

Riskbaserad brandteknisk analys av diskotekslokaler

*Erik Leveau
Martin Åberg*

Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Report 5060, Lund 2000

Riskbaserad brandteknisk analys av diskotekslokaler

**Erik Leveau
Martin Åberg**

Lund 2000

Riskbaserad brandteknisk analys av diskotekslokaler
Quantitative Fire Riskanalysis of Discotheques

Erik Leveau & Martin Åberg

Report 5060

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--5060--SE

Number of pages: 76

Illustrations: Leveau, Åberg

Keywords

QRA, Quantitative Risk Analysis, BSG (Swedish for qualitative design review), fire risk evaluation, performance based codes, fire protection alternatives, discotheque, acceptance criteria, CFAST, SOFIE, Detact-T2, SIMULEX

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the safety of people located in discotheques in case of fire. A quantitative fire riskanalysis (QRA) for three different types of discotheques is carried out. The analysis is based on performance based codes from which fire protection alternatives are analysed. The results of the quantitative fire riskanalysis are described as risk profiles and average risks of the three analysed discotheques. (Swedish)

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2000.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

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

Telefon: 046 - 222 73 60
Telefax: 046 - 222 46 12

Department of Fire Safety Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

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

Telephone: +46 46 222 73 60
Fax: +46 46 222 46 12

Sammanfattning

Syftet med detta projektarbete är att undersöka personsäkerheten för diskotekslokaler, med avseende på brand. Tre typobjekt är framtagna med syftet att täcka in så stor del som möjligt av det totala antalet diskotek i Sverige. Dessa typobjekt är lägenhetslokal, konsertlokal och öppen tvåplanslokal.

För att bedöma huruvida personsäkerheten i en byggnad är tillfredsställande används acceptanskriterier för kritiska förhållanden vid utrymning. Förutom kritiska förhållanden, med avseende på brand, har även dödliga förhållanden studerats. Kritiska förhållanden definieras utifrån de råd och bestämmelser som finns i Boverkets byggregler (BBR). Vad gäller dödliga förhållanden finns det inte några fastlagda kriterier, men ett förslag som är framarbetat har applicerats i detta projekt. Dessa kriterier, för kritiska och dödliga förhållanden, tar inte hänsyn till sannolikhet för branduppkomst och olika brandtekniska systems tillförlitlighet, vilket däremot riskbaserade kriterier gör. Det finns dock inga fastlagda absoluta riskbaserade acceptanskriterier, men ett förslag som är framtaget har tagits i anspråk i detta projektarbete.

Metoden som används för att undersöka personsäkerheten för de tre diskotekslokalerna är riskbaserad brandteknisk analys. Analysen innefattar de tre stegen brandskyddsgenomgång, riskanalys och riskvärdering. Brandskyddsgenomgången kartlägger information beträffande den aktuella byggnadens brandsäkerhet. I riskanalysen analyseras risken, med avseende på brand, för byggnaden genom framtagande av händelseträd. Händelseträden är uppbyggda av ett antal händelser med sannolikheter och konsekvenser. De datorprogram som används för att analysera brandförlopp och utrymning är CFAST, SOFIE, Detact-T2 och SIMULEX. Risken värderas därefter utifrån de händelseträd som skapas i riskanalysen. Målet med denna värdering är att jämföra risken mellan olika brandskyddslösningar.

I samband med den riskbaserade analysen är det önskvärt att jämföra en brandteknisk lösning med en av samhället acceptabel risknivå. Analysen utgår därför ifrån brandskyddslösningen förenklad dimensionering som är en lösning baserad på de råd som finns i BBR. Utifrån denna brandskyddslösning har även de förbättrande brandskyddsåtgärderna ökning av entrébredd och installation av sprinklersystem analyserats.

Resultaten av den riskbaserade brandtekniska analysen presenteras i form av riskprofiler och medelrisker för de tre diskotekslokalerna. Riskprofilerna, som konstrueras utifrån de framtagna händelseträden, visar antal personer för respektive diskotekslokal som förväntas utsättas för kritiska alternativt dödliga förhållanden med avseende på brand i förhållande till frekvensen för detta per år. Medelrisken definieras som antal personer som förväntas utsättas för kritiska alternativt dödliga förhållanden per år.

Denna riskanalys, av de tre fiktiva diskotekslokalerna, ger resultat som tyder på att personsäkerheten med avseende på brand är låg för dessa tre diskotekstyper. Resultatet ger i jämförelse med det framtagna förslaget av absolut acceptanskriterium, som baseras på statistik på inträffade bränder i byggnader, en betydligt högre medelrisk. Den stora skillnaden i medelrisk beror på alla de antaganden och approximationer som ingår i riskanalysmetodiken. Vid en jämförelse mellan de tre diskotekslokalerna har den öppna tvåplanslösningen lägst medelrisk och därmed ett bättre personskydd än de övriga två diskotekslokalerna. Vad gäller brandskyddsåtgärder ger bredare entré inte någon nämnvärd förbättring, med avseende på personsäkerheten, i någon av de tre diskotekslokalerna. Installation av sprinkler som brandskyddsåtgärd leder däremot till en avsevärd förbättring i konsertlokalen och den öppna tvåplanslokalen, men har en mindre effekt i lägenhetslokalen.

Förord

I samband med detta projektarbete har ett antal personer varit till stor hjälp. De har varit tillgängliga för att svara på frågor samt ge vägledning. Vi vill först och främst tacka våra handledare:

Per Becker, Malmö Brandkår
Johan Lundin, Brandteknik, LTH

Vi vill även tacka följande personer:

Håkan Frantzich, Brandteknik, LTH
Daniel Gojkovic, Brandteknik, LTH
Göran Holmstedt, Brandteknik, LTH
Henrik Johansson, Brandteknik, LTH
Colin McIntyre, Statens Räddningsverk
Karin Mårtensson, Svenska Brandförsvarsförening

Dessutom vill vi tacka övrig personal på Brandteknik samt personal på besökta diskotekslokaler.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	SYFTE.....	1
1.3	MÅL	2
1.4	METOD.....	2
1.5	AVGRÄNSNINGAR	2
1.6	TIDIGARE DISKOTEKSBRÄNDER.....	2
1.6.1	<i>Makedoniska Föreningens lokaler i Göteborg</i>	2
1.6.2	<i>Hotell Stadt i Borås</i>	3
1.6.3	<i>Diskotek Stardust i Dublin</i>	4
1.6.4	<i>Slutsatser från tidigare diskoteksbränder</i>	5
2	TYPER AV BRANDTEKNISK DIMENSIONERING.....	7
2.1	INTRODUKTION	7
2.2	FÖRENKLAD DIMENSIONERING.....	7
2.3	DIMENSIONERING GENOM BERÄKNING.....	7
2.3.1	<i>Konsekvensbaserad brandteknisk dimensionering</i>	8
2.3.2	<i>Riskbaserad brandteknisk dimensionering</i>	8
3	METOD FÖR RISKBASERAD BRANDTEKNISK DIMENSIONERING.....	11
3.1	ALLMÄNT.....	11
3.2	BRANDSKYDDSGENOMGÅNG.....	11
3.2.1	<i>Genomgång av utförande</i>	11
3.2.2	<i>Karaktisering av objekt</i>	11
3.2.3	<i>Mål för brandskydd</i>	12
3.2.4	<i>Utrymningsstrategi</i>	12
3.2.5	<i>Kritisk alternativt dödlig påverkan vid brand</i>	13
3.2.6	<i>Acceptanskriterier</i>	13
3.2.7	<i>Brandscenarier</i>	14
3.2.8	<i>Brandskydd</i>	15
3.3	RISKANALYS	15
3.3.1	<i>Händelser</i>	16
3.3.2	<i>Händelseträd</i>	16
3.3.3	<i>Analys av brandförlopp</i>	16
3.3.4	<i>Analys av konsekvens</i>	17
3.4	RISKVÄRDERING	18
4	OBJEKTSTYPER.....	19
4.1	VAL AV OBJEKTSTYPER.....	19
4.2	LÄGENHETSLOKAL.....	19
4.3	KONSERTLOKAL	19
4.4	ÖPPEN TVÅPLANSLOKAL	19
5	RISKBASERAD BRANDTEKNISK ANALYS AV LÄGENHETSLOKALEN.....	21
5.1	BRANDSKYDDSGENOMGÅNG.....	21
5.1.1	<i>Genomgång av utförande</i>	21
5.1.2	<i>Karaktisering av objekt</i>	21
5.1.3	<i>Mål för brandskydd</i>	23
5.1.4	<i>Utrymningsstrategi</i>	23
5.1.5	<i>Kritisk och dödlig påverkan vid brand</i>	23
5.1.6	<i>Acceptanskriterier</i>	23
5.1.7	<i>Brandscenarier</i>	23
5.1.8	<i>Brandskydd</i>	26
5.2	RISKANALYS	29
5.2.1	<i>Händelser</i>	29
5.2.2	<i>Händelseträd</i>	31
5.2.3	<i>Analys av brandförlopp</i>	31
5.2.4	<i>Analys av konsekvens</i>	33

5.3	RISKVÄRDERING	36
6	RISKBASERAD BRANDTEKNISK ANALYS AV KONSERTLOKALEN	39
6.1	BRANDSKYDDSGENOMGÅNG.....	39
6.1.1	Genomgång av utförande	39
6.1.2	Karakterisering av objekt	39
6.1.3	Mål för brandskydd.....	40
6.1.4	Utrymningsstrategi	40
6.1.5	Kritisk och dödlig påverkan vid brand	41
6.1.6	Acceptanskriterier.....	41
6.1.7	Brandscenarier	41
6.1.8	Brandskydd	42
6.2	RISKANALYS	43
6.2.1	Händelser.....	43
6.2.2	Händelseträd	43
6.2.3	Analys av brandförlopp	43
6.2.4	Analys av konsekvens.....	45
6.3	RISKVÄRDERING	47
7	RISKBASERAD BRANDTEKNISK ANALYS AV TVÅPLANSLOKALEN	49
7.1	BRANDSKYDDSGENOMGÅNG.....	49
7.1.1	Genomgång av utförande	49
7.1.2	Karakterisering av objekt	49
7.1.3	Mål för brandskydd.....	51
7.1.4	Utrymningsstrategi	51
7.1.5	Kritisk och dödlig påverkan vid brand	51
7.1.6	Acceptanskriterier.....	51
7.1.7	Brandscenarier	51
7.1.8	Brandskydd	52
7.2	RISKANALYS	54
7.2.1	Händelser.....	54
7.2.2	Händelseträd	54
7.2.3	Analys av brandförlopp i CFAST.....	54
7.2.4	Analys av brandförlopp i SOFIE	56
7.2.5	Analys av konsekvens.....	57
7.2.6	Konsekvensjämförelse av resultat från CFAST och SOFIE.....	58
7.3	RISKVÄRDERING	59
8	JÄMFÖRELSE MED AVSEENDE PÅ DE TRE DISKOTEKSLOKALERNA.....	61
8.1	JÄMFÖRELSE MELLAN DE TRE DISKOTEKSLOKALERNA	61
8.2	JÄMFÖRELSE MELLAN DE TRE DISKOTEKSLOKALERNA OCH DET FRAMTAGNA FÖRSLAGET AV ACCEPTANSKRITERIUM	62
9	SLUTSATSER OCH DISKUSSION	63
9.1	FINNS DET STORA SKILLNADER I PERSONSÄKERHET MELLAN OLIKA TYPER AV DISKOTEKSLOKALER?.....	63
9.2	HUR FÖRBÄTTRAS PERSONSÄKERHETEN MED HJÄLP AV BRANDSKYDDSÅTGÄRDER?	63
9.3	VILKA FAKTORER HAR STOR INVERKAN PÅ RISKANALYSENS RESULTAT?	64
9.4	STÄMMER RESULTATEN FRÅN DENNA RISKANALYS VÄL ÖVERENS MED STATISTIK FRÅN INTRÄFFADE BRÄNDER?	65
9.5	ÄR PERSONSÄKERHETEN, MED AVSEENDE PÅ BRAND, TILLRÄCKLIG PÅ DISKOTEK I SVERIGE IDAG?	66
9.6	ANVÄNDNINGSMÖJLIGHETER FÖR ANALYSENS RESULTAT.....	66
9.7	FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE OCH FORSKNING.....	66
	REFERENSER	69
	APPENDIXFÖRTECKNING.....	71

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Det har inträffat ett antal katastrofbränder på diskotek, där ett stort antal personer har omkommit. Diskoteken har dessutom förändrats avsevärt sedan de detaljråd, som lever kvar i Boverkets byggregler (BBR) från tidigare gällande byggregler, togs fram. Med bakgrund av detta finns det behov av att analysera personsäkerheten med avseende på brand för diskotek.

Enligt Boverkets byggregler kan brandskyddet utföras efter dimensionering genom beräkning. För att bedöma huruvida personsäkerheten i en byggnad är tillfredställande används acceptanskriterier för kritiska förhållanden vid utrymning. Dessa kriterier tar dock inte hänsyn till sannolikhet för branduppkomst och olika brandtekniska systems tillförlitlighet, vilket däremot riskbaserade kriterier gör. Det finns dock inga riskbaserade kriterier för en, av samhället, acceptabel risknivå i Boverkets byggregler. I samband med riskbaserad dimensionering genom beräkning är det önskvärt att kunna jämföra den tekniska lösningen med en av samhället acceptabel risknivå, som kan användas till riskbaserade kriterier. Om det förutsätts att förenklad brandteknisk dimensionering, som är en lösning baserad på de råd som finns i BBR, accepteras av samhället bör även en motsvarande risknivå kunna definieras. Det finns dock objekt där användandet av förenklad dimensionering kan ifrågasättas. Ett exempel är diskotek eftersom de detaljråd som återfinns i BBR är framtagna långt tillbaka i tiden, då denna typ av verksamheter hade ett annat utseende.

Med bakgrund av detta analyseras risknivån för diskotek med utgångspunkt från förenklad dimensionering för att undersöka denna metods lämplighet i detta avseende. Dessutom analyseras förbättrande brandskyddsåtgärder och jämförs med förenklad dimensionering. De förbättrande brandskyddsåtgärder är framförallt knutna till aktiva och passiva system.

Förutom kritiska förhållanden, med avseende på brand för personer, kan även dödliga förhållanden studeras. Kritiska förhållanden definieras utifrån de råd och bestämmelser som finns i Boverkets byggregler. Vad gäller dödliga förhållanden finns det inte några fastlagda kriterier, men ett förslag är framarbetat av Brandskyddslaget [1].

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att bestämma risknivån för ett antal typexempel av diskotek samt att analysera vilken riskreducerande effekt olika brandskyddsåtgärder ger på dessa diskotek. Resultatet av detta projektarbete kan sedan vara till hjälp i samband med framtagandet av de riktlinjer för brandteknisk dimensionering som Malmö Brandkår håller på att utveckla tillsammans med Københavns Brandvæsen, Helsingborgs Brandförsvär, Lunds Brandförsvär och Brandteknik, LTH [2].

Projektet leder även till att projektarbetarnas kritiska tänkande utvecklas samt att de förfinar sina kunskaper beträffande den arbetsmetodik som används vid riskbaserad brandteknisk dimensionering.

1.3 Mål

Målet med detta projektarbete är att utifrån nedanstående frågeställningar utvärdera personsäkerheten på diskotek.

Finns det stora skillnader i personsäkerhet mellan olika typer av diskotekslokaler?
Hur förbättras personsäkerheten med hjälp av brandskyddsåtgärder?
Vilka faktorer har stor inverkan på riskanalysens resultat?
Stämmer resultaten från denna riskanalys väl överens med statistik från inträffade bränder?
Är personsäkerheten, med avseende på brand, tillräcklig på diskotek i Sverige idag?

1.4 Metod

Utifrån information om olika typer av diskotekslokaler, framförallt genom studiebesök och ritningar, väljs ett antal typexempel ut. Dessa typobjekt ligger sedan till grund för det fortsatta arbetet.

Varje typobjekt analyseras med hjälp av den riskbaserade dimensioneringsmetod som presenteras i kapitel 3. Simuleringar utförs med hjälp av datorprogram för att bestämma antalet drabbade vid de olika sluthändelserna. Slutresultatet presenteras i form av riskprofiler för de olika typobjekten och typlösningarna.

1.5 Avgränsningar

Personrisken är den risk som undersöks vilket innebär att projektet inriktas på att studera utrymningsförlopp samt brandgasers påverkan på människor vid bränder. Övriga tekniska egenskapskrav som ställs i BVF, förordningen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk med avseende på brand [3], beaktas ej. De egenskapskrav som ej beaktas är byggnadens bärande konstruktioner, begränsning av brand till närliggande byggnader samt räddningsmanskapets säkerhet.

Denna undersökning av personrisk behandlar ej specifika diskotek och därför studeras ett antal typexempel av diskotek. Endast tre typer av diskotekslokaler analyseras ingående.

De ekonomiska skillnader som finns mellan olika brandskyddslösningar har inte beaktats i detta projektarbete.

1.6 Tidigare diskoteksbränder

För att få en förståelse för vad bränder i diskotekslokaler kan leda till samt att finna gemensamma förhållanden dem emellan, presenteras nedan tre katastrofbränder som inträffat i Sverige respektive Irland.

1.6.1 Makedoniska Föreningens lokaler i Göteborg

Vid katastrofbranden strax före midnatt torsdagen den 29:e oktober 1998 i en diskotekslokal på Hisingen i Göteborg omkom 63 ungdomar och 182 skadades.

Diskotekslokalen som var belägen på andra våningen hade två utrymningsvägar. En utrymningsväg via entrén och den andra i motsatt riktning via ett trapphus följt av en kulvert.

Dörren mellan trapphuset och kulverten stod öppen. I trappan och på avsatsen på andra våningen ut från festlokalen var bord och stolar staplade. På bottenplanet i anslutning till trappan fanns en brickställning och sopsäckar. Branden startade med största sannolikhet på trappans mittavsats där stolar stod staplade. Branden blev snabbt underventilerad och producerade stora mängder giftiga gaser. När det hade brunnit i cirka 10-20 minuter öppnade någon dörren till nödutgången. Då strömmade frisk luft in från den öppna kulvertdörren genom trapphuset och en skorstenseffekt uppstod. Det kraftiga draget tryckte in brandgaser och lågor i diskoteket, allt gick mycket snabbt. Efter två minuter hade röken spridits tvärs igenom lokalen ända till entrédörren och efter fem minuter var brandgasernas intensitet så omfattande att det var svårt att ta sig ut på egen hand. När ungdomarna flydde i panik för att ta sig ut proppades den enda utgången, som bara var 82 centimeter bred, igen. Många försökte då ta sig ut genom att krossa fönster i diskotekslokalen. Följden blev en våldsam ökning av brandens intensitet eftersom frisk luft strömmade in. Dörren mellan trapphuset och kulverten stängdes först cirka en timme efter att branden hade startat [4].

Omkring 10 minuter efter att dörren till utrymningsvägen hade öppnats var den första brandkårsstyrkan på plats. Räddningstjänstens rökdykare räddade 60 ungdomar. Det har uppskattats att minst 320 personer befann sig i diskotekslokalen som var godkänd för 150 personer.

Fyra unga män har dömts för grov mordbrand.

Huvudorsakerna till det katastrofala utfallet listas nedan.

- Det fanns alldeles för många personer i lokalen.
- Brännbart material förvarades i trapphus.
- Branden hade möjlighet att växa sig stor innan den blev upptäckt.
- Brandförloppet var mycket snabbt eftersom ventilationsförhållandena ”sög” in branden i diskotekslokalen.
- En av utrymningsvägarna, där branden startade, var blockerad redan från början.
- Den andra utgången var smal, endast 82 centimeter fri bredd.
- Panik utbröt.

1.6.2 Hotell Stadt i Borås

En brand som fick ödesdigra konsekvenser inträffade på hotellet Stadt i Borås natten till lördagen den 10 juni 1978. Det var studentfest i restaurangen på andra våningen. Flertalet personer som hade befunnit sig på Stadt under kvällen hade lämnat anläggningen men cirka 150 personer, däribland åtta hotellgäster samt personal, fanns kvar.

Branden startade av okänd anledning i en papperskorg under ett roulettbord som var övertäckt med en duk. Roulettbordet var beläget på första våningen i ett smalt rum som var avskilt från foajén. Den brandcellsavskiljande dörren till foajén stod dock vidöppen vilket ledde till att brandgaserna fick fri väg till andra våningen via en öppen trappa. En person, som befann sig i foajén, upptäckte att det kom rök från roulettrummet och skyndade dit. Han sprang sedan tillbaka till foajén och hämtade en vattensläckare men lyckades inte utlösa den. Mannen använde istället brandsläckaren till att slå ut ett fönster, för att ta sig ut den vägen, och syresatte därmed branden.

Brandgaserna började tränga in i restaurangdelen, där festen var belägen, cirka 3-6 minuter efter att branden hade upptäckts. Gästerna uppfattade inte allvaret i situationen utan ville fortsätta att festa. En man öppnade ett fönster för att vädra ut vilket ledde till ett kraftigt korsdrag. Rök vällde in i restaurangen och panik uppstod. Första larmet till brandkåren kom cirka en minut senare troligtvis från någon på hotellet. Den naturliga utrymningsvägen via entrén var spärrad på grund av branden. Cirka 100 personer tog sig ut på egen hand, varav ett 50-tal utrymde via fönster och ett 50-tal via en nödutgång. Räddningstjänstens rökdykare räddade 30 personer. 20 personer som befann sig i byggnaden omkom på grund av branden [5].

Huvudorsakerna till det katastrofala utfallet listas nedan.

- Den branddörr som skulle avskilja det rum där branden startade från foajén och trappan stod öppen.
- Branden var omfattande innan den upptäcktes.
- Brandens belägenhet hindrade utrymning genom huvudentrén.
- Utrymningsvägarna var otillräckliga. Detta hade påpekats av Borås brandförsvär redan två år tidigare.
- Panik utbröt.

1.6.3 Diskotek Stardust i Dublin

Vid en brand på diskotek Stardust i Dublin omkom 48 personer 1981.

Diskotekslokalen var utformad som tre stora rum i ett plan med sju utrymningsvägar. Dessutom fanns, på samma plan, en folktom hörsal som var avskild från diskoteket med en flamskyddsimpregnerad ridå. I hörsalen fanns stolsrader med stoppning av PVC (polyvinylklorid) och polyuretanskum. Den bakre väggen var beklädd med något mattliknande tyg som hade kontakt med stolsraden längst bak i salen och sträckte sig upp till taket. Av någon okänd anledning började det brinna i den bakre stolsraden och branden spred sig sedan till väggen. Brandgaser läckte i detta skede ut till diskotekslokalen och ridån rullades upp. Därefter gick brandförloppet mycket snabbt, samtliga stolsrader började brinna och flammor och rök avancerade i rask takt till huvuddelen av diskotekslokalen. De 800 personer som befann sig på diskoteket greps av panik [6].

Huvudorsakerna till det katastrofala utfallet listas nedan.

- Branden hade möjlighet att växa sig stor innan den blev upptäckt.
- Panik utbröt.

1.6.4 Slutsatser från tidigare diskoteksbränder

Københavns Brandvæsen har studerat de bränder som presenteras ovan och ytterligare tre diskoteksbränder [7]. Dessa tre bränder inträffade i Spanien och Belgien mellan 1984 och 1994. Nedan följer slutsatser från de sex brandkatastroferna:

- Alla bränder har haft ett våldsamt brandförlopp. Vid flera tillfällen har brandförloppet varit så snabbt att personerna i lokalen inte hunnit utrymma trots att antalet och bredden på utrymningsvägarna varit fullt tillräcklig enligt praxis.
- Startutrymmet för alla bränder har varit ett avskilt eller ett sekundärt rum, där personer normalt inte befinner sig. Därmed har bränderna hunnit växa sig stora innan de upptäckts.
- Vid tre av bränderna var en eller flera utrymningsvägar blockerade.
- Vid flera bränder har det varit svårt att hitta utrymningsvägar vilket lett till att personer återvänt till brandutrymmet.

2 Typer av brandteknisk dimensionering

2.1 Introduktion

Det som styr hur brandteknisk dimensionering genomförs är de byggföreskrifter, lagar och förordningar som gäller, exempelvis Boverkets byggregler (BBR), lag om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m. m. (BVL), förordning om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m. m. (BVF). Sedan 1994 har Sverige haft funktionsbaserade byggregler. I och med de funktionsbaserade byggföreskrifternas genombrott är det upp till projektören att välja dimensioneringsmetod så att det kan visas att föreskrifterna är uppfyllda [8].

Två olika typer av funktionsbaserade dimensioneringsmetoder kan urskiljas:

- förenklad dimensionering
- dimensionering genom beräkning

2.2 Förenklad dimensionering

Förenklad dimensionering baseras helt på de råd som ges i BBR. Detta dimensioneringsunderlag har sitt ursprung i tidigare byggnormer. Metoden är i princip den samma som användes innan de funktionsbaserade föreskrifterna infördes. Namn som har använts tidigare för samma metod är bland annat standardmetod, preskriptiv metod och schablonmetod.

Detaljregler används vid den förenklade dimensioneringsmetoden. Detta leder till att alla de detaljkrav som är relevanta för det aktuella objektet måste följas. Ett exempel på sådana krav som skall vara uppfyllda är att gångavståndet till den närmaste utrymningsvägen i en samlingslokal inte får överstiga 30 meter [9].

Om avsteg från metoden görs är det direkt fråga om dimensionering genom beräkning, se kapitel 2.3. Anledningen till detta är att de nya osäkerheter som införs med nya antaganden inte är beaktade i de förutsättningar som den förenklade metoden bygger på.

Fördelen med förenklad dimensionering är att den är enkel, både för projektören och för den person som skall kontrollera. Nackdelen med metoden är att den kan upplevas som inflexibel och bli dyr när den tillämpas på komplicerade byggnader [8].

2.3 Dimensionering genom beräkning

Dimensionering genom beräkning motsvarar all projektering som inte utförs genom förenklad dimensionering och måste därför verifieras på annat sätt. Detta kan vara allt från användning av handböcker för brandteknisk dimensionering som leder till små avsteg från förenklad dimensionering till riskbaserad brandteknisk dimensionering, se kapitel 2.3.2. Projektören skall visa att den föreslagna lösningen uppfyller samhällets krav på säkerhet enligt BBR. Eftersom utförligheten av denna verifiering beror väldigt mycket på vilka avsteg som skall verifieras samt på vilka mål som skall eftersträvas delas dimensionering genom beräkning upp i två undergrupper i denna rapport, se kapitel 2.3.1 och 2.3.2. Känslighetsanalyser bör genomföras med avseende på valda indata [9].

Fördelen med metoden är att brandskyddet kan anpassas efter den aktuella verksamheten i den aktuella byggnaden på ett sätt som inte är möjligt med den förenklade metoden. Detta leder till att det i många fall går att genomföra en friare utformning av byggnaden. Kostnader för brandskydd kan därmed optimeras med hjälp av metoden [8].

Dimensionering genom beräkning är dock vanligtvis mer tidskrävande och kunskapsintensiv. Eftersom metoden bygger på att säkerheten skall verifieras behövs exempelvis kunskap om de osäkerheter som ingår, applicerbarheten av beräkningsverktyg i den aktuella situationen samt hur den föreslagna lösningen kan vidmakthållas under byggnadens livslängd. Det krävs därmed att utföraren har högre kompetens, i detta fall jämfört med om förenklad dimensionering används. Det kvarstår dessutom arbete med att definiera hur dimensionering genom beräkning skall utföras och vilka krav som bör ställas på sådant arbete.

Namn som tidigare har använts för metoden är bland annat ingenjörsmetoden, nyanserad dimensionering, analytisk metod och beräkningsmetoden [8].

Dimensionering genom beräkning kan delas in i de två undergrupperna:

- konsekvensbaserad brandteknisk dimensionering
- riskbaserad brandteknisk dimensionering

2.3.1 Konsekvensbaserad brandteknisk dimensionering

Denna undergrupp motsvarar brandtekniska konsekvensanalyser, där beräkningar används för att verifiera att ett givet brandskydd ger den eftersträlvade funktionen. Dessa dimensioneringsmetoder är utarbetade för att användas vid avsteg från förenklad dimensionering som påverkar mer än en parameter, till exempel öppen planlösning som kompenseras med fler utrymningsvägar. Detta påverkar hela systemet i lokalen, vilket medför att flera parametrar måste analyseras, till exempel brandförlopp, brandgasfyllnad, total utrymningstid med mera. Eftersom dessa dimensioneringsmetoder medför osäkerheter är det önskvärt att antingen välja konservativ indata eller använda säkerhetsfaktorer. Dimensioneringsmetoden förutsätter att alla system fungerar och det är därför viktigt att även utreda vad som händer om något går snett [2].

2.3.2 Riskbaserad brandteknisk dimensionering

De mest komplicerade beräkningarna är de som omfattar flera olika delsystem. Ett delsystem kan exempelvis bestå av automatiskt släcksystem, utrymning av byggnaden, brandförlopp samt spridning av brandgaser. Riskbaserade verifikationsmetoder krävs i dessa fall eftersom de brandtekniska alternativen är mycket situationsanpassade [8]. Vid riskbaserad dimensionering används händelseträdsmetodik. Denna metodik hanterar sannolikheter för olika händelser, som till exempel uppkomst av brand eller att säkerhetssystemen inte fungerar. Konsekvenserna för de olika sluthändelserna beräknas med hjälp av resultat från exempelvis simulering av utrymning och brandförlopp. Eftersom dessa dimensioneringsmetoder medför osäkerheter är det även här önskvärt att välja konservativ indata.

Det som skiljer riskbaserad dimensionering genom beräkning från de ovan beskrivna dimensioneringsmetoderna, se kapitel 2.2 och 2.3.1, är att den ger möjligheten att kvantitativt jämföra risken för personerna i den aktuella byggnaden för olika lösningar.

Det är önskvärt att denna typ av metod används för att verifiera brandskyddet i byggnader med krav på väldigt speciella lösningar som medför mycket stora avsteg från förenklad dimensionering.

Den metod, som används för den brandtekniska analysen i detta projektarbete, baseras på den riskbaserade brandtekniska dimensioneringsmetod som presenteras i kapitel 3.

3 Metod för riskbaserad brandteknisk dimensionering

3.1 Allmänt

I detta projektarbete analyseras personsäkerheten, med avseende på brand, för diskotekslokaler. Analysmetoden som används baseras på den riskbaserade brandtekniska dimensioneringsmetod som presenteras i detta kapitel. Delar av denna dimensioneringsmetodik utgår från utländska handböcker i brandteknisk dimensionering [10], [11]. Metoden har dock omarbetats för att passa svenska förhållanden bättre [12]. Den riskbaserade brandtekniska dimensioneringsmetoden är indelad i tre steg och beskrivs mer ingående senare i detta kapitel. De tre stegen är:

- brandskyddsgenomgång
- riskanalys
- riskvärdering

3.2 Brandskyddsgenomgång

Brandskyddsgenomgången (BSG) är det första steget av tre i den riskbaserade dimensioneringsmetoden. Syftet med denna genomgång är att kartlägga relevant information beträffande byggnadens brandsäkerhet. En brandskyddsgenomgång innehåller flera delar, som i kronologisk ordning beskrivs närmare senare i detta kapitel. Dessa delar är:

- genomgång av utförande
- karakterisering av objekt
- mål för brandskydd
- utrymningsstrategi
- kritisk påverkan vid brand
- acceptanskriterier
- brandscenarier
- brandskydd

3.2.1 Genomgång av utförande

Det första steget vid en brandskyddsgenomgång är att insamla all relevant information angående byggnadens utförande, placering, användningsområde och brandskydd. Denna insamling görs framförallt för att få en förståelse för hur byggnaden ska utföras och användas samt hur detta påverkar byggnadens brandsäkerhet. Ett annat syfte med denna genomgång är att i god tid upptäcka brister i byggnadens brandskydd och därmed minska kostnaderna av eventuella ändringar med avseende på detta i ett senare skede av byggprocessen.

3.2.2 Karakterisering av objekt

I detta avsnitt behandlas den information som insamlats i genomgången i kapitlet ovan. Karakteriseringen av objektet sker genom att informationen delas in i fyra olika delar med avseende på byggnaden, inre och yttre miljö, personerna i byggnaden och hantering av brandsäkerheten.

Byggnaden

I denna del presenteras den information, vad gäller byggnadens utförande och verksamhet, som senare behövs för att analysera brandspridningen och personsäkerheten. Denna information används som indata vid olika typer av simuleringar med avseende på brandspridning och utrymning, som beskrivs närmare i analysen i kapitel 3.2.

Inre och yttre miljö

Den inre och yttre miljön påverkar en byggnads brandsäkerhet med avseende på temperaturer och lufrörelser. Temperaturen inne i byggnaden kan påverkas av stora takhöjder vilket ger temperaturskillnader i höjdled och lufrörelser uppstår vid användning av mekanisk ventilation. Vad gäller den yttre miljön kan det uppstå problem vid låga temperaturer tillsammans med riklig nederbörd. Då kan stora mängder snö försvåra användningen av rökluckor och utrymningsvägar. Även hård vind kan påverka dessa faktorer negativt.

Personerna i byggnaden

Här bedöms det förväntade antalet personer som vistas i byggnaden vid en viss tidpunkt. Vad gäller diskotek antas det maximalt tillåtna personantalet vara ett realistiskt värde. Det är även intressant att känna till var i byggnaden dessa personer finns och hur de fördelar sig. En annan typ av information som är viktig att ta fram är olika typer av fysiska och psykiska faktorer för de personer som förväntas befinna sig i byggnaden. Dessa faktorer är, med avseende på diskotekbesökare, lokalkännedom, drogpåverkan, ålder, fysisk status samt förmåga att uppfatta ljud- och ljussignaler.

Hantering av brandsäkerheten

Vad gäller hanteringen av brandsäkerheten i en byggnad är det framförallt information angående ansvar som skall tas fram. Vem har ansvar för byggnadens brandsäkerhet och vilken kompetens har denna person? Annan typ av information som är bra att ta fram är personalutbildning, övningsfrekvens och brandsynfrekvens.

3.2.3 Mål för brandskydd

I detta avsnitt klarläggs vilka mål som styr det dimensionerande brandskyddet. Vid brandteknisk dimensionering är de stora grundmålen för projektören att förhindra eller minska sannolikheten för uppkomst av brand samt att minimera konsekvenserna av den. Vad gäller begränsningen av konsekvenserna kan, enligt BVF, personskydd, egendomsskydd och räddningsmanskapets säkerhet studeras. Det finns dock inga krav på miljöskydd med avseende på brand i BVF. Det är även viktigt att klarlägga om målsättningen är att finna en acceptabel miniminivå eller att nå en högre nivå med stora marginaler.

3.2.4 Utrymningsstrategi

Här presenteras den utrymningsstrategi som skall användas i byggnaden. De olika strategierna är total utrymning av samtliga personer ut ur byggnaden samt utrymning till en säker plats inom byggnaden för vidare transport ut ur byggnaden vid ett senare tillfälle. I utrymningsstrategin skall det även anges om det finns personal som hjälper till och styr utrymningen samt om det behövs hjälp utifrån. Utrymningsvägarnas placering i byggnaden är också information som skall tas upp.

