

Brandteknisk riskvärdering av

SLAGTHUSET



Rapport 9337
Lund 2008

Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering
Lunds Tekniska Högskola

Emma Bengtsson
Evelin Härefors
Erik Grunnesjö
Joel Lundberg

Department of Fire Safety Engineering and
Systems Safety
Lund Institute of Technology



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Brandteknisk riskvärdering av

SLAGTHUSET

Malmö

Emma Bengtsson
Evelin Härefors
Erik Grunnesjö
Joel Lundberg

Lund, 2008

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

Titel/Title

Brandteknisk riskvärdering av Slagthuset/Fire Safety Evaluation of Slagthuset

Rapport/Report

9337

Av/By

Emma Bengtsson

Erik Grunnesjö

Evelin Härefors

Joel Lundberg

Brandingenjörprogrammet, Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, 2008.

Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lund Institute of Technology, 2008.

Abstract

This report is a part of the mandatory course "Fire Safety Evaluation" given by the Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety at Lund Institute of Technology, Sweden. The report aims to give an evaluation of the personal safety on Slagthuset in Malmö in case of fire, only taking human hazards into consideration. The procedure is to compare the time to egress with the time to critical conditions for different chosen scenarios. Each scenario represents the worst case with a comparative high probability; therefore the chosen scenarios are used for evaluation of the buildings total Fire Protection level. Computer programs such as CFAST, Argos, Detact-T2 and Simulex are used in order to help simulate the scenarios. This report found that there is a possibility of human hazards in case of a fire and improvements are needed in order to guarantee a safe egress at all times, especially in the theater. A list of suggested improvements is given.

Sökord

Brandteknisk riskvärdering, Slagthuset, personsäkerhet, kritiska förhållanden, CFAST, Argos, Simulex, utrymning, scenarier, effektutveckling, känslighetsanalys.

**Avdelningen för Brandteknik
och Riskhantering**

Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 Lund
Telefon: 046 222 73 60
E-post: brand@brand.lth.se
Hemsida: <http://www.brand.lth.se>

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

Lund Institute of Technology
Box 118
SE - 221 00 Lund
Telephone: +46 46 222 73 60
E-mail: brand@brand.lth.se
Website: <http://www.brand.lth.se>

Förord

Under arbetet med denna rapport har ett flertal personer engagerat sig och stöttat oss.

Vi vill nu rikta ett hjärtligt tack till:

Håkan Frantzich, universitetslektor, Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH för god vägledning, stort engagemang samt för att han med mycket tålamod svarat på alla våra frågor.

Georg Nilsson, säkerhetsansvarig Slagthuset, för guidning och information om verksamheten under arbetets gång samt för utsökt lunch.

Marjan Lokar, fastighetsskötare Slagthuset, Wihlborgs fastigheter för nedlagd tid och goda svar.

Martin Fredriksson, något mer erfaren student, för disciplinerad genomläsning och strukturerad feedback.

Lund, 2008

Emma Bengtsson, Erik Grunnesjö, Evelin Härefors och Joel Lundberg

Sammanfattning

Denna rapport utvärderar brandskyddet ur personsäkerhetssynpunkt på Slagthuset i Malmö och är en del av den obligatoriska kursen Brandteknisk riskvärdering som ges på Brandingenjörsutbildningen, LTH i Lund.

År 1904 invigdes byggnaden som Malmö stads offentliga slakthus. Idag omfattar Slagthuset verksamhet allt från teaterföreställningar och konferenser till lunchrestaurang och nattklubb.

Utifrån en analys av konsekvens och sannolikhet har tre scenarier tagits fram som anses vara värst tänkbara och dessutom representera den verksamhet som bedrivs på Slagthuset. Dessa anses vara ett mått på Slagthuset totala brandsäkerhet; om brandskyddet bedöms som tillfredsställande för dessa scenarier anses också brandskyddet i sin helhet att vara det.

Följande tre scenarier har valts:

- Brand i teater
- Brand i loge
- Brand i Hantverksgången

Simuleringar i datorprogram såsom CFAST, Argos och Simulex har tillsammans med handberäkningar använts som verktyg för att utvärdera varje enskilt scenario. Analyser har gjorts på känsliga parametrar för att undersöka dess påverkan på resultatet. Alla resultat har därefter diskuterats.

Då scenarierna utvärderats har tid till kritiska förhållanden jämförts med tid för utrymning av Slagthuset besökare för att bedöma om brandskyddet är tillräckligt. Utifrån resultaten i rapporten kan det konstateras att personsäkerheten med avseende på brand i Slagthuset ej kan anses vara tillfredsställande. Detta gäller främst för verksamhet i teatern. För övrig verksamhet bedöms Slagthuset, på grund av stora utrymmen och sprinklersystem samt bristen på brännbara material, ha en god säkerhet mot brand. Dock kan det, med i rapporten föreslagna åtgärder, förbättras ytterligare.

Följande punkter *skall* åtgärdas för att trygga personsäkerheten:

- Upprättande av systematiskt brandskyddsarbete
- Orkesterdiket som egen brandcell
- Byta ut beslag på utrymningsdörrar till godkända utrymningsbeslag

För att ytterligare förbättra brandskyddet ges nedan ett urval av de punkter som *bör* genomföras för att förbättra personsäkerheten:

- Extra utrymningsdörrar i teatern
- Larmknapp i teatern
- Minskat personantal i teatern
- Detektorer i orkesterdiket
- Borttagning av blomlåda i Restauranggatan

Om ovanstående åtgärder vidtas anses brandskyddet för Slagthuset bli tillfredsställande.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 SYFTE.....	1
1.3 MÅL.....	1
1.4 METOD.....	1
1.5 BEDÖMNING AV SÄKER BYGGNAD.....	2
1.6 AVGRÄNSNINGAR	2
1.7. DISPOSITION	2
1.8 GÄLLANDE LAGSTIFTNING	3
2. EMPIRISK DEL	4
2.1 SLAGTHUSETS HISTORIA	4
2.2 LOKAL- OCH VERKSAMHETSBEKRIVNING	4
2.3 BEFINTLIGT BRANDSKYDD	11
3. ANALYSERANDE DEL	15
3.1 VAL AV SCENARIO BEDÖMNING AV SÄKERHETSNIVÅN	15
3.2 SCENARIER	16
3.3 VAL AV SCENARIER	21
3.4 RISKMATRIS	22
3.5 VALDA SCENARIER FÖR DJUPARE ANALYS	23
4 ANVÄNDA SIMULERINGSPROGRAM OCH MODELLER	26
4.1 TVÅZONSMODELLEN	26
4.2 EFFEKTBERÄKNINGSFORMLER.....	26
4.3 PLYMMODELLER	26
4.4 DEFINITION AV UTRYMNINGSTID	27
4.5 DEFINITION AV KRITISKA FÖRHÅLLANDEN	27
4.6 CFAST	29
4.7 ARGOS.....	29
4.8 VAL AV SIMULERINGSPROGRAM FÖR BRANDGASSPRIDNING	29
4.9 SIMULEX.....	30
4.10 UTRYMNINGSSITUATIONEN	30
4.11 DETACT-T2	30

