m), 90.00 degrees, 1.50 m wide, connected to Floor 0
 Link 4 : (0.90,0.00 m), 270.00 degrees, 1.50 m wide, connected to Floor 0

 All people reached the exit in 3:39.3.

Number of people through all exits over 5-second periods

Time(s), N (People)	
5	0
10	0
15	0
20	8
25	16
30	15
35	21
40	26
45	27
50	37
55	48
60	40
65	40
70	46
75	38
80	44
85	30
90	37
95	29
100	28
105	34
110	33
115	23
120	24
125	29

130	31
135	24
140	23
145	24
150	21
155	26
160	38
165	31
170	32
175	25
180	22
185	24
190	22
195	23
200	19
205	13
210	12
215	11
220	6

E. CFAST Datalistor

E1. Indata CFAST Brand i försäljningsdiskar

```

VERSN 3User Defined Base Case
#VERSN 3 User Defined Base Case
TIMES 1000 0 10 20 0
ADUMP BILJETL3 N
TAMB 293.150 101300.000000
EAMB 293.150 101300.000000
HI/F 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
WIDTH 20.0000 22.0000 22.0000 22.0000 22.0000 22.0000 22.0000 22.0000 22.0000
DEPTH 7.00000 14.0000 7.00000 14.0000 14.0000 14.0000 14.0000 7.00000 14.0000
HEIGH 2.70000 5.00000 5.00000 5.00000 5.00000 5.00000 5.00000 4.00000 5.00000
CEILI HARDBDHD CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE
CONCLITE
WALLS GLASS GLASS GLASS GLASS GLASS GLASS GLASS GLASS GLASS
FLOOR CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
CONCRETE CONCRETE
#CEILI HARDBDHD CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE
CONCLITE
#WALLS GLASS GLASS GLASS GLASS GLASS GLASS GLASS GLASS GLASS
#FLOOR CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
CONCRETE CONCRETE
HVENT 1 2 1 20.0000 2.70000 1.50000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 1 2 1 0.000000 0.000000 0.000000 0.400000 0.500000 0.500000 0.500000
0.500000 0.500000 0.500000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
HVENT 1 3 1 7.00000 2.70000 1.50000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 1 3 1 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
HVENT 1 10 1 3.66000 0.0108540 0.0100000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 1 10 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
HVENT 1 10 2 3.66000 2.43000 2.42915 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 1 10 2 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
HVENT 2 4 1 12.0000 5.00000 1.50000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 2 4 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
HVENT 2 6 1 14.0000 5.00000 1.50000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 2 6 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
HVENT 2 10 1 3.66000 0.0108540 0.0100000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 2 10 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
HVENT 2 10 2 3.66000 2.43000 2.42915 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 2 10 2 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000

```



```

CVENT 7 10 2 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
HVENT 8 9 1 20.0000 4.00000 1.50000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 8 9 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
HVENT 8 10 1 3.66000 0.0108540 0.0100000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 8 10 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
HVENT 8 10 2 3.66000 2.43000 2.42915 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 8 10 2 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
HVENT 9 10 1 3.66000 0.0108540 0.0100000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 9 10 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
HVENT 9 10 2 3.66000 2.43000 2.42915 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 9 10 2 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
CHEMI 16.0000 50.0000 10.0000 1.95000E+007 293.150 493.150 0.300000
LFBO 1
LFBT 2
CJET ALL
FPOS -1.00000 -1.00000 0.000000
FTIME 80.0000 160.000 240.000 320.000 400.000 480.000 560.000 640.000
720.000 900.000 911.000 922.000 933.000 944.000 955.000 966.000 977.000
988.000 1000.00
FMASS 0.000000 0.0153892 0.0615569 0.138503 0.246227 0.384729 0.554010
0.754072 0.984908 1.24652 1.24652 0.987369 0.758385 0.559564 0.390910 0.252421
0.144098 0.0659410 0.0179499 0.000000
FQDOT 0.000000 300089. 1.20036E+006 2.70080E+006 4.80142E+006 7.50222E+006
1.08032E+007 1.47044E+007 1.92057E+007 2.43072E+007 2.43072E+007 1.92537E+007 1.47885E+007
1.09115E+007 7.62274E+006 4.92221E+006 2.80991E+006 1.28585E+006 350024. 0.000000
HCR 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000
0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000
0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000
OD 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000
0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000
0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000
CO 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000
0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000
0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000
SELECT 1 2 3
#GRAPHICS ON
DEVICE 1
WINDOW 0. 0. -100. 1280. 1024. 1100.
LABEL 1 970. 960. 0. 1231. 1005. 10. 15 00:00:00 0.00 0.00
GRAPH 1 100. 50. 0. 600. 475. 10. 3 TIME HEIGHT
GRAPH 2 100. 550. 0. 600. 940. 10. 3 TIME CELSIUS
GRAPH 3 720. 50. 0. 1250. 475. 10. 3 TIME FIRE_SIZE(kW)
GRAPH 4 720. 550. 0. 1250. 940. 10. 3 TIME O|D2|O()
HEAT 0 0 0 3 1 U
HEAT 0 0 0 3 2 U
HEAT 0 0 0 3 3 U
HEAT 0 0 0 3 4 U

```

HEAT 00003 5U
HEAT 00003 6U
HEAT 00003 7U
HEAT 00003 8U
HEAT 00003 9U
TEMPE 00002 1U
TEMPE 00002 2U
TEMPE 00002 3U
TEMPE 00002 4U
TEMPE 00002 5U
TEMPE 00002 6U
TEMPE 00002 7U
TEMPE 00002 8U
TEMPE 00002 9U
INTER 00001 1U
INTER 00001 2U
INTER 00001 3U
INTER 00001 4U
INTER 00001 5U
INTER 00001 6U
INTER 00001 7U
INTER 00001 8U
INTER 00001 9U
O2 00004 1U
O2 00004 2U
O2 00004 3U
O2 00004 4U
O2 00004 5U
O2 00004 6U
O2 00004 7U
O2 00004 8U

O2 00004 9U