3.2.5 Kritisk alternativt dödlig påverkan vid brand

En förutsättning för att kunna ta fram konsekvenser av en brand är att kritiska alternativt dödliga gränsvärden definieras med avseende på människors påverkan av en brand. Detta innebär att en accepterad påverkan måste bestämmas genom att sätta upp gränser med avseende på detta. Gränserna får därefter inte överskridas innan utrymningen är fullbordad. Dessa gränsvärden är intimt förbundna med de tidigare satta målen. Då kritiska gränsvärden skall sättas är det vanligast att utgå från råd och bestämmelser som finns i Boverkets byggregler [9]. Gränsvärden för dödlig påverkan är inte fastställda, men ett förslag presenteras nedan [1]. Kritiska gränsvärden och förslag till dödliga gränsvärden presenteras i tabell 3.1 respektive 3.2 nedan.

Brandgaslagrets höjd	Brandgasnivå lägst $1,6+(0,1 \times H)$ meter, där H är rumshöjden [9]
Siktbarhet	Lägst 5 meter sikt i små utrymmen och lägst 10 meter sikt i övriga utrymmen [23]
Temperatur	Högst 80°C lufttemperatur [9]
Värmestrålning	En kortvarig strålningsintensitet på maximalt 10 kW/m ² [9] En strålningsintensitet på <2,5 kW/m ² i maximalt 5 minuter [11], [10]
Toxicitet	O ₂ : Lägst 15% /B/ CO: Högsta tillåtna koncentration kolmonoxid är 0.2 vol% /B/ CO ₂ : Högst 5 vol% /B/

Tabell 3.1: Kritiska gränsvärden

Brandgaslagrets höjd	Brandgasnivå lägst 1,5 meter
Siktbarhet	<3 meter sikt vid korta avstånd och <10 meter sikt vid långa avstånd
Temperatur	>120°C
Värmestrålning	>2,5 kW/m ²

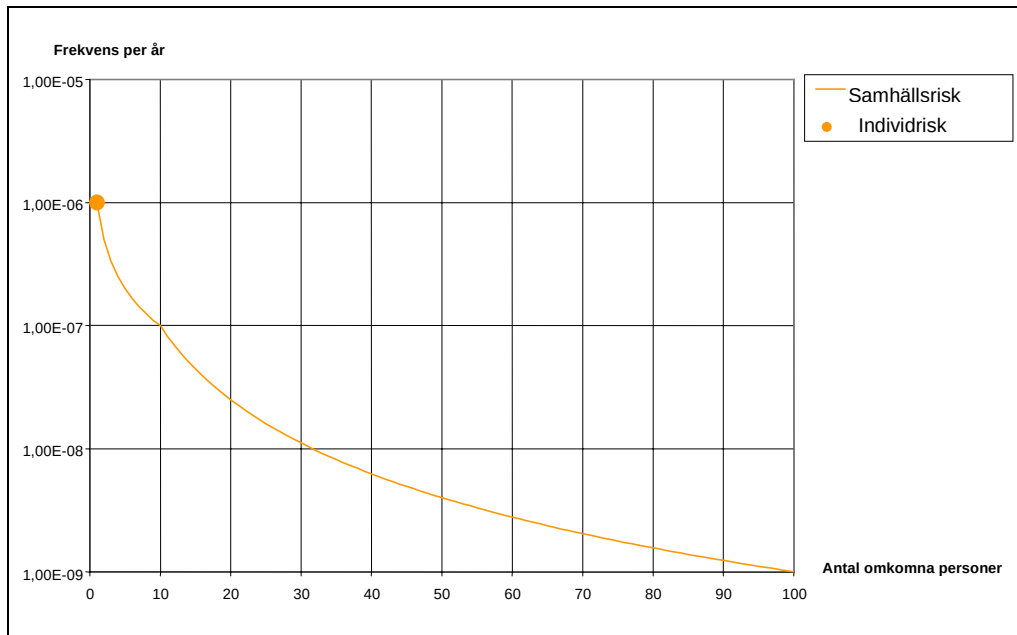
Tabell 3.2: Förslag till dödliga gränsvärden [1].

3.2.6 Acceptanskriterier

För att kunna avgöra om brandskyddet i en byggnad är acceptabelt behövs kriterier för vad som är en acceptabel nivå för risker med avseende på brand. Dessa kriterier är beroende av de tidigare satta målen samt av vilken riskanalysmetod som används, se kapitel 3.3. Vid användning av avancerade riskanalysmetoder finns inga av samhället fastlagda acceptanskriterier. För att få en riktlinje för vad som är acceptabelt utförs ett lösningsförslag som bygger på den förenklade dimensioneringsmetoden, se kapitel 2.2. Eftersom dessa lösningar följer samtliga råd i Boverkets byggregler kan dessa resultat användas som riktlinjer för de mer avancerade riskanalysmetoderna.

Ett gemensamt förslag till absolut acceptanskritium för samtliga typer av byggnader, med undantag av bostäder, är dock framtaget av Malmö Brandkår, Københavns Brandvæsen, Helsingborgs Brandförsvär, Lunds Brandförsvär och Brandteknik, LTH, se figur 3.1. Detta acceptanskriterium har tagits fram genom att studera svensk och dansk statistik med avseende på antalet människor som omkommit i bränder per år under åren 1990 till 2000. Denna statistik ligger till grund för individrisken, uttryckt som antal omkomna till följd av brand per år. För att sedan uttrycka ett acceptanskriterium för samhällsrisk, vilket endast görs för

byggnader andra än bostäder, diskuteras hur samhället reagerar på konsekvenserna för olika olyckor. Olyckor med stora konsekvenser uppmärksammas mer i samhället och acceptanskriteriet bör därför ta hänsyn till detta fenomen. I studien av dödsolyckor i samband med brand bestäms att en händelse med stor konsekvens motsvarar tio omkomna människor eller mer, vilket är anledningen till att kurvan i figur 3.1 ändrar utseende vid konsekvensen 10 omkomna per år [2].



Figur 3.1 Förslag till absolut acceptanskriterium med avseende på brand i byggnad med undantag av bostäder [2].

3.2.7 Brandscenarier

För att få fram de mest relevanta brandscenarierna måste hänsyn tas till både sannolikheten för uppkomst av brand och konsekvensen av en eventuell brand. Under denna framtagning genomförs en utsällning av tänkbara och allvarliga brandscenarier för att slutligen få fram de mest relevanta. Framtagningen sker genom de tre stegen riskidentifiering, grovanalys och val av brandscenarier.

Riskidentifiering

I detta första steg skall samtliga relevanta brandrisker identifieras. En bra början är att lokalisera de brandkällor och de brännbara material som finns i byggnaden. Det är även viktigt att söka information om tidigare bränder i liknande lokaler. Därefter listas alla relevanta brandscenarier.

Grovanalys

Vid grovanalysen analyseras de i riskidentifieringen framtagna brandscenarierna. Detta sker genom en sammanvägning av sannolikheten för att ett visst brandscenario inträffar med dess konsekvens. Denna sammanvägning kan utföras enligt flera olika metoder, där några av dem är Jonsson-analysen [13], HAZOP-metoden [14], riskklassificeringsmetoden [15] eller olika typer av indexmetoder [16].

Val av brandscenarier

Slutligen väljs de brandscenarier ut som ger högst värde enligt den valda metoden i grovanalysen och som därmed har störst inverkan på den totala risken för byggnaden. Dessa brandscenarier används sedan för att dimensionera byggnadens totala brandskydd.

3.2.8 Brandskydd

Det sista i brandskyddsgenomgången är att ta fram de brandskyddslösningar som används för vidare utredning. De mest relevanta brandskyddsalternativen som tas fram är beroende av beställarens önskemål samt av de tidigare satta målen och de acceptanskriterier som gäller. På liknande sätt som vid framtagningen av brandscenarier används även här tre steg. Dessa steg är identifiering av tänkbara åtgärder, grovanalys och val av brandskyddsåtgärder.

Identifiering av åtgärder

Först identifieras samtliga relevanta brandskyddsåtgärder. De åtgärder som framförallt studeras är knutna till aktiva system, passiva system och utrymningsstrategi, men även utbildning av personal studeras. Därefter listas alla relevanta brandskyddsåtgärder upp.

Grovanalys av åtgärder

I grovanalysen jämförs de identifierade brandskyddsåtgärderna med varandra. Det som i första hand analyseras är åtgärdernas effektivitet och tillförlitlighet, alltså hur effektivt de påverkar brandsäkerheten och hur ofta de fungerar. En annan faktor som studeras i grovanalysen är de konsekvenser som uppstår då brandskyddsåtgärderna inte fungerar.

Val av brandskyddsåtgärder

Då grovanalysen är slutförd väljs slutligen de brandskyddsåtgärder eller kombinationer av dem ut som är mest relevanta för dimensioneringen. Dessa utvalda brandskyddslösningar används sedan för vidare analys i riskanalysen som följer i kapitel 3.3 nedan.

3.3 Riskanalys

Det andra steget i den riskbaserade brandtekniska dimensioneringsmetoden är att analysera risken med avseende på brand för en byggnad. Det finns flera olika typer av riskanalysmetoder, men de går att dela in i sex olika nivåer, från enkla till avancerade [17]. Dessa sex nivåer beskrivs nedan.

Nivå 0	Denna riskanalys är den enklaste och identifierar endast tänkbara riskkällor kvalitativt.
Nivå 1	Här analyseras endast det värsta tänkbara scenariot utan hänsyn till dess sannolikhet.
Nivå 2	Påminner om nivå 1 med undantaget att det värsta rimliga scenariot analyseras.
Nivå 3	På denna nivå analyseras de scenarier som baseras på de vanligaste förekommande indata som påverkar slutresultatet.
Nivå 4	Denna riskanalys tar förutom konsekvenser även hänsyn till sannolikheter.
Nivå 5	Utvidgning av nivå 4 där även osäkerheter i indata behandlas.

Det ställs olika krav på olika typer av byggnader vad gäller brandsäkerheten i byggföreskrifter, lagar och förordningar, se kapitel 2.1. Detta innebär att den typ av riskanalysmetod som krävs för en viss undersökning kan variera. I detta projektarbete skall brandsäkerheten i diskotekslokaler studeras genom en riskbaserad analysmetod. Därmed krävs

en avancerad riskanalysmetod, alltså nivå 4 eller 5. Eftersom riskanalyser som tillhör nivå 5 är väldigt omfattande, komplicerade och tidskrävande används en riskanalys från nivå 4. Denna typ av riskanalys innefattar brandskyddsgenomgången samt de fyra delarna:

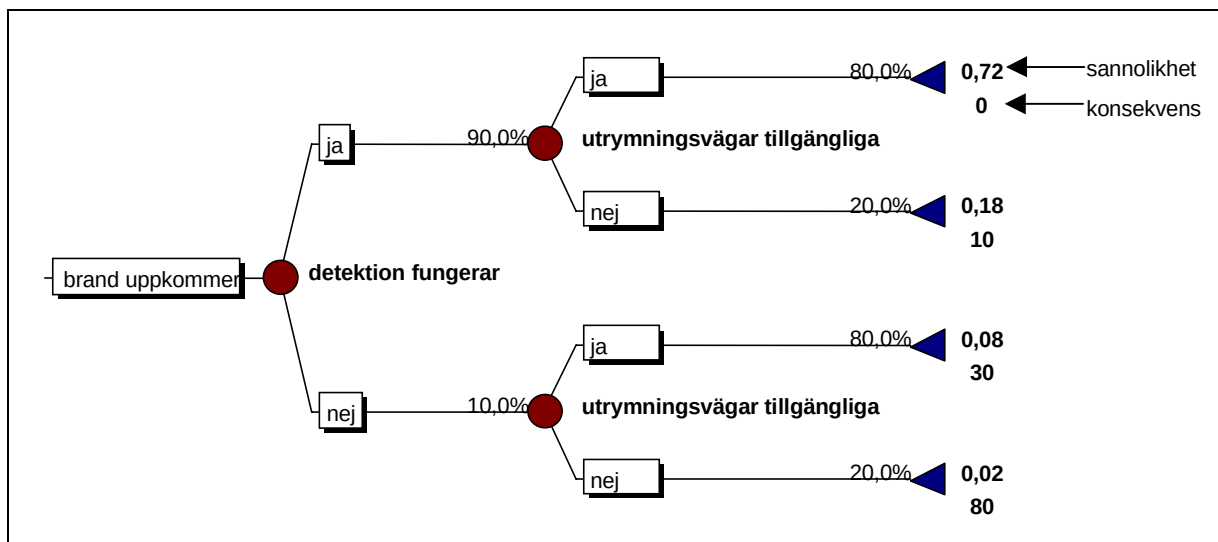
- händelser
- händelseträd
- analys av brandförlopp
- analys av konsekvens

3.3.1 Händelser

Den första delen vid en riskanalys är att identifiera alla relevanta och rimliga händelser som kan påverka händelseförloppet vid en brand. De händelser som identifieras beror till stor del av vilken brandskyddslösning som studeras. I övrigt är händelserna vanligtvis kopplade till aktiva och passiva systems tillförlitlighet samt utrymningsstrategier och personers agerande. Sedan insamlas information angående dessa händelsers sannolikhet, alltså hur troligt det är att händelserna sker. Det behövs även uppgifter med avseende på de konsekvenser som uppstår då händelserna sker eller inte. Dessa konsekvenser tas fram genom att analysera branden och den skada branden ger upphov till, se kapitel 3.3.3 och 3.3.4.

3.3.2 Händelseträd

De händelser med tillhörande sannolikheter, som tagits fram enligt kapitlet ovan, används sedan för att skapa händelseträd. Det konstrueras ett händelseträd för varje brandskyddslösning. Händelseträdet utgår från starthändelsen att brand uppkommer och får därefter ett antal förgreningar som beror på möjliga händelser. Slutligen framträder ett stort antal sluthändelser som var och en företräder ett scenario med en viss sannolikhet och konsekvens, se figur 3.2.



Figur 3.2 Exempel på händelseträd

3.3.3 Analys av brandförlopp

Det första som krävs för att ta fram de konsekvenser en eventuell brand kan tänkas ge är att analysera brandens förlopp. En brand kan analyseras på flera olika sätt, till exempel genom erfarenheter från tidigare bränder, beräkningar, simuleringar eller fullskaleförsök. Analys

genom fullskaleförsök är den mest verklighetstrogena men också den mest tids- och kostnadskrävande. Den vanligaste analysmetoden, vad gäller analys av brand i byggnader, är istället simuleringar med hjälp av olika datorprogram.

Det finns ett flertal datorprogram som kan användas för simuleringar av brandförlopp. De program som tas upp i denna rapport är CFAST och SOFIE. Hur dessa program fungerar och är uppbyggda beskrivs närmare i appendix B och C.

Denna analys av brandförlopp avslutas med att ett antal tidsberoende parametrar som påverkas av branden tas fram. Dessa parametrar behövs sedan till att analysera den konsekvens branden ger upphov till, se kapitel 3.3.4 nedan. Några viktiga parametrar är temperatur, värmestrålning, brandgasspridning, brandgasernas täthet samt brandgasernas toxicitet.

3.3.4 Analys av konsekvens

För att bedöma vilken konsekvens en eventuell brand kan tänkas ge sätts de, i brandanalysen, framtagna parametrarna i relation till den konsekvens de ger. I denna rapport behandlas endast personskyddet och då analyseras skadan genom att de framtagna parametrarna som påverkas av brandförloppet jämförs med kritiska och dödliga förhållanden, enligt kapitel 3.2.5. Därefter undersöks hur många människor det finns kvar i byggnaden vid den tidpunkt då kritiska alternativt dödliga förhållanden uppstår. Detta görs med hjälp av datorprogram som simulerar utrymning av människor ur byggnader. I denna rapport används datorprogrammet SIMULEX. För närmare beskrivning av hur detta datorprogram fungerar se appendix E.

Då personrisken undersöks med avseende på kritiska och dödliga förhållanden finns det ett uttryck som används för att undersöka konsekvensen för de brandscenarier som studeras. Detta uttryck ser ut på följande sätt [18]:

$$t_{\text{kritisk/dödlig}} \geq t_{\text{utrymning}}$$

där:

$$t_{\text{utrymning}} = t_{\text{detektion}} + t_{\text{reaktion}} + t_{\text{evakuering}}$$

$$t_{\text{kritisk/dödlig}} = \text{tid till kritiska alternativt dödliga förhållanden uppstår}$$

$$t_{\text{utrymning}} = \text{total utrymningstid}$$

$$t_{\text{detektion}} = \text{detektionstid, tid från brandstart till att branden detekteras}$$

$$t_{\text{reaktion}} = \text{reaktionstid, tid från att branden detekteras till att evakuering påbörjas}$$

$$t_{\text{evakuering}} = \text{evakueringstid, tid från att evakuering påbörjas till att den är slutförd}$$

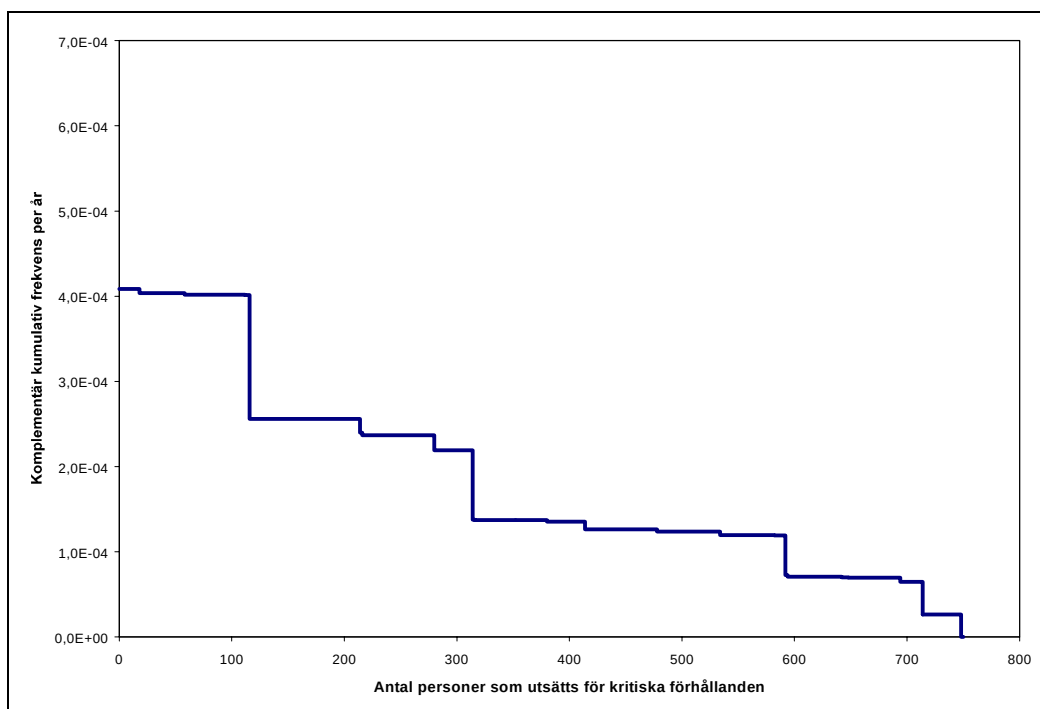
Lösningen förutsätts alltså vara helt utan personskador då tiden till kritiska och dödliga förhållanden uppstår är längre än tiden det tar att från brandstart få ut alla människor ur byggnaden. Då resultatet är omvänt undersöks antalet människor som fortfarande är kvar i byggnaden då kritiska alternativt dödliga förhållanden uppstår.

3.4 Riskvärdering

Då risken analyserats skall den slutligen värderas. Riskvärderingen är det sista av de tre stegen i den riskbaserade dimensioneringsmetoden. Målet med riskvärderingen är att jämföra risken mellan de olika brandskyddslösningarna som togs fram i kapitel 3.2.8. Utifrån denna riskjämförelse kan sedan den mest lämpliga brandskyddslösningen väljas ut och de lösningar som inte uppfyller kriterierna sällas bort.

Vid användning av de mer avancerade riskanalysmetoderna, se kapitel 3.3, finns det inga av samhället fastlagda acceptanskriterier. Ett förslag till absolut acceptanskriterium vid brand i byggnad är dock framtaget, se kapitel 3.2.6. Eftersom detta endast är ett förslag kan det inte användas som ett accepterat riktvärde. För att då kontrollera vilka brandskyddslösningar som är accepterade av samhället används ett lösningsförslag som bygger på den förenklade dimensioneringsmetoden som en riktlinje.

De olika brandskyddslösningarnas risker jämförs och värderas rent praktiskt genom att ta fram riskprofiler, som visar sambanden mellan sannolikhet och konsekvens. Utifrån de händelsetråd med tillhörande sannolikheter och konsekvenser som skapats, konstrueras en riskprofil för varje lösningsförslag. Då riskprofiler konstruerats för samtliga brandskyddslösningar kan slutligen risknivån för de olika lösningsförslagen jämföras och värderas. Ett exempel på riskprofil, enligt figur 3.3 nedan, visar antal personer som utsätts för kritiska förhållanden med avseende på brand i förhållande till frekvensen för detta per år. Komplementär kumulativ funktion, även kallad riskprofil, används för att utifrån en frekvens per år kunna utläsa maximalt antal personer som utsätts för kritiska förhållanden per år.



Figur 3.3 Exempel på riskprofil

4 Objektstyper

4.1 Val av objektstyper

Eftersom avsikten med detta projektarbete är att studera personsäkerheten vid brand på diskotek, analyseras ett antal framtagna typexempel av diskotek. Dessa typexempel är valda för att täcka in så stor del som möjligt av det totala antalet diskotek i Sverige. De är baserade på verkliga diskotekslokaler och är indelade i de tre typerna lägenhetslokal, konsertlokal och öppen tvåplanslokal. Eftersom typobjekten endast baseras på verkliga objekt undersöks inte personsäkerheten på dessa specifika diskotek. Förhållandena har därför i olika utsträckning förändrats för att få en mer allmän karaktär. Dessa tre framtagna typobjekt antas motsvara de vanligaste diskotekstyperna i Sverige. Det är dock omöjligt att med hjälp av tre typobjekt täcka in alla diskotekstyper som finns i Sverige.

4.2 Lägenhetslokal

Objektstypen lägenhetslokal har som namnet säger en planlösning i form av en lägenhet. Lokalen består av flera små rum med låg takhöjd och är ofta placerad på något av de övre våningsplanen. Denna typ av diskotek är vanlig i storstäder och kommer troligtvis att öka i omfattning.

4.3 Konsertlokal

Konsertlokalen består i huvudsak av ett enda stort rum med en scen i ena änden. Takhöjden är hög i det stora rummet. Denna diskotekstyp är vanligtvis placerad i bottenplanet eller i en fristående byggnad och är vanligt förekommande i hela Sverige.

4.4 Öppen tvåplanslokal

Denna diskotekstyp är uppbyggd i två plan med en öppen förbindelse mellan de båda planen. Kring den öppna förbindelsen finns ett antal rum i olika storlekar.

5 Riskbaserad brandteknisk analys av lägenhetslokalen

5.1 Brandskyddsgenomgång

5.1.1 Genomgång av utförande

Diskotekslokalen är placerad på andra våningen av en femvåningsbyggnad i centrum av en svensk storstad. Det finns flera lägenheter med andra verksamheter på samma våningsplan som diskoteket. Byggnadens stomme är utförd i betong. Lokalen består av flera små rum i en och samma brandcell.

Det finns tre av varandra oberoende utrymningsvägar från diskotekslokalen. Ett utrymningslarm i form av en ringsignal som aktiveras av värmedetektorer är installerat. I form av manuell släckutrustning finns två pulversläckare, en i varje bar, samt en CO₂-släckare i diskjockeybåset.

Det högsta tillåtna personantalet i denna lokal är 350, varav 10 är personal. Då detta är ett diskotek med fullständiga rättigheter kan besökarna förväntas vara mer eller mindre alkoholpåverkade och därmed ha sämre omdöme och längre reaktionstid.

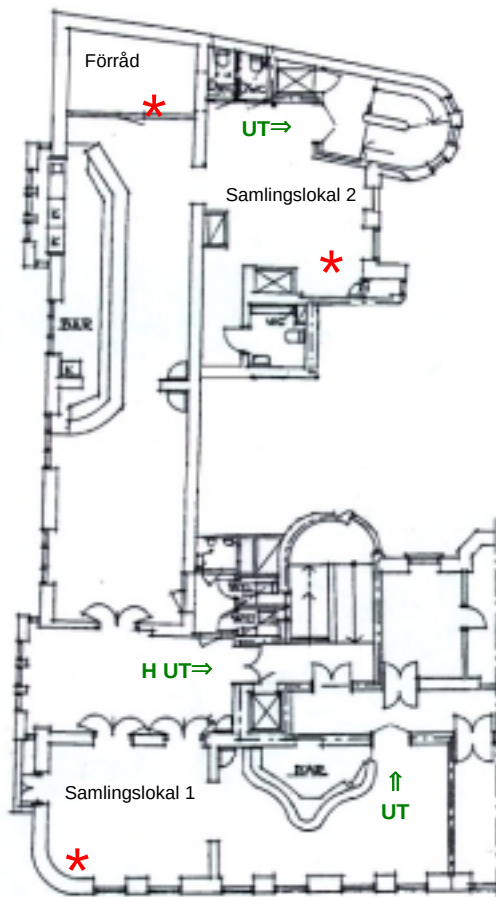
Diskotekslokalens brandskydd är utfört enligt förenklad dimensionering.

5.1.2 Karakterisering av objekt

Denna karakterisering avser endast diskotekslokalen samt dess utrymningsvägar, ej byggnaden som helhet.

Byggnaden

Detta diskotek har en planlösning i form av en lägenhet enligt figur 5.1, med en area på cirka 250 m². Lokalen består av flera små rum med en takhöjd på 3,5 meter. Samtliga rum finns i en och samma brandcell. I rummen finns förutom två barer även möbler som soffor, fåtöljer, bokhyllor och bord samt övrig inredning i form av mattor och gardiner. Det finns tre utrymningsvägar med panikreglar och ett utrymningslarm med värmedetektorer placerade i alla publika rum.



Figur 5.1 Planlösning för lägenhetslokalen där UT står för utrymningsväg och H UT står för huvudentré. Stjärnorna (*) i figuren visar brandscenarierna som tas fram i kapitel 5.1.7.

Inre och yttre miljö

Temperaturen inne i lokalen är omkring 25°C. Vad gäller den yttre temperaturen kan det variera en hel del. Diskoteket är placerat i södra delen av Sverige och medeltemperaturen antas vara 15°C på sommaren samt 0°C på vintern. På vintern kan det snöa, dock vanligtvis i ringa mängder. Diskotekslokalen ligger i centrum av en storstad och påverkas vanligtvis inte av hård vind.

Personerna i byggnaden

Det maximalt tillåtna personantalet i denna lokal är 350, varav 10 är personal. Eftersom det är ett diskotek som undersöks antas detta personantal vara ett realistiskt värde på antalet förväntade människor i lokalen i händelse av brand. Dock kan personantalet variera och därför har en känslighetsanalys på denna parameter utförts, se avsnittet SIMULEX i appendix G. Diskoteksbesökarna är mellan 20 och 40 år gamla samt antas ha dålig lokalkännedom. Många av besökarna kommer även att vara påverkade av såväl alkohol som hög musik.

Hantering av brandsäkerheten

Eftersom objekten i denna riskanalys är fiktiva lämnas ansvarsfrågan obesvarad. Det utförs regelbundna brandsyner samt tester av utrymningslarmet varje år. Personalen antas ha en grundläggande utbildning i brandsäkerhet, som användande av brandsläckare och agerande i händelse av brand.

5.1.3 Mål för brandskydd

I denna brandtekniska analys kommer endast personskyddet för de som vistas i lokalen att studeras. De grundmål som styr brandskyddet är att förhindra eller minska sannolikheten för uppkomst av brand samt att förhindra konsekvenserna av den [9].

Eftersom det har inträffat ett antal katastrofbränder med stora konsekvenser i diskotekslokaler, se kapitel 1.5, studeras i denna analys brandskyddslösningar som kan tänkas förbättra personsäkerheten på diskotek.

5.1.4 Utrymningsstrategi

På detta diskotek är det total utrymning av samtliga personer ut ur byggnaden som gäller. Personalen, som antas ha en grundläggande utbildning i brandsäkerhet, hjälper till och styr utrymningen. De har även instruktioner att vid brandlarm stänga av musiken och tända lamporna. Utrymningsvägarnas placering i lokalen visas i figur 5.1.

5.1.5 Kritisk och dödlig påverkan vid brand

Målet med denna brandtekniska analys är att studera personskyddet. De kritiska och dödliga gränsvärden med avseende på människors påverkan av en brand som används i denna analys presenteras i tabell 3.1 respektive tabell 3.2 i kapitel 3.

5.1.6 Acceptanskriterier

Då denna brandtekniska analys av diskotekslokaler baseras på en avancerad riskanalysmetodik, se kapitel 3.3, finns det inga av samhället fastlagda acceptanskriterier som är kopplade till denna metodik. Ett förslag till absolut acceptanskriterium vid brand i byggnad är dock framtaget, se kapitel 3.2.6. Eftersom detta endast är ett förslag kan det inte användas som ett accepterat riktvärde. För att då få en riktlinje för vad som är en acceptabel risknivå jämförs risken i de analyserade lösningsförslagen med risken i den lösning som bygger på den förenklade dimensioneringsmetoden, som följer samtliga råd i Boverkets byggregler.

5.1.7 Brandscenarier

De dimensionerande brandscenarierna tas fram med hjälp av en förenklad indexmetod, vilken kan användas i de fall där den största delen av människorna befinner sig i samma utrymme [12]. De tre brandscenarier som får högst riskindex kommer att användas i riskanalysen.

Riskidentifiering

För att kunna identifiera objektets riskkällor studeras ritningsunderlaget och annan information som framkommit under karakteriseringen av objektet. Statens Räddningsverks insatsstatistik med avseende på kategorin restaurang/danslokal [19] används också. Under åren 1998 till 1999 registrerades 244 bränder i kategorin restaurang/danslokal. I appendix A tabell A.1 följer en förteckning över de startutrymme som registrerats under de två åren.

De utrymmen där endast ett fåtal (<4) bränder har startat sällas bort såvida det inte är något utrymme i vilket en eventuell brand skulle få mycket stora konsekvenser. Eftersom diskotekslokalen består av ett antal rum med barer klumpas startutrymmeskategorierna samlingslokal, vardagsrum och försäljningslokal ihop till det gemensamma namnet samlingslokal. Kategorierna förråd, fristående förråd/uthus och elcentral har förenats under namnet förråd. Kök och produktionslokal antas höra ihop, men eftersom det inte finns något

kök i anslutning till diskotekslokalen utesluts brandscenarier i kök. Lokalen är avskild från källaren med ett våningsplan vilket leder till att även denna kategori inte studeras för vidare analys. Det har dessutom antagits att om branden startar utomhus är sannolikheten för att konsekvensen ska bli betydande mycket liten.

De kategorier som kvarstår är toalett, förråd, hall och samlingslokal. Anledningen till att startutrymmet hall följer med till grovanalysen, trots den låga frekvensen, är att den hall som finns i diskotekslokalen är entréhall, vilket kan få stora konsekvenser vid en utrymning. Eftersom lokalen består av flera rum har två startutrymmen antagits under kategorin samlingslokal.

Motsvarande statistik från Statens Räddningsverk beträffande startföremål för brand i restaurang/danslokal 1998, 1999 presenteras i appendix A tabell A.2.

Tyvärr omfattar kategorierna annat och okänd en betydande del av statistiken med avseende på startföremål för brand. Övriga kategorier som har hög andel är lös inredning, brandfarlig vätska, spis och andra elinstallationer.

De brandscenarier som framträder för diskotekslokalen är:

- Samlingslokal 1, brand i lös inredning
- Samlingslokal 2, brand i lös inredning
- Förråd, brand i lös inredning alternativt brandfarlig vätska eller elinstallationer
- Entréhall, brand i lös inredning
- Toalett, brand i lös inredning

Grovanalys

Följande modell kommer att användas för att grovanalysera de framtagna brandscenarierna. Ett så kallat riskindex (RI) tas fram för att jämföra de olika brandscenarierna. Detta riskindex är produkten av den relativa sannolikheten (P_r) och ett konsekvensindex (KI) för ett brandscenario [12].

Den relativa sannolikheten tas fram genom att studera Statens Räddningsverks insatsstatistik för brand i restaurang/danslokal. Med utgångspunkt från statistiken för startutrymme, enligt tabell A.1, blir den relativa sannolikheten för ett brandscenario antalet bränder som startat i liknande utrymmen genom totalt antal bränder som startat i liknande utrymmen för samtliga framtagna brandscenarier.

Konsekvensindex tas fram genom resonemang om brandförlopp, brandgasspridning till samlingslokal och huruvida branden upptäcks på ett tidigt stadium eller ej. För varje brandscenario bedöms dessa tre parametrar genom att bli tilldelade ett index. Summan av dessa skattade index är brandscenariots konsekvensindex. Indexen varierar mellan 0,1-0,5 där 0,1 är minst och 0,5 är högst.

Brandförloppet bedöms eftersom det styr mängden brandgas som bildas och hur snabbt den bildas. Brandförloppets index:

0,1 = Långsamt förlopp/liten maxeffekt

0,2 = Långsamt förlopp/ganska liten maxeffekt

0,3 = Ganska snabbt förlopp/ganska liten maxeffekt, Långsamt förlopp/ganska stor maxeffekt

0,4 = Mycket snabbt förlopp/ganska stor maxeffekt, Snabbt förlopp/stor maxeffekt

0,5 = Mycket snabbt förlopp/stor maxeffekt

Brandgasspridningen bedöms med avseende på troligheten för att spridning till samlingslokalen skall ske i ett första skede. Brandgasspridningens index:

0,1 = Mycket otroligt, till exempel branden är utomhus eller, i rum med trapphus mellan

0,2 = Otroligt, till exempel brand i rum med ett eller flera rum med stängda dörrar mellan

0,3 = Troligt, till exempel brand i intilliggande rum med dörr

0,4 = Mycket troligt, till exempel brand i intilliggande rum utan dörr

0,5 = Självklart, till exempel brand i rummet

Huruvida branden upptäcks på ett tidigt stadium eller ej bedöms med avseende på brandens lokalisering i förhållande till de personer som vistas i lokalen. Vid upptäckt på ett tidigt stadium finns det goda möjligheter att eliminera branden med hjälp av en handbrandsläckare. Index för tidig brandupptäckt:

0,1 = Självklart, till exempel brand i samlingslokalen

0,2 = Mycket troligt, till exempel brand i intilliggande rum med stor öppning till samlingslokalen

0,3 = Troligt, till exempel brand i intilliggande rum med dörr, där personer tillfälligt vistas

0,4 = Otroligt, till exempel brand i rum med stängd dörr, där personer tillfälligt vistas

0,5 = Mycket otroligt, till exempel brand i rum med stängd dörr, där personer ej vanligtvis vistas

Riskindexet beräknas genom formeln $RI = P_r \times KI$.