5 ANALYS AV SCENARIO - BRAND I TEATERN	31
5.1 EFFEKTUTVECKLING	31
5.2 UTRYMNING	33
5.3 DETEKTIONS-, BESLUTS- OCH REAKTIONSTID.....	33
5.4 UTRYMNINGSSIMULERING I SIMULEX.....	33
5.5 HANDBERÄKNINGAR FÖR TID TILL RÖKFYLLNAD	35
5.6 SIMULERING I CFAST OCH ARGOS	35
5.7 RESULTAT	35
5.8 KÄNSLIGHETSANALYS	36
5.9 MILJÖN VID KRITISK TID.....	36
5.10 DISKUSSION	37
5.11 SLUTSATS – VÄRDERING AV SÄKERHETSNIKÅN I TEATERN.....	37
6 ANALYS AV SCENARIO - BRAND I LOGE	38
6.1 EFFEKTUTVECKLING	38
6.2 SIMULERING I CFAST OCH ARGOS	39
6.3 UTRYMNING	40
6.4 DETEKTIONS-, BESLUTS- OCH REAKTIONSTID.....	40
6.5 UTRYMNINGSSIMULERING I SIMULEX.....	41
6.6 RESULTAT.....	42
6.7 KÄNSLIGHETSANALYS	43
6.8 MILJÖN VID KRITISK TID.....	44
6.9 DISKUSSION	44
6.10 SLUTSATS – VÄRDERING AV SÄKERHETSNIKÅN VID BRAND I LOGE.....	45
7 ANALYS AV SCENARIO - BRAND I HANTVERKSGÅNGEN	46
7.1 EFFEKTUTVECKLING	46
7.2 UTRYMNING	47
7.3 DETEKTIONS-, BESLUTS- OCH REAKTIONSTID.....	47
7.4 UTRYMNINGSSIMULERING I SIMULEX.....	48
7.5 SIMULERING I CFAST OCH ARGOS	49
7.6 RESULTAT.....	50
7.7 KÄNSLIGHETSANALYS	50
7.8 MILJÖN VID KRITISK TID.....	51
7.9 DISKUSSION	51
7.11 SLUTSATS – VÄRDERING AV SÄKERHETSNIKÅN VID NATTKLUBB.....	53

8. SLUTSATS	54
8.1 SLUTSATSER	54
8.2 ÅTGÄRDER SOM <i>SKALL</i> GENOMFÖRAS	54
8.3 FÖRSLAG PÅ ÅTGÄRDER SOM <i>BÖR</i> GENOMFÖRAS.....	55
8.4 ÖVRIGA FÖRSLAG PÅ ÅTGÄRDER	57
REFERENSER	58
BILAGA A: EFFEKTKURVOR FÖR KÄNSLIGHETSANALYS	60
BILAGA B: HANDBERÄKNINGAR	62
BILAGA C: SERVICERITNING FÖR BRANDLARM	69
BILAGA D: INMATADE DATA I DETACT-T2 SAMT TID TILL SPRINKLERAKTIVERING	70
BILAGA E: TID TILL KRITISKA FÖRHÅLLANDEN UR CFAST	72
BILAGA F: TID TILL KRITISKA FÖRHÅLLANDEN UR ARGOS	73
BILAGA G: RESULTAT AV SIMULERING UR ARGOS	74
BILAGA H: RESULTAT AV SIMULERING UR CFAST	80
BILAGA I: UTDATA FRÅN ARGOS	86
BILAGA J: TILLSYNSPROTOKOLL	89
BILAGA K: GILTIGHET FÖR TVÅZONSMODELL	95

INLEDANDE DEL

1. INLEDNING

Denna rapport ger en översikt över de brandtekniska risker med avseende på personsäkerhet som finns på Slagthuset i Malmö. Slagthuset drivs idag av AMN Dotterbolaget AB och deras verksamhet består av nöjesevenemang såsom nattklubb, krogshower, företagsevenemang, teater och mässor. Byggnaden, som ägs och förvaltas av Wihlborgs fatigheter, invigdes som slakthus år 1904 och har idag ett stort kulturvärde med K-märkta byggnadsdelar. Slagthuset som det bedrivs idag invigdes 1991 efter om- och nybyggnation.

1.1 BAKGRUND

Denna rapport är en del av examinationen i kursen Brandteknisk riskvärdering vid Brandingenjörsprogrammet, Lunds Tekniska Högskola i Lund, hösten 2008. Kursen omfattar 15 högskolepoäng och tyngdpunkten ligger i att färdigställa en rapport som avhandlar det brandtekniska skyddet med avseende på personsäkerheten på ett utvalt objekt.

1.2 SYFTE

Rapporten syftar till att tillämpa och befästa kunskaper från tidigare kurser inom Brandingenjörsprogrammet samt utveckla förmågan att arbeta i projektform.

1.3 MÅL

Rapportens mål är att utvärdera personsäkerheten i händelse av brand för att se om utrymning kan ske på ett säkert sätt innan kritiska förhållanden uppstår. Förslag på förbättringar av brandskyddet skall ges om så behövs.