Brandscenario	P_r (tot 77 st)	KI	RI
Samlingslokal 1 , brand i lös inredning	0,37	$0,4 + 0,5 + 0,2 = 1,1$	0,41
Samlingslokal 2 , brand i lös inredning	0,37	$0,4 + 0,5 + 0,2 = 1,1$	0,41
Förråd , brand i lös inredning alternativt brandfarlig vätska eller elinstallationer	0,14	$0,5 + 0,3 + 0,5 = 1,3$	0,18
Entréhall , brand i lös inredning	0,03	$0,3 + 0,4 + 0,1 = 0,8$	0,02
Toalett , brand i lös inredning	0,09	$0,3 + 0,3 + 0,3 = 0,9$	0,08

Tabell 5.1: Riskindex i grovanalysen.

Val av brandscenarier

De tre brandscenarier som har högst riskindex är enligt tabell 5.1 ovan brand i lös inredning i samlingslokal 1 och 2 samt förråd. Respektive brandscenarios startplats är markerad med en stjärna (*) i figur 5.1. Scenariot med brandstart i förråd underbyggs också av att startutrymmet har varit avskilt eller ett sekundärt rum vid alla de katastrofbränder i samlingslokaler som studerats av Københavns Brandvæsen, se kapitel 1.6.4. Vid förrådsbranden antas dörren till förrådet vara stängd tills brandgaser sipprar ut till angränsande rum. De tre brandscenarierna kommer att användas för att analysera brandskyddet med avseende på personsäkerheten i diskotekslokalen.

5.1.8 Brandskydd

För att ta fram de mest relevanta brandskyddslösningarna är det de tidigare satta målen och de gällande acceptanskriterierna, se kapitel 5.1.3 respektive 5.1.6, som styr utfallet. Personrisken i olika brandtekniska lösningar ska jämföras med personrisken i det alternativ som bygger på förenklad dimensionering enligt BBR. De ekonomiska skillnader som finns mellan de olika brandskyddsalternativen har inte beaktats.

Identifiering av åtgärder

Nedan listas de åtgärder som bedöms vara relevanta i analysen för detta objekt:

- Kortare gångavstånd
- Fler utrymningsvägar
- Bredare utrymningsvägar
- Panikreglar på dörrar i och till utrymningsvägar
- Automatiskt brandlarm med detektorer
- Utrymningslarm: signal, talat meddelande, lampor tänds, musik stängs av
- Sprinklersystem
- Manuella brandsläckare
- Fler brandceller
- Automatiska dörrstängare
- Utbildning av personal

Grovanalys av åtgärder

Det som i första hand analyseras i denna jämförelse av brandskyddsåtgärder är åtgärdernas effektivitet och tillförlitlighet. Det tas även hänsyn till de konsekvenser som uppstår då brandskyddsåtgärderna inte fungerar.

Den lösning som baseras på förenklad dimensionering av brandskydd väljs ut först. Detta alternativ behöver inte grovanalyseras eftersom den ska vara med i riskanalysen för att senare fungera som riktvärde för acceptanskriterium.

Ett kortare gångavstånd leder, vid i övrigt oförändrade förhållanden, till minskad evakuerings tid och därigenom en bättre personsäkerhet. Gångavståndet är beroende av byggnadens geometri och/eller antalet utrymningsvägar. Denna åtgärd fungerar dock inte om dörrar i utrymningsvägen är blockerade. Eftersom det i denna analys antages att de flesta personerna i byggnaden går ut samma väg som de kom [20], ger inte åtgärden med kortare gångavstånd någon nämnvärd förbättring av personsäkerheten.

Fler utrymningsvägar leder till att evakueringstiden förkortas om besökarna utrymmer via närmsta nödutgång. Denna åtgärd förbättrar dock inte personsäkerheten i någon större utsträckning i denna analys eftersom majoriteten av besökarna antas utrymma via huvudentrén.

Bredare utrymningsvägar ger en kortare evakueringstid eftersom sannolikheten för köbildningar minskar. Denna åtgärd fungerar dock mindre bra om det finns löst lagrat material i utrymningsvägarna, vilket minskar den effektiva bredden. Tillförlitligheten för att den fria bredden bibehålls beror på personalens utbildning och ansvarstagande. I denna analys antages det att majoriteten av besökarna utrymmer via huvudentrén samt att den är fri från löst material. Detta leder till att brandskyddsåtgärden med bredare entré väljs ut för vidare utredning.

Panikreglar på dörrar i och till utrymningsvägar är en åtgärd som minskar evakueringstiden. Detta gäller framförallt i persontäta lokaler där stora tryck mot dörrarna kan uppstå. Tillförlitligheten för panikreglar är mycket hög eftersom det är en typ av dörrhandtag, vilka har mycket låg felfrekvens. Denna åtgärd är dock inte intressant för vidare utredning eftersom det redan finns panikreglar monterade på utrymningsdörrarna i detta objekt.

Automatiskt brandlarm med tillhörande detektorer ger en tidig brandupptäckt och är därmed en effektiv åtgärd för att minska detektionstiden. Tillförlitligheten för att ett modernt detektion- och larmsystem fungerar är 90 % [11], [10]. Då denna åtgärd inte fungerar blir konsekvensen att detektionen måste ske manuellt och tar i de flesta fall betydligt längre tid. Även denna åtgärd är redan vidtagen på detta diskotek beaktas därför inte som en tillkommande åtgärd.

Ett utrymningslarm som aktiveras gör att besökarna snabbt inser att det brinner och förkortar därmed deras reaktionstid. Det finns olika typer av utrymningslarm, allt från en enkel ringsignal till talade meddelanden. Vid diskotek är det även lämpligt att musiken stängs av samt att lamporna tänds i samband med en larmaktivering. Då utrymningslarmet inte fungerar blir konsekvensen att larmningen måste ske manuellt, vilket tar betydligt längre tid. Vid detta objekt finns ett utrymningslarm i form av en ringsignal samt personal som stänger av musiken och tänder lamporna.

Ett sprinklersystem begränsar eller släcker en brand vid en aktivering. Detta påverkar brandförloppet och ökar vanligtvis därmed tid till kritiska och dödliga förhållanden. En sprinkleraktivering leder alltså till att besökarna i lokalen kan ta längre tid på sig att utrymma. Det kan tänkas att en sprinkleraktivering ger en ökad omblandning av brandgaserna och därmed sämre siktförhållanden. Då denna åtgärd inte fungerar får branden växa opåverkat, vilket ger en högre brandeffekt. Sannolikheten för att ett modernt sprinklersystem fungerar är 95 % [11], [10]. Eftersom denna brandskyddsåtgärd troligtvis har stor effektivitet och tillförlitlighet väljs den ut för vidare utredning.

Manuella brandsläckare kan vara effektiva för brandsläckning av tidigt upptäckta bränder. Det krävs dock att branden upptäcks tidigt samt att användaren kan hantera brandsläckaren på ett tillfredsställande sätt. Då brandsläckare inte finns eller används på fel sätt kommer små bränder att växa opåverkat och kan därmed utvecklas till stora okontrollerade bränder. Eftersom det i detta diskotek finns strategiskt utplacerade brandsläckare samt personal med utbildning i användandet av dessa utreds inte denna åtgärd vidare.

Fler brandceller istället för en enda stor brandcell är en åtgärd som leder till att brandspridningen begränsas till färre utrymmen i byggnaden. Detta leder i sin tur till att färre antal personer blir drabbade av branden. För att denna åtgärd skall fungera krävs det att de dörrar som skiljer brandcellsgränserna hålls stängda. Eftersom detta objekt har en planlösning som gör det orimligt att dela in lokalen i mindre stängda utrymmen, är det inte aktuellt att brandcellsindela. Det är dessutom, på ett diskotek, tvivelaktigt att ha brandcellsavskiljande dörrar som måste vara stängda i händelse av brand. Detta beror på att stora folkmassor är i rörelse i denna typ av lokal, vilket innebär att dörrarna vid en utrymning står öppna under en lång tid.

Automatiska dörrstängare är en åtgärd som enbart används i samband med brandcellsindelning och är enligt ovan inte intressant för vidare studier.

Utbildning av personal är en åtgärd som på flera olika sätt förbättrar personsäkerheten. Personal kan få utbildning i att hjälpa till och styra utrymningen och därmed förkorta besökarnas reaktionstid. De kan lära sig att hantera en brandsläckare på ett korrekt sätt och därigenom hindra små bränder att bli stora. En grundläggande utbildning kan även ge en ökad förståelse för brandsäkerhet, vilket troligtvis resulterar i att utrymningsvägarna blockeras i mindre omfattning. På detta diskotek har personalen utbildning i det som ovan sagts och därför väljs inte denna parameter ut för vidare utredning.

Val av brandskyddsåtgärder

De mest relevanta brandskyddslösningarna väljs ut ur grovanalysen. Dessa är följande:

Bredare entré

Eftersom antagandet att majoriteten av besökarna utrymmer via huvudentrén gäller i denna analys bedöms det att en bredare entré effektivt minskar utrymningstiden. Denna brandskyddsåtgärd leder till att dörrbredden i entrén ökas 50 % i förhållande till ursprungsbredden. I övrigt är förhållandena oförändrade i jämförelse med brandskyddet enligt den förenklade dimensioneringsmetoden.

Installation av sprinkler

Denna brandskyddsåtgärd har enligt grovanalysen en stor effektivitet och tillförlitlighet. Då sprinklersystemet fungerar antas brandtillväxten upphöra vid sprinkleraktivering, vilket medför att brandeffekten därefter hålls konstant. I övrigt är förhållandena oförändrade i jämförelse med brandskyddet enligt den förenklade dimensioneringsmetoden. Det har alltså inte tagits hänsyn till att en sprinkleraktivering eventuellt ger sämre siktförhållanden. Sprinklersystemet är av typen fast response med ett RTI-värde på 50 och en aktiveringstemperatur på 68°C.

5.2 Riskanalys

5.2.1 Händelser

Brand uppkommer

Brandfrekvensen är framräknad genom att ta antalet bränder i kategorin restaurang/danslokal delat med antalet restauranger och danslokaler i Sverige. Antalet bränder i Sverige är hämtat från Statens Räddningsverks insatsstatistik och har för kategorin restaurang/danslokal ett medelvärde på 122 stycken per år [19]. För antalet restauranger (16 896) och danslokaler (639) i Sverige är den gemensamma siffran 17 535 [21]. Detta ger därmed en frekvens på **0,007 bränder per år** för ett diskotek i Sverige. Denna approximation innebär att hänsyn inte tas till diskotekens areor, vilket medför att sannolikheten för att en brand uppkommer är lika stor på ett stort diskotek som ett litet. Hur stor del av de bränder i kategorin restaurang/danslokal som endast avser diskotek kan ej urskiljas. Detta kan innebära att vissa typer av bränder, till exempel köksbränder, inte uppkommer på diskotek i den omfattning som den gemensamma statistiken anger. Denna analys tar inte hänsyn till denna urskiljning mellan bränder på restauranger och diskotek.

Omfattande brand samt tid på dygnet

Brandens omfattning vid räddningstjänstens ankomst är redovisad i tabell A.3 i appendix A. Branden antages vara omfattande endast då det är brand i flera rum och i flera brandceller. Detta ger antalet 24 omfattande bränder på två år, där det totala antalet bränder är 244 stycken. Sannolikheten för att en omfattande brand uppstår, givet brand uppkommer, blir därmed 0,098.

Vilken tid på dygnet som branden uppkommer är av stort intresse med tanke på diskotekets öppettider, eftersom det endast är då konsekvenserna blir stora. Tid på dygnet för larm, av de 24 omfattande bränderna, till SOS är redovisade i tabell A.4 i appendix A. Diskotekets öppettider antas vara från klockan tio på kvällen till klockan fem på morgonen, fyra dagar i veckan. Detta ger under öppettid 18 av 24 dygnsalarm för omfattande bränder på två år, enligt tabell A.4. Detta samband tillsammans med fyra av sju dagar i veckan ger sannolikheten för att en omfattande brand, givet endast omfattande bränder, uppstår under diskotekets öppettider till 0,429. Fördelningen på veckodagarna för omfattande bränder har inte utvärderats i denna analys.

För att därefter ta fram sannolikheten för att det blir en omfattande brand under diskotekets öppettid multipliceras sannolikheten för att en omfattande brand uppstår med sannolikheten för att en omfattande brand, givet endast omfattande bränder, uppstår under diskotekets öppettider. Sannolikheten för att det blir en **omfattande brand under diskotekets öppettid** blir därmed **0,042**.

Brandscenario

De tre brandscenarier som tagits fram i brandskyddsgenomgången antas motsvara samtliga omfattande brandscenarier för objektet. Sannolikhetsfördelningen mellan dessa tre brandscenarier är framtagna med avseende på brandens startutrymme, som redovisas i tabell A.1 i appendix A. Med utgångspunkt från denna tabell blir den relativa sannolikheten för ett brandscenario antalet bränder som startat i liknande utrymmen genom totalt antal bränder som startat i liknande utrymmen för de tre framtagna brandscenarierna.

För lägenhetslokalen är de tre dimensionerande brandscenarierna två bränder i samlingslokal och en brand i förråd. I en samlingslokal och liknande utrymmen startar det 57 bränder på två år och i ett förråd 11 bränder på två år. Det totala antalet bränder som startat i dessa utrymmen blir då 68 stycken på två år. För de två brandscenarierna i samlingslokalerna delas det gemensamma sannolikhetsvärdet på två för att skilja dem åt. De framräknade sannolikheterna för de tre brandscenarierna blir:

Scenario 1: brand i samlingslokal 1 = **0,419**

Scenario 2: brand i samlingslokal 2 = **0,419**

Scenario 3: brand i förråd = **0,162**

Eftersom dessa tre brandscenarier antas motsvara samtliga omfattande brandscenarier, se kapitel 5.2.1, kommer de att ge en konservativ bild av brandsäkerheten i byggnaden. Denna begränsning, i detta fall tre brandscenarier, måste dock göras eftersom det är orimligt att utvärdera det stora antal brandscenarier som krävs för att täcka in samtliga relevanta bränder. Val av brandscenario påverkar brandförloppet och därmed tid till kritiska och dödliga förhållanden.

Detektion och larm fungerar

Denna händelse inkluderar både detektion av brand och start av utrymningslarm. Det har i lägenhetslokalen installerats ett utrymningslarm i form av en ringsignal med tillhörande värmedetektorer. Sannolikheten för att ett modernt detektion- och larmsystem fungerar är enligt handböcker för brandteknisk dimensionering **0,9** [11], [10]. Utfallet av denna händelse påverkar detektionstiden och därmed även den totala utrymningstiden.

Sprinkler fungerar

Denna händelse finns enbart med i analysen av den brandskyddslösning där ett sprinklersystem installerats. Sannolikheten för att ett modernt sprinklersystem fungerar är enligt handböcker för brandteknisk dimensionering **0,95** [11], [10]. Då sprinklersystemet fungerar antas brandtillväxten upphöra vid en sprinkleraktivering, vilket medför att brandeffekten därefter hålls konstant. Detta påverkar alltså brandförloppet och därmed tid till kritiska och dödliga förhållanden.

Personal agerar korrekt

Att personalen agerar korrekt innebär att de hjälper till och styr utrymningen av diskoteket. Sannolikheten för att personalen skall agera korrekt beror på vilken utbildning de har. Eftersom personalen vid detta objekt har en grundläggande utbildning i brandsäkerhet är sannolikheten för korrekt agerande antagen till **0,7**. Det har utförts en känslighetsanalys med avseende på sannolikheten för att personalen agerar korrekt, se avsnittet händelser i appendix G. Personalens agerande påverkar besökarnas reaktionstid och därmed den totala utrymningstiden, men också sannolikheten för att besökarna agerar korrekt.

Besökare agerar korrekt

Besökarna agerar korrekt då de genast beger sig till en utrymningsväg. Grundtanken är att besökarna skall bege sig till den närmsta utrymningsvägen. Det är dock osannolikt att detta sker, eftersom de flesta troligtvis går ut samma väg som de kom in [20]. I denna analys antages det därför att 75 % av besökarna utrymmer via huvudentrén, resterande personer via närmsta nödutgång. Eftersom detta antagande är osäkert har det gjorts en känslighetsanalys där andelen besökare som utrymmer genom huvudentrén varierats, se avsnittet SIMULEX i appendix G. Sannolikheten för att besökarna agerar korrekt beror dels på deras lokalkännedom och alkoholpåverkan, men också på huruvida personalen har agerat korrekt

eller ej. Med detta som bakgrund har följande sannolikheter för besökarnas korrekta agerande antagits:

Då personal agerar korrekt: **0,7**

Då personal ej agerar korrekt: **0,4**

Det har utförts en känslighetsanalys med avseende på sannolikheten för att besökare agerar korrekt, se avsnittet händelser i appendix G. Besökarnas agerande påverkar reaktionstiden och därmed den totala utrymningstiden.

Samtliga utrymningsvägar tillgängliga

Att samtliga utrymningsvägar inte är tillgängliga innebär att någon av dem är blockerad. I denna analys avser blockeringen i första hand inredning eller annat löst material. Det kan också tänkas att en brand blockerar en utrymningsväg. Sannolikheten för att samtliga utrymningsvägar på diskotek är tillgängliga har tagits fram genom fältstudier. Tio diskotek och nattklubbar i Malmö och Lund har under öppettid studerats under sommaren och hösten år 2000. Resultatet av dessa fältstudier ger att ett av tio diskotek har en utrymningsväg blockerad. Sannolikheten för att samtliga utrymningsvägar på diskotek är tillgängliga antas därmed till **0,9**. Det har utförts en känslighetsanalys med avseende på sannolikheten för att samtliga utrymningsvägar är tillgängliga, se avsnittet händelser i appendix G. En blockerad utrymningsväg innebär att besökarna tvingas utrymma genom ett färre antal utrymningsvägar, vilket påverkar evakueringstiden och därmed den totala utrymningstiden.

5.2.2 Händelseträd

De tre händelseträd som skapas för de olika brandskyddslösningarna är:

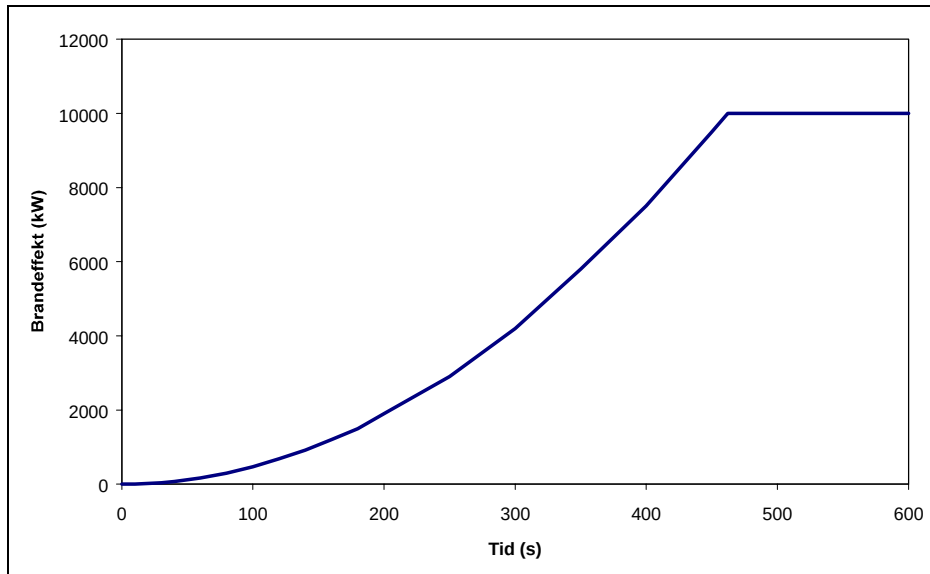
1. Förenklad dimensionering av brandskydd, se figur F.1 appendix F.
2. Bredare entré som brandskyddsåtgärd, se figur F.2 appendix F.
3. Installation av sprinkler som brandskyddsåtgärd se figur F.3 appendix F.

5.2.3 Analys av brandförlopp

Datorprogrammet CFAST, för beskrivning se appendix B, används för analys av de utvalda brandscenarierna i diskoteklokalen. Denna modell lämpar sig till att simulera hur en brand påverkar miljön i en enkel geometri i ett plan. Viss förenkling av lokalens geometri har utförts eftersom CFAST endast kan hantera vinkelräta rum. Takhöjd och areor av öppningar är identiska med de mätningar som utförts på objektet.

Det finns även osäkerheter som har att göra med själva branden. Vid analys av brandscenarierna förenklas det förväntade brandförloppet till en tillväxtfas och en maxeffektfas. Det är inte meningsfullt att ha med fasen där branden avtar i denna analys som är inriktad på personsäkerhet. Detta beror på att kritisk påverkan och dödliga förhållanden vid utrymning uppkommer långt tidigare. Således omfattar osäkerheterna i denna brandförloppsmodellering brandens tillväxthastighet och maxeffekt.

För att kunna bedöma tillväxthastigheten för brandscenarierna utförs en studie av litteratur där olika typer av bränder har undersökts. Enligt dessa resultat ligger tillväxthastigheten för brand i lös inredning, exempelvis soffa, fåtölj och stolar, strax under eller strax över snabb brandtillväxt [22], [23], [24]. För vidare analys av brandscenarierna väljs snabb brandtillväxt med en maxeffekt på 10 MW, se figur 5.2 nedan, för att vara på den säkra sidan.

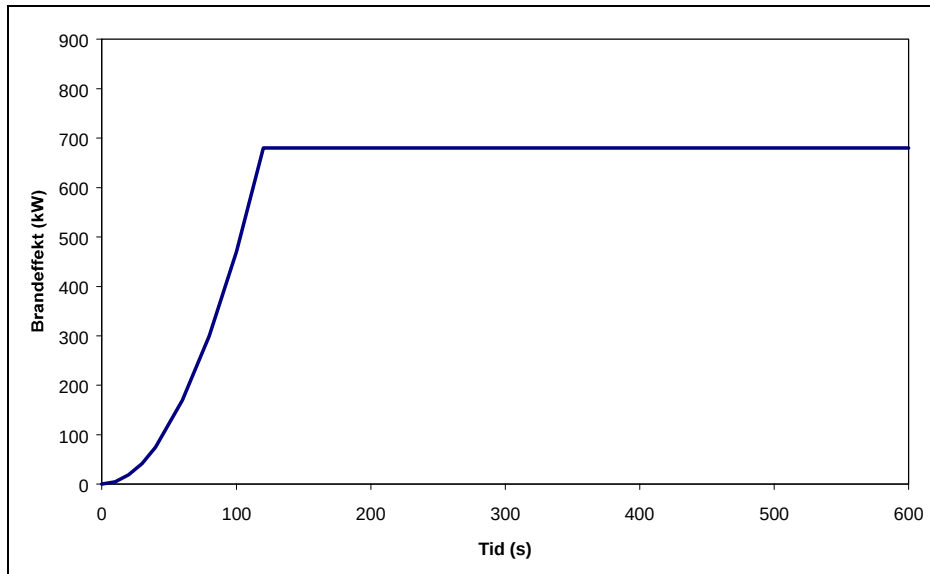


Figur 5.2 Brand i lös inredning, antaget brandförlopp.

En känslighetsanalys utförs för att kunna bedöma betydelsen av osäkerheter i brandförloppet se tabell G.1 i appendix G. Brandens tillväxthastighet har varierats från medel till mycket snabb i samtliga scenarier. Denna parameter har viss inverkan på tiden till kritisk påverkan och dödliga förhållanden. Maxeffekten påverkar däremot inte denna tid eftersom kritiska och dödliga förhållanden uppstår mycket tidigare. Ventilationsförhållandena i brandrummet har även varierats för samtliga scenarier genom att en öppning till det fria som är 1×1 meter på 1 meters höjd antas. Detta påverkar inte resultatet nämnvärt för brandscenarierna i samlingslokal. Brandgasspridningen blir dock långsammare vid scenariot brand i förråd. Att det finns öppningar till det fria från förråd är dock mindre troligt.

Med antagandet att fönster går sönder vid 300°C uppstår kritiska och dödliga förhållanden långt innan detta sker för brandscenarierna i samlingslokalen. Förrådet antages i denna analys sakna fönster.

För att kunna bedöma tiden då kritiska och dödliga förhållanden uppstår för de olika brandtekniska totallösningarna måste även brandförloppet när sprinkler löser ut simuleras. Med hjälp av datorprogrammet Detact-T2 kan tid till sprinklerutlösning beräknas. Denna tid blir cirka 2 minuter enligt beräkningarna, se appendix D för indata. Med antagandet att brandeffekten stannar och hålls konstant på den nivå som råder vid sprinklerutlösningen erhålls snabb brandtillväxt med en maxeffekt på cirka 0,7 MW enligt figur 5.3 nedan.



Figur 5.3 Brand i lös inredning **med sprinkler**, antaget brandförlopp.

Eftersom den maximala brandeffekten är 0,7 MW redan efter 2 minuter påverkar den i viss mån tiden till kritisk påverkan och dödliga förhållanden.

Vid brandanalysen i CFAST uppstår kritiska respektive dödliga förhållanden i det rum där entrén är belägen enligt tabell 5.2 nedan. Eftersom majoriteten av besökarna utrymmer genom huvudentrén uppstår köbildning i rummet med entré, vilket innebär att den största delen av personerna befinner sig detta rum under utrymningen. Den parameter som styr tiderna till kritiska och dödliga förhållanden är brandgaslagrets höjd i samtliga fall. De tider som rör förrådsbranden startar då förrådsdörren öppnas. Övriga tider räknas från och med att branden startar.

Brandens startutrymme	Kritiska förhållanden	Dödliga förhållanden
Samlingslokal 1	1,3 min	2,2 min
Samlingslokal 2	2,3 min	3,0 min
Förråd	0,9 min	2,0 min
Samlingslokal 1 med sprinkleraktivering	1,3 min	2,2 min
Samlingslokal 2 med sprinkleraktivering	2,3 min	3,3 min
Förråd med sprinkleraktivering	1,6 min	3,3 min

Tabell 5.2 Tid till kritiska och dödliga förhållanden i rummet med entré.

5.2.4 Analys av konsekvens

Eftersom rapporten är inriktad på personsäkerhet analyseras hur många människor det finns kvar i diskotekslokalen vid den tidpunkt då kritiska respektive dödliga förhållanden uppstår.

Följande ekvation används för att analysera om och i så fall hur många människor som utsätts för kritiska respektive dödliga förhållanden [18]:

$$t_{\text{kritisk/dödlig}} \geq t_{\text{utrymning}}$$

där:

$$t_{\text{utrymning}} = t_{\text{detektion}} + t_{\text{reaktion}} + t_{\text{evakuering}}$$

$$t_{\text{kritisk/dödlig}} = \text{tid till kritiska/dödliga förhållanden uppstår}$$

$$t_{\text{utrymning}} = \text{total utrymningstid}$$

$$t_{\text{detektion}} = \text{detektionstid, tid från brandstart till att branden detekteras}$$

$$t_{\text{reaktion}} = \text{reaktionstid, tid från att branden detekteras till att evakuering påbörjas}$$

$$t_{\text{evakuering}} = \text{evakueringstid, tid från att evakuering påbörjas till att den är slutförd}$$

Om förhållandet enligt ovan är omvänt undersöks antalet människor som fortfarande är kvar i byggnaden då kritiska respektive dödliga förhållanden uppstår.

Härmed kan den tid till dess att besökarna utrymt lokalen delas upp i tre delar, detektion, reaktion samt evakuering.

Detektionstid

Den tid det tar innan branden detekteras eller upptäcks är detektionstiden. Antingen aktiveras brandlarmet genom en värmedetektor alternativt sprinkler eller upptäcks branden av personer i byggnaden. Tid till detektion med hjälp av värmedetektor och sprinkler har beräknats genom datorprogrammet Detact-T2. För indata se appendix D. Den manuella detektionstiden har antagits till 1 minut längre än värmedetektionstiden. De personer som befinner sig i brandrummet antas dock ha en upptäcktstid som endast är 10 sekunder längre än värmedetektionstiden eftersom det rör sig om relativt små rum. Följande detektionstider har använts i analysen:

- **Värmedetektion:** 50 sekunder
- **Sprinkler:** 120 sekunder
- **Manuell detektion:** 110 sekunder
- **Manuell detektion i brandrum:** 60 sekunder

Eftersom den manuella detektionstiden antas vara kortare än sprinklerdetektionstiden är den sistnämnda tiden endast aktuell i scenariot förrådsbrand vid brandskyddslösningen med sprinkler. Detta beror på att förrådsbranden saknar värmedeckare och detekteras därför istället vid sprinkleraktivering.

Reaktionstid

Reaktionstiden omfattar den tid det tar från dess att branden är detekterad till dess att utrymning påbörjas. På grund av det för diskotek säregna tillstånd många diskoteksbesökare befinner sig i, exempelvis genom alkoholpåverkan, är denna tid troligtvis längre än motsvarande tid i andra samlingslokaler. Besökarnas reaktionstid, se tabell 5.3, antas vara beroende av personalens agerande.

	Besökare agerar korrekt	Besökare agerar ej korrekt
Personal agerar korrekt	1 min	3 min
Personal agerar ej korrekt	2 min	4 min

Tabell 5.3 Reaktionstid för besökare

Evakueringstid

Evakueringstiden som simuleras fram med hjälp av datorprogrammet SIMULEX är den tid som åtgår från det att utrymning påbörjas till personerna är i säkerhet. Blockerad utrymningsväg och brandskyddslösningen med bredare entré påverkar i detta fall simuleringens utseende i SIMULEX. Den totala evakueringstiden för de olika fallen anges i tabell 5.4 nedan.

Förenklad dimensionering	3,3 min
Förenklad dimensionering med en utrymningsväg blockerad	3,7 min
Förenklad dimensionering med bredare entré	2,3 min
Förenklad dimensionering med bredare entré och en utrymningsväg blockerad	2,6 min

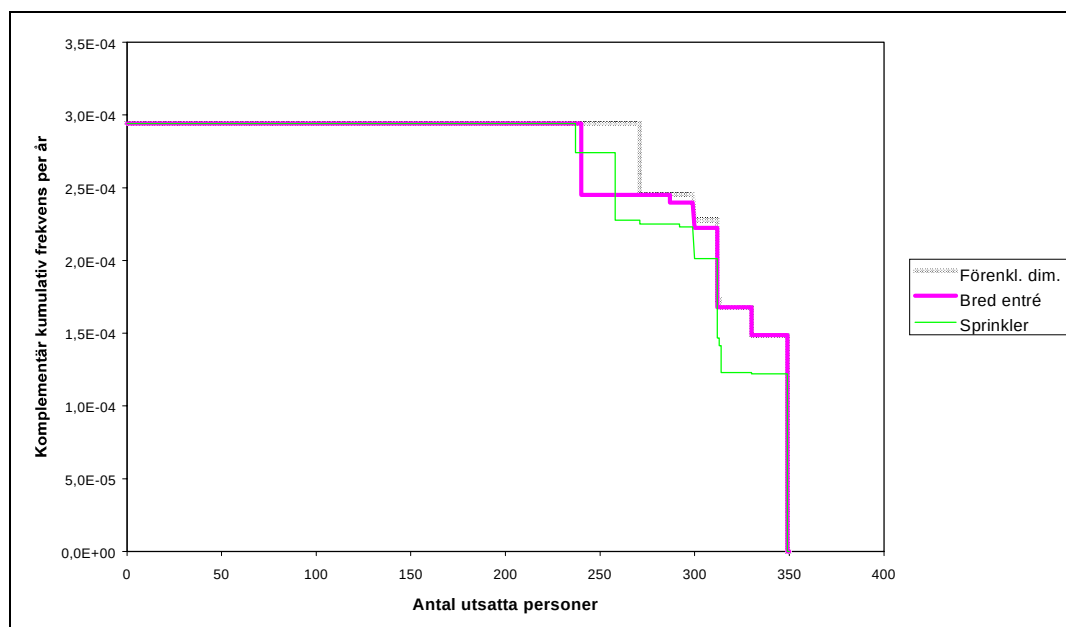
Tabell 5.4 Total evakueringstid från SIMULEX.

Det har utförts en känslighetsanalys med avseende på de två parametrarna, personantal i lokalen och andel personer som utrymmer genom huvudentrén, som påverkar evakueringstiden för denna diskotekslokal, se tabell G.3 i appendix G. De två parametrarna ökas och minskas med 15%. Den totala evakueringstiden minskar respektive ökar med cirka en halv minut både då personantalet och andelen personer som utrymmer genom huvudentrén varierar.

För beskrivning av datorprogrammet SIMULEX och indata se appendix E.

5.3 Riskvärdering

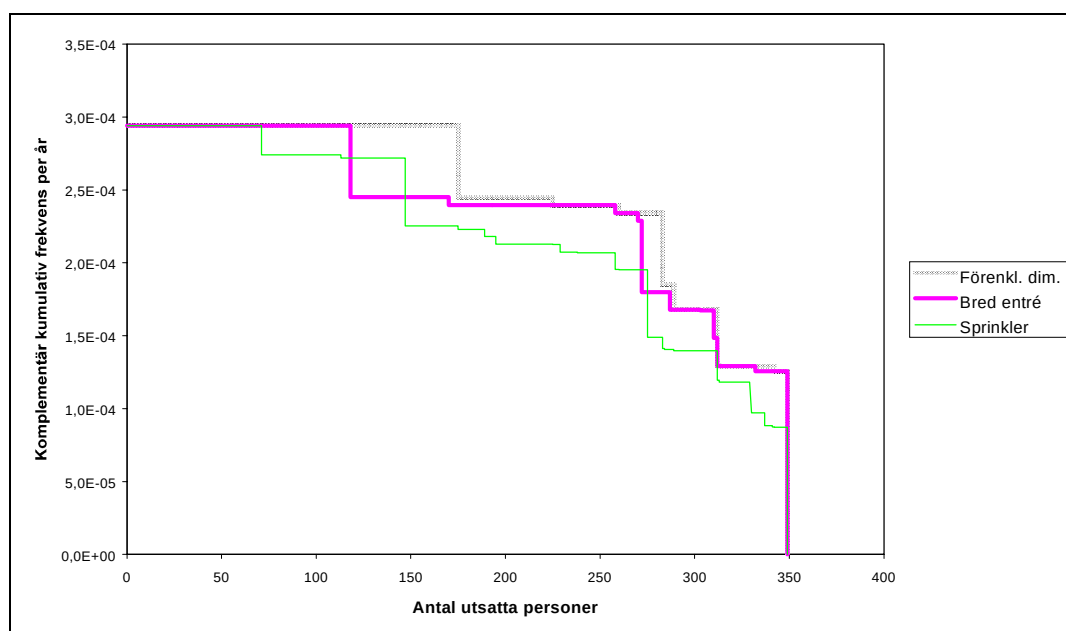
Personrisken för de tre brandskyddslösningarna värderas med hjälp av riskprofiler, som konstrueras utifrån de tidigare framtagna händelseträden, se appendix B. De tre brandskyddslösningarna har sina specifika riskprofiler, se figur 5.4 och 5.5, och kan därmed jämföras.