1.4 METOD

Kursen Brandteknisk riskvärdering inleds med föreläsningar om utrymning, regelverk och ventilation med ritningsgranskning. Inledningsvis studeras byggnaden utifrån ritningsmaterial och äldre besiktningssprotokoll från räddningstjänsten. Därefter genomförs ett studiebesök vid objektet tillsammans med handledare från LTH samt den kommunala räddningstjänsten. Utifrån egen bedömning, intervju med anställda samt diskussion med handledare tas troliga brandscenarier fram. Detta arbete mynnar ut i att tre troliga scenarier väljs med hjälp av en riskmatris om sannolikhet och konsekvens. De valda scenarierna anses vara de som är sannolika och kan ge stora konsekvenser avseende personsäkerheten. Till respektive scenario fastställs en dimensionerande brand och utifrån denna genomförs simuleringar av brandgasspridning. Från datorsimuleringar tas värden om brandgaslagrets höjd, strålning

från brandgaslagret och sikten i byggnaden. Dessa tillsammans med eventuella handberäkningar ger ungefärlig tid till kritiska förhållanden. Därefter simuleras även utrymningstiden i datorprogram. Dessa tider jämförs med tider till kritiska förhållanden som erhålls vid simuleringarna angående brandgasspridningen. Säkerheten vid brand värderas och förslag på åtgärder ges om så krävs. Rapporten presenteras slutligen vid ett seminarium, en annan grupp genomför opponering och efter genomförda ändringar fastställs en slutrapport.

1.5 BEDÖMNING AV SÄKER BYGGNAD

De scenarier som kommer analyseras i rapporten skall ses som representativa för alla övriga brandscenarier som kan tänkas uppstå i Slagthuset. Om brandskyddet för rapportens analyserade scenarier anses vara tillfredsställande, anses också brandskyddet för alla övriga tänkbara scenarier vara det. Detta resonemang är hållbart då de scenarier som valts för djupare analys representerar verksamhet som bedrivs på Slagthuset under dygnets alla timmar.

1.6 AVGRÄNSNINGAR

Denna rapport fokuserar på nattklubbs-, teater-, mäss- och restaurangverksamheten på Slagthuset. Detta innebär att ingen hänsyn har tagits till höghuset eller de kontor som finns på andra våning längs med Hantverksgången och Bakgården. Trots försök och påtryckningar på både fastighetsägare och nyttjanderättshavare har ingen dokumentation över ventilationen kunnat uppvisas. På grund av avsaknad av denna dokumentation har ingen hänsyn kunnat tas vid beräkningar och simuleringar. Enligt ritningar från ombyggnationen från 1990 stängs ventilationssystemet av vid detektion av brand och så har det antagits fungera vid analys.

1.7. DISPOSITION

Nedan ges en kort förklaring om rapportens upplägg:

Kapitel ett - Inledning

Här redovisas bakgrund och syfte, tillvägagångssätt samt avgränsningar för rapporten.

Kapitel två – Empirisk del

Här ges läsaren, genom en objektiv beskrivning, en möjlighet att skapa sig en egen uppfattning om Slagthuset. Avsnittet redovisar hur byggnaden används, ingående lokaler, befintligt brandskydd samt personalens rutiner och brandskyddsarbete.

Kapitel tre – Analyserande del

I detta kapitel analyseras tänkbara brandscenarier fram och sannolikhet och konsekvens bedöms för respektive scenario. Här väljs vilka scenarier som ska analyseras djupare.

Kapitel fyra – Använda simuleringsprogram och modeller

I detta avsnitt redovisas och förklaras centrala brandtekniska begrepp och teorier. Här definieras begreppet kritiska förhållanden som är en viktig bedömningsparameter för bedömning av byggnadens säkerhet med avseende på personsäkerhet vid brand.

Kapitel fem – Brand i teatern

I detta kapitel analyseras brandgasspridning och utrymning vid en brand i teatern.

Kapitel sex – Brand i loge

I detta kapitel analyseras brandgasspridning och utrymning vid en brand i loge.

Kapitel sju – Brand i Hantverksgången

I detta kapitel analyseras brandgasspridning och utrymning vid en brand i Hantverksgången.

Kapitel åtta – Slutsatser

Utifrån resultaten i föregående kapitel ges här förslag på åtgärder för att förbättra brandsäkerheten ur personsäkerhetssynpunkt. Här redovisas bygg- och brandtekniska förbättringsåtgärder men även förslag på arbetssätt och rutiner. Detta avsnitt sammanfattar dragna slutsatser och behov av åtgärder.

Bilagor

Här redovisas diagram, beräkningar med mera för den läsare som önskar fördjupa sig i rapporten.

1.8 GÄLLANDE LAGSTIFTNING

Slagthuset genomgick sin senaste renovering 1991 och då följdes *Plan- och bygglagen SFS 1987:10* (Svensk författningssamling, 1987). Från år 2004 gäller också *Lagen om skydd mot olyckor (LSO)*, som ger ett ökat ansvar för den enskilde och bland annat skyldighet att upprätta en skriftlig redogörelse för vissa verksamheter (Räddningsverket, 2008). Även *Arbetsmiljölagen (AML)* från 1977 medför regler bland annat för hur personalens arbetsmiljö ser ut och hur ansvarsfördelningen fungerar i verksamheten (Arbetsmiljöverket, 2008).

RAPPORTENS HUVUDDDEL

2. EMPIRISK DEL

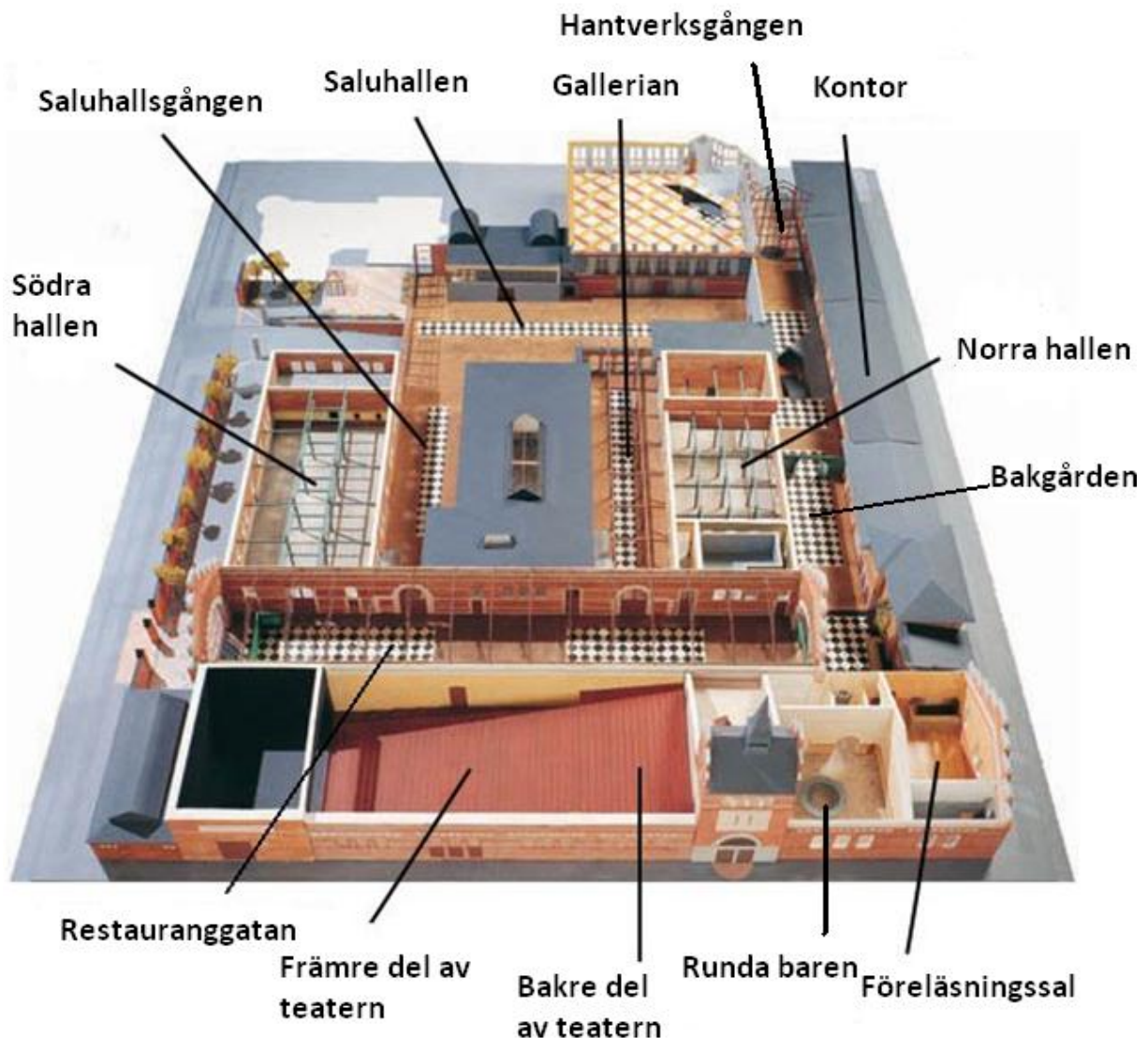
I nedanstående kapitel ges en beskrivning av Slagthuset så att läsaren kan få bättre lokalkännedom samt skapa sig en egen uppfattning om verksamhet och skyddsnivå.

2.1 SLAGTHUSETS HISTORIA

År 1904 invigdes byggnaden som Malmö stads offentliga slakthus. Stora kommunala slakthus var på den tiden ovanliga och invigningen var stor och viktig för Malmö. Byggnaden ritades av stadsarkitekt Salomon Sörensen och upptog vid färdigställandet en yta om 11 000 m². För arkitekten var det viktigt att få in lokala associationer vilket kan ses i det röda fasadteglet hämtat från Börringe, gotiska trappstegsgavlar och horisontell dekor i ljus natursten. Hela byggnaden som bestod av tre slakhallar, kylhusanläggningar, transportbanor (eget järnvägsspår), gator och kloaker kostade till slut kommunen 920 450 kronor. Slakthuset hade höga krav på hygien och sålde garanterat bakteriefria köttbitar av olika slag i sin butik på plats. Det var stora kvantiteter som togs om hand. Under rekordåret 1915 slaktades hela 100 000 djur. Verksamheten höll igång till 1969 då slakteriets metoder var omoderna jämfört med många modernare slakthus, varvid verksamheten lades ner. Mellan åren 1969 och 1980 hystes nya och ofta tillfälliga hyresgäster. Genom aktionen "Rädda Slagthuset" som startade under tidigt 80-tal byttes bokstaven k i namnet ut mot det tidigare g och Slagthuset fick sitt nuvarande namn. Intentionerna var att bygga upp ett stort kultur- och nöjescentrum nära havet. Detta genomfördes och slutade med byggkostnader omkring 300-400 miljoner kronor och en invigning 1991. Byggnaden är idag K-märkt (Slagthuset, 2008) vilket innebär att den har ett stort kulturminnesvärde.

2.2 LOKAL- OCH VERKSAMHETSBESKRIVNING

Efter ombyggnaden 1991 omfattar Slagthuset verksamheter teaterföreställningar och konferenser, lunchrestaurang och nattklubb. Kontor med angränsande fönster mot Hantverksgången, som fungerar som en entré, finns dessutom i huset. Slagthuset består av ca 10 000 m² publika utrymmen i markplan, se figur 2.1 och 2.7. Besökare kommer in i byggnaden genom två stora ingångar, antingen från Jörgen Kocksgatan eller från Carlsgratan. Nedan följer en kort beskrivning av de lokaler som finns samt användningsområde.



Figur 2.1: Schematisk skiss av Slagthuset. (Slagthuset, 2008)

2.1.1 Norra hallen

En av Slagthuset's minsta lokaler kallas Norra hallen och ligger i direkt anslutning till Hantverksgången. Ytan är på 340 m² och maximalt antal tillåtna personer i lokalen är 250. Dock anger Slagthuset på sin hemsida (Slagthuset, 2008) att upp till 350 personer kan serveras mat sittande. Takhöjden varierar mellan sex och tio meter. Lokalen har trägolv, tegelväggar och pelare av järn och den fasta inredningen består av en träbar. Lokalen används ofta som festlokal med sittande gäster, krogshower eller som konferenslokal. Det finns tre stycken utrymningsvägar som är placerade med utgångar till Restauranggatan, Bakgården och Hantverksgången. Ingen utrymningsväg leder ut till det fria utan andra lokaler måste passeras. Dessa lokaler tillåter att fler än 150 personer får vistas där vilket ger dem samma karaktär som en samlingslokal. Hela Slagthuset's bottenplan är per definition att betrakta som samlingslokal (Slagthuset, 2008).

2.2.2 Hantverksgången

Vid ingång genom Slagthuset's huvudentré hamnar alla besökare i Hantverksgången, se figur 2.3. Här finns passage ner till parkeringsgarage, garderober, biljettkassa, insläpp till nattklubb och säkerhetskontroll. Utrymning kan ske via entrédörrarna samt genom Bakgården (se figur 2.2) och ut till det fria (Slagthuset, 2008). Fönster under takfot samt över entrén släpper in mycket ljus. Takhöjden uppgår till tolv meter.



Figur 2.2 och 2.3: Bilder från Bakgårdens bar till vänster och Hantverksgången till höger.