Figur 5.4 Riskprofiler för de tre brandskyddslösningarna, **kritiska förhållanden**

Medelrisken, antal personer som förväntas utsättas för **kritiska förhållanden** per år i lägenhetslokalen, är för de tre brandskyddslösningarna:

- Förenklad dimensionering: 0,096 personer/år
- Bredare entré som brandskyddsåtgärd: 0,094 personer/år
- Installation av sprinkler som brandskyddsåtgärd: 0,092 personer/år



Figur 5.5 Riskprofiler för de tre brandskyddslösningarna, **dödliga förhållanden**

Medelrisken, antal personer som förväntas utsättas för **dödliga förhållanden** per år i lägenhetslokalen, är för de tre brandskyddslösningarna:

- Förenklad dimensionering: 0,088 personer/år
- Bredare entré som brandskyddsåtgärd: 0,084 personer/år
- Installation av sprinkler som brandskyddsåtgärd: 0,078 personer/år

De två brandskyddslösningarna, bredare entré och installation av sprinkler, är baserade på förenklad dimensionering och innehåller förbättrande åtgärder. Detta leder till att riskprofilen för förenklad dimensionering ligger ovanför de övriga två riskprofilerna, i figur 5.4 och 5.5, samt att medelrisken för förenklad dimensionering är högre.

Det framgår tydligt att marginalerna mellan de tre brandskyddslösningarna, med avseende på figur 5.4 och 5.5 samt medelrisken, är små och därmed är effekterna av brandskyddsåtgärderna bredare entré och installation av sprinkler låga. Installation av sprinkler är dock något effektivare då gränsvärden för dödliga förhållanden appliceras, se figur 5.5, i förhållande till då gränsvärden för kritiska förhållanden används, se figur 5.4.

Sannolikheten för att ett stort antal personer, som befinner sig i lägenhetslokalen vid brand, utsätts för kritiska och dödliga förhållanden är mycket hög. Detta beror på att brandutvecklingen i denna lokal, innehållande flera små rum med låg takhöjd, ger korta tider till kritiska och dödliga förhållanden. En känslighetsanalys har utförts med avseende på brandens utveckling, se tabell G.1 och G.2 i appendix G. Vid variation av brandens tillväxthastighet ändras tid till kritiska förhållanden och medelrisken något. Ytterliggare en faktor som påverkar personsäkerheten negativt är det höga personantalet (350) i förhållande till lokalens yta (250 m²). Det har gjorts en känslighetsanalys där personantalet i lokalen varieras, se tabell G.4 i appendix G. Vid minskning respektive ökning av personantalet ändras medelrisken påtagligt.

Sammanfattningsvis tyder denna analys på att personsäkerheten i denna diskotekslokal, innehållande flera små rum med låg takhöjd, är mycket låg i händelse av brand. Detta baseras på att tider till kritiska och dödliga förhållanden blir korta samt att de två studerade brandskyddsåtgärderna inte ger någon nämnbar förbättring. En mer ingående diskussion ges i kapitel 9.

6 Riskbaserad brandteknisk analys av konsertlokalen

6.1 Brandskyddsgenomgång

6.1.1 Genomgång av utförande

Konsertlokalen består i huvudsak av ett stort rum med en scen i ena änden. Det finns även två mindre angränsande rum, ett kök och ett serveringsrum. Samtliga rum ligger i en och samma brandcell. Diskoteket, som är placerad i en svensk storstad, ligger i markplan och angränsar endast i sidled till lokaler med andra verksamheter. Byggnadens stomme är utförd i betong.

Det finns tre av varandra oberoende utrymningsvägar från diskoteket. Ett utrymningslarm i form av en ringsignal som aktiveras av värmedetektorer är installerat. I köket finns ett fast släcksystem i form av CO₂. Detta är installerat för att kompensera det faktum att köket och samlingslokalen ligger i samma brandcell. Vad gäller manuell släckutrustning finns det två pulversläckare, en i varje bar, samt en CO₂-släckare i diskjockeybåset.

Det högst tillåtna personantalet i denna lokal är 750, varav 15 är personal. Då detta är ett diskotek med fullständiga rättigheter kan besökarna förväntas vara mer eller mindre alkoholpåverkade och därmed ha sämre omdöme och längre reaktionstid.

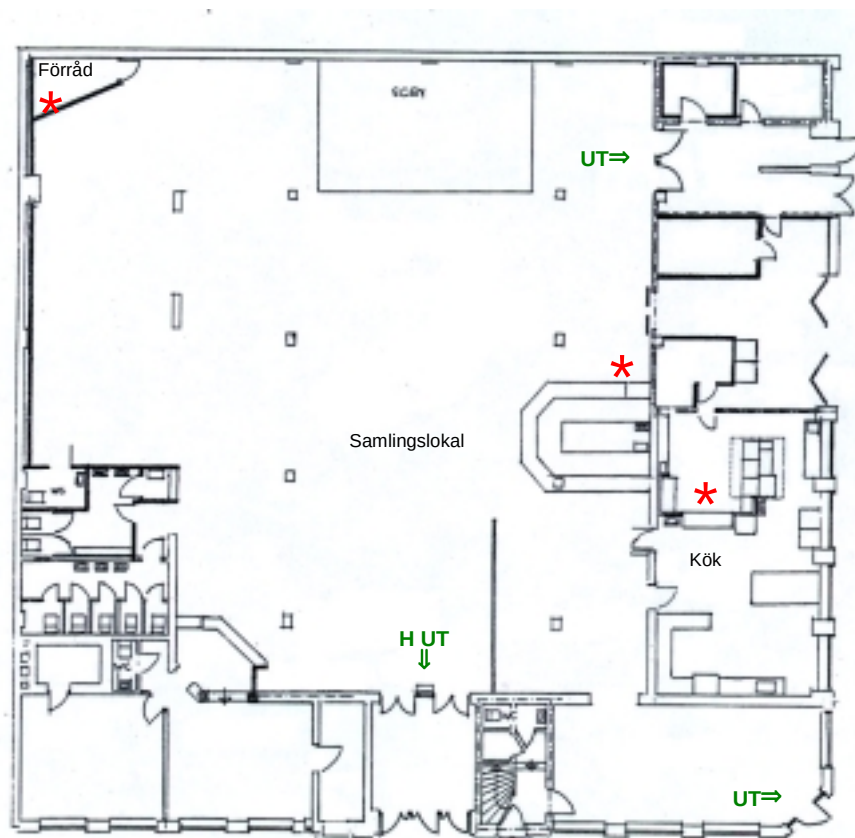
Diskotekslokalens brandskydd är utfört enligt förenklad dimensionering.

6.1.2 Karakterisering av objekt

Denna karakterisering avser endast diskotekslokalen samt dess utrymningsvägar, ej byggnaden som helhet.

Byggnaden

Diskoteket har en planlösning enligt figur 6.1, med en area på cirka 650 m². Lokalen består av ett stort samlingsrum med två mindre angränsande rum, ett kök och ett serveringsrum. Fönster saknas i det stora samlingsrummet och i köket. Samtliga rum finns i en och samma brandcell. Takhöjderna varierar från 4,5 meter i mitten av det stora rummet ner till 2,6 meter i köket. I det stora samlingsrummet finns en scen, två barer samt möbler i form av soffor, stolar och bord. Det finns tre utrymningsvägar med panikreglar och ett utrymningslarm med värmedetektorer placerade i alla publika rum.



Figur 6.1 Planlösning för konsertlokalen där UT står för utrymningsväg och H UT står för huvudentré. Stjärnorna (*) i figuren visar brandscenarierna som tas fram i kapitel 6.1.7.

Inre och yttre miljö

Den inre och yttre miljön motsvarar de förutsättningar som anges för lägenhetslokalen i kapitel 5.1.2.

Personerna i byggnaden

Det förväntade antalet personer i lokalen i händelse av brand antas vara 750, varav 15 är personal. Övriga förhållanden med avseende på personerna i byggnaden antas vara likvärdiga med de som presenteras i kapitel 5.1.2.

Hantering av brandsäkerheten

Vad gäller hantering av brandsäkerheten se kapitel 5.1.2.

6.1.3 Mål för brandskydd

Målen för brandskyddet i denna brandtekniska analys är identiska för de tre diskotekslokalerna, se kapitel 5.1.3.

6.1.4 Utrymningsstrategi

Utrymningsvägarnas placering i lokalen visas i figur 6.1. Övriga uppgifter angående utrymningsstrategin överensstämmer med det som anges i kapitel 5.1.4.

6.1.5 Kritisk och dödlig påverkan vid brand

De kritiska och dödliga gränsvärden med avseende på människors påverkan av en brand som används i denna analys presenteras i tabell 3.1 respektive tabell 3.2 i kapitel 3.

6.1.6 Acceptanskriterier

Förutsättningarna med avseende på acceptanskriterier är generella för de tre diskotekslokalerna och förklaras i kapitel 5.1.6.

6.1.7 Brandscenarier

Metoden och tillvägagångssättet för att ta fram de dimensionerande brandscenarierna är motsvarande för de tre objekten och beskrivs i kapitel 5.1.7. Det som skiljer denna diskotekslokal från lägenhetslokalen, med avseende på framtagning av brandscenarier, presenteras nedan.

Riskidentifiering

Eftersom detta objekt har ett kök i direkt anslutning till samlingslokalen kvarstår starutrymmena toalett, förråd, kök och samlingslokal.

De brandscenarier som framträder för diskotekslokalen med avseende på starutrymme och startföremål är:

- Kök, brand på spis exempelvis brandfarlig vätska
- Samlingslokal, brand i lös inredning
- Förråd, brand i lös inredning alternativt brandfarlig vätska eller elinstallationer
- Toalett, brand i lös inredning

Grovanalys

De ovan nämnda brandscenariernas riskindex (RI) anges i tabell 6.1 nedan.

Brandscenario	$P_r(\text{tot } 152 \text{ st})$	KI	RI
Kök , brand på spis exempelvis brandfarlig vätska	0,51	$0,4 + 0,3 + 0,2 = 0,9$	0,46
Samlingslokal , brand i lös inredning	0,38	$0,4 + 0,5 + 0,2 = 1,1$	0,42
Förråd , brand i lös inredning alternativt brandfarlig vätska eller elinstallationer	0,07	$0,5 + 0,3 + 0,5 = 1,3$	0,09
Toalett , brand i lös inredning	0,05	$0,3 + 0,3 + 0,3 = 0,9$	0,05

Tabell 6.1: Riskindex i grovanalysen.

Val av brandscenarier

De tre brandscenarier som har högst riskindex är enligt tabell 6.1 ovan brand på spis, exempelvis brandfarlig vätska, i kök samt brand i lös inredning i samlingslokal och förråd. Respektive brandscenariers startplats är markerad med en stjärna (*) i figur 6.1. Scenariot med brandstart i förråd underbyggs också av att startutrymmet har varit avskilt eller ett sekundärt rum vid alla de katastrofbränder i samlingslokaler som studerats av Københavns Brandvæsen, se kapitel 1.6.4. Vid förrådsbranden antas dörren till förrådet vara stängd tills brandgaser sipprar ut till angränsande rum. De tre brandscenarierna kommer att användas för att analysera brandskyddet med avseende på personsäkerheten i diskotekslokalen.

6.1.8 Brandskydd

Metoden och tillvägagångssättet för att ta fram de mest relevanta brandskyddslösningarna är motsvarande för de tre objekten och beskrivs i kapitel 5.1.8.

Val av brandskyddsåtgärder

De mest relevanta brandskyddslösningarna som slutligen väljs ut är följande:

Bredare entré

Denna brandskyddsåtgärd leder till att dörrbredden i entrén ökas 50 % i förhållande till ursprungsbredden. I övrigt är förhållandena oförändrade i jämförelse med brandskyddet enligt den förenklade dimensioneringsmetoden.

Installation av sprinkler

Det valda sprinklersystemet är av typen fast response med ett RTI-värde på 50 och en aktiveringstemperatur på 68°C. Då sprinklersystemet fungerar antas brandtillväxten upphöra vid sprinkleraktivering, vilket medför att brandeffekten därefter hålls konstant. I övrigt är förhållandena oförändrade i jämförelse med brandskyddet enligt den förenklade dimensioneringsmetoden.

6.2 Riskanalys

6.2.1 Händelser

Identifieringen av alla relevanta och rimliga händelser som kan påverka händelseförloppet vid en brand, med undantag av brandscenariofördelning och sprinklerutförande enligt nedan, är identisk med det som presenteras i kapitel 5.2.1.

Brandscenario

De tre brandscenarier som tagits fram antas motsvara samtliga omfattande brandscenarier för objektet. Sannolikhetsfördelningen mellan dessa tre brandscenarier är framtagna med avseende på brandens startutrymme, som redovisas i tabell A.1 i appendix A. Med utgångspunkt från denna tabell blir den relativa sannolikheten för ett brandscenario antalet bränder som startat i liknande utrymmen genom totalt antal bränder som startat i liknande utrymmen för de tre framtagna brandscenarierna.

För konsertlokalen är de tre dimensionerande brandscenarierna brand i kök, brand i samlingslokal och brand i förråd. Bränder startar 77 gånger i kök på två år, 57 gånger i samlingslokal och 11 gånger i förråd. Detta ger det totala värdet 145 stycken bränder på två år som startar i dessa utrymmen. De framräknade sannolikheterna för de tre brandscenarierna blir:

Scenario 1: brand i kök = **0,531**
 Scenario 2: brand i samlingslokal = **0,393**
 Scenario 3: brand i förråd = **0,076**

Sprinkler fungerar

Denna händelse finns med i analysen av den brandskyddslösning där ett sprinklersystem installerats. Händelsen finns, för samtliga brandskyddslösningar, även med i brandscenario 1 där det uppstår en brand i köket. Anledningen till detta är att det enligt byggreglerna (BBR) krävs ett brandtekniskt alternativ, som ger ett motsvarande brandskydd, då det inte finns en brandcellsgräns mellan köket och samlingslokalen. För konsertlokalen är ett CO₂-system installerat i köket.

Sannolikheten för att ett modernt sprinklersystem fungerar är enligt handböcker för brandteknisk dimensionering **0,95** [11], [10]. Då sprinklersystemet fungerar antas brandtillväxten upphöra vid en sprinkleraktivering, vilket medför att brandeffekten därefter hålls konstant.

6.2.2 Händelseträd

De tre händelseträd som skapas för de olika brandskyddslösningarna är:

1. Förenklad dimensionering av brandskydd, se figur F.4 appendix F.
2. Bredare entré som brandskyddsåtgärd, se figur F.5 appendix F.
3. Installation av sprinkler som brandskyddsåtgärd se figur F.6 appendix F.

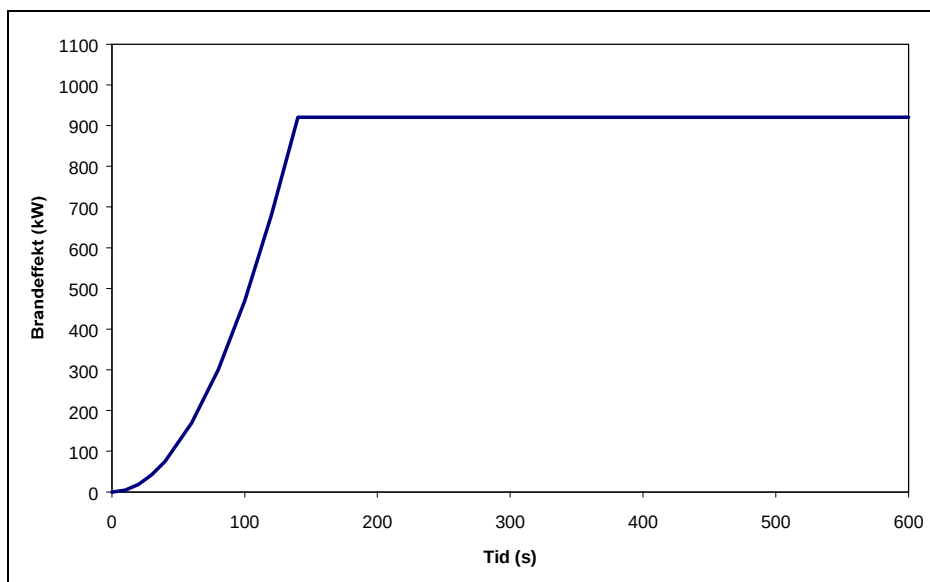
6.2.3 Analys av brandförlopp

Datorprogrammet CFAST, för beskrivning se appendix B, används för analys av de utvalda brandscenarierna i diskotekslokalen. De förenklningar och osäkerheter som har att göra med datorprogrammet och brandförlopp beskrivs i kapitel 5.2.3.

För att kunna bedöma tillväxthastigheten för brandscenarierna utförs en studie av litteratur där olika typer av bränder har undersökts. Enligt dessa resultat ligger tillväxthastigheten för brand i lös inredning, exempelvis soffa, fåtölj och stolar, strax under eller strax över snabb brandtillväxt [22], [23], [24]. Vid köksscenariot antas en vätskebrand på spis som leder till antändning av diverse inredning och sprider sig till fläktsystemet [25]. Eftersom brandscenariot i köket startar som en vätskebrand antas brandförloppet motsvara en snabb brandtillväxt. För vidare analys av brandscenarierna väljs snabb brandtillväxt med en maxeffekt på 10 MW, se figur 5.2 i kapitel 5.2.3, för att vara på den säkra sidan.

En känslighetsanalys utförs för att kunna bedöma betydelsen av osäkerheter i brandförloppet, se tabell G.1 i appendix G. Brandens tillväxthastighet har varierats från medel till mycket snabb i samtliga scenarier. Denna parameter har stor inverkan på tiden till kritisk påverkan och dödliga förhållanden. Maxeffekten påverkar däremot inte denna tid eftersom kritiska och dödliga förhållanden uppstår i ett tidigare skede. Ventilationsförhållandena i brandrummet har även varierats för samtliga scenarier genom att en öppning till det fria som är 1×1 meter på 1 meters höjd antas. Detta påverkar inte resultatet nämnvärt för brandscenarierna i kök respektive samlingslokal. Brandgasspridningen blir dock långsammare vid scenariot brand i förråd. Att det finns öppningar till det fria från förråd är dock mindre troligt.

För att kunna bedöma tiden då kritiska och dödliga förhållanden uppstår för de olika brandtekniska totallösningarna måste även brandförloppet när sprinkler löser ut simuleras. Med hjälp av datorprogrammet Detact-T2 kan tid till sprinklerutlösning beräknas. Denna tid blir cirka 2 minuter och 20 sekunder enligt beräkningarna. Se appendix D för indata. Med antagandet att brandeffekten stannar och hålls konstant på den nivå som råder vid sprinklerutlösningen erhålls snabb brandtillväxt med en maxeffekt på cirka 0,9 MW enligt figur 6.2 nedan.



Figur 6.2 Brand i lös inredning **med sprinkler**, antaget brandförlopp.

Eftersom den maximala brandeffekten är 0,9 MW redan efter 2 minuter och 20 sekunder påverkar den tiden till kritisk påverkan och dödliga förhållanden.

Vid brandanalysen i CFAST uppstår kritiska respektive dödliga förhållanden i det rum där entrén är belägen enligt tabell 6.2 nedan. Den parameter som styr dessa två tider är

brandgaslagrets höjd i samtliga fall. De tider som rör förrådsbranden startar då förrådsdörren öppnas. Övriga tider räknas från och med att branden startar.

Brandens startutrymme	Kritiska förhållanden	Dödliga förhållanden
Kök	4,4 min	5,5 min
Samlingslokal	3,6 min	4,2 min
Förråd	2,4 min	3,3 min
Kök med sprinkleraktivering	4,9 min	6,2 min
Samlingslokal med sprinkleraktivering	4,1 min	5,3 min
Förråd med sprinkleraktivering	3,3 min	4,8 min

Tabell 6.2 Tid till kritiska och dödliga förhållanden i rummet med entré.

6.2.4 Analys av konsekvens

Eftersom rapporten är inriktad på personsäkerhet analyseras hur många människor det finns kvar i diskotekslokalen vid den tidpunkt då kritiska respektive dödliga förhållanden uppstår, för metodbeskrivning se kapitel 5.2.4.

Den tid till dess besökarna utrymt lokalen delas upp i tre delar, detektion, reaktion samt evakuering.

Detektionstid

Den tid det tar innan branden detekteras eller upptäcks är detektionstiden. Antingen aktiveras brandlarmet genom en värmedetektor alternativt sprinkler eller upptäcks branden av personer i byggnaden. Tid till detektion med hjälp av värmedetektor och sprinkler har beräknats genom datorprogrammet Detact-T2. För indata se appendix D. Den manuella detektionstiden har antagits till 1 minut längre än värmedetektionstiden. Följande detektionstider har använts i analysen:

Värmedetektion: 55 sekunder
Sprinkler: 140 sekunder
Manuell detektion: 115 sekunder

Eftersom den manuella detektionstiden antas vara kortare än sprinklerdetektionstiden är den sistnämnda tiden endast aktuell i scenariot förrådsbrand vid brandskyddslösningen med sprinkler. Detta beror på att förrådet saknar värmedetektorer och detekteras därför istället vid sprinkleraktivering.

Reaktionstid

Besökarnas reaktionstid omfattar den tid det tar från dess att branden är detekterad till dess att utrymning påbörjas. Reaktionstiderna antas motsvara de som anges för lägenhetslokalen, se tabell 5.4 i kapitel 5.2.4.

Evakueringstid

Evakueringstiden som simuleras fram med hjälp av datorprogrammet SIMULEX är den tid som åtgår från det att utrymning påbörjas till personerna är i säkerhet. Blockerad utrymningsväg och brandskyddslösningen med bredare entré påverkar i detta fall simuleringens utseende i SIMULEX. Den totala evakueringstiden för de olika fallen anges i tabell 6.3 nedan.

Förenklad dimensionering	3,2 min
Förenklad dimensionering med en utrymningsväg blockerad	3,5 min
Förenklad dimensionering med bredare entré	2,5 min
Förenklad dimensionering med bredare entré och en utrymningsväg blockerad	2,7 min

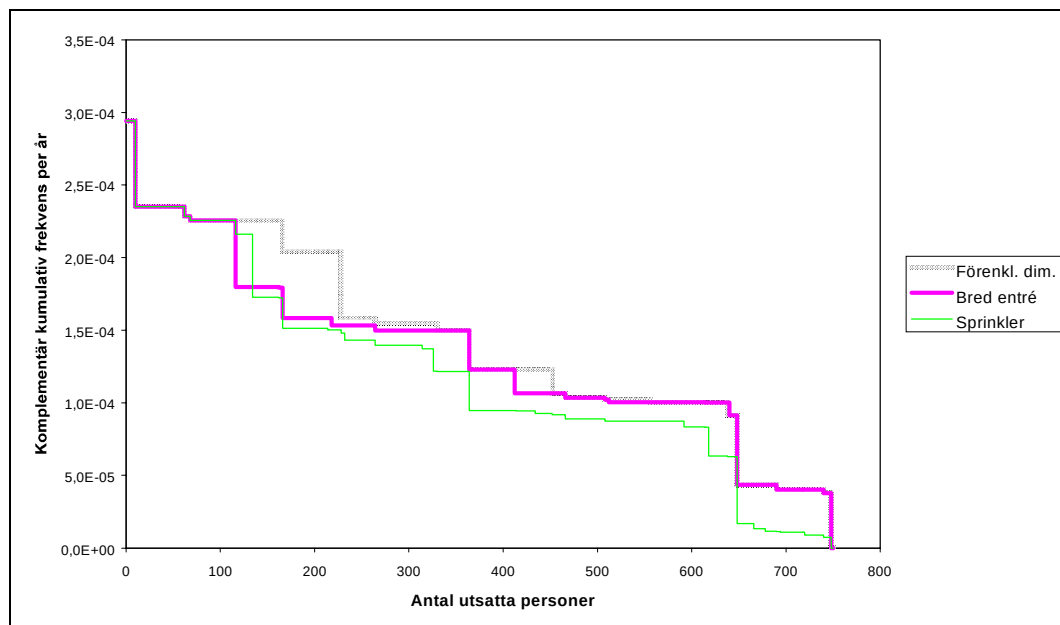
Tabell 6.3 Total evakueringstid från SIMULEX.

Det har utförts en känslighetsanalys med avseende på de två parametrarna, personantal i lokalen och andel personer som utrymmer genom huvudentrén, som påverkar evakueringstiden för denna diskotekslokal, se tabell G.3 i appendix G. De två parametrarna ökas och minskas med 15%. Den totala evakueringstiden minskar respektive ökar med cirka en halv minut både då personantalet och andelen personer som utrymmer genom huvudentrén varierar.

För beskrivning av datorprogrammet SIMULEX och indata se appendix E.

6.3 Riskvärdering

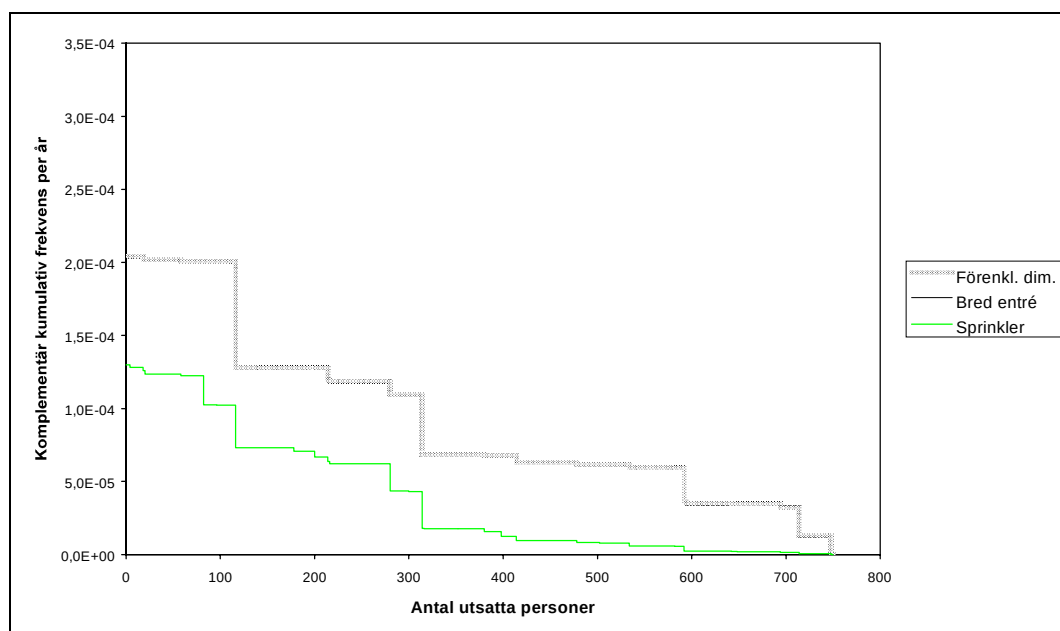
Personrisken för de tre brandskyddslösningarna värderas med hjälp av riskprofiler, som konstrueras utifrån de tidigare framtagna händelseträden, se appendix B. De tre brandskyddslösningarna har sina specifika riskprofiler, se figur 6.3 och 6.4, och kan därmed jämföras.



Figur 6.3 Riskprofiler för de tre brandskyddslösningarna, **kritiska förhållanden**

Medelrisken, antal personer som förväntas utsättas för **kritiska förhållanden** per år i konsertlokalen, är för de tre brandskyddslösningarna:

- Förenklad dimensionering: 0,108 personer/år
- Bredare entré som brandskyddsåtgärd: 0,101 personer/år
- Installation av sprinkler som brandskyddsåtgärd: 0,091 personer/år



Figur 6.4 Riskprofiler för de tre brandskyddslösningarna, **dödliga förhållanden**

Medelrisken, antal personer som förväntas utsättas för **dödliga förhållanden** per år i konsertlokalen, är för de tre brandskyddslösningarna:

- Förenklad dimensionering: 0,070 personer/år
- Bredare entré som brandskyddsåtgärd: 0,062 personer/år
- Installation av sprinkler som brandskyddsåtgärd: 0,030 personer/år

De två brandskyddslösningarna, bredare entré och installation av sprinkler, är baserade på förenklad dimensionering och innehåller förbättrande åtgärder. Detta leder till att riskprofilen för förenklad dimensionering ligger ovanför de övriga två riskprofilerna, i figur 6.3 och 6.4, samt att medelrisken för förenklad dimensionering är högre.

Det framgår tydligt att marginalerna mellan brandskyddslösningarna förenklad dimensionering och bredare entré, med avseende på figur 6.3 och 6.4 samt medelrisken, är små och därmed är effekten av brandskyddsåtgärden bredare entré låg. Installation av sprinkler är däremot effektiv, framförallt då gränsvärden för dödliga förhållanden appliceras, se figur 6.4, i förhållande till då gränsvärden för kritiska förhållanden används, se figur 6.3.

Sannolikheten för att en stor del av de personer, som befinner sig i konsertlokalen vid brand, utsätts för kritiska och dödliga förhållanden är hög. Detta beror på att det stora antalet personer (750) samt val av utrymningsväg (75% mot huvudentrén) ger en lång utrymningstid i förhållande till tid till kritiska och dödliga förhållanden. En känslighetsanalys har utförts med avseende på personantal i lokalen samt val av utrymningsväg, se tabell G.4 i appendix G. Vid minskning av personantal och andel personer som utrymmer via huvudentrén ändras medelrisken endast marginellt. Då dessa två parametrar ökas blir höjningen av medelrisken mer betydande.

Sammanfattningsvis tyder denna analys på att personsäkerheten i denna diskotekslokal, som i huvudsak består av ett stort rum, är låg i händelse av brand. Detta baseras på att personantalet i lokalen är högt vilket ger en lång utrymningstid. Brandskyddsåtgärden installation av sprinkler leder till att personsäkerheten förbättras avsevärt med avseende på dödliga förhållanden. En mer ingående diskussion ges i kapitel 9.

7 Riskbaserad brandteknisk analys av tvåplanslokalen

7.1 Brandskyddsgenomgång

7.1.1 Genomgång av utförande

Diskotekslokalen, som är förlagd i en svensk storstad, är uppbyggd i två plan där det nedre planet ligger i marknivå. I mitten av lokalen finns en öppen förbindelse mellan de båda planen. Kring den öppna förbindelsen finns ett antal rum i olika storlekar. Samtliga rum i lokalen finns i samma brandcell. Byggnaden, vars stomme är utförd i betong, angränsar endast i sidled till lokaler med andra verksamheter.

Det finns tre av varandra oberoende utrymningsvägar på varje plan. Ett utrymningslarm i form av en ringsignal som aktiveras av värmedetektorer är installerat. I form av manuell släckutrustning finns det två pulversläckare, en i varje bar, samt en CO₂-släckare i diskjockeybåset.

Det högst tillåtna personantalet i denna lokal är 500, varav 12 är personal. Då detta är ett diskotek med fullständiga rättigheter kan besökarna förväntas vara mer eller mindre alkoholpåverkade och därmed ha sämre omdöme och längre reaktionstid.

Diskotekslokalens brandskydd är utfört enligt förenklad dimensionering.

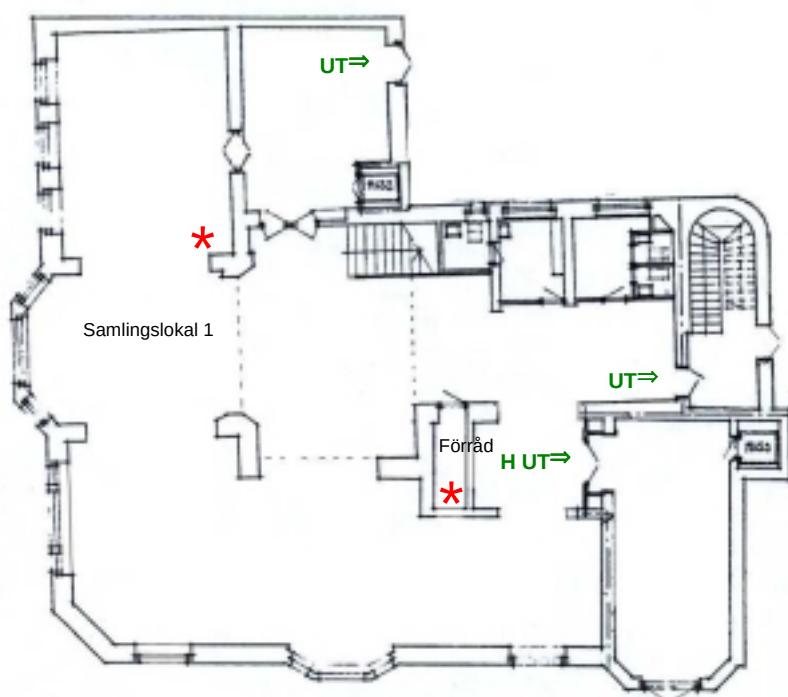
7.1.2 Karakterisering av objekt

Denna karakterisering avser endast diskotekslokalen samt dess utrymningsvägar, ej byggnaden som helhet.

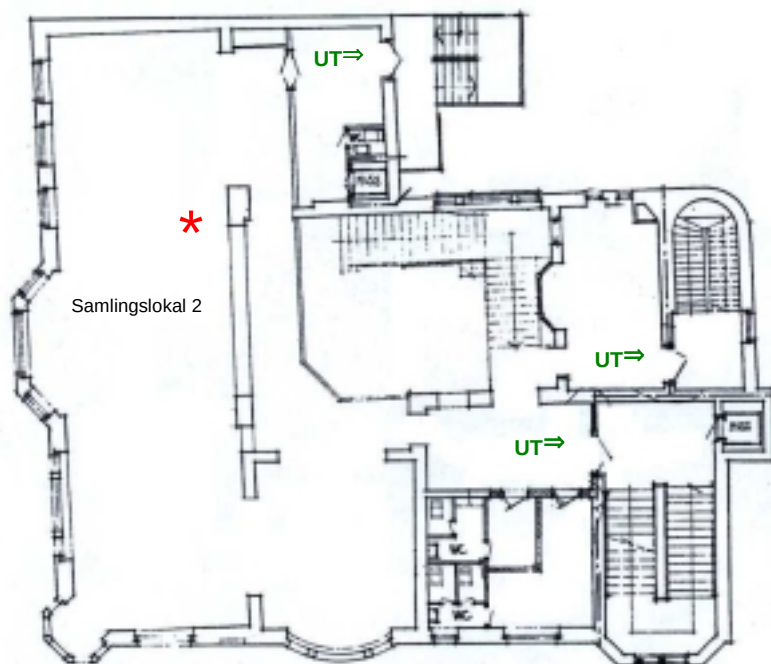
Byggnaden

Detta tvåplansdiskotek har en planlösning enligt figur 7.1, med en area på cirka 600 m². Lokalen består av två plan med en öppen förbindelse mellan de båda planen, där det finns ett antal rum i olika storlekar. Samtliga rum ligger i en brandcell och har en takhöjd på 4,5 meter. I öppningen som förbinder de två våningsplanen är dock takhöjden 9,5 meter. I rummen finns förutom två stora barer dessutom möbler som soffor, fåtöljer och bord samt övrig inredning i form av mattor och gardiner. Det finns tre utrymningsvägar med panikreglar på varje plan och ett utrymningslarm med värmedetektorer placerade i alla publika rum.

Våning 1



Våning 2



Figur 7.1 Planlösning för de två våningarna i den öppna tvåplanslokalen där UT står för utrymningsväg och H UT står för huvudentré. Stjärnorna (*) i figuren visar brandscenarierna som tas fram i kapitel 7.1.7.

Inre och yttre miljö

Den inre och yttre miljön motsvarar de förutsättningar som anges för lägenhetslokalen i kapitel 5.1.2.