2.2.3 Teatern

För större nöjesarrangemang och föredrag nyttjas teatern, som rymmer 968 sittande personer, se figur 2.4. En skiljevägg kan uppföras och på så sätt dela lokalen i två delar som rymmer 610 respektive 200 gäster. Många platser försvinner alltså vid delning till två lokaler. Problem med ljudisoleringen har medfört att de båda delarna av teatern ej kan användas samtidigt för skilda föreställningar. Takhöjden varierar från tolv meter framme vid scenen till fyra meter i teatersalongens bakersta del. Teaterstolarna är stoppade och beklädda med tyg. Tre stycken utrymningsvägar finns i direkt anslutning till varandra i teaterns främre del och leder ut till det fria. Bakre delen av salongen kan utrymmas via två dörrar i salongens högsta del, genom foajén och ut. Utrymning sker också genom teaterns insläpp genom två dörrar, via foajén till det fria. Det finns en möjlighet att utrymma över scenen och ut men dessa vägar saknar dock skyltning. Det finns också en dörr som leder till Restauranggatan men som inte används för insläpp eller utrymning (Slagthuset, 2008).



Figur 2.4: Teatersalongen, sedd från scenen. I bakre delen av salongen syns den vägg som kan avdela salongen i en bakre och en främre del.

2.2.4 Saluhallen

Slagthusetets största lokal kallas Saluhallen och har en golvyta på nästan 1200 m². Lokalen rymmer upp till 1200 sittande mat- och krogshowsgäster och har en takhöjd som varierar mellan sju och tolv meter. Saluhallen har inte sitt ursprung i det gamla Slagthuset utan byggdes i samband med ombyggnationen på 90-talet. Lokalen används idag till modevisningar, krogshower, mässor, nattklubb, konferenser och middagar. Utrymning till det fria kan ske genom tre oberoende utrymningsvägar samt via Hantverksgången, Gallerian och Restauranggatan (Slagthuset, 2008).

2.2.5 Södra hallen

Den hall där djur slaktades förr går idag under benämningen Södra hallen och har en yta på 465 m². Lokalen rymmer 400 sittande och används idag till konferenser, banketter och mässor. Utrymning kan ske direkt till det fria via två oberoende dörrar samt genom Restauranggatan. Takhöjden är sex meter (Slagthuset, 2008).

2.2.6 Gallerian

I anslutning till Saluhallen ligger slakteriets gamla avvalningslokal och idag kallas den för Gallerian, se figur 2.5. Den är 334 m² stor och har plats för 250 sittande. Rummet som kännetecknas av de tegelröda väggarna och det schackmönstrade stengolvet används mest för utställningar, workshops och mässor. Utrymning kan ske via dörrar till Restauranggatan samt två till Saluhallen. Takhöjden är sex meter (Slagthuset, 2008).



Figur 2.5: Gallerian

2.2.7 Runda baren

Denna lokal används främst för nattklubben och hyser en stor bar samt ett antal väggfasta bord och soffor med stoppad klädsel. På gatan utanför Runda baren arrangeras vid behov en rökruta som kontrolleras av vakter. Utrymning kan ske via markerade dörrar direkt till det fria samt via Foajén och Bakgården/Restauranggatan (Slagthuset, 2008)

2.2.8 Bakgården

Denna lokal är en förlängning av Hantverksgången och avskiljs med ett stort tygskynke som täcker hela vägen upp i taket. Här finns en av nattklubbens större barer samt bord och stolar. Denna del gränsar till många av byggnadens andra delar och är i många fall nödvändig att passera för att röra sig inom byggnaden. Utrymning kan ske genom dörr via Runda baren samt två dörrar, genom mindre lokaler ut till det fria. Takhöjden uppgår till tolv meter. (Slagthuset, 2008).

2.2.9 Restauranggatan

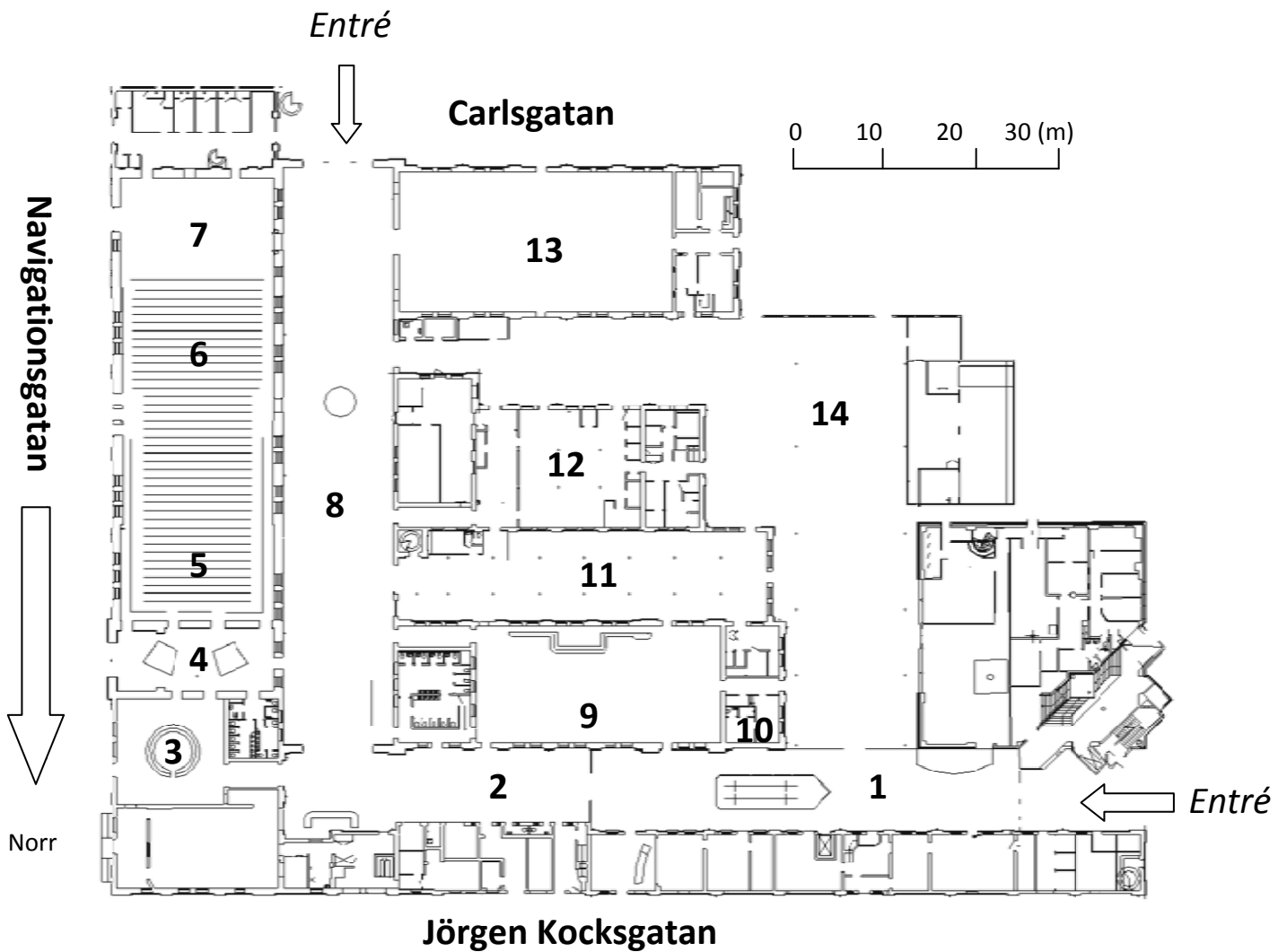
Väggarna i Restauranggatan består av tegel och golvet av betong, takhöjden är tolv meter och golvytan 780 m². Slagthuset lunchrestaurang är belägen här. Ett stort plastträd är placerat i den södra delen av lokalen. Förutom som lunchrestaurang används lokalen för middagar, mingel och events samt som dansgolv. Stora tygskynken används som tillfälliga väggar beroende på hur mycket gäster som tas in i lokalerna. Från Restauranggatan sker utrymning via entrédörrarna till Carlsgatan. Utrymning medges även via Foajé, Runda baren, Bakgården och huvudentrén i Hantverksgången. (Slagthuset, 2008) Figur 2.6 visar Restauranggatan.



Figur 2.6: Vy utvisande Restauranggatan dukad för sittning. (Foto: Slagthuset, 2008)

2.2.10 Nattklubb

I nattklubsverksamheten ingår lokalerna Runda Baren, Hantverksgången, Norra Hallen, Bakgården och viss del av Restauranggatan. Om dessa fem lokaler används tar de maximalt in 1800 personer. De verksamhetsansvariga ser inga begränsningar i övriga lokaler vilket gör att det finns möjlighet att ha nattklubb i hela huset. När nattklubben använder alla tillgängliga ytor för nattklubb tas maximalt in 3500 personer men detta är beroende av vilka övriga verksamheter som pågår samtidigt. (Nilsson, G., 2008)



Figur 2.7: Lokalbenämning av Slagthuset's olika delar.

- | | | | |
|---|---------------------|----|-----------------|
| 1 | Hantverksgången | 8 | Restauranggatan |
| 2 | Bakgården | 9 | Norra Hallen |
| 3 | Runda baren | 10 | Loge |
| 4 | Foajé och trapphus | 11 | Gallerian |
| 5 | Teatersalong bakre | 12 | Storkök |
| 6 | Teatersalong främre | 13 | Södra Hallen |
| 7 | Teaterscen | 14 | Saluhallen |

2.3 BEFINTLIGT BRANDSKYDD

Nedan redovisas det befintliga brandskyddet.

2.3.1 Brandteknisk klass

Då byggnaden har samlingslokaler i markplan klassas den enligt Boverkets byggregler 5:21 som en Br2 byggnad (Regelsamling för byggande, 2006).

2.3.2 Brandcellsindelning

I markplan utgörs byggnaden av tre brandceller. Teatern utgör tillsammans med Foajé och Runda baren en brandcell, och storköket en annan. Övriga lokaler i markplan bildar då den tredje brandcellen. I källarplan är elcentralen under scenen byggd som en egen brandcell.

2.3.3 Ytskikt

Byggnaden är huvudsakligen uppförd i tegel i såväl ytter- som innerväggar. Nästan inga väggar är beklädda med brännbara ytskikt, bortsett från teaterns foajé som är klätt med träpanel. I byggnaden används stora hängande draperier av tyg för att avgränsa större rum samt för att dekorera väggar. Allt tyg som används på detta sätt är flamskyddsbehandlat (Nilsson, G., 2008).

2.3.4 Detektionssystem

I de flesta publika utrymmena i byggnaden finns rök- och värmedetektorer. Det finns ingen sektionering vad gäller detektionssystemet. I fallet då två stycken rökdetektorer aktiveras går larmet direkt till Räddningstjänsten. Rökdetektorerna kan stängas av manuellt av personalen i upp till sex timmar, vilket bokförs i en loggbok (Nilsson, G., 2008). En serviceritning över brandlarmet finns i bilaga C.