Personerna i byggnaden

Det förväntade antalet personer i lokalen i händelse av brand antas vara 500, varav 12 är personal. Övriga förhållanden med avseende på personerna i byggnaden antas vara likvärdiga med de som presenteras i kapitel 5.1.2.

Hantering av brandsäkerheten

Vad gäller hantering av brandsäkerheten se kapitel 5.1.2.

7.1.3 Mål för brandskydd

Målen för brandskyddet i denna brandtekniska analys är identiska för de tre diskotekslokalerna, se kapitel 5.1.3.

7.1.4 Utrymningsstrategi

Utrymningsvägarnas placering i lokalen visas i figur 7.1. Övriga uppgifter angående utrymningsstrategin överensstämmer med det som anges i kapitel 5.1.4.

7.1.5 Kritisk och dödlig påverkan vid brand

De kritiska och dödliga gränsvärden med avseende på människors påverkan av en brand som används i denna analys presenteras i tabell 3.1 respektive tabell 3.2 i kapitel 3.

7.1.6 Acceptanskriterier

Förutsättningarna med avseende på acceptanskriterier är generella för de tre diskotekslokalerna och förklaras i kapitel 5.1.6.

7.1.7 Brandscenarier

Metoden och tillvägagångssättet för att ta fram de dimensionerande brandscenarierna är motsvarande för de tre objekten och beskrivs i kapitel 5.1.7. Det som skiljer denna diskotekslokal från lägenhetslokalen, med avseende på framtagning av brandscenarier, presenteras nedan.

Riskidentifiering

Eftersom lokalen består av två våningsplan har två startutrymmen antagits under kategorin samlingslokal, övriga startutrymmen som kvarstår är toalett, förråd och hall.

De brandscenarier som framträder för diskotekslokalen med avseende på startutrymme och startföremål är:

- Samlingslokal 1 (våning 1), brand i lös inredning
- Samlingslokal 2 (våning 2), brand i lös inredning
- Förråd (våning 1), brand i lös inredning alternativt brandfarlig vätska eller elinstallationer
- Entréhall (våning 1), brand i lös inredning
- Entréhall (våning 2), brand i lös inredning
- Toalett (våning 1), brand i lös inredning
- Toalett (våning 2), brand i lös inredning

Grovanalys

De ovan nämnda brandscenariernas riskindex (RI) anges i tabell 7.1 nedan.

Brandscenario	P_r (tot 77 st)	KI	RI
Samlingslokal 1 (våning 1) , brand i lös inredning	0,37	$0,4 + 0,5 + 0,2 = 1,1$	0,41
Samlingslokal 2 (våning 2) , brand i lös inredning	0,37	$0,4 + 0,5 + 0,2 = 1,1$	0,41
Förråd (våning 1) , brand i lös inredning alternativt brandfarlig vätska eller elinstallationer	0,14	$0,5 + 0,3 + 0,5 = 1,3$	0,18
Entréhall (våning 1) , brand i lös inredning	0,02	$0,3 + 0,4 + 0,1 = 0,8$	0,02
Entréhall (våning 2) , brand i lös inredning	0,02	$0,3 + 0,4 + 0,1 = 0,8$	0,02
Toalett (våning 1) , brand i lös inredning	0,04	$0,3 + 0,3 + 0,3 = 0,9$	0,03
Toalett (våning 1) , brand i lös inredning	0,04	$0,3 + 0,3 + 0,3 = 0,9$	0,03

Tabell 7.1: Riskindex i grovanalysen.

Val av brandscenarier

De tre brandscenarier som har högst riskindex är enligt tabell 7.1 ovan brand i lös inredning i samlingslokal 1 (våning 1), samlingslokal 2 (våning 2) och förråd (våning 1). Respektive brandscenaries startplats är markerad med en stjärna (*) i figur 7.1. Scenariot med brandstart i förråd underbyggs också av att startutrymmet har varit avskilt eller ett sekundärt rum vid alla de katastrofbränder i samlingslokaler som studerats av Københavns Brandvæsen, se kapitel 1.6.4. Vid förrådsbranden antas dörren till förrådet vara stängd tills brandgaser sipprar ut till angränsande rum.

7.1.8 Brandskydd

Metoden och tillvägagångssättet för att ta fram de mest relevanta brandskyddslösningarna är motsvarande för de tre objekten och beskrivs i kapitel 5.1.8.

Val av brandskyddsåtgärder

De mest relevanta brandskyddslösningarna som slutligen väljs ut är följande:

Bredare entré

Denna brandskyddsåtgärd leder till att dörrbredden i entrén ökas 50 % i förhållande till ursprungsbredden. I övrigt är förhållandena oförändrade i jämförelse med brandskyddet enligt den förenklade dimensioneringsmetoden.

Installation av sprinkler

Det valda sprinklersystemet är av typen fast response med ett RTI-värde på 50 och en aktiveringstemperatur på 68°C. Då sprinklersystemet fungerar antas brandtillväxten upphöra vid sprinkleraktivering, vilket medför att brandeffekten därefter hålls konstant. I övrigt är förhållandena oförändrade i jämförelse med brandskyddet enligt den förenklade dimensioneringsmetoden.

7.2 Riskanalys

7.2.1 Händelser

Identifieringen av alla relevanta och rimliga händelser som kan påverka händelseförloppet vid en brand, med undantag av brandscenariofördelning enligt nedan, är identisk med det som presenteras i kapitel 5.2.1.

Brandscenario

De tre brandscenarier som tagits fram i brandskyddsgenomgången antas motsvara samtliga omfattande brandscenarier för objektet. Sannolikhetsfördelningen mellan dessa tre brandscenarier är framtagna med avseende på brandens startutrymme, som redovisas i tabell A.1 i appendix A. Med utgångspunkt från denna tabell blir den relativa sannolikheten för ett brandscenario antalet bränder som startat i liknande utrymmen genom totalt antal bränder som startat i liknande utrymmen för de tre framtagna brandscenarierna.

För den öppna tvåplanslokalen är de tre dimensionerande brandscenarierna två bränder i samlingslokal och en brand i förråd. I samlingslokaler och liknande utrymmen startar det 57 bränder på två år och i förråd 11 bränder på två år. Det totala antalet bränder som startat i dessa utrymmen blir då 68 stycken på två år. För de två brandscenarierna i samlingslokalerna delas det gemensamma sannolikhetsvärdet på två för att skilja dem åt. De framräknade sannolikheterna för de tre brandscenarierna blir:

Scenario 1: brand i samlingslokal 1 (våning 1)= **0,419**

Scenario 2: brand i samlingslokal 2 (våning 2)= **0,419**

Scenario 3: brand i förråd (våning 1) = **0,162**

7.2.2 Händelsetråd

De tre händelsetråd som skapas för de olika brandskyddslösningarna är:

1. Förenklad dimensionering av brandskydd, se figur F.7 appendix F.
2. Bredare entré som brandskyddsåtgärd, se figur F.8 appendix F.
3. Installation av sprinkler som brandskyddsåtgärd se figur F.9 appendix F.

7.2.3 Analys av brandförlopp i CFAST

Datorprogrammet CFAST, för beskrivning se appendix B, används för analys av de utvalda brandscenarierna i diskotekslokalen. De förenklingar och osäkerheter som har att göra med datorprogrammet CFAST och brandförlopp beskrivs i kapitel 5.2.3. Resultatet av att simulera hur en brand påverkar miljön i en komplicerad geometri i flera våningar med hjälp av en tvåzonsmodell (CFAST) kan ifrågasättas [26]. Därför har även en fältmodell använts för att simulera ett av brandscenarierna i diskotekslokalen, se kapitel 7.2.4.

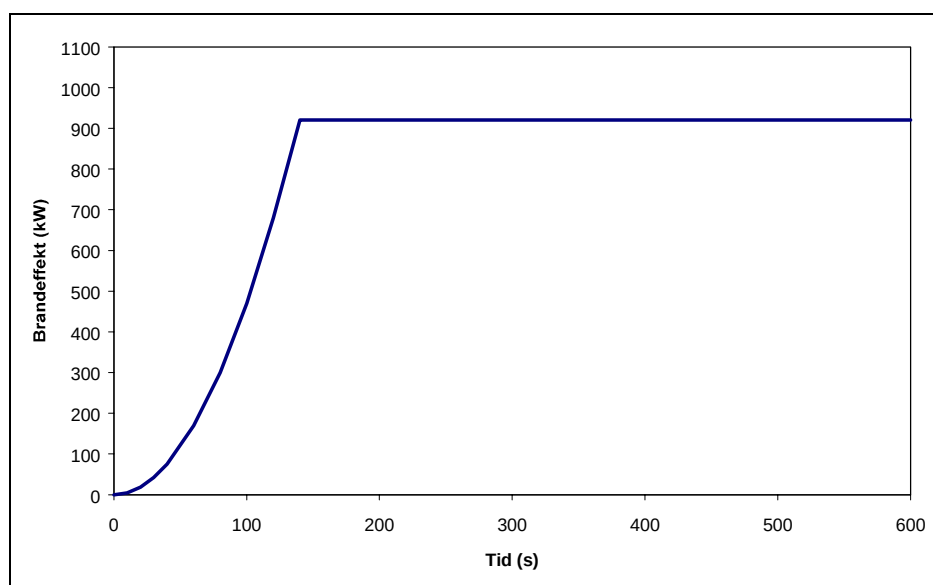
För att kunna bedöma tillväxthastigheten för brandscenarierna utförs en studie av litteratur där olika typer av bränder har undersökts. Enligt dessa resultat ligger tillväxthastigheten för brand i lös inredning, exempelvis soffa, fåtölj och stolar, strax under eller strax över snabb brandtillväxt [22], [23], [24]. För vidare analys av brandscenarierna väljs snabb brandtillväxt med en maxeffekt på 10 MW, se figur 5.2 i kapitel 5.2.3, för att vara på den säkra sidan.

En känslighetsanalys utförs för att kunna bedöma betydelsen av osäkerheter i brandförloppet se tabell G.1 i appendix G. Brandens tillväxthastighet har varierats från medel till mycket

snabb i samtliga scenarier. Denna parameter har stor inverkan på tiden till kritisk påverkan och dödliga förhållanden. Maxeffekten påverkar däremot inte denna tid eftersom kritiska och dödliga förhållanden uppstår i ett tidigare skede. Ventilationsförhållandena i brandrummet har även varierats för samtliga scenarier genom att en öppning till det fria som är 1×1 meter på 1 meters höjd antas. Detta påverkar inte resultaten nämnvärt för brandscenario 1 och 2. Brandgasspridningen blir dock långsammare vid scenariot brand i förråd. Att det finns öppningar till det fria från förråd är dock mindre troligt.

Med antagandet att fönster går sönder vid 300°C uppstår kritiska och dödliga förhållanden innan detta sker för brandscenariot med brandstart i samlingslokal 1 på våning 1. Då brandstart sker i samlingslokal 2 på våning 2 uppnås temperaturen 300°C i fönsterhöjd i brandrummet efter cirka 300 sekunder. Eftersom detta inträffar i ett sent skede av brandförloppet tas detta ej i anspråk. Förrådet antages i denna analys sakna fönster.

För att kunna bedöma tiden då kritiska och dödliga förhållanden uppstår för de olika brandtekniska totallösningarna måste även brandförloppet när sprinkler löser ut simuleras. Med hjälp av datorprogrammet Detact-T2 kan tid till sprinklerutlösning beräknas. Denna tid blir cirka 2 minuter och 20 sekunder enligt beräkningarna. Se appendix D för indata. Med antagandet att brandeffekten stannar och hålls konstant på den nivå som råder vid sprinklerutlösningen erhålls snabb brandtillväxt med en maxeffekt på cirka 0,9 MW enligt figur 7.2 nedan.



Figur 7.2 Brand i lös inredning **med sprinkler**, antaget brandförlopp.

Eftersom den maximala brandeffekten är 0,9 MW redan efter 2 minuter och 20 sekunder påverkar den tiden till kritisk påverkan och dödliga förhållanden.

Vid brandanalysen i CFAST uppstår kritiska respektive dödliga förhållanden i det rum där entrén är belägen (våning 1) samt i motsvarande rum på plan 2 enligt tabell 7.2 och 7.3 nedan. De parametrar som styr dessa två tider är brandgaslagrets höjd och temperaturen. De tider som rör förrådsbranden startar då förrådsdörren öppnas. Övriga tider räknas från och med att branden startar.

Brandens startutrymme	Kritiska förhållanden	Dödliga förhållanden
Samlingslokal 1 (våning 1)	3,5 min	4,5 min
Samlingslokal 2 (våning 2)	uppstår ej	uppstår ej
Förråd (våning 1)	2,3 min	2,8 min
Samlingslokal 1 med sprinkler (våning 1)	5,3 min	10,0 min
Samlingslokal 2 med sprinkler (våning 2)	uppstår ej	uppstår ej
Förråd med sprinkler (våning 1)	3,8 min	5,0 min

Tabell 7.2 Tid till kritiska och dödliga förhållanden i rummet med entré (våning 1).

Brandens startutrymme	Kritiska förhållanden	Dödliga förhållanden
Samlingslokal 1 (våning 1)	3,5 min	4,5 min
Samlingslokal 2 (våning 2)	3,3 min	3,9 min
Förråd (våning 1)	0,2 min	1,0 min
Samlingslokal 1 med sprinkler (våning 1)	5,3 min	10,0 min
Samlingslokal 2 med sprinkler (våning 2)	3,5 min	5,2 min
Förråd med sprinkler (våning 1)	0,5 min	3,0 min

Tabell 7.3 Tid till kritiska och dödliga förhållanden i det rum med störst köbildning på våning 2.

7.2.4 Analys av brandförlopp i SOFIE

Brandförloppet för brandscenario 1 har även analyserats i datorprogrammet SOFIE, som baseras på en fältmodell. Denna simulering har utförts av en arbetsgrupp i kursen Brandsimulering med fältmodellen SOFIE vid Brandteknik, LTH [27]. Viss förenkling av lokalens geometri har utförts på motsvarande sätt som vid CFAST-modelleringen. Takhöjd och areor av öppningar är identiska med de mätningar som utförts på objektet. För indata och datorprogrambeskrivning se appendix C.

I fältmodellen delas objektets volym in i mindre volymer, så kallade celler. Den öppna tvåplanslokalen delas in i 148 000 celler. Cellstorleken varierar och är minst i närheten av branden och taket. Huruvida byggnadens fönster påverkar brandförloppet beaktas ej i denna simulering. Brandförloppet har simulerats med en tillväxthastighet något högre än snabb och en maxeffekt på 9 MW [27].

Vid brandanalysen i SOFIE uppstår kritiska respektive dödliga förhållanden i det rum där entrén är belägen enligt tabell 7.4 nedan. Den parameter som styr dessa två tider är siktbarheten i båda fallen.

	Brandens startutrymme	Kritiska förhållanden	Dödliga förhållanden
våning 1	Samlingslokal 1 (våning 1)	2,3 min	2,5 min
våning 2	Samlingslokal 2 (våning 1)	2,2 min	2,2 min

Tabell 7.4 Tid till kritiska och dödliga förhållanden i det rum med entré (våning 1) och i det rum med störst köbildning på våning 2.

7.2.5 Analys av konsekvens

Eftersom rapporten är inriktad på personsäkerhet analyseras hur många människor det finns kvar i diskotekslokalen vid den tidpunkt då kritiska respektive dödliga förhållanden uppstår, för metodbeskrivning se kapitel 5.2.4.

Den tid till dess besökarna utrymt lokalen delas upp i tre delar, detektion, reaktion samt evakuering.

Detektionstid

Den tid det tar innan branden detekteras eller upptäcks är detektionstiden. Antingen aktiveras brandlarmet genom en värmedetektor alternativt sprinkler eller upptäcks branden av personer i byggnaden. Tid till detektion med hjälp av värmedetektor och sprinkler har beräknats genom datorprogrammet Detact-T2. För indata se appendix D. Den manuella detektionstiden har antagits till 1 minut längre än värmedetektionstiden. Följande detektionstider har använts i analysen:

Värmedetektion: 60 sekunder
Sprinkler: 140 sekunder
Manuell detektion: 120 sekunder

Eftersom den manuella detektionstiden antas vara kortare än sprinklerdetektionstiden är den sistnämnda tiden endast aktuell i scenariot förrådsbrand vid brandskyddslösningen med sprinkler. Detta beror på att förrådsbranden saknar värmedeckare och detekteras därför istället vid sprinkleraktivering.

Reaktionstid

Besökarnas reaktionstid omfattar den tid det tar från dess att branden är detekterad till dess att utrymning påbörjas. Reaktionstiderna antas motsvara de som anges för lägenhetslokalen, se tabell 5.4 i kapitel 5.2.4.

Evakueringstid

Evakueringstiden som simuleras fram med hjälp av datorprogrammet SIMULEX är den tid som åtgår från det att utrymning påbörjas till personerna är i säkerhet. Blockerad utrymningsväg och brandskyddslösningen med bredare entré påverkar i detta fall simuleringens utseende i SIMULEX. Evakueringstid för plan 2 samt total evakueringstid för de olika fallen anges i tabell 7.4 nedan.

	Plan 2	Total
Förenklad dimensionering	1,7 min	2,4 min
Förenklad dimensionering med en utrymningsväg blockerad	2,0 min	2,9 min
Förenklad dimensionering med bredare entré	1,6 min	2,0 min
Förenklad dimensionering med bredare entré och en utrymningsväg blockerad	1,9 min	2,2 min

Tabell 7.4 Evakueringstid för plan 2 samt total evakueringstid från SIMULEX.

Det har utförts en känslighetsanalys med avseende på de två parametrarna, personantal i lokalen och andel personer som utrymmer genom huvudentrén, som påverkar evakueringstiden för denna diskotekslokal, se tabell G.3 i appendix G. De två parametrarna

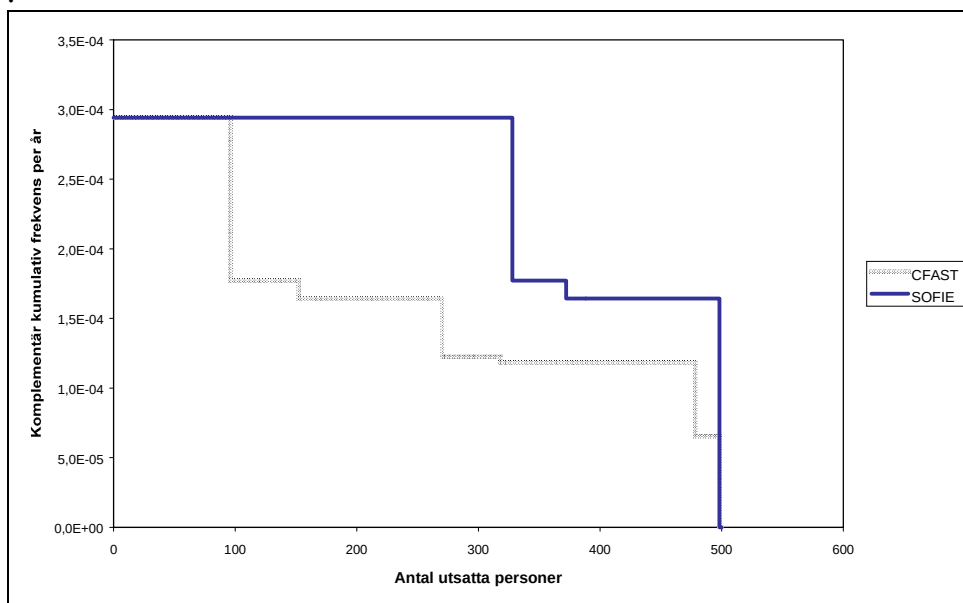
ökas och minskas med 15%. Den totala evakueringstiden minskar respektive ökar med cirka en halv minut både då personantalet och andelen personer som utrymmer genom huvudentrén varierar.

För beskrivning av datorprogrammet SIMULEX och indata se appendix E.

7.2.6 Konsekvensjämförelse av resultat från CFAST och SOFIE

Eftersom endast ett brandscenario, brand i samlingslokal 1 på våning 1, har behandlats i datorprogrammet SOFIE kan enbart resultaten från detta scenario jämföras. De parametrar som styr tiderna till kritiska och dödliga förhållanden är för CFAST brandgaslagrets höjd och temperaturen och för SOFIE siktförhållandena. Enligt tabell 7.2 till 7.4 är tid till kritiska förhållanden cirka 1 minut längre för simulering i CFAST i förhållande till SOFIE. Motsvarande tid för dödliga förhållanden är cirka 2 minuter. Detta medför att konsekvensen, antal utsatta personer, blir högre då simuleringen utförs i SOFIE.

En riskprofil har tagits fram för respektive datorprogram med avseende på det ovan beskrivna brandscenario för kritiska förhållanden, se figur 7.3. Riskprofilerna baseras på händelseträdet för förenklad dimensionering av brandskydd, se figur F.7 appendix F. Eftersom endast ett brandscenario studeras avlägsnas de övriga två brandscenarierna från händelseträdet.

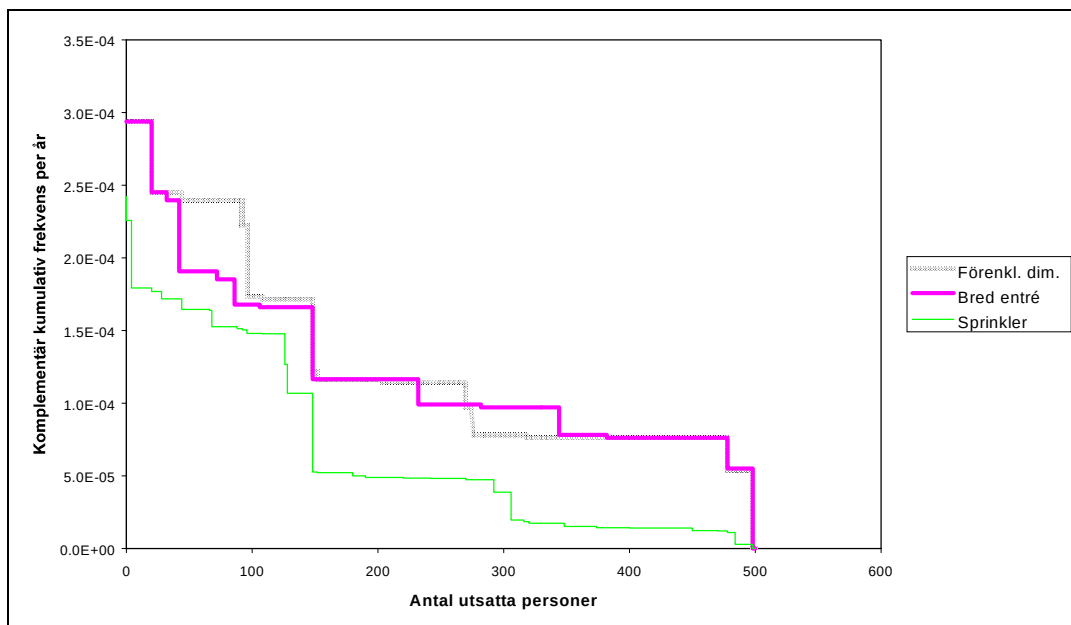


Figur 7.3 Riskprofiler för brandstart i samlingslokal 1 (våning 1) för förenklad dimensionering, kritiska förhållanden för de två datorprogrammen CFAST och SOFIE.

Vid jämförelse mellan de två riskprofilerna i figur 7.3 kan en markant skillnad i förväntat antal personer som utsätts för kritiska förhållanden i den öppna tvåplanslösningen per år urskiljas. Resultatet som utgår ifrån simulering i SOFIE ger en lägre personsäkerhet med avseende på brand i samlingslokal 1 på våning 1 i förhållande till motsvarande simulering i CFAST. Denna stora skillnad kan bero på att brandgaserna omblandas med luften i fältmodellen SOFIE, vilket inte sker i tvåzonsmodellen CFAST. Detta leder till att sikten och temperaturen varierar för hela volymen i SOFIE, till skillnad från CFAST där dessa parametrar endast varierar mellan det övre och undre skiktet för varje rum.

7.3 Riskvärdering

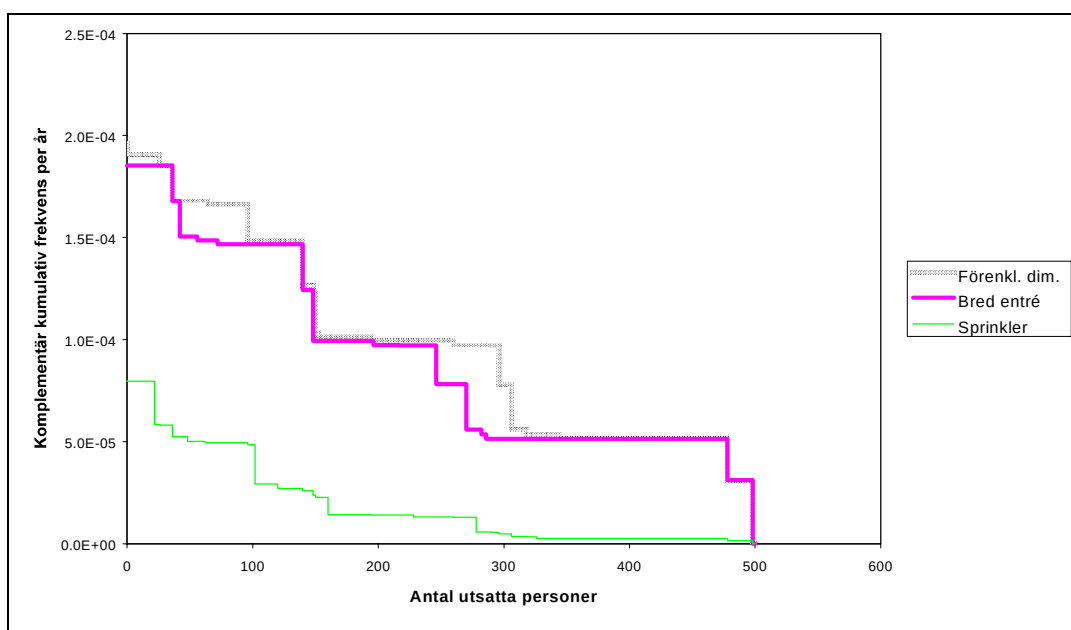
Personrisken för de tre brandskyddslösningarna värderas med hjälp av riskprofiler, som konstrueras utifrån de tidigare framtagna händelseträden, se appendix B. De tre brandskyddslösningarna har sina specifika riskprofiler, se figur 7.4 och 7.5, och kan därmed jämföras.



Figur 7.4 Riskprofiler för de tre brandskyddslösningarna, **kritiska förhållanden**

Medelrisken, antal personer som förväntas utsättas för **kritiska förhållanden** per år i den öppna tvåplanslokalen, är för de tre brandskyddslösningarna:

- Förenklad dimensionering: 0,065 personer/år
- Bredare entré som brandskyddsåtgärd: 0,063 personer/år
- Installation av sprinkler som brandskyddsåtgärd: 0,034 personer/år



Figur 7.5 Riskprofiler för de tre brandskyddslösningarna, **dödliga förhållanden**

Medelrisken, antal personer som förväntas utsättas för **dödliga förhållanden** per år i den öppna tvåplanslokalen, är för de tre brandskyddslösningarna:

- Förenklad dimensionering: 0,050 personer/år
- Bredare entré som brandskyddsåtgärd: 0,046 personer/år
- Installation av sprinkler som brandskyddsåtgärd: 0,010 personer/år

De två brandskyddslösningarna, bredare entré och installation av sprinkler, är baserade på förenklad dimensionering och innehåller förbättrande åtgärder. Detta leder till att riskprofilen för förenklad dimensionering ligger ovanför de övriga två riskprofilerna, i figur 7.4 och 7.5, samt att medelrisken för förenklad dimensionering är högre.

Det framgår tydligt att marginalerna mellan brandskyddslösningarna förenklad dimensionering och bredare entré, med avseende på figur 7.4 och 7.5 samt medelrisken, är små och därmed är effekten av brandskyddsåtgärden bredare entré låg. Installation av sprinkler är däremot en effektiv åtgärd, både då gränsvärden för kritiska och dödliga förhållanden appliceras, se figur 7.4 och figur 7.5. Faktorer som påverkar detta är den höga takhöjden (4,5 meter) och den brandgasavlastande effekt en öppning mellan två plan har för det nedre planet.

Sannolikheten för att en stor del av de personer, som befinner sig i den öppna tvåplanslokalen vid brand, utsätts för kritiska och dödliga förhållanden är hög. Detta beror på personernas val av utrymningsväg (75% mot huvudentrén) vilket ger en lång utrymningstid i förhållande till tid till kritiska och dödliga förhållanden. De personer på våning 2 som utrymmer genom huvudentrén passerar våning 1 via en trappa i öppningen som förbinder de två våningsplanen. Därmed förlängs dessa personers utrymningstid avsevärt. En känslighetsanalys har utförts med avseende på val av utrymningsväg, se tabell G.4 i appendix G. Vid minskning och ökning av andel personer som utrymmer via huvudentrén ändras medelrisken endast marginellt. Majoriteten av de brandscenarier som studerats ger betydligt kortare tider till kritiska och dödliga förhållanden på våning 2 i förhållande till våning 1. De personer som befinner sig på våning 2 samt i trappan i öppningen mellan våningsplanen, utsätts därmed för kritiska och dödliga förhållanden i ett tidigare skede än de personer som befinner sig på våning 1.

För ett scenario, brand i samlingslokal 1 på våning 1, har brandutvecklingen även simulerats i datorprogrammet SOFIE. Resultatet från denna studie ger kortare tider till kritiska och dödliga förhållanden än för motsvarande scenario i datorprogrammet CFAST, se figur 7.3.

Sammanfattningsvis tyder denna analys på att personsäkerheten i denna diskotekslokal, som består av två våningsplan med en öppning dem emellan, är låg i händelse av brand. Brandskyddsåtgärden installation av sprinkler leder till att personsäkerheten förbättras avsevärt med avseende på kritiska och dödliga förhållanden. En mer ingående diskussion ges i kapitel 9.

8 Jämförelser med avseende på de tre diskotekslokalerna

8.1 Jämförelser mellan de tre diskotekslokalerna

För att jämföra personsäkerheten med avseende på brand mellan de tre diskotekslokalerna studeras medelrisken, antal personer som förväntas utsättas för kritiska/dödliga förhållanden per år för respektive diskotek. **Medelriskerna med avseende på förenklad dimensionering** för de tre diskotekslokalerna är:

Lägenhetslokal,	kritiska förhållanden	0,096 personer/år
	dödliga förhållanden	0,088 personer/år
Konsertlokal,	kritiska förhållanden	0,108 personer/år
	dödliga förhållanden	0,070 personer/år
Öppen tvåplanslokal,	kritiska förhållanden	0,070 personer/år
	dödliga förhållanden	0,050 personer/år

Med utgångspunkt från detta resultat har den öppna tvåplanslösningen lägst medelrisk och därmed ett bättre personskydd än de övriga två diskotekslokalerna. Detta resultat baseras på simulering av brandutveckling i datorprogrammet CFAST. En jämförelse mellan resultaten från datorprogrammen CFAST och SOFIE för ett brandscenario i den öppna tvåplanslokalen, se kapitel 7.2.6, tyder dock på att personsäkerheten med avseende på brand i den öppna tvåplanslokalen kan vara lägre.

För samtliga tre diskotekslokaler gäller att en stor *andel* av de personer som befinner sig i respektive lokal, i händelse av en omfattande brand, utsätts för kritiska och dödliga förhållanden. Detta är särskilt utmärkande för lägenhetslokalen. Vid en jämförelse av antal personer som befinner sig i diskotekslokalen med antal personer som utsätts för kritiska förhållanden framgår det att i genomsnitt cirka 90% av de 350 besökarna i lägenhetslokalen utsätts för kritiska förhållanden i händelse av en omfattande brand. Motsvarande andel för konsertlokalen med 750 besökare och den öppna tvåplanslokalen med 500 besökare är cirka 50%.

Vad gäller brandskyddsåtgärder ger bredare entré inte någon nämnvärd förbättring, med avseende på personsäkerheten, i någon av de tre diskotekslokalerna. Installation av sprinkler som brandskyddsåtgärd leder däremot till en avsevärd förbättring i konsertlokalen och den öppna tvåplanslokalen. Denna brandskyddsåtgärd är dock ineffektiv i lägenhetslokalen.

8.2 Jämförelser mellan de tre diskotekslokalerna och det framtagna förslaget av acceptanskriterium

För att undersöka huruvida personsäkerheten, med avseende på brand, för de tre diskotekslokalerna är på en acceptabel nivå i förhållande till det framtagna förslaget av acceptanskriterium, se kapitel 3.2.6, jämförs medelrisken. Medelrisken för de tre diskotekslokalerna med avseende på förenklad dimensionering och dödliga förhållanden är från 5×10^{-2} till 9×10^{-2} personer/år. Vad gäller det framtagna förslaget av acceptanskriterium är medelrisken mindre än 5×10^{-5} personer/år. Enligt denna analys är personsäkerheten, med avseende på brand, för de tre diskotekslokalerna därmed långt under den nivå som det framtagna förslaget ger. De faktorer som kan tänkas orsakar denna stora skillnad diskuteras närmare i kapitel 9.

9 Slutsatser och diskussion

Slutsatser av resultaten från denna riskanalys och diskussioner kring dessa presenteras nedan utifrån de frågeställningar som definieras i målsättningen i kapitel 1.3.

9.1 Finns det stora skillnader i personsäkerhet mellan olika typer av diskotekslokaler?

Diskussion

Den riskbaserade brandtekniska analysmetoden lämpar sig mycket väl för relativa jämförelser i personsäkerhet mellan de analyserade objekten. Detta beror på att de metods specifika osäkerheter som diskuteras i fråga 9.3 och 9.4 nedan inte påverkar resultatet i samma utsträckning vid jämförelser mellan de analyserade objekten.

Slutsatser

Vid en jämförelse mellan de tre analyserade diskotekslokalerna lägenhetslokal, konsertlokal och öppen tvåplanslokal, har den öppna tvåplanslösningen lägst medelrisk och därmed ett bättre personskydd än de övriga två diskotekslokalerna. Då hänsyn tas till hur stor andel av de personer som befinner sig i respektive lokal, i händelse av en omfattande brand, framgår det att i genomsnitt cirka 90% av de 350 besökarna i lägenhetslokalen utsätts för kritiska förhållanden. Motsvarande andel för konsertlokalen (750 personer) och den öppna tvåplanslokalen (500 personer) är cirka 50%. Denna jämförelse tyder på att lägenhetslokalen har lägst personsäkerhet, med avseende på brand, av de tre diskotekslokalerna.

9.2 Hur förbättras personsäkerheten med hjälp av brandskyddsåtgärder?

Diskussion

Vad gäller relativa jämförelser mellan olika brandskyddsåtgärder för enskilda objekt är den riskbaserade brandtekniska analysmetoden ett mycket bra instrument. För brandskyddsåtgärden sprinklerinstallation har det i denna analys antagits att brandeffekten hålls konstant efter sprinkleraktivering. Eftersom resultaten från denna analys ger höga konsekvenser även då sprinkler aktiveras är det osäkert huruvida detta antagande är ett lämpligt sätt att modellera effekten av en sprinkleraktivering.