2.3.5 Utrymningslarmet

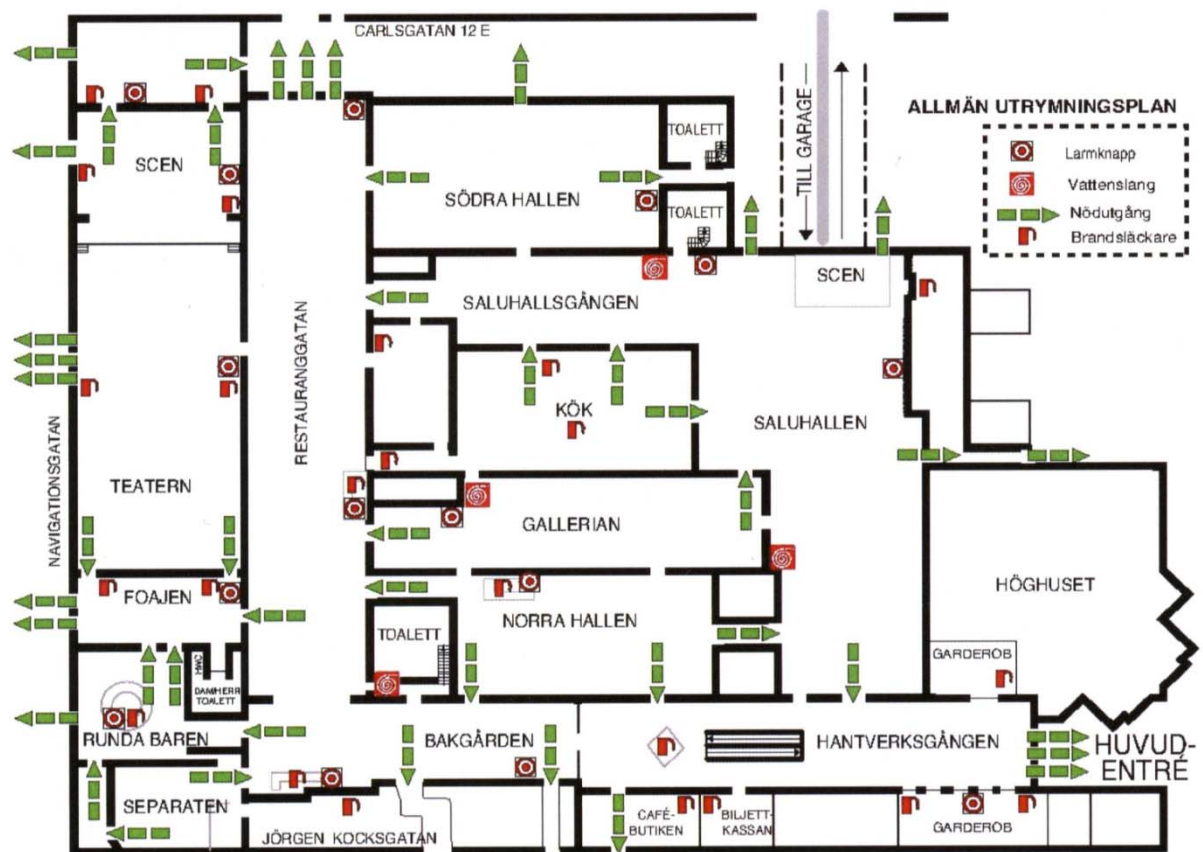
Då larmet utlöses ljuder utrymningssirener i hela byggnaden. Det finns ingen automatik vad gäller avstängning av musik och att tända lampor då larmet ljuder vid till exempel nattklubbsverksamhet (Nilsson, G., 2008).

2.3.6 Utrymningsvägar

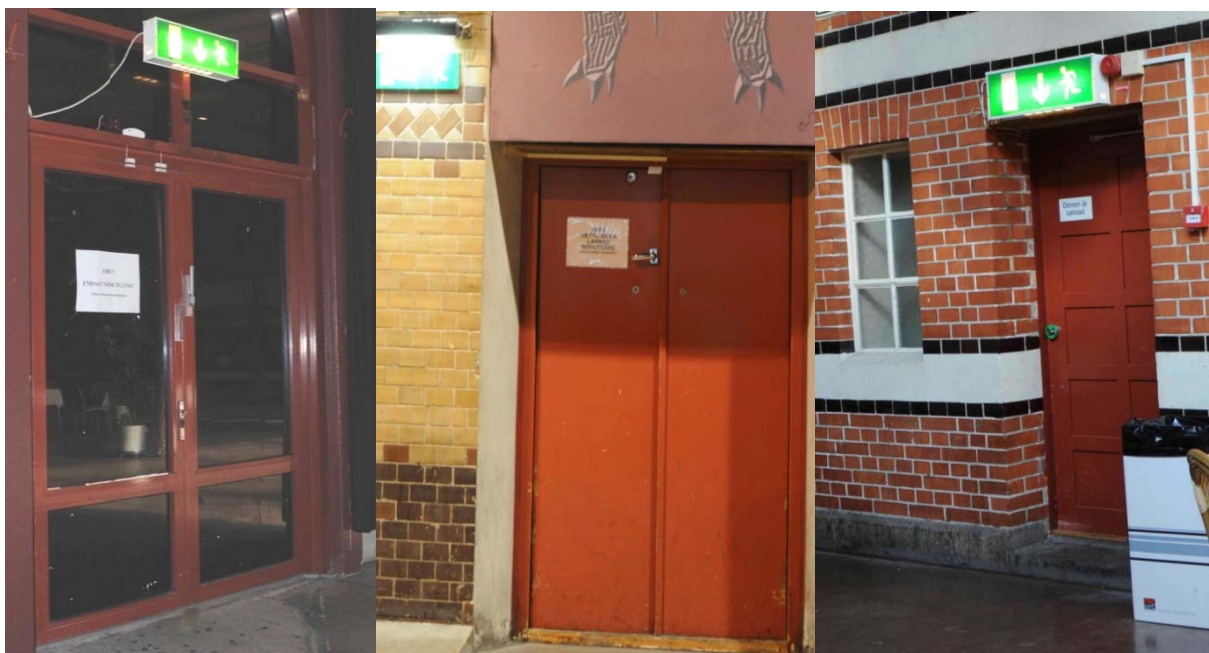
Utrymning från Slagthuset's olika lokaler kan ske genom ett flertal nödutgångar, se figur 2.8. Huvudentrén består av en roterdörr som går att nödöppna när den står i ett visst läge. Vid varje sida av den finns ytterligare utåtgående dörrar. Ett stort dörrparti finns också i slutet av Restauranggatan, ut mot Carlsgatan. Från teatern finns det sju nödutgångar, varav tre stycken leder direkt till det fria. Norra hallen har tre stycken, Saluhallen har tillsammans totalt tre stycken. Utrymning är även möjlig via rulltrappor till källarplan genom garaget. Utrymningsvägarna låses och låses upp manuellt av anställd personal beroende på verksamhet. Sammanställning av total utrymningsbredd ges av tabell 2.1. Mer om utrymningsvägarna kan läsas under lokalbeskrivning i 2.2. (Nilsson, G., 2008)

Lokal	Dörrbredd (m)
Teatersalong	3,6
Restauranggatan	7
Bakgården	2,4
Hantverksgången	3,7
Saluhallen	5,4
Södra hallen	2,4
Runda baren	1,2
Foajé	3,3
Totalt	29

Tabell 2.1: Total dörrbredd för utrymningsvägar som leder direkt ut till det fria.



Figur 2.8: Allmän utrymningsplan som Slagthuset personal använder för planering av verksamhet.



Figur 2.9: Tre exempel på hur olika dörrbeslag används för olika utrymningsvägar. Från vänster: dörr i Saluhallen, Runda baren och Bakgården.