Slutsatser

De brandskyddsåtgärder som i denna riskanalys har utvärderats för de tre diskotekslokalerna är bredare entré och sprinklerinstallation. Resultaten visar att en bredare entré som brandskyddsåtgärd endast ger en marginell förbättring av personsäkerheten. Den procentuella skillnaden i medelrisk i förhållande till förenklad dimensionering är som bäst 6% (konsertlokalen) med avseende på kritiska förhållanden. Med de antaganden som gjorts i denna analys är effekten av installation av sprinkler låg för lägenhetslokalen. För konsertlokalen och den öppna tvåplanslokalen är effekten av en sprinklerinstallation mycket högre. Denna förbättring är störst i den öppna tvåplanslokalen och den procentuella skillnaden i medelrisk i förhållande till förenklad dimensionering är i denna lokal 48% med avseende på kritiska förhållanden.

Efter utförda känslighetsanalyser framträder en rad parametrar som kan användas som brandskyddsåtgärder för de tre diskotekslokalerna. Dessa parametrar kan sammanfattas till de två åtgärderna minskning av personantal och utbildning av personal. Utbildning av personal

påverkar händelserna personal och besökare agerar korrekt, utrymningsvägarnas tillgänglighet och huruvida utrymningen fördelas på samtliga utrymningsvägar. Enligt känslighetsanalysen hade alla dessa parametrar stor betydelse för analysens resultat.

9.3 Vilka faktorer har stor inverkan på riskanalysens resultat?

Diskussion

En faktor som starkt inverkar på riskanalysens resultat är frekvensen för att brand uppkommer. Att fastställa denna frekvens exakt är i princip omöjligt. En metod för att anta denna frekvens är att utgå från statistik från inträffade bränder, vilket har gjorts i denna riskanalys. Statistiken som studerats omfattar inträffade bränder på restauranger och diskotek, vilket innebär att resultatet kan vara snedvridet eftersom det finns betydligt fler restauranger än diskotek. Även antalet personer i lokalen i händelse av brand och öppettider varierar kraftigt mellan restauranger och diskotek.

En betydande del av de faktorer som har stor inverkan på riskanalysens resultat är direkt kopplade till det händelsetråd som konstrueras för att strukturera analysen. De händelser som förs in i händelsetrådet kan ej beskriva samtliga händelseförlopp eftersom det är orimligt tidskrävande och arbetsbelastande att ta fram dessa. Valet av händelser är därmed mycket viktigt för utfallet. I denna riskanalys har starthändelsen brand uppkommer delats in i omfattande respektive ej omfattande bränder. För att bestämma vilka bränder som motsvarar omfattande bränder har antaganden gjorts utifrån brändernas omfattning vid räddningstjänstens ankomst. Denna ankomsttid kan ha stora variationer, vilket leder till att antalet omfattande bränder är svårt att fastställa.

En faktor som påverkar brandförloppet är brandens tillväxthastighet. En känslighetsanalys har utförts där tillväxthastigheten har varierats. Denna parameter har stor inverkan på riskanalysens resultat. Vid brandsyn är det därmed viktigt att kontrollera mängden brännbart material, framförallt i avskilda utrymmen.

Personalens och besökarnas agerande har definierats i form av antagna reaktionstider för korrekt respektive ej korrekt agerande och sannolikheter för dessa utfall har antagits. Att omsätta personers agerande till sannolikheter för reaktionstider är komplicerat och leder till stora osäkerheter. En känslighetsanalys, med avseende på dessa sannolikheter, har utförts och visar att dessa faktorer har en betydande inverkan på resultatet. Personalens och besökarnas agerande är direkt kopplade till personalens utbildning vilket kan användas som en brandskyddsåtgärd.

De antagna parametrar som utvärderats genom en känslighetsanalys med avseende på evakuering av de tre diskotekslokalerna är personantalet i lokalen och andel personer som utrymmer via huvudentrén. Enligt denna känslighetsanalys har dessa två parametrar stor inverkan på resultatet av riskanalysen. En minskning av personantalet kan användas som en brandskyddsåtgärd. Det finns dock svårigheter att få denna personantalsminskning att följas, vilket innebär att denna brandskyddsåtgärd lätt kan missbrukas. Vad gäller brandsyn framträder personantalet som en viktig parameter att kontrollera.

Slutsatser

De faktorer som har störst inverkan på riskanalysens resultat är utifrån diskussionen ovan:

- brandfrekvens
- brandens omfattning
- brandens tillväxthastighet
- personalens och besökarnas agerande
- personantal och andel personer som utrymmer via huvudentrén

9.4 Stämmer resultaten från denna riskanalys väl överens med statistik från inträffade bränder?

Diskussion

Resultaten från denna riskanalys, där brandskyddslösningarna baseras på förenklad dimensionering, stämmer ej väl överens med det förslag till absolut acceptanskriterium som bygger på statistik från inträffade bränder. Förslaget, som är framtaget av Malmö Brandkår, Københavns Brandvæsen, Helsingborgs Brandförsvär, Lunds Brandförsvär och Brandteknik, LTH, har tagits fram genom att studera svensk och dansk statistik med avseende på antalet människor som omkommit i bränder per år under åren 1990 till 2000. Medelrisken för det framtagna förslaget av acceptanskriterium är mindre än 5×10^{-5} personer per år, vilket är cirka tusen gånger lägre än medelrisken vid dödliga förhållanden för de tre diskotekslokalerna enligt den utförda riskanalysen.

Det är högst otroligt att statistiken på antal omkomna i bränder är felaktig eller att de tre analyserade diskoteken har avsevärt sämre personsäkerhet, med avseende på brand, än övriga diskotek i Sverige. Orsaken till den stora skillnaden i medelrisk har att göra med alla de antaganden och approximationer, se fråga 9.3 ovan, som är kopplade till riskanalysmetodiken. De antaganden som framförallt kan tänkas påverka skillnaden är brandens frekvens och omfattning samt antal personer som vistas i byggnaden i händelse av brand.

Dessutom är det högst troligt att definitionen för dödliga förhållanden, med avseende på brand, ej stämmer överens med de förhållanden som råder då personer omkommer på grund av brand. I denna analys skiljer det väldigt lite mellan antalet personer som utsätts för kritiska respektive dödliga förhållanden. Detta tyder på att förslaget till dödliga förhållanden som använts i denna analys inte är ett realistiskt mått på dödliga förhållanden utan bör utredas vidare. En annan faktor som kan tänkas påverka denna stora skillnad i medelrisk är utfallet av de datorprogram, där approximationer ingår, som används för att beskriva brandförlopp och evakuering av personer.

Förslaget till acceptanskriterium bygger på statistik på inträffade bränder i samtliga byggnader med undantag av bostäder. Att jämföra detta acceptanskriterium med resultat från en riskanalys av diskotek kan ifrågasättas eftersom personantal och brandfrekvens kan variera stort mellan diskotek och övriga byggnader.

Slutsatser

Det är en mycket stor skillnad mellan resultaten från denna riskanalys och statistiken från inträffande bränder. Medelrisken för statistiken är cirka tusen gånger lägre än medelrisken för de tre analyserade diskotekslokalerna. Den stora skillnaden i medelrisk beror på alla de antaganden och approximationer som ingår i riskanalysmetodiken.

9.5 Är personsäkerheten, med avseende på brand, tillräcklig på diskotek i Sverige idag?

Diskussion

Det är mycket svårt att svara på denna fråga eftersom det inte finns några av samhället fastlagda riskbaserade acceptanskriterier. Det finns dock ett förslag som diskuteras i fråga 9.4 ovan.

Denna riskanalys, av de tre fiktiva diskotekslokalerna, ger resultat som tyder på att personsäkerheten med avseende på brand är låg för dessa tre diskotekstyper. Medelrisken för de tre diskotekslokalerna med avseende på förenklad dimensionering och kritiska förhållanden är från 0,07 till 0,11 personer per år. Antal personer som förväntas utsättas för kritiska förhållanden på enbart dessa tre diskotek är därmed cirka 0,3 per år. Detta är en mycket hög siffra eftersom den endast gäller för tre av cirka 600 registrerade diskotek i Sverige. Brandskyddslösningarna i riskanalysen är utförda enligt förenklad dimensionering som baseras helt på de råd som ges i BBR. Då denna riskbaserade analysmetod med specifika indata och antaganden används är brukandet av förenklad dimensionering ej lämpligt på dessa tre diskotekslokaler. Att dra generella slutsatser för samtliga diskotek i Sverige utifrån de tre studerade diskotekslokalerna är dock olämpligt eftersom varje diskotek är unikt med avseende på geometri och övrig utformning.

Slutsatser

Resultaten från denna riskanalys tyder på att personsäkerheten, med avseende på brand, är låg för de tre studerade diskotekslokalerna. Att använda förenklad dimensionering på de tre diskotekslokalerna är ej lämpligt då den riskbaserade analysmetoden med för denna analys specifika indata och antaganden används.

9.6 Användningsområden för analysens resultat

Resultaten från denna riskanalys kan användas i samband med såväl dimensionering som analys av diskotekslokaler med liknande utseende. Vad gäller brandsyn av diskotekslokaler indikerar resultaten från denna analys att viktiga parametrar att kontrollera är personantal, mängd brännbart material i avskilda utrymmen samt utrymningsvägarnas tillgänglighet.

9.7 Förslag till fortsatt arbete och forskning

För att minska de osäkerheter som har att göra med utrymning av diskotekslokaler, exempelvis reaktionstider och evakueringstider, vore det intressant att utföra utrymningsövningar på diskotek. Även forskning med avseende på övriga osäkra parametrar som ingår i riskanalysen, exempelvis frekvensen för att brand uppkommer i olika typer av verksamheter, vore önskvärt. Ytterligare känslighetsanalyser med avseende på detektionstider, reaktionstider, maximal brandeffekt och den temperatur som leder till att fönster går sönder kan utföras. En utredning av de två tänkbara brandskyddsåtgärderna minskning av personantal och utbildning av personal kan också utföras.

Vidare utredning av kriterier för dödliga förhållanden vid brand vore mycket intressant att utföra eftersom det förslag som använts i denna analys inte är tillfredsställande.

I denna analys antas en sprinkleraktivering leda till en konstant brandeffekt. Det vore intressant att modellera en sprinkleraktivering på ett alternativt sätt, exempelvis genom att anta en reduktion av brandeffekten. Då brandförloppet för ett brandscenario i den öppna tvåplanslokalen jämförs mellan tvåzonsmodellen CFAST och fältmodellen SOFIE framgår det att tiderna till kritiska förhållanden skiljer stort. För att få en bild av skillnaden i medelrisk kan även de två övriga brandscenarierna simuleras i SOFIE.

Denna riskanalys tyder på att brandtekniska lösningar som baseras på förenklad dimensionering ej är lämpliga för de tre framtagna diskotekslokalerna då den riskbaserade analysmetoden med för denna analys specifika indata och antaganden används. Därmed är en vidare analys av andra lokaler i denna typ av verksamhet av stort intresse.

Referenser

- [1] Lundquist, M., *Fisketorvet-Shoppingcenter, Köpenhamn*, Brandteknisk Riskanalys, Brandskyddslaget, Rapport 2000-07-14, Stockholm, 2000.
- [2] *Gemensamma riktlinjer för brandteknisk dimensionering*, Malmö Brandkår, Københavns Brandvæsen, Helsingborgs Brandförsvär, Lunds Brandförsvär och Brandteknik, LTH, Malmö, 2000.
- [3] *NRL, NRF, MKBF, PBL, PBF, BVL, BVF, OVK, KA, SAK, CE.*, Boverket, rättssekretariatet, Karlskrona, 1998
- [4] Brandposten, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Nr 22, juni 2000.
- [5] SBF, *Brandförsvär, nr 10*, 1978
- [6] Rasbash, D. J., *Major Fire Disasters Involving Flashover*, Fire Safety Journal, vol.17, no2, 1991
- [7] Københavns Brandvæsen, *Brand og brandsikkerhed i forsamlingslokaler – et fælles ansvar*, Köpenhamn, 2000.
- [8] Frantzich H., Lundin J., *Riskbaserad brandteknisk dimensionering - Slutredovisning av projektet "Dimensionering efter beräknad risk"*, Rapport 3112, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2000.
- [9] *Boverkets byggregler 1999*, Upplaga 3:1, Boverket, Karlskrona, 1998.
- [10] *FEG, Fire Engineering Guidelines*, Fire Code Reform Centre, Sydney, 1996.
- [11] *BSI Draft for Comments DD 240: Fire Safety Engineering in buildings. Part 1: Guide to the application of fire safety engineering principles*, British Standards Institution, London, 1997.
- [12] Becker, P., *Metod för riskbaserad dimensionering genom beräkning*, Rapport 3109, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2000.
- [13] Hamilton, G., *Risk Management 2000*, Studentlitteratur, Lund, 1996.
- [14] *CPQRA –Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, Center for Chemical Process Safety (CCPS), Institution of Chemical Engineers, New York, 1989.
- [15] *Att skydda och rädda liv, egendom och miljö*, Statens Räddningsverk, Karlstad, 1989.
- [16] Frantzich, H., *Uncertainty and Risk Analysis in Fire Safety Engineering*, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Lund, 1998.
- [17] Paté-Cornell, M. E., *Uncertainties in risk analysis: Six levels of treatment*, Reliability Engineering and System Safety Vol. 54, pp95-111, 1996.

- [18] Olsson, F., *Tolerable Fire Risk Criteria for Hospitals*, Report 3101, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, 1999.
- [19] Statens Räddningsverk, *Insatsstatistik 1998-1999*, SRV, Karlstad.
- [20] Canter D., *Fires and Human Behaviour*, USA, 1980
- [21] Statistiska centralbyråns företagsregister, 1999:
<http://www.scb.se/ekonomi/annan/foretagsreg/foretagsregtab7.asp>
<http://www.scb.se/ekonomi/annan/foretagsreg/foretagsregtab8.asp>
- [22] Särndqvist S., *Initial Fires: RHR, Smoke Production and CO Generation from Single Items and Room Fire Tests*, ISRN LUTVDG/TVBB-3070-SE, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, 1993.
- [23] *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Second edition, National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, USA, 1995.
- [24] Karlsson B., Quintiere J., *Enclosure Fire Dynamics*, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, 1998.
- [25] Månsson L., *Brand i anslutningsdon mellan imkanal och spisfläkt*, Statens Provningsanstalt, Borås, 1979.
- [26] Carlsson J., *Fire Modelling Using CFD – An introduction for Fire Safety Engineers*, Report 5025, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, 1999.
- [27] Blomqvist P. m.fl., *CFD simulations of Prive*, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2000.
- [28] Hemsida från School of Mechanical Engineering, Cranfield University, Cranfield, England, 2000:
<http://www.cranfield.ac.uk/sme/sofie/>

Appendixförteckning

Appendix A: Statistik, SRV.....	A1
Appendix B: CFAST.....	A3
Appendix C: SOFIE.....	A15
Appendix D: Detact-T2.....	A23
Appendix E: SIMULEX.....	A25
Appendix F: Händelsetråd.....	A29
Appendix G: Känslighetsanalyser.....	A47

Appendix A: Statistik, SRV

Startutrymme	1998	1999	Totalt
Annat	12	19	31
Badrum/toalett/bastu	1	6	7
Balkong/loftgång		1	1
Ej angivet		1	1
Elcentral	4	1	5
Fristående förråd/uthus	1	2	3
Förråd	2	1	3
Försäljningslokal	12	12	24
Hall	1	1	2
Inbyggt garage	1	1	2
Kontor	1		1
Källare (ej boyta)	5	4	9
Kök	38	36	74
Luftbehandlingsutrymme	2	1	3
Okänd	10	1	11
Pannrum	2	1	3
Personalutrymme	1	3	4
Produktionslokal	2	1	3
Samlingslokal	18	14	32
Skorsten	3	5	8
Soprum/sopnedkast	2		2
Sovrum/sovsal	1		1
Trapphus/korridor	2		2
Utomhus	3	13	16
Vardagsrum		1	1

Tabell A.1 Brandens startutrymme för restaurang/danslokal 1998, 1999 [19].

Startföremål	1998	1999	Totalt
Andra elinstallationer	6	5	11
Annat	20	33	53
Bastuaggregat		1	1
Brandfarlig gas		1	1
Brandfarlig vätska	7	4	11
Byggnadens utsida	4	11	15
Diskmaskin	2	1	3
Ej angivet	5	1	6
Eldstad	3	2	5
Explosivt/sprängämne	1		1
Fläkt/ ventilationsanläggning	2	3	5
Kaffebryggare	1	1	2
Kyl/frys	4	2	6
Lysrör	2	1	3
Lös inredning	16	23	39
Maskin	1	2	3
Okänd	18	14	32
Rökkanal	5	4	9
Skräp i container	2	2	4
Spis	17	7	24
Transformator	1		1
TV	2	1	3
Uppvärmningsanordning	4	5	9

Tabell A.2 Brandens startföremål för restaurang/danslokal 1998, 1999 [19].

Omfattning av brand vid ankomst	1998	1999	Totalt
Brand i ett rum	22	15	37
Brand i flera brandceller	3	3	6
Brand i flera rum	8	10	18
Brand i startföremålet	41	42	83
Branden släckt/slocknad	27	26	53
Endast rökutveckling	20	24	44
Omfattning ej angiven	2	1	3
Totalt	123	121	244

Tabell A.3 Brandens omfattning vid ankomst för restaurang/danslokal 1998, 1999 [19].

Starttid	Brand i flera brandceller	Brand i flera rum	Totalt
00-01		2	2
01-02		3	3
02-03		1	1
03-04	1	2	3
04-05	2	1	3
05-06		2	2
06-07			
07-08			
09-10			
10-11		1	1
11-12			
12-13			
13-14			
14-15			
15-16			
16-17			
17-18			
18-19		1	1
19-20			
20-21	1		1
21-22	1		1
22-23		2	2
23-24	1	3	4
Totalt	6	18	24

Tabell A.4 Brandens omfattning och tid för larm till SOS för restaurang/danslokal 1998, 1999 [19].

Appendix B: CFAST

Programbeskrivning

CFAST 2.0 är ett datorprogram i HAZARD-paketet som används för att beskriva en rumsbrands utveckling. Programmet bygger på en tvåzonsmodell, vilket innebär att rummen delas in i en övre rökfylld zon och en undre rökfri zon. Dessa lager antas sedan vara homogena vad gäller temperatur och täthet. På grund av plymflödet bildas ett undertryck i den nedre zonen, vilket medför att kall luft strömmar in i denna zon. Motsatsen gäller för den övre zonen [24]. CFAST 2.0 kan hantera upp till femton rum med fyra öppningar vardera.

Som indata anges bland annat rummens och öppningarnas geometri samt deras placering. Vidare bestäms omgivningsförhållandena med avseende på begynnelse-temperatur, tryck och relativ fuktighet samt omgivningsmaterialens termiska egenskaper. Även uppgifter angående branden anges såsom placering, effektutveckling, förbränningsvärme, area och höjd. Vissa förenklingar får dock göras i rum med komplexa geometrier. Exempel på detta är cirkulära rum som approximeras till kvadratiska rum samt stora rum som delas upp i flera mindre rum. Under simuleringen kan öppna eller stänga öppningarna väljas.

Utdata ges sedan som temperaturen i de respektive lagren, brandgaslagrets höjd och strålning från brandgaslagret. Även siktberäkningar kan utföras i CFAST 2.0. Då används indata för masskvoten mellan väte och kol (H/C) i bränslet som ett mått på sotbildningen. Även masskvoten mellan kol och koldioxid (C/CO_2) i reaktionsprodukterna används som indata.

Indata CFAST

Lägenhetslokalen, branden startatar i samlingslokal 1

```
VERSN 2 demo #1 a single compartment
TIMES 500 10 5 5 0
TAMB 298. 101300. 0.
EAMB 298. 101300. 0.
HI/F 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
WIDTH 4.70 7.70 6.00 8.60 6.00 5.00
DEPTH 18.70 3.80 5.00 4.80 6.00 3.00
HEIGH 3.50 3.50 3.50 3.50 3.50 3.50
HVENT 1 2 1 1.400 2.500 0.000
HVENT 1 5 4 1.400 2.500 0.000
HVENT 2 3 2 2.800 2.500 0.000
HVENT 3 4 3 2.200 2.500 0.000
CVENT 1 2 1 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 1 5 4 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 2 3 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 3 4 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CEILI CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
WALLS CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
FLOOR CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
CHEMI 16. 0. 12.0 20000000. 300. 400. 0.150
LFBO 3
LFBT 2
FPOS 0.80 3.19 0.00
FTIME 10. 20. 30. 40. 60. 80. 100. 120. 140. 160. 180. 200. 250. 300. 350. 400. 450. 462. 600.
FMASS 0.0000 0.0002 0.0009 0.0021 0.0038 0.0085 0.0150 0.0235 0.0338 0.0461 0.0602 0.0761 0.0940 0.1469 0.2115
0.2879 0.3760 0.4759 0.5000 0.5000
FHIGH 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25
FAREA 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00
FQDOT 0.00 4.70E+03 1.88E+04 4.23E+04 7.52E+04 1.69E+05 3.01E+05 4.70E+05 6.77E+05 9.21E+05 1.20E+06
1.52E+06 1.88E+06 2.94E+06 4.23E+06 5.76E+06 7.52E+06 9.52E+06 1.00E+07 1.00E+07
CJET OFF
CT 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000
1.000
HCR 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333
0.333
CO 2.000 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020
0.020
OD 2.000 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020
0.020
STPMAX 5.00
DUMPR X1.HIS
DEVICE 1
WINDOW 0 0. -100. 1280. 1024. 1100.
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 00003 1 U HEAT 00003 2 U HEAT 00003 3 U HEAT 00003 4 U HEAT 00003 5 U
HEAT 00003 6 U
TEMPE 00002 1 U TEMPE 00002 2 U TEMPE 00002 3 U TEMPE 00002 4 U TEMPE 00002 5 U
TEMPE 00002 6 U
INTER 00001 1 U INTER 00001 2 U INTER 00001 3 U INTER 00001 4 U INTER 00001 5 U
INTER 00001 6 U
O2 00004 1 U O2 00004 2 U O2 00004 3 U O2 00004 4 U O2 00004 5 U O2 00004 6 U
```

Lägenhetslokalen, branden startar i samlingslokal 2

```

VERSN 2 demo #1 a single compartment
TIMES 500 10 5 5 0
TAMB 298. 101300. 0.
EAMB 298. 101300. 0.
HI/F 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
WIDTH 4.70 7.70 6.00 8.60 6.00 5.00
DEPTH 18.70 3.80 5.00 4.80 6.00 3.00
HEIGHT 3.50 3.50 3.50 3.50 3.50 3.50
HVENT 1 2 1 1.400 2.500 0.000
HVENT 1 5 4 1.400 2.500 0.000
HVENT 2 3 2 2.800 2.500 0.000
HVENT 3 4 3 2.200 2.500 0.000
CVENT 1 2 1 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 1 5 4 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 2 3 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 3 4 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CEILI CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
WALLS CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
FLOOR CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
CHEMI 16. 0. 12.0 20000000. 300. 400. 0.150
LFBO 5
LFBT 2
FPOS 3.00 3.00 0.00
FTIME 10. 20. 30. 40. 60. 80. 100. 120. 140. 160. 180. 200. 250. 300. 350. 400. 450. 462. 600.
FMASS 0.0000 0.0002 0.0009 0.0021 0.0038 0.0085 0.0150 0.0235 0.0338 0.0461 0.0602 0.0761 0.0940 0.1469 0.2115
0.2879 0.3760 0.4759 0.5000 0.5000
FHIGH 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25
FAREA 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00
FQDOT 0.00 4.70E+03 1.88E+04 4.23E+04 7.52E+04 1.69E+05 3.01E+05 4.70E+05 6.77E+05 9.21E+05 1.20E+06
1.52E+06 1.88E+06 2.94E+06 4.23E+06 5.76E+06 7.52E+06 9.52E+06 1.00E+07 1.00E+07
CJET OFF
CT 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000
1.000
HCR 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333
0.333
CO 2.000 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020
0.020
OD 2.000 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020
0.020
STPMAX 5.00
DUMPR X2.HIS
DEVICE 1
WINDOW 0 0. -100. 1280. 1024. 1100.
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 O2(D2)O(%)
HEAT 00003 1U HEAT 00003 2U HEAT 00003 3U HEAT 00003 4U HEAT 00003 5U
HEAT 00003 6U
TEMPE 00002 1U TEMPE 00002 2U TEMPE 00002 3U TEMPE 00002 4U TEMPE 00002 5U
TEMPE 00002 6U
INTER 00001 1U INTER 00001 2U INTER 00001 3U INTER 00001 4U INTER 00001 5U
INTER 00001 6U
O2 00004 1U O2 00004 2U O2 00004 3U O2 00004 4U O2 00004 5U O2 00004 6U

```

Lägenhetslokalen, branden startar i förråd

```

VERSN 2 demo #1 a single compartment
TIMES 500 10 5 5 0
TAMB 298. 101300. 0.
EAMB 298. 101300. 0.
HI/F 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
WIDTH 4.70 7.70 6.00 8.60 6.00 5.00
DEPTH 18.70 3.80 5.00 4.80 6.00 3.00
HEIGH 3.50 3.50 3.50 3.50 3.50 3.50
HVENT 1 2 1 1.400 2.500 0.000
HVENT 1 5 1 1.400 2.500 0.000
HVENT 1 6 4 0.900 2.500 0.000
HVENT 2 3 2 2.800 2.500 0.000
HVENT 3 4 3 2.200 2.500 0.000
CVENT 1 2 1 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 1 5 1 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 1 6 4 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 2 3 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 3 4 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CEILI CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
WALLS CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
FLOOR CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
CHEMI 16. 0. 12.0 20000000. 300. 400. 0.150
LFBO 6
LFBT 2
FPOS 1.50 2.50 0.00
FTIME 10. 20. 30. 40. 60. 80. 100. 120. 140. 160. 180. 200. 250. 300. 350. 400. 450. 462. 600.
FMASS 0.0000 0.0002 0.0009 0.0021 0.0038 0.0085 0.0150 0.0235 0.0338 0.0461 0.0602 0.0761 0.0940 0.1469 0.2115
0.2879 0.3760 0.4759 0.5000 0.5000
FHIGH 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25
FAREA 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00
FQDOT 0.00 4.70E+03 1.88E+04 4.23E+04 7.52E+04 1.69E+05 3.01E+05 4.70E+05 6.77E+05 9.21E+05 1.20E+06
1.52E+06 1.88E+06 2.94E+06 4.23E+06 5.76E+06 7.52E+06 9.52E+06 1.00E+07 1.00E+07
CJET OFF
CT 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000
1.000
HCR 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333
0.333
CO 2.000 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020
0.020
OD 2.000 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020
0.020
STPMAX 5.00
DUMPR X3.HIS
DEVICE 1
WINDOW 0 0. -100. 1280. 1024. 1100.
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 00003 1 U HEAT 00003 2 U HEAT 00003 3 U HEAT 00003 4 U HEAT 00003 5 U
HEAT 00003 6 U
TEMPE 00002 1 U TEMPE 00002 2 U TEMPE 00002 3 U TEMPE 00002 4 U TEMPE 00002 5 U
TEMPE 00002 6 U
INTER 00001 1 U INTER 00001 2 U INTER 00001 3 U INTER 00001 4 U INTER 00001 5 U
INTER 00001 6 U
O2 00004 1 U O2 00004 2 U O2 00004 3 U O2 00004 4 U O2 00004 5 U O2 00004 6 U

```


Konsertlokalen, branden startar i kök

```

VERSN 2 demo #1 a single compartment
TIMES 600 10 5 5 0
TAMB 298. 101300. 0.
EAMB 298. 101300. 0.
HI/F 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
WIDTH 10.00 4.00 10.00 10.00 6.00 5.00
DEPTH 16.00 24.00 24.00 4.50 10.00 3.00
HEIGH 3.50 3.50 4.50 3.00 2.80 3.50
HVENT 1 3 2 16.000 3.500 0.000
HVENT 1 6 4 0.900 2.500 0.000
HVENT 2 3 2 24.000 3.500 0.000
HVENT 2 4 3 1.250 2.000 0.000
HVENT 2 5 1 0.800 2.000 0.000
CVENT 1 3 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 1 6 4 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00
CVENT 2 3 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 2 4 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 2 5 1 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CEILI CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
WALLS CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
FLOOR CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
CHEMI 16. 0. 12.0 20000000. 300. 400. 0.150
LFBO 5
LFBT 2
FPOS 3.00 5.00 0.00
FTIME 10. 20. 30. 40. 60. 80. 100. 120. 140. 160. 180. 200. 250. 300. 350. 400. 450. 462. 600.
FMASS 0.0000 0.0002 0.0009 0.0021 0.0038 0.0085 0.0150 0.0235 0.0338 0.0461 0.0602 0.0761 0.0940 0.1469 0.2115
0.2879 0.3760 0.4759 0.5000 0.5000
FHIGH 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25
FAREA 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00
FQDOT 0.00 4.70E+03 1.88E+04 4.23E+04 7.52E+04 1.69E+05 3.01E+05 4.70E+05 6.77E+05 9.21E+05 1.20E+06
1.52E+06 1.88E+06 2.94E+06 4.23E+06 5.76E+06 7.52E+06 9.52E+06 1.00E+07 1.00E+07
CJET OFF
CT 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000
1.000
HCR 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333
0.333
CO 2.000 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020
0.020
OD 2.000 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020
0.020
STPMAX 5.00
DUMPR Y1.HIS
DEVICE 1
WINDOW 0 0. -100. 1280. 1024. 1100.
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 00003 1 U HEAT 00003 2 U HEAT 00003 3 U HEAT 00003 4 U HEAT 00003 5 U
HEAT 00003 6 U
TEMPE 00002 1 U TEMPE 00002 2 U TEMPE 00002 3 U TEMPE 00002 4 U TEMPE 00002 5 U
TEMPE 00002 6 U
INTER 00001 1 U INTER 00001 2 U INTER 00001 3 U INTER 00001 4 U INTER 00001 5 U
INTER 00001 6 U
O2 00004 1 U O2 00004 2 U O2 00004 3 U O2 00004 4 U O2 00004 5 U O2 00004 6 U

```

Konsertlokalen, branden startar i samlingslokal

VERSN 2 demo #1 a single compartment
TIMES 600 10 5 5 0
TAMB 298. 101300. 0.
EAMB 298. 101300. 0.
HI/F 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
WIDTH 10.00 4.00 10.00 10.00 6.00 5.00
DEPTH 16.00 24.00 24.00 4.50 10.00 3.00
HEIGH 3.50 3.50 4.50 3.00 2.80 3.50
HVENT 1 3 2 16.000 3.500 0.000
HVENT 1 6 4 0.900 2.500 0.000
HVENT 2 3 2 24.000 3.500 0.000
HVENT 2 4 3 1.250 2.000 0.000
HVENT 2 5 1 0.800 2.000 0.000
CVENT 1 3 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 1 6 4 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00
CVENT 2 3 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 2 4 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 2 5 1 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CEILI CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
WALLS CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
FLOOR CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
CHEMI 16. 0. 12.0 20000000. 300. 400. 0.150
LFBO 2
LFBT 2
FPOS 12.00 2.00 0.00
FTIME 10. 20. 30. 40. 60. 80. 100. 120. 140. 160. 180. 200. 250. 300. 350. 400. 450. 462. 600.
FMASS 0.0000 0.0002 0.0009 0.0021 0.0038 0.0085 0.0150 0.0235 0.0338 0.0461 0.0602 0.0761 0.0940 0.1469 0.2115
0.2879 0.3760 0.4759 0.5000 0.5000
FHIGH 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25
FAREA 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00
FQDOT 0.00 4.70E+03 1.88E+04 4.23E+04 7.52E+04 1.69E+05 3.01E+05 4.70E+05 6.77E+05 9.21E+05 1.20E+06
1.52E+06 1.88E+06 2.94E+06 4.23E+06 5.76E+06 7.52E+06 9.52E+06 1.00E+07 1.00E+07
CJET OFF
CT 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000
1.000
HCR 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333
0.333
CO 2.000 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020
0.020
OD 2.000 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020
0.020
STPMAX 5.00
DUMPR Y2.HIS
DEVICE 1
WINDOW 0 0. -100. 1280. 1024. 1100.
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 00003 1 U HEAT 00003 2 U HEAT 00003 3 U HEAT 00003 4 U HEAT 00003 5 U
HEAT 00003 6 U
TEMPE 00002 1 U TEMPE 00002 2 U TEMPE 00002 3 U TEMPE 00002 4 U
TEMPE 00002 5 U
TEMPE 00002 6 U
INTER 00001 1 U INTER 00001 2 U INTER 00001 3 U INTER 00001 4 U INTER 00001 5 U
INTER 00001 6 U
O2 00004 1 U O2 00004 2 U O2 00004 3 U O2 00004 4 U O2 00004 5 U O2 00004 6 U

Konsertlokalen, branden startar i förråd

```

VERSN 2 demo #1 a single compartment
TIMES 600 10 5 5 0
TAMB 298. 101300. 0.
EAMB 298. 101300. 0.
HI/F 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
WIDTH 10.00 4.00 10.00 10.00 6.00 5.00
DEPTH 16.00 24.00 24.00 4.50 10.00 3.00
HEIGH 3.50 3.50 4.50 3.00 2.80 3.50
HVENT 1 3 2 16.000 3.500 0.000
HVENT 1 6 4 0.900 2.500 0.000
HVENT 2 3 2 24.000 3.500 0.000
HVENT 2 4 3 1.250 2.000 0.000
HVENT 2 5 1 0.800 2.000 0.000
CVENT 1 3 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 1 6 4 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 2 3 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 2 4 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 2 5 1 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CEILI CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
WALLS CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
FLOOR CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
CHEMI 16. 0. 12.0 20000000. 300. 400. 0.150
LFBO 6
LFBT 2
FPOS 2.50 3.00 0.00
FTIME 10. 20. 30. 40. 60. 80. 100. 120. 140. 160. 180. 200. 250. 300. 350. 400. 450. 462. 600.
FMASS 0.0000 0.0002 0.0009 0.0021 0.0038 0.0085 0.0150 0.0235 0.0338 0.0461 0.0602 0.0761 0.0940 0.1469 0.2115
0.2879 0.3760 0.4759 0.5000 0.5000
FHIGH 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25
FAREA 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00
FQDOT 0.00 4.70E+03 1.88E+04 4.23E+04 7.52E+04 1.69E+05 3.01E+05 4.70E+05 6.77E+05 9.21E+05 1.20E+06
1.52E+06 1.88E+06 2.94E+06 4.23E+06 5.76E+06 7.52E+06 9.52E+06 1.00E+07 1.00E+07
CJET OFF
CT 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000
1.000
HCR 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333
0.333
CO 2.000 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020
0.020
OD 2.000 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020
0.020
STPMAX 5.00
DUMPR Y3.HIS
DEVICE 1
WINDOW 0 0. -100. 1280. 1024. 1100.
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 00003 1 U HEAT 00003 2 U HEAT 00003 3 U HEAT 00003 4 U HEAT 00003 5 U
HEAT 00003 6 U
TEMPE 00002 1 U TEMPE 00002 2 U TEMPE 00002 3 U TEMPE 00002 4 U TEMPE 00002 5 U
TEMPE 00002 6 U
INTER 00001 1 U INTER 00001 2 U INTER 00001 3 U INTER 00001 4 U INTER 00001 5 U
INTER 00001 6 U
O2 00004 1 U O2 00004 2 U O2 00004 3 U O2 00004 5 U O2 00004 6 U

```

Tvåplanslokalen, branden startar i samlingslokal 1 på våning 1

VERSN 2 demo #1 a single compartment
TIMES 800 10 5 5 0
TAMB 298. 101300. 0.
EAMB 298. 101300. 0.
HI/F 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 5.00 5.00 5.00
WIDTH 5.50 11.00 5.00 7.00 3.00 5.50 5.00 5.00
DEPTH 20.00 5.00 6.00 7.00 5.00 20.00 5.00 6.00
HEIGHT 4.50 4.50 4.50 9.50 4.50 9.50 9.50 9.50
HVENT 1 2 2 4.500 4.000 0.000
HVENT 1 3 1 1.200 2.500 0.000
HVENT 1 4 3 4.500 4.000 0.000
HVENT 2 4 1 4.000 4.000 0.000
HVENT 3 4 2 1.900 2.500 0.000
HVENT 4 5 4 0.900 2.500 0.000
HVENT 4 6 2 4.500 9.000 5.000
HVENT 4 7 3 4.000 9.000 5.000
HVENT 4 8 3 1.200 7.500 5.000
HVENT 6 7 3 4.500 9.000 5.000
HVENT 6 8 3 1.200 7.500 5.000
CVENT 1 2 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 1 3 1 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 1 4 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 2 4 1 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 3 4 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 4 5 4 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00
CVENT 4 6 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 4 7 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 4 8 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 6 7 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 6 8 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CEILI CONCRETE DEFAULT DEFAULT DEFAULT DEFAULT DEFAULT DEFAULT DEFAULT
WALLS CONCRETE OFF OFF OFF OFF OFF OFF OFF
FLOOR CONCRETE OFF OFF OFF OFF OFF OFF OFF
CHEMI 16. 0. 12.0 20000000. 300. 400. 0.150
LFBO 1
LFBT 2
FPOS 10.00 2.25 0.00
FTIME 10. 20. 30. 40. 60. 80. 100. 120. 140. 160. 180. 200. 250. 300. 400. 462. 600. 700. 800.
FMASS 0.0000 0.0002 0.0009 0.0021 0.0038 0.0085 0.0150 0.0235 0.0338 0.0461 0.0602 0.0761 0.0940 0.1469 0.2115
0.3759 0.5000 0.4999 0.5000 0.5000
FHIGH 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25
FAREA 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00
FQDOT 0.00 4.70E+03 1.88E+04 4.23E+04 7.52E+04 1.69E+05 3.01E+05 4.70E+05 6.77E+05 9.21E+05 1.20E+06
1.52E+06 1.88E+06 2.94E+06 4.23E+06 7.52E+06 1.00E+07 1.00E+07 1.00E+07 1.00E+07
CJET OFF
CT 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000
1.000
HCR 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120
0.120
CO 2.000 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040
0.040
OD 2.000 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020
0.020

```

STPMAX 5.00
DUMPR Z1.HIS
DEVICE 1
WINDOW 0 0. -100. 1280. 1024. 1100.
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 00003 1U HEAT 00003 2U HEAT 00003 3U HEAT 00003 4U HEAT 00003 5U
HEAT 00003 6U
TEMPE00002 1U TEMPE00002 2U TEMPE00002 3U TEMPE00002 4U TEMPE00002 5U
TEMPE00002 6U
INTER00001 1U INTER00001 2U INTER00001 3U INTER00001 4U INTER00001 5U
INTER00001 6U
O2 00004 1U O2 00004 2U O2 00004 3U O2 00004 4U O2 00004 5U O2 00004 6U

```

Tvåplansloklalen, branden startar i samlingslokal 2 på våning 2

```

VERSN 2 demo #1 a single compartment
TIMES 700 10 5 5 0
TAMB 298. 101300. 0.
EAMB 298. 101300. 0.
HI/F 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 5.00 5.00 5.00
WIDTH 5.50 11.00 5.00 7.00 3.00 5.50 5.00 5.00
DEPTH 20.00 5.00 6.00 7.00 5.00 20.00 5.00 6.00
HEIGHT 4.50 4.50 4.50 9.50 4.50 9.50 9.50 9.50
HVENT 1 2 2 4.500 4.000 0.000
HVENT 1 3 1 1.200 2.500 0.000
HVENT 1 4 3 4.500 4.000 0.000
HVENT 2 4 1 4.000 4.000 0.000
HVENT 3 4 2 1.900 2.500 0.000
HVENT 4 5 4 0.900 2.500 0.000
HVENT 4 6 2 4.500 9.000 5.000
HVENT 4 7 3 4.000 9.000 5.000
HVENT 4 8 3 1.200 7.500 5.000
HVENT 6 7 3 4.500 9.000 5.000
HVENT 6 8 3 1.200 7.500 5.000
CVENT 1 2 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 1 3 1 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 1 4 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 2 4 1 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 3 4 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 4 5 4 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00
CVENT 4 6 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 4 7 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 4 8 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 6 7 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 6 8 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CEILI CONCRETE DEFAULT DEFAULT DEFAULT DEFAULT DEFAULT DEFAULT DEFAULT
WALLS CONCRETE OFF OFF OFF OFF OFF OFF OFF
FLOOR CONCRETE OFF OFF OFF OFF OFF OFF OFF
CHEMI 16. 0. 12.0 20000000. 300. 400. 0.150
LFBO 6
LFBT 2
FPOS 10.00 2.75 0.00
FTIME 10. 20. 30. 40. 60. 80. 100. 120. 140. 160. 180. 200. 250. 300. 400. 462. 600. 700. 800.

```

FMASS 0.0000 0.0002 0.0009 0.0021 0.0038 0.0085 0.0150 0.0235 0.0338 0.0461 0.0602 0.0761 0.0940 0.1469 0.2115
0.3759 0.5000 0.4999 0.5000 0.5000
FHIGH 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25
FAREA 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00
FQDOT 0.00 4.70E+03 1.88E+04 4.23E+04 7.52E+04 1.69E+05 3.01E+05 4.70E+05 6.77E+05 9.21E+05 1.20E+06
1.52E+06 1.88E+06 2.94E+06 4.23E+06 7.52E+06 1.00E+07 1.00E+07 1.00E+07 1.00E+07
CJET OFF
CT 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000
1.000
HCR 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120
0.120
CO 2.000 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040
0.040
OD 2.000 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020
0.020
STPMAX 5.00
DUMPR Z2.HIS
DEVICE 1
WINDOW 0 0. -100. 1280. 1024. 1100.
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 O2|D2|O(%)
HEAT 00003 1U HEAT 00003 2U HEAT 00003 3U HEAT 00003 4U HEAT 00003 5U
HEAT 00003 6U
TEMPE00002 1U TEMPE00002 2U TEMPE00002 3U TEMPE00002 4U TEMPE00002 5U
TEMPE00002 6U
INTER00001 1U INTER00001 2U INTER00001 3U INTER00001 4U INTER00001 5U
INTER00001 6U
O2 00004 1U O2 00004 2U O2 00004 3U O2 00004 4U O2 00004 5U O2 00004 6U

Tvåplanslokalen, branden startar i förråd på våning 1

VERSN 2 demo #1 a single compartment
TIMES 800 10 5 5 0
TAMB 298. 101300. 0.
EAMB 298. 101300. 0.
HI/F 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 5.00 5.00 5.00
WIDTH 5.50 11.00 5.00 7.00 3.00 5.50 5.00 5.00
DEPTH 20.00 5.00 6.00 7.00 5.00 20.00 5.00 6.00
HEIGH 4.50 4.50 4.50 9.50 3.50 9.50 9.50 9.50
HVENT 1 2 2 4.500 4.000 0.000
HVENT 1 3 1 1.200 2.500 0.000
HVENT 1 4 3 4.500 4.000 0.000
HVENT 2 4 1 4.000 4.000 0.000
HVENT 3 4 2 1.900 2.500 0.000
HVENT 4 5 4 0.900 2.500 0.000
HVENT 4 6 2 4.500 9.000 5.000
HVENT 4 7 3 4.000 9.000 5.000
HVENT 4 8 3 1.200 7.500 5.000
HVENT 6 7 3 4.500 9.000 5.000
HVENT 6 8 3 1.200 7.500 5.000
CVENT 1 2 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 1 3 1 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 1 4 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 2 4 1 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 3 4 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 4 5 4 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00

```

CVENT 4 6 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 4 7 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 4 8 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 6 7 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CVENT 6 8 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00 1.00
CEILI CONCRETE DEFAULT DEFAULT DEFAULT DEFAULT DEFAULT DEFAULT
WALLS CONCRETE OFF OFF OFF OFF OFF OFF OFF
FLOOR CONCRETE OFF OFF OFF OFF OFF OFF OFF
CHEMI 16. 0. 12.0 20000000. 300. 400. 0.150
LFBO 5
LFBT 2
FPOS 1.50 2.50 0.00
FTIME 10. 20. 30. 40. 60. 80. 100. 120. 140. 160. 180. 200. 250. 300. 400. 462. 600. 700. 800.
FMASS 0.0000 0.0002 0.0009 0.0021 0.0038 0.0085 0.0150 0.0235 0.0338 0.0461 0.0602 0.0761 0.0940 0.1469 0.2115
0.3759 0.5000 0.4999 0.5000 0.5000
FHIGH 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25
FAREA 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
1.00 1.00
FQDOT 0.00 4.70E+03 1.88E+04 4.23E+04 7.52E+04 1.69E+05 3.01E+05 4.70E+05 6.77E+05 9.21E+05 1.20E+06
1.52E+06 1.88E+06 2.94E+06 4.23E+06 7.52E+06 1.00E+07 1.00E+07 1.00E+07 1.00E+07
CJET OFF
CT 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000
1.000
HCR 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120 0.120
0.120
CO 2.000 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040 0.040
0.040
OD 2.000 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020 0.020
0.020
STPMAX 5.00
DUMPR Z3.HIS
DEVICE 1
WINDOW 0 0. -100. 1280. 1024. 1100.
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 O2|D2|O(%)
HEAT 00003 1U HEAT 00003 2U HEAT 00003 3U HEAT 00003 4U HEAT 00003 5U
HEAT 00003 6U
TEMPE00002 1U TEMPE00002 2U TEMPE00002 3U TEMPE00002 4U TEMPE00002 5U
TEMPE00002 6U
INTER00001 1U INTER00001 2U INTER00001 3U INTER00001 4U INTER00001 5U
INTER00001 6U
O2 00004 1U O2 00004 2U O2 00004 3U O2 00004 4U O2 00004 5U O2 00004 6U

```


Appendix C: SOFIE

Programbeskrivning

SOFIE är ett datorprogram som används för att beskriva utvecklingen av en rumsbrand. Programmet utgår ifrån fältmodellen som baseras på en fullständig, tidsberoende och tredimensionell lösning av grundläggande konserveringslagar. I motsats till zonmodellen är det inte nödvändigt i fältmodellen att introducera empiriska antaganden om luftinträngning i brandplymen, oändligt snabb temperaturutjämning i övre gaslagret etcetera. Fältmodellen beräknar istället inträngning, flödes hastighet, temperatur, bränsle- och sotkoncentration med mera i ett antal kontrollvolym (celler), genom att hålla reda på in- och utgående flöden av massa i kontrollvolymen. Med dagens datorer är det fullt realistiskt att dela in ett rum i upp till 1 miljon celler. De lokala konserveringslagarna löses för bevaring av massa, rörelsemängd, energi och kemiska ämnen [28].

Som indata anges bland annat rummets och öppningarnas geometri samt deras placering. Vidare bestäms uppgifter angående branden såsom placering och effektutveckling. Utdata ges sedan som temperatur, sikt och toxicitet för de definierade cellerna [27].

Indata

Indata till SOFIE-simuleringen är hämtad från ett grupparbete i kursen Brandsimulering med fältmodellen SOFIE vid Brandteknik, LTH [27].

Prive_f1.com

% simulering 1 = entredorr stängd, trapphusdörr öppen

% brand på nedervåningen

% redigerad av Per Blomqvist 11/10 2000

%-----

file

 p d prive

 s d run1

 opt e p smokeview

 c:\program\sofie\simulation\prive\run1\output

 end

end

end

%-----

setup

solution type

 combustion

 eddy breakup

 high-Re k-e

 end

 fuel type C3H8

end

species

 HC combustion flamesheet

end

buoyancy

solids

 add normal-density-concrete

end

transient

end

%-----

phys geom

imp vrml1

 prive.wrl

 0.02

end

%-----

computational grid

 cartesian

 key points

 select object

 3d object

 floor2

 0.02

 3d object

 innerwall11

 0.02

 3d object

 innerwall16

 0.02

 3d object

 innerwall22

 0.02

 3d object

 thick_innerwall1

 0.02

 3d object

 thick_innerwall2

 0.02

 end

```

end
%-----
auto mesh1d
0.02
20000
2
%-----
modify mesh1d
x
  xh_brand13
  9
  1
  xl_innerwall12
  1
  1
  xl_cube22
  1
  1
  xh_door1
  1
  1
  xl_innerwall18
  1
  1
end
y
  yl_innerwall19
  6
  1
  y0083_thick
  6
  1
end
z
  zl_brand21
  1
  1
  zl_brand22
  1
  1
  zl_brand13
  1
  1
  zl_cube22
  1
  1
  z0083
  1
  1
  z0081
  1
  1
  z0087
  1
  1
  zh_innerwall15
  1
  1
  zh_innerwall11
  1
  1
  zh_brand11
  5
  1
  zh_brand22
  3
  1

```

```
        zh_brand23
    4
    1
    end
end
%-----
    generate mesh3d
end
end
%-----
assign blockages
%-----
geometry
    inactive brand11
    inactive brand12
    inactive brand13
    inactive cube0
    inactive cube1
    inactive cube21
    inactive cube22
    solid type normal-density-concrete
    active innerwall11
    active innerwall12
    active innerwall13
    active innerwall14
    active innerwall15
    active innerwall16
    active innerwall17
    active innerwall18
    active innerwall19
    active innerwall21
    active innerwall22
    active innerwall23
    active innerwall24
    active innerwall25
    active innerwall26
    active thick_innerwall1
    active thick_innerwall2
    active rearwall_l
    active rearwall_r
    active leftwall
    active rightwall_f
    active rightwall_r
    active floor1
    active floor2
    active frontwall
    active ceiling
    active door1
end
end
%-----
surface groups
%
% Separate groups have been defined for the inner wall and
% ceiling simply to aid in visualising results when using
% fieldview.
%-----
geometry
    create fire11    brand11_firesrc
    create fire12    brand12_firesrc
    create fire13    brand13_firesrc
    create stairway_exit pbound
%
    create outer_walls rightwall_f_o
    append outer_walls rightwall_r_o
    append outer_walls leftwall_o
    append outer_walls floor1_o
```

```

append outer_walls rearwall_l_o
append outer_walls rearwall_r_o
append outer_walls frontwall_o
append outer_walls ceiling_o
%
create inner_walls rightwall_f_i
append inner_walls rightwall_r_i
append inner_walls leftwall_i
append inner_walls rearwall_l_i
append inner_walls rearwall_r_i
append inner_walls frontwall_i
append inner_walls floor1_i
append inner_walls ceiling_i
append inner_walls innerwall11_i
append inner_walls innerwall12_i
append inner_walls innerwall13_i
append inner_walls innerwall14_i
append inner_walls innerwall15_i
append inner_walls innerwall16_i
append inner_walls innerwall17_i
append inner_walls innerwall18_i
append inner_walls innerwall19_i
append inner_walls innerwall21_i
append inner_walls innerwall22_i
append inner_walls innerwall23_i
append inner_walls innerwall24_i
append inner_walls innerwall25_i
append inner_walls innerwall26_i
append inner_walls thick_innerwall1_i
append inner_walls thick_innerwall2_i
append inner_walls floor2_i
%
end
end
boundary types
%-----
fluid inflow fire11
fluid inflow fire12
fluid inflow fire13
fluid staticp stairway_exit
thermal htcoef outer_walls
end
%-----
boundary values
%-----
@set rho = 1.01325e5 300 / 8314 / 44.1 * ;
@set hcomb = 46.45e6 ;
@set area = 2.0 ;
@set hrr = 3.0e6 ;
@set vmax = hrr hcomb / area / rho / ;
@set tmax = 183.0;
%
fire11
v_f = 0.0001 % Initial value
t_f = 300.0
mfrac_f = 1.0
mfuel_f = 1.0
tke_f = 1.0 % Intensity
ted_f = 0.3 % Length scale
end
%
fire12
v_f = 0.0001 % Initial value
t_f = 300.0
mfrac_f = 1.0
mfuel_f = 1.0
tke_f = 1.0 % Intensity

```

```
    ted_f = 0.3 % Length scale
end
%
fire13
    v_f = 0.0001 % Initial value
    t_f = 300.0
    mfrac_f = 1.0
    mfuel_f = 1.0
    tke_f = 1.0 % Intensity
    ted_f = 0.3 % Length scale
end
%
stairway_exit
    t_f = 300.0
    tke_f = 1.0 % Intensity
    ted_f = 0.1 % Length scale
end
%
outer_walls
    htcoef_f = 5.0
end
end
%-----
interior values
%-----
expert
    solution u fluid all ok -0.1
end
end
%-----
% Define the transient script to be executed
%-----
control
%-----
    solver control
    transient script freq = 1
    transient script file = firehrr1.log
end
end
%-----
end % End of setup
```

Firehrr1.com

```
%-----
% This script is executed each time step by prive_f1
%
% A t^2 function describes the HRR to the maximum value as defined
% in the script file. The fire starts in sofa 2(brand12). After
% 61 s (approx. 300 kW from sofa 2) equivalently modelled fires
% start in the two adjacent sofas. After 244 s all three sofas are
% burning with their maximal effect (tot. 9 MW).
%-----
%
%-----
% Syntax: if ( abs(condition) > 0 ) then stack1 else stack2
%      stack2      stack1      condition
%-----
% Setting the fuel velocity for sofa 2
%-----
@set t = ( time tmax / ) 1.0 ( time tmax > ) if ;
%
@set v = ( t 2 ** ) vmax * 0.0001 + ;
%-----
```

```

setup
%-----
  boundary values
%-----
  fire12
    v_f = [ v ]
  end
end
no % do not reinitialise
%-----
% Setting the fuel velocity for sofa 1 and 3
%-----
@set k = time 61.0 - ;
@set z = ( k tmax / ) 1.0 ( k tmax > ) if ;
@set z = 0 z ( k 0 > ) if ;
%
@set v2 = ( z 2 ** ) vmax * 0.0001 + ;
%-----
setup
%-----
  boundary values
%-----
  fire11
    v_f = [ v2 ]
  end
%-----
  fire13
    v_f = [ v2 ]
  end
end
no % do not reinitialise
%-----
end
%-----
% No commands are processed after the final 'end'
%-----

```


Appendix D: Detact-T2

Programbeskrivning

Datorprogrammet Detact-T2 används till beräkningar av aktiveringstider för sprinkler. Indata i programmet anges som avståndet från det brinnande objektet till taket samt avståndet mellan sprinklerhuvudena. Vidare anges initial rumstemperatur, sprinklernas aktiveringstemperatur, sprinklernas RTI-värde och brandens effektutveckling. Utvecklingen av brandeffekten beskrivs med hjälp av följande ekvation:

$$\dot{Q} = \alpha \times t^2$$

$\dot{Q}$ = effektutveckling [kW]
 α = tillväxtfaktor [kW/ s²]
t = tid [s]

Med hjälp av Detact-T2 kan även aktiveringstider för värmedetektorer uppskattas. Då väljs detektorernas aktiveringstemperatur till ett värde strax över rumstemperatur och RTI-värdet till ett värde nära noll.

Indata Detact-T2

Lägenhetslokalen

Detektionstider:

Rumstemperatur: 25°C

RTI: 0,5

Aktiveringstemperatur: 30°C

Takhöjd: 3,5 meter

Detektoravstånd: 4 meter

Tillväxtfaktor: fast, $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$

Sprinkleraktiveringstider:

Rumstemperatur: 25°C

RTI: 50

Aktiveringstemperatur: 68°C

Takhöjd: 3,5 meter

Detektoravstånd: 3 meter

Tillväxtfaktor: fast, $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$

Konsertlokalen

Detektionstider:

Rumstemperatur: 25°C

RTI: 0,5

Aktiveringstemperatur: 30°C

Takhöjd: 4 meter

Detektoravstånd: 4 meter

Tillväxtfaktor: fast, $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$

Sprinkleraktiveringstider:

Rumstemperatur: 25°C

RTI: 50

Aktiveringstemperatur: 68°C

Takhöjd: 4 meter

Detektoravstånd: 3 meter

Tillväxtfaktor: fast, $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$

Tvåplanslokalen

Detektionstider:

Rumstemperatur: 25°C

RTI: 0,5

Aktiveringstemperatur: 30°C

Takhöjd: 4,5 meter

Detektoravstånd: 4 meter

Tillväxtfaktor: fast, $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$

Sprinkleraktiveringstider:

Rumstemperatur: 25°C

RTI: 50

Aktiveringstemperatur: 68°C

Takhöjd: 4,5 meter

Detektoravstånd: 3 meter

Tillväxtfaktor: fast, $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$

Appendix E: SIMULEX

Programbeskrivning

Datorprogrammet SIMULEX kan användas för att studera utrymningsförlopp från byggnader. Utrymningsprocessen visas grafiskt i två dimensioner. Tiden för total evakuering av de personer som vistas i byggnaden beräknas. Programmet arbetar utifrån ritningar som skapats i ett CAD-program.

Då byggnaden består av flera våningar länkas våningsplanen, som är ritade i CAD, samman i SIMULEX genom att trappor med tillhörande länkar sätts in. Länkarna placeras i vardera änden av respektive trappa samt på de platser på planritningen där trapporna är belägna. Trappans längd och bredd kan varieras men inte dess utformning i övrigt. Även utgångarnas placering och bredd definieras i SIMULEX.

Antal personer och deras utplacering i byggnaden fastställs av användaren. Personerna förses med egenskaper vad gäller reaktionstid, gånghastighet samt val av utgång. Personerna går mot den närmast belägna utgången såvida inte användaren har hänvisat till en annan utgång. Personernas hastigheter beror på avståndet till framförvarande person samt vilken persontyp som valts. Persontyperna som kan väljas är barn, kvinnor, män, äldre, personal eller besökare och det som skiljer dem åt är deras gånghastighet och den fysiska plats de tar utrymmesmässigt.

Indata SIMULEX

Lägenhetslokalen

Number of Floors = 1
Number of Staircases = 3
Number of Exits = 3
Number of Links = 3
Number of People = 350

Floor 1 (DXF file : x.dxf)
Number of People Initially in This Floor = 350
Link 1 : (11.35,28.79 m), 0.00 degrees, 1.40 m wide, connected to Staircase 1
Link 2 : (7.01,7.29 m), 0.00 degrees, 1.40 m wide, connected to Staircase 2
Link 3 : (13.29,4.99 m), 90.00 degrees, 1.40 m wide, connected to Staircase 3

Staircase 1 (1.40 m X 8.00 m)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 1 : (0.67,8.00 m), 90.00 degrees, 1.40 m wide, connected to Floor 1
Exit 1 : (0.75,0.35 m), 90.00 degrees, 1.40 m wide

Staircase 2 (1.40 m X 8.00 m)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 2 : (0.67,8.00 m), 90.00 degrees, 1.40 m wide, connected to Floor 1
Exit 2 : (0.72,0.20 m), 90.00 degrees, 1.40 m wide

Staircase 3 (1.40 m X 8.00 m)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 3 : (0.67,8.00 m), 90.00 degrees, 1.40 m wide, connected to Floor 1
Exit 3 : (0.70,0.20 m), 90.00 degrees, 1.40 m wide

Konsertlokalen

Number of Floors = 1
Number of Staircases = 0
Number of Exits = 3
Number of Links = 0
Number of People = 563

Floor 1 (DXF file : y.dxf)
Number of People Initially in This Floor = 563
Exit 1 : (16.50,-0.01 m), 90.00 degrees, 2.40 m wide
Exit 2 : (30.50,1.24 m), -180.00 degrees, 1.50 m wide
Exit 3 : (30.50,25.49 m), 180.00 degrees, 2.00 m wide

Number of Floors = 1
Number of Staircases = 0
Number of Exits = 3
Number of Links = 0
Number of People = 87

Floor 1 (DXF file : y.dxf)
Number of People Initially in This Floor = 87
Exit 1 : (16.50,-0.01 m), 90.00 degrees, 2.40 m wide
Exit 2 : (30.50,1.24 m), -180.00 degrees, 1.50 m wide
Exit 3 : (30.50,25.49 m), 180.00 degrees, 2.00 m wide

Number of Floors = 1
 Number of Staircases = 0
 Number of Exits = 3
 Number of Links = 0
 Number of People = 100

 Floor 1 (DXF file : y.dxf)
 Number of People Initially in This Floor = 100
 Exit 1 : (16.50,-0.01 m), 90.00 degrees, 2.40 m wide
 Exit 2 : (30.50,1.24 m), -180.00 degrees, 1.50 m wide
 Exit 3 : (30.50,25.49 m), 180.00 degrees, 2.00 m wide

Tvåplanslokalen

Number of Floors = 2
 Number of Staircases = 4
 Number of Exits = 6
 Number of Links = 5
 Number of People = 443

 Floor 1 (DXF file : z första vån.dx)
 Number of People Initially in This Floor = 313
 Link 5 : (9.60,13.24 m), 0.00 degrees, 1.50 m wide, connected to Staircase 4
 Exit 1 : (17.50,4.83 m), 180.00 degrees, 1.70 m wide
 Exit 2 : (19.50,7.59 m), 180.00 degrees, 1.20 m wide
 Exit 3 : (10.50,18.40 m), 180.00 degrees, 1.20 m wide

 Floor 2 (DXF file : z andra vån.dxf)
 Number of People Initially in This Floor = 130
 Link 1 : (17.50,4.90 m), 0.00 degrees, 1.60 m wide, connected to Staircase 1
 Link 2 : (19.51,7.59 m), 0.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Staircase 2
 Link 3 : (10.50,18.39 m), 0.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Staircase 3
 Link 4 : (12.76,9.36 m), 90.00 degrees, 1.50 m wide, connected to Staircase 4

 Staircase 1 (1.60 m X 10.00 m)
 Number of People Initially in This Stair = 0
 Link 1 : (0.80,10.00 m), 90.00 degrees, 1.60 m wide, connected to Floor 2
 Exit 4 : (0.80,0.38 m), 90.00 degrees, 1.60 m wide

 Staircase 2 (1.20 m X 10.00 m)
 Number of People Initially in This Stair = 0
 Link 2 : (0.57,10.00 m), 90.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Floor 2
 Exit 5 : (0.60,0.38 m), 90.00 degrees, 1.20 m wide

 Number of Floors = 2
 Number of Staircases = 4
 Number of Exits = 6
 Number of Links = 5
 Number of People = 37

 Floor 1 (DXF file : z första vån.dx)
 Number of People Initially in This Floor = 37
 Link 5 : (9.60,13.24 m), 0.00 degrees, 1.50 m wide, connected to Staircase 4
 Exit 1 : (17.50,4.83 m), 180.00 degrees, 1.70 m wide
 Exit 2 : (19.50,7.59 m), 180.00 degrees, 1.20 m wide
 Exit 3 : (10.50,18.40 m), 180.00 degrees, 1.20 m wide

 Floor 2 (DXF file : z andra vån.dxf)

Number of People Initially in This Floor = 0

Link 1 : (17.50,4.90 m), 0.00 degrees, 1.60 m wide, connected to Staircase 1

Link 2 : (19.51,7.59 m), 0.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Staircase 2

Link 3 : (10.50,18.39 m), 0.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Staircase 3

Link 4 : (12.76,9.36 m), 90.00 degrees, 1.50 m wide, connected to Staircase 4

Staircase 1 (1.60 m X 10.00 m)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link 1 : (0.80,10.00 m), 90.00 degrees, 1.60 m wide, connected to Floor 2

Exit 4 : (0.80,0.38 m), 90.00 degrees, 1.60 m wide

Staircase 2 (1.20 m X 10.00 m)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link 2 : (0.57,10.00 m), 90.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Floor 2

Exit 5 : (0.60,0.38 m), 90.00 degrees, 1.20 m wide

Number of Floors = 2

Number of Staircases = 4

Number of Exits = 6

Number of Links = 5

Number of People = 20

Floor 1 (DXF file : z första vån.dxf)

Number of People Initially in This Floor = 0

Link 5 : (9.60,13.24 m), 0.00 degrees, 1.50 m wide, connected to Staircase 4

Exit 1 : (17.50,4.83 m), 180.00 degrees, 1.70 m wide

Exit 2 : (19.50,7.59 m), 180.00 degrees, 1.20 m wide

Exit 3 : (10.50,18.40 m), 180.00 degrees, 1.20 m wide

Floor 2 (DXF file : z andra vån.dxf)

Number of People Initially in This Floor = 20

Link 1 : (17.50,4.90 m), 0.00 degrees, 1.60 m wide, connected to Staircase 1

Link 2 : (19.51,7.59 m), 0.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Staircase 2

Link 3 : (10.50,18.39 m), 0.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Staircase 3

Link 4 : (12.76,9.36 m), 90.00 degrees, 1.50 m wide, connected to Staircase 4

Staircase 1 (1.60 m X 10.00 m)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link 1 : (0.80,10.00 m), 90.00 degrees, 1.60 m wide, connected to Floor 2

Exit 4 : (0.80,0.38 m), 90.00 degrees, 1.60 m wide

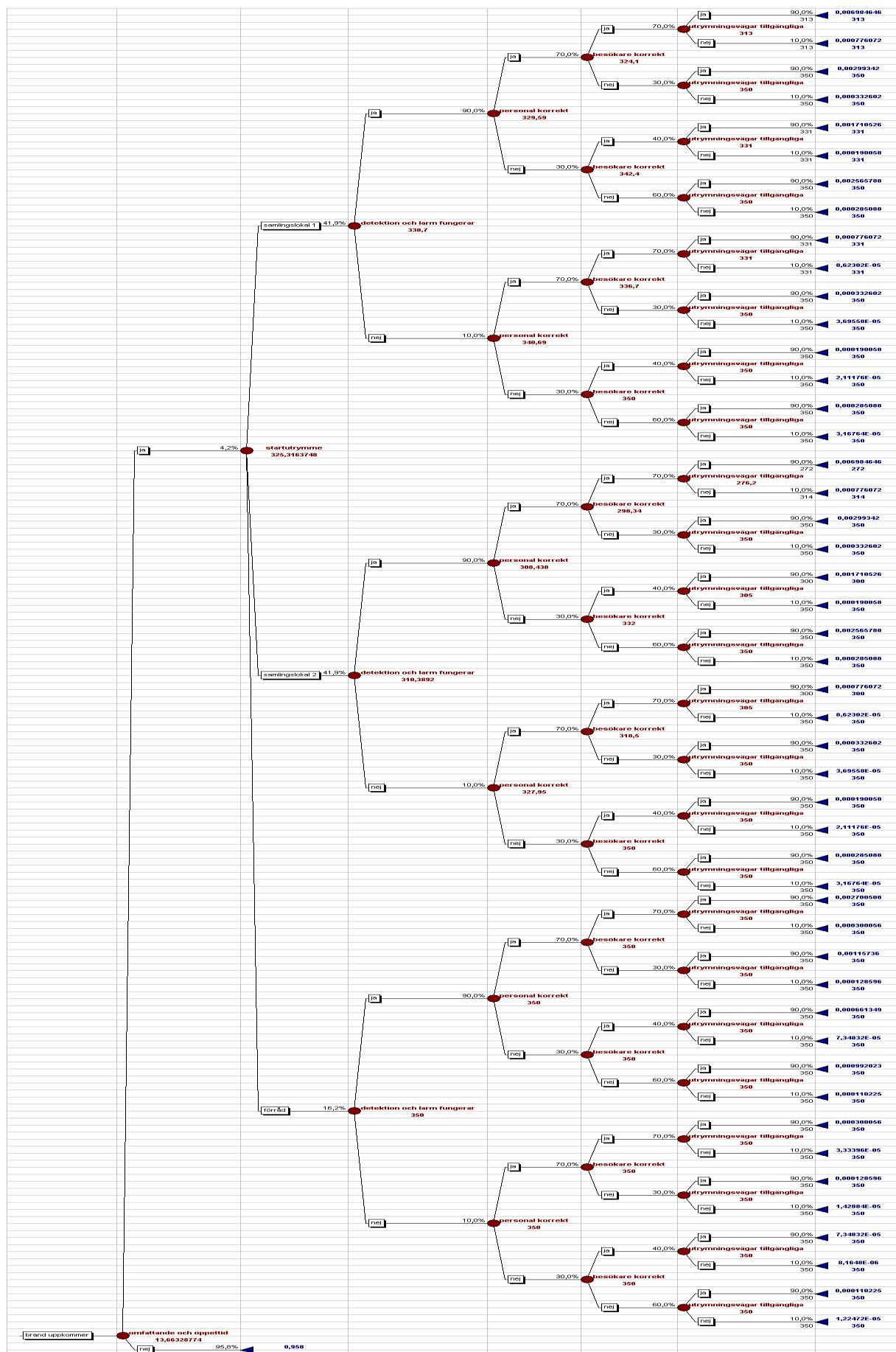
Staircase 2 (1.20 m X 10.00 m)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link 2 : (0.57,10.00 m), 90.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Floor 2

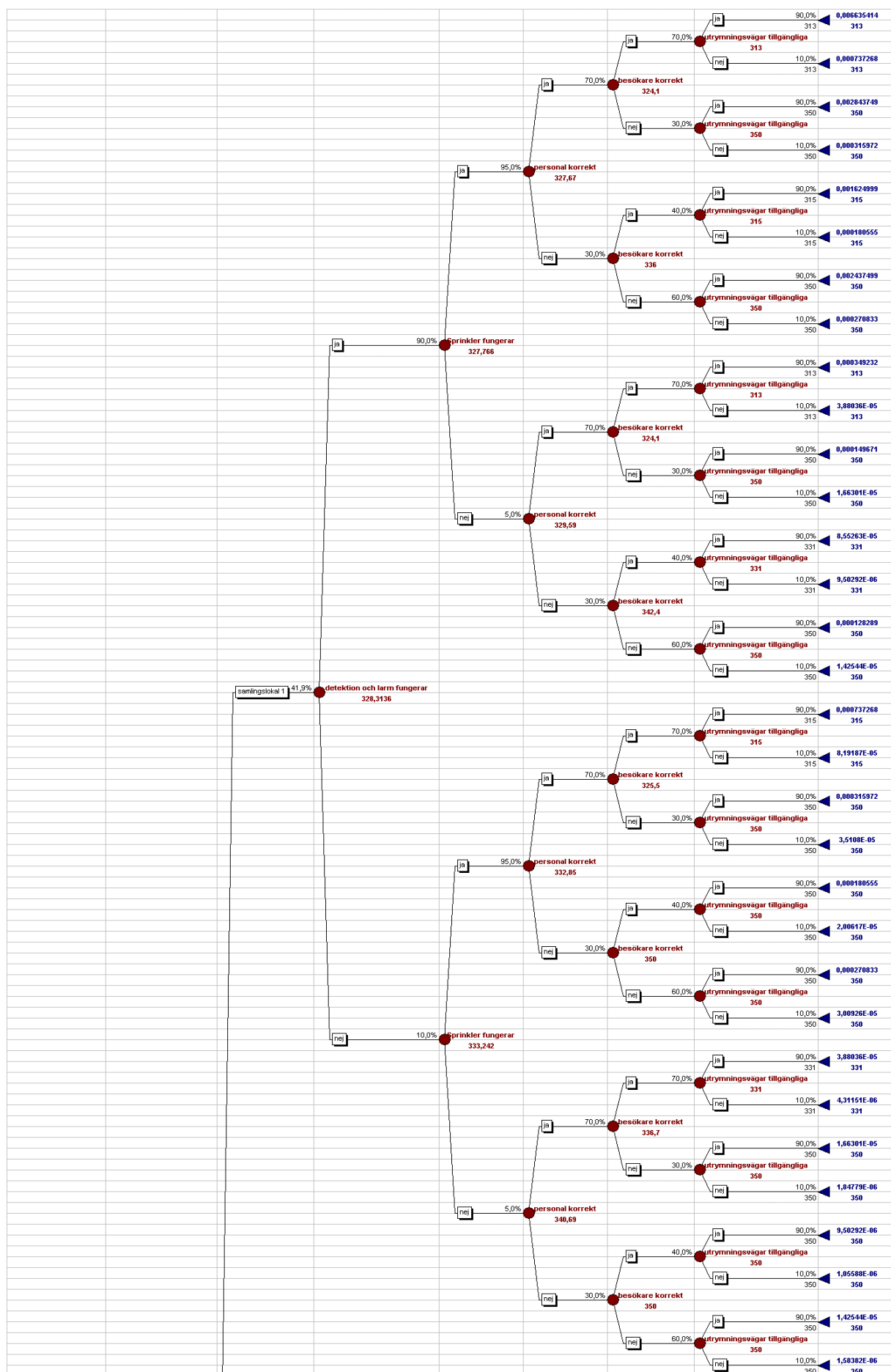
Exit 5 : (0.60,0.38 m), 90.00 degrees, 1.20 m wide

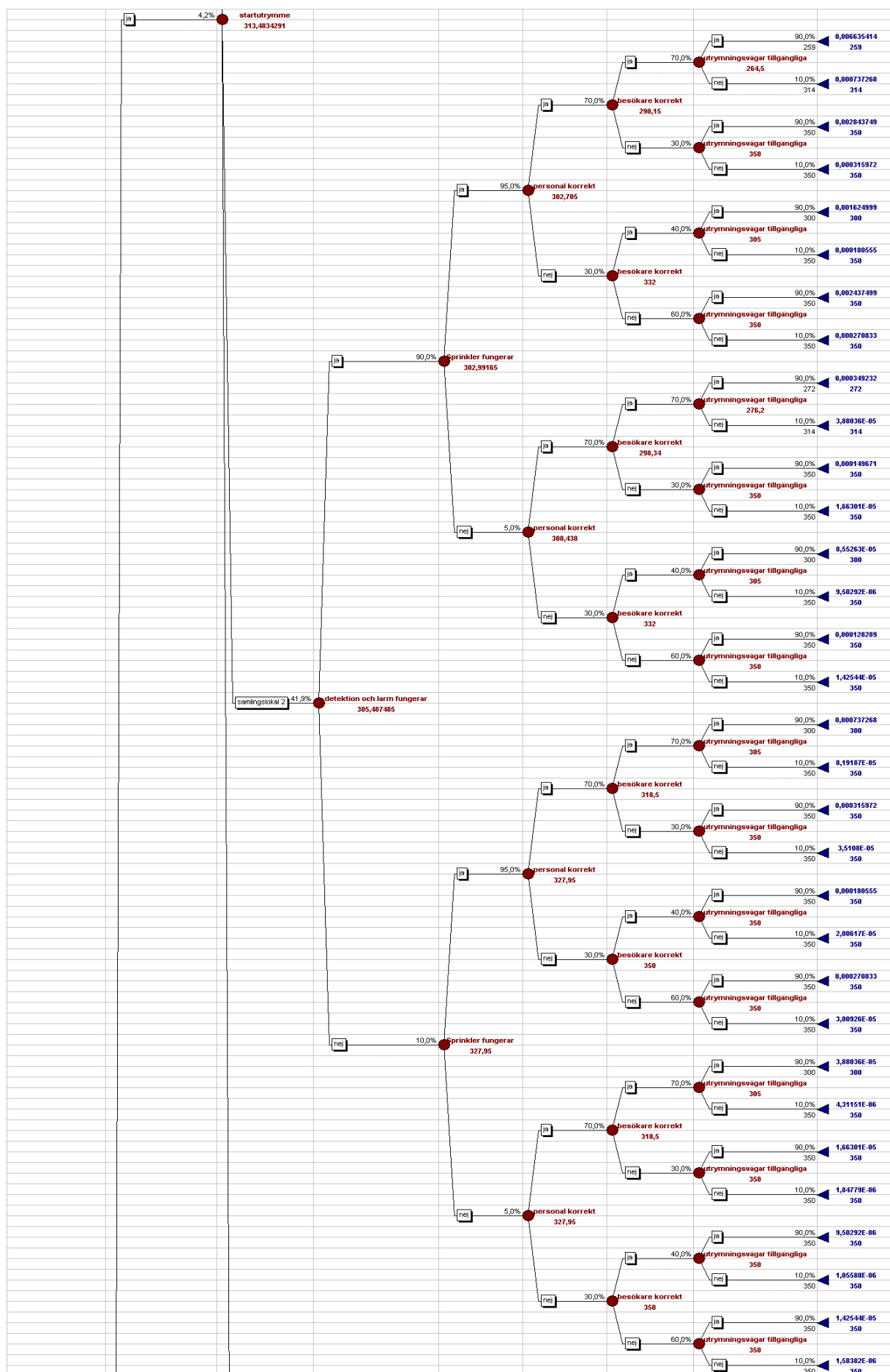
Appendix F: Händelsetråd



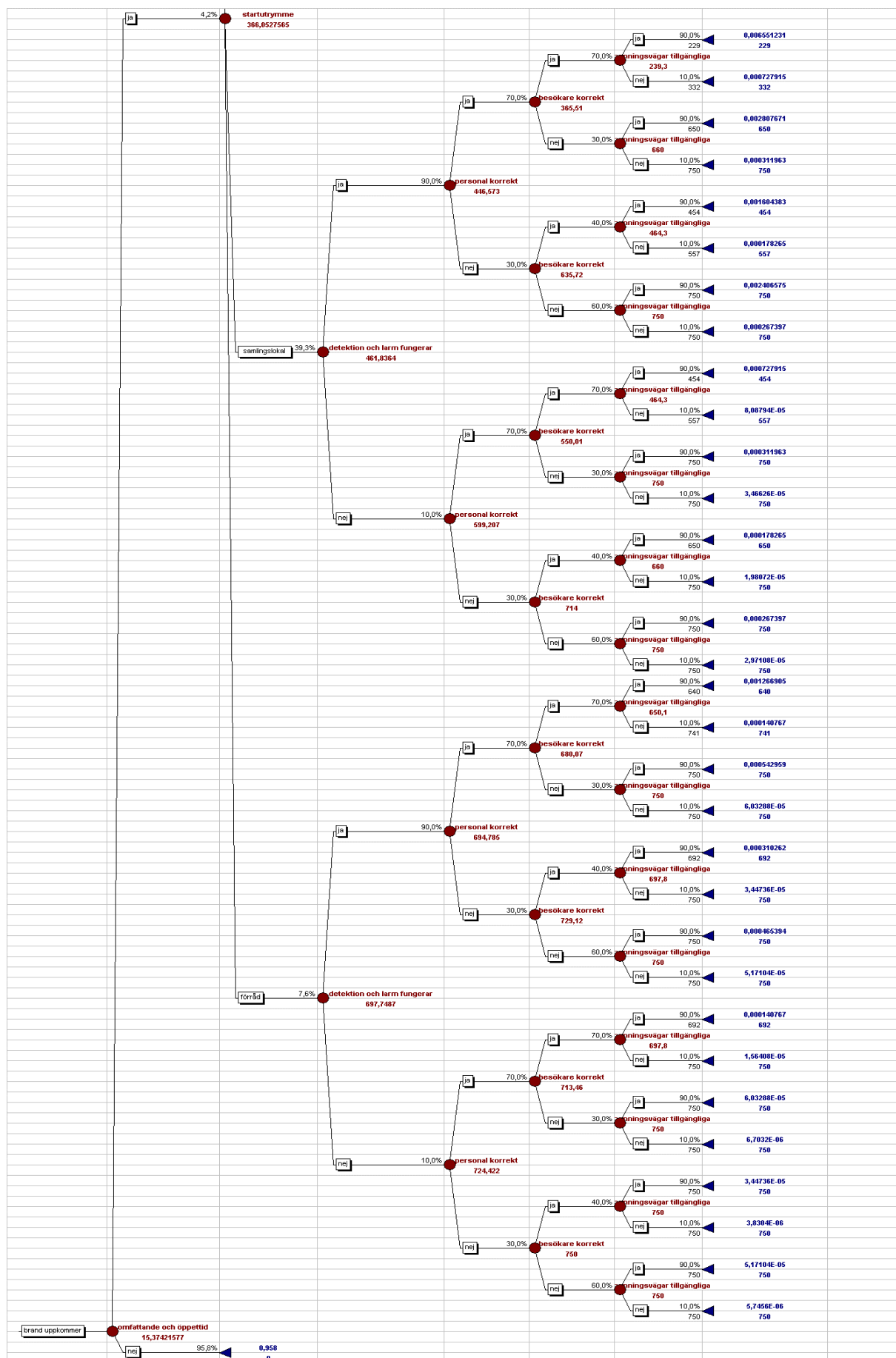
Figur F.1 Händelseträd för förenklad dimensionering, lägenhetslokal

A31

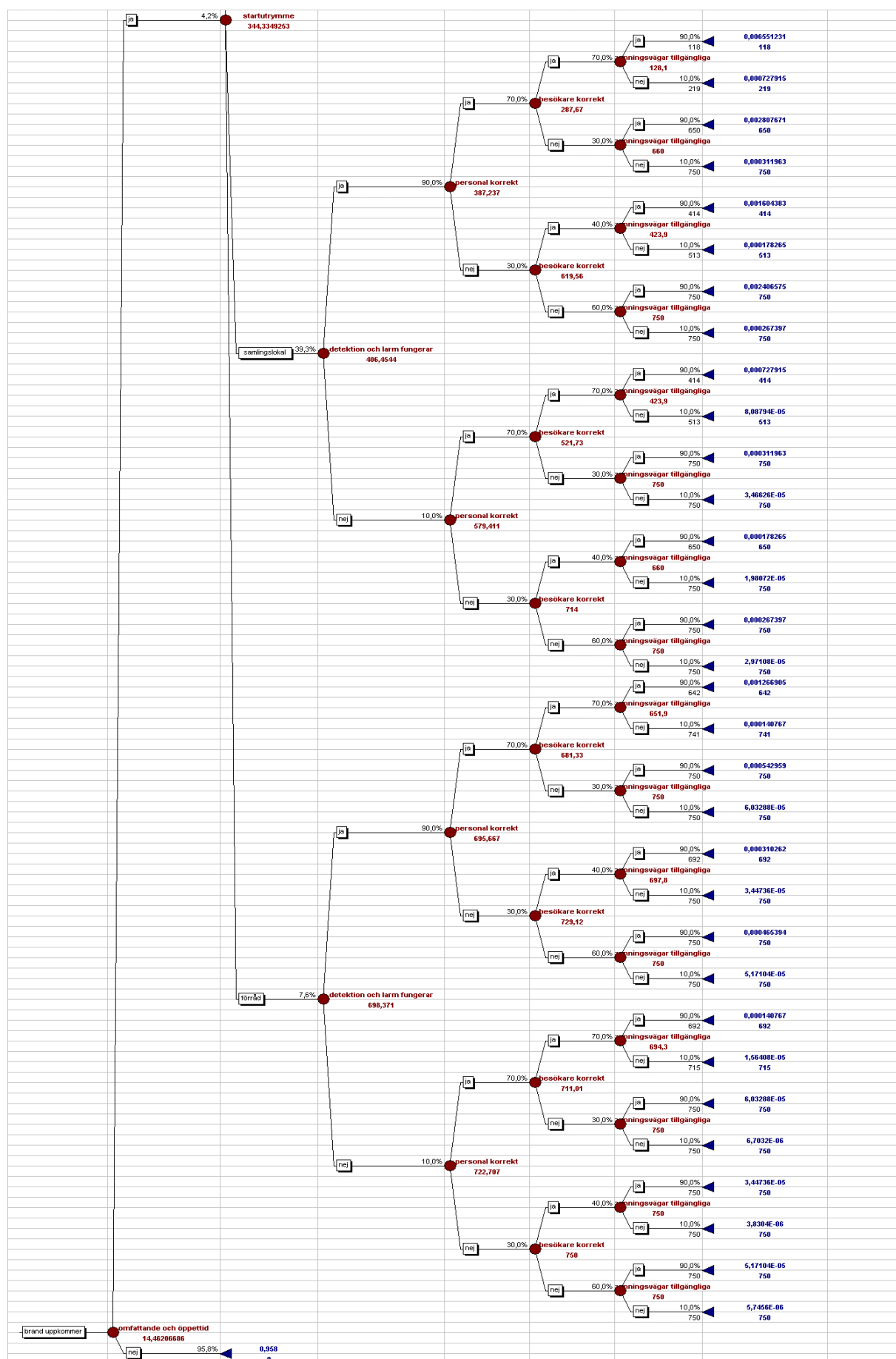




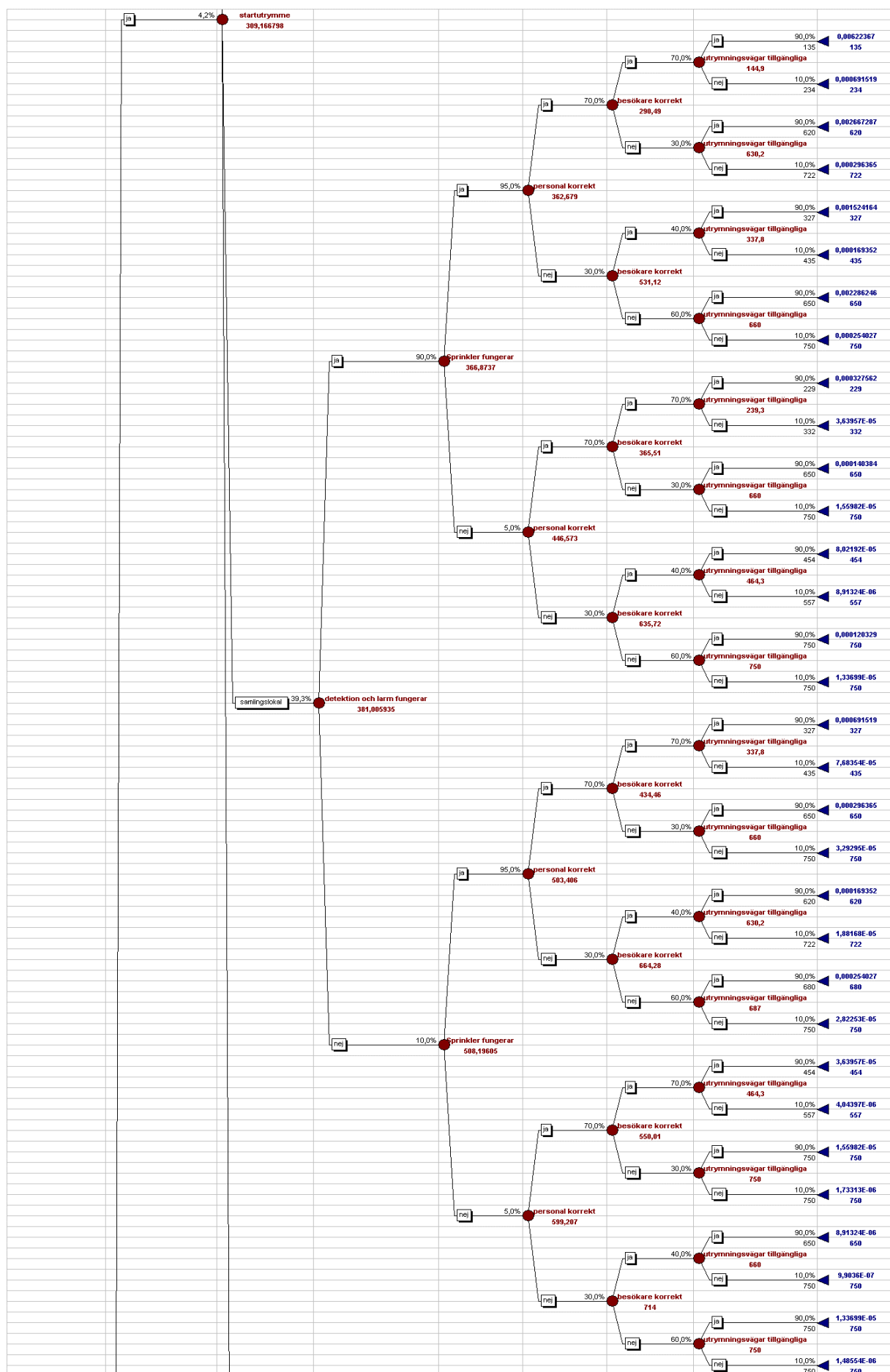




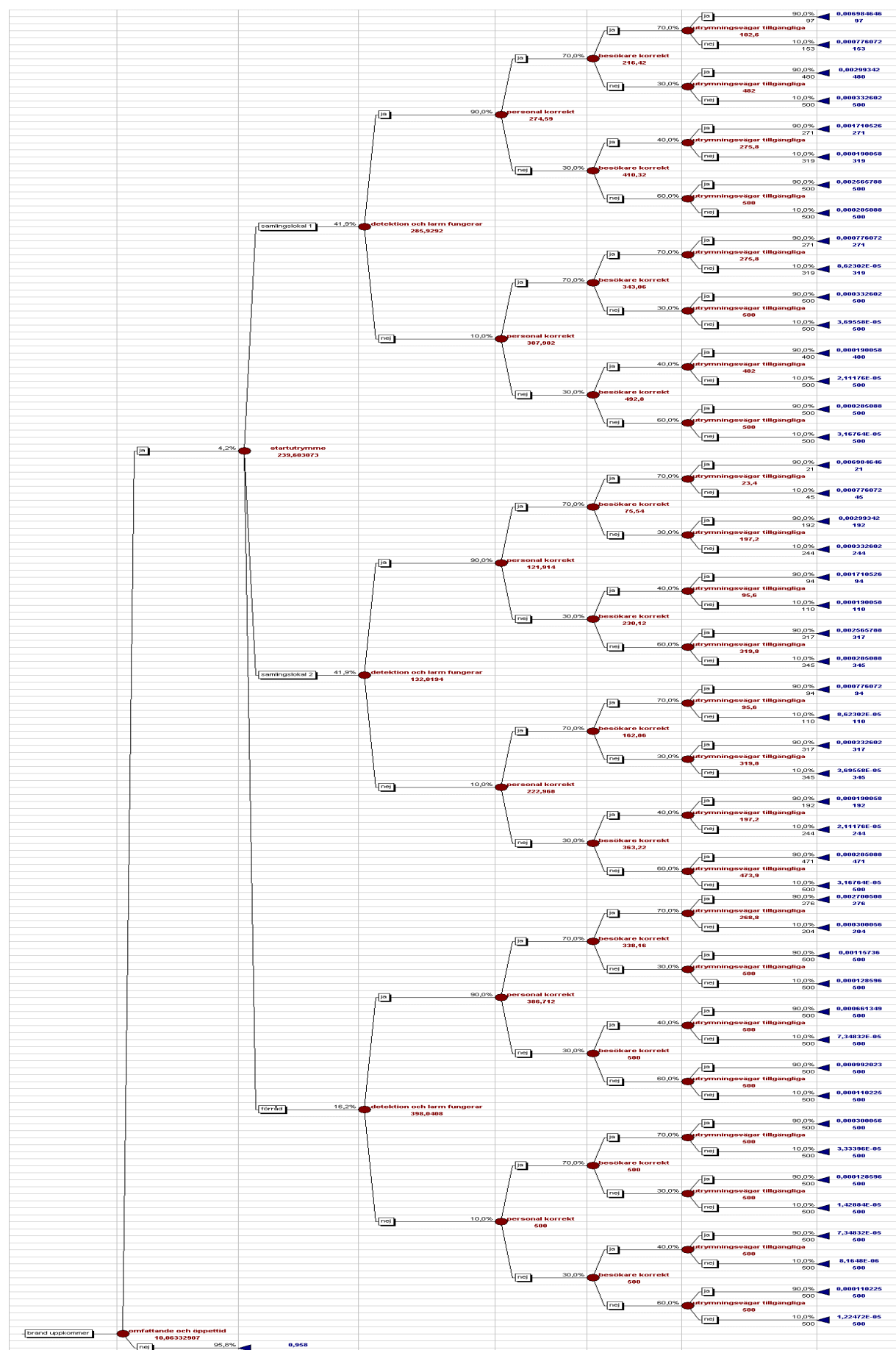
Figur F.4 Händelseträd för förenklad dimensionering, konsertlokal



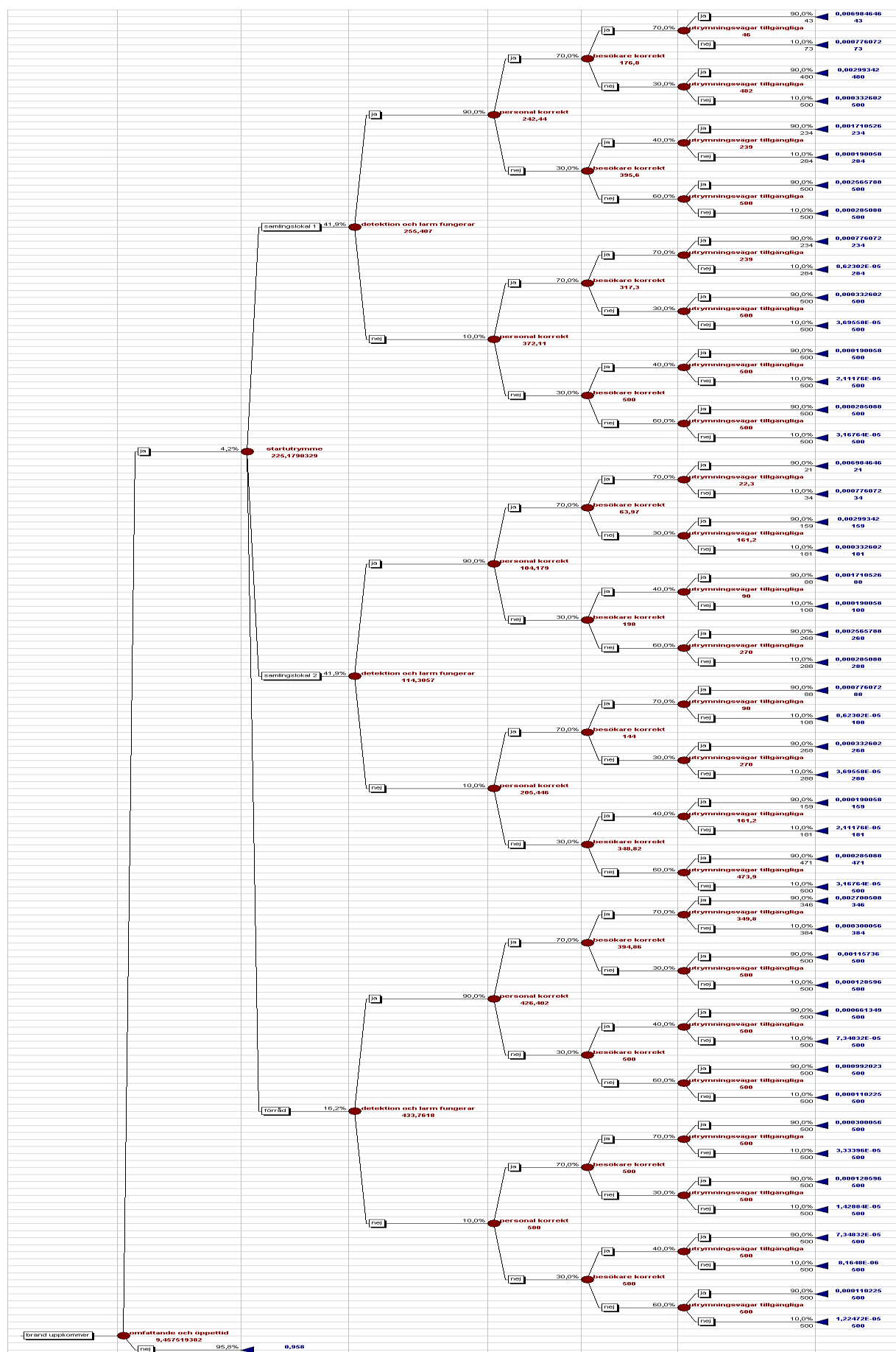
Figur F.5 Händelsetråd för brandskyddslösning bredare entré, konsertlokal



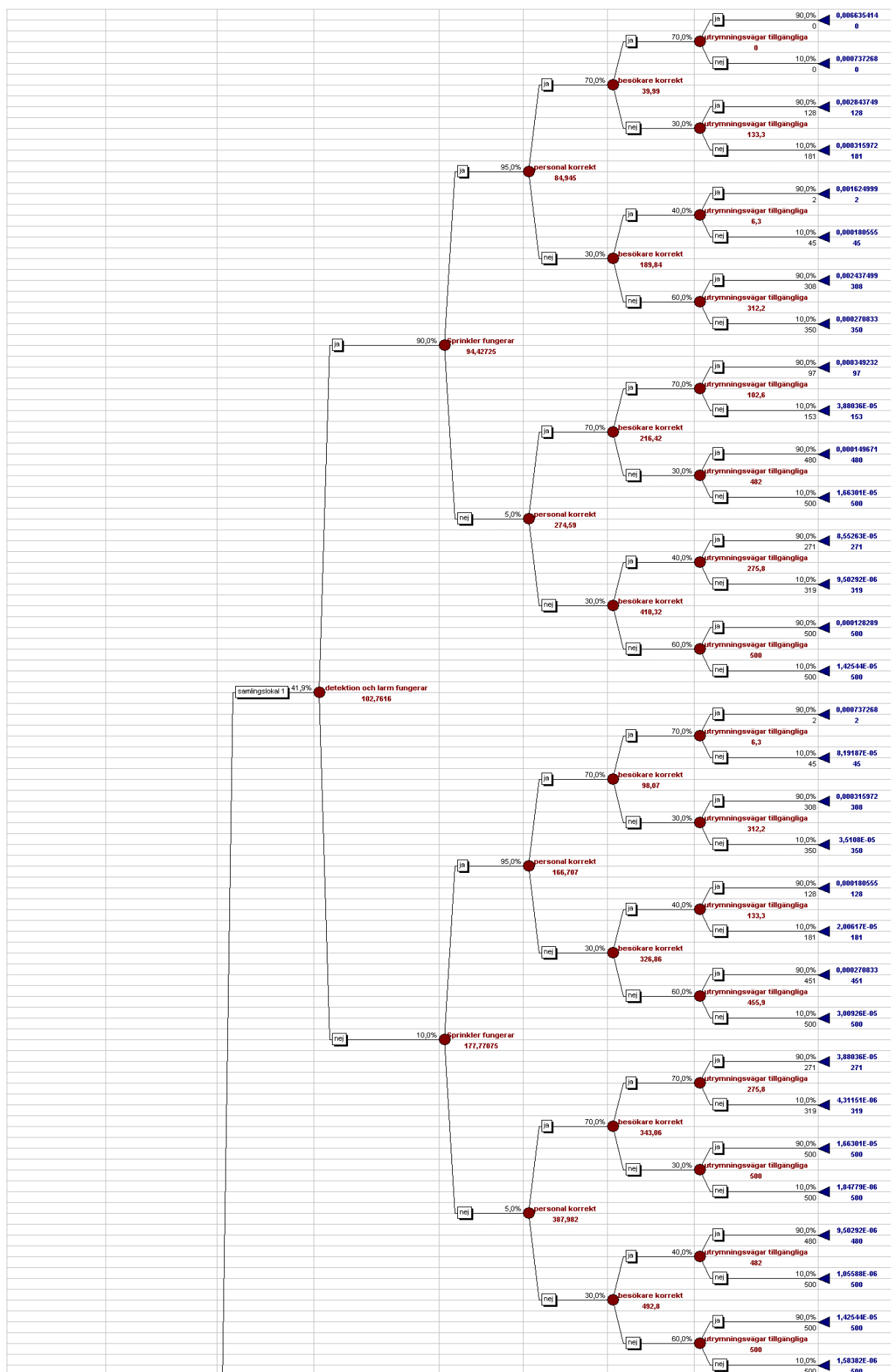
A41



Figur F.7 Händelsetråd för förenklad dimensionering, öppen tvåplanslokal



Figur F.8 Händelseträd för brandskyddslösning bredare entré, öppen tvåplanslokal





Appendix G: Känslighetsanalyser

Känslighetsanalyser har utförts med utgångspunkt av brandskyddslösningen **förenklad dimensionering** och gränsvärdet för **kritiska förhållanden**. Det har utförts känslighetsanalyser av brandförlopp i datorprogrammet CFAST, av evakueringstider i datorprogrammet SIMULEX samt av delhändelser i händelseträdet. Resultaten presenteras i form av tider samt medelrisker. Medelrisken anges som antal personer som utsätts för kritiska förhållanden per år för respektive diskotekslokal.

CFAST

De parametrar som studerats i brandförloppet är ventilationsförhållanden i brandrummet samt brandens tillväxthastighet. Ventilationsförhållandena i brandrummet har varierats genom att en öppning till det fria som är 1×1 meter på 1 meters höjd antagits. För samtliga lokaler påverkar detta resultatet endast marginellt för brandscenarierna i samlingslokal och kök, se tabell G.1. Tid till kritiska förhållanden blir längre vid scenariot brand i förråd. Att det finns öppningar till det fria från förråd är dock mindre troligt. Brandens tillväxthastighet har varierats mellan medel och mycket snabb. Denna parameter har stor inverkan på tiden till kritisk påverkan och dödliga förhållanden, se tabell G.1. Medelrisken för de tre diskotekslokalerna varierar enligt tabell G.2, då de tre ovan nämnda parametrarna studeras.

	Startutrymme	Förenklad dimensionering	Öppning till det fria från brandrum	Medium tillväxtfaktor	Ultrasnabb tillväxtfaktor
Lägenhetslokal	Samningslokal 1	1,3 min	1,3 min	1,8 min	0,9 min
	Samningslokal 2	2,3 min	2,5 min	3,3 min	1,7 min
	Förråd	0,9 min	1,3 min	1,1 min	0,8 min
Konsertlokal	Kök	4,4 min	5,1 min	5,8 min	3,6 min
	Samningslokal	3,6 min	3,5 min	4,9 min	2,5 min
	Förråd	2,4 min	2,9 min	2,8 min	1,9 min
Öppen tvåplanslokal, plan 2	Samningslokal, plan 1	3,5 min	4,0 min	6,0 min	1,7 min
	Samningslokal, plan 2	3,3 min	3,5 min	5,2 min	1,7 min
	Förråd, plan 1	0,2 min	2,2 min	0,2 min	0,1 min
Öppen tvåplanslokal, plan 1	Samningslokal, plan 1	3,5 min	4,0 min	6,0 min	1,7 min
	Samningslokal, plan 2	uppstår ej	uppstår ej	uppstår ej	uppstår ej
	Förråd, plan 1	2,3 min	3,1 min	3,1 min	1,8 min

Tabell G.1 Tid till kritiska förhållanden i rummet med entré för de tre diskotekslokalerna.

	Lägenhetslokal	Konsertlokal	Öppen tvåplanslokal
Förenklad dimensionering	0,0956	0,1076	0,0647
Öppning till det fria från brandrum	0,0936	0,1009	0,0559
Medium tillväxtfaktor	0,0863	0,0610	0,0290
Ultrasnabb tillväxtfaktor	0,0986	0,1607	0,1011

Tabell G.2 Medelrisken för de tre diskotekslokalerna som antal personer som utsätts för kritiska förhållanden per år.

SIMULEX

Personantalet i lokalen och andel personer som utrymmer via huvudentrén är de parametrar som studerats med avseende på evakuering av de tre diskotekslokalerna. Både antal personer och andel personer som utrymmer via huvudentrén har varierats med en ökning respektive minskning med 15%. Resultaten redovisas i tabell G.3 respektive G.4 som total evakueringstid respektive medelrisk för de tre diskotekslokalerna.

	Lägenhetslokal	Konsertlokal	Öppen tvåplanslokal
<i>Förenklad dimensionering</i>	3,3 min	3,2 min	2,4 min
Antal personer -15%	2,7 min	2,7 min	2,0 min
Antal personer +15%	3,7 min	3,3 min	3,0 min
Personer mot huvudentré -15%	2,5 min	2,7 min	2,0 min
Personer mot huvudentré +15%	3,7 min	3,7 min	2,8 min

Tabell G.3 Total evakueringstid från SIMULEX för de tre diskotekslokalerna.

	Lägenhetslokal	Konsertlokal	Öppen tvåplanslokal
<i>Förenklad dimensionering</i>	0,0956	0,1076	0,0647
Antal personer -15%	0,0801	0,0974	0,0576
Antal personer +15%	0,1096	0,1440	0,0794
Personer mot huvudentré -15%	0,0915	0,1047	0,0632
Personer mot huvudentré +15%	0,0986	0,1425	0,0714

Tabell G.4 Medelrisken för de tre diskotekslokalerna som antal personer som utsätts för kritiska förhållanden per år.

Händelser

De händelser som varierats, med avseende på sannolikhet i händelseträdet, är personal agerar korrekt, besökare agerar korrekt och samtliga utrymningsvägar tillgängliga. Personalens och besökarnas agerande har varierats med en ökning respektive minskning med 20%. Händelsen samtliga utrymningsvägar har varierats med en ökning respektive minskning med 10%. Resultaten presenteras i form av medelrisk för de tre diskotekslokalerna i tabell G.5.

	Lägenhetslokal	Konsertlokal	Öppen tvåplanslokal
<i>Förenklad dimensionering</i>	0,0956	0,1076	0,0647
Personal agerar korrekt -20%	0,0969	0,1242	0,0724
Personal agerar korrekt +20%	0,0944	0,0911	0,0571
Besökare agerar korrekt -20%	0,0979	0,1290	0,0763
Besökare agerar korrekt +20%	0,0934	0,0863	0,0531
Samtliga utrymningsvägar tillgängliga -10%	0,0960	0,1099	0,0652
Samtliga utrymningsvägar tillgängliga +10%	0,0953	0,1053	0,0643

Tabell G.5 Medelrisken för de tre diskotekslokalerna som antal personer som utsätts för kritiska förhållanden per år.