2.3.7 Förregling

Utrymningsdörrarnas beslag är inte enhetliga i byggnaden utan det varierar kraftigt från dörr till dörr. Tre exempel på olika beslag visas i figur 2.9. Utrymningsdörrar som leder ut till det fria är försedda med ett system som visar personalen vilka dörrar som är låsta och olåsta. Dessa dörrar är försedda med lysdioder i ett kryss, som när det är tänt visar att dörren är låst, se figur 2.10. I Slagthuset ingår att personalen inför varje arrangemang ser över utrymningsdörrarna så att rätt dörrar är låsta/olåsta och anpassat efter vilka lokaler som används.



Figur 2.10: Ovanför utrymningsskylten finns ett diodkryss så att personalen kan veta om utrymningsdörren är låst eller olåst. Om dörren är låst lyser krysset med tydlig röd färg.

2.3.8 Sprinklersystem

I stort sett alla lokaler i Slagthuset är försedda med sprinkler. Sprinklersystemet installerades i samband med renoveringen av lokalerna 1991 men inga sprinklerritningar har funnits vid framtagandet av denna rapport. Uppgifter om RTI-värde och aktiveringstemperatur erhöles genom det företag som sköter underhåll och drift av sprinklersystemet. Huvuddelen av alla sprinklers är takmonterade på runt tio meters höjd. Höjd, typ och RTI-värde varierar genom hela byggnaden men samtliga sprinkler har aktiveringstemperatur 68 °C. Teaterns foajé är försedd med väggspinklers.

2.3.9 Organisation och rutiner vid larm

Utrymningslarm startar när två rökdetektorer aktiverar eller då någon trycker på en larmknapp. Då larmet utlöses ljuder sirener i hela byggnaden och dessa ska uppmana till utrymning. Personalen förväntas att ta ett stort ansvar vid utrymning och vid varje fast arbetsplats finns en beskrivning på vad som ska göras vid utrymningslarm. De tre främsta punkterna är att avsluta verksamheten, tända lampor (vid nattklubb) och utrymma lokalen. Vid nattklubb ska ljudansvarig stänga av musiken och sätta på en CD med talat meddelande om att utrymning ska ske. Det finns ingen automatik vad gäller avstängning av musik och tända lampor då larmet ljuder. Garderoben ska stängas, släckas och dess personal ska bistå vid utrymning. Personalen ska använda sig av ett internt kommunikationssystem som även ger information från larmsystemet. Larmade utrymningsdörrar som öppnats är exempel på information som personalen kan få från detta. (Nilsson, G., 2008)

2.3.10 Räddningstjänst

Tiden från det att larmet går till att Räddningstjänsten är på plats uppskattas till tio minuter. Det finns fyra stycken angreppspunkter utspridda runt byggnaden. (Lindmark, 2008)

2.3.11 Släckutrustning

Larmknappar, handbrandsläckare och vattenslangar finns utplacerade i byggnaden enligt ritning i figur 2.8.

2.3.12 SBA – Systematiskt brandskyddsarbete

På Slagthuset finns ingen tydlig ansvarsfördelning mellan ägare och nyttjanderättshavare och det saknas såväl skriftlig brandskyddsorganisation som skriftlig utbildningsplan. Det saknas även dokumenterad rutin för nödläge vid brand. Enligt säkerhetsansvarig hålls det dock en internutbildning varje år för att personalen skall veta vilka rutiner som gäller vid brand.

2.3.13 Genomförd tillsyn

Räddningstjänsten Syd genomförde en tillsyn i juni 2008. Vid besiktningen upptäcktes en rad brister med krav och rekommendationer på åtgärder, framförallt inom ansvarsfördelningen och organisationen. Exempelvis saknades brandskyddsorganisation helt. Tillsynsprotokollet redovisas i bilaga J.

2.3.14 Ventilationssystem

Enligt dokumentation från ombyggnationen från 1990 stängs ventilationssystemet av vid detektion av brand och så har det antagits fungera vid analyserna i denna rapport. På grund av avsaknad av fullständig dokumentation har ingen hänsyn kunnat tas vid beräkningar och simuleringar.

2.3.15 Brandgasventilation

Lokalerna Södra hallen, Norra hallen, Bakgården, Restauranggatan, Hantverksgången, Saluhallen samt Teaterscenen är försedd med luckor för brandgasventilation som kommer öppna då två eller flera detektorer aktiverar. En del av luckorna kan manövreras manuellt från ett personalutrymme i anslutning till köket och används ibland för att vädra ut diskorök. Detta bokförs i en loggbok. Ingen tillgänglig dokumentation finns om brandgasventilationen och dess totala area.

3. ANALYSERANDE DEL

I detta kapitel identifieras och analyseras problem och scenarier.

För att kunna identifiera brandtekniska problem och analysera brandgasspridning och personsäkerheten vid brand har ett antal tänkbara bränder i Slagthuset arbetats fram. Dessa bränder benämns hädanefter som scenarier. Tanken är att scenariot också ska beskriva vilken verksamhet som bedrivs samt hur mycket människor som vistas i lokalen vid det givna tillfället.

I detta kapitel redovisas tänkbara brandscenarier för objektet Slagthuset. De scenarier som bedöms ha stor sannolikhet och konsekvens med avseende på personsäkerheten har valts ut för vidare analys. Hög sannolikhet innebär att scenariot troligen kan komma att uppstå. Hur allvarlig skadan av branden blir med avseende på personsäkerhet beskrivs med ordet konsekvens.

3.1 VAL AV SCENARIO BEDÖMNING AV SÄKERHETSNIVÅN

De scenarier som väljs ut ska ses som representativa för alla övriga brandscenarier som kan uppstå i Slagthuset. Om brandskyddet för dessa scenarier anses vara tillfredsställande, anses också brandskyddet för Slagthuset vara det. Brandsäkerheten värderas enbart utifrån besökarnas möjlighet att utrymma vid händelse av brand i byggnaden.

3.1.1 Parametrar för val av scenarier

Följande parametrar har bedömts samt tagits i beaktning vid val av scenarier för vidare undersökning:

- Möjliga tändkällor
- Trolig tillväxthastighet för branden
- Persontätheten
- Konsekvenser för utrymning
- Spridningsrisk
- Befintligt brandskydd

Vid val av scenarier har det tagits i beaktning att Slagthuset lokaler används för olika sorters verksamheter under alla dygnets timmar. Sannolikhet för olika tändkällor och orsaker till brand har undersökts med hjälp av statistik från Räddningsverket för åren 1996-2007, författarnas observationer vid besök samt Slagthuset säkerhetsansvariges egna bedömningar.

3.2 SCENARIER

Målet är att alla scenarier som presenteras nedan tillsammans ska vara representativa för all typ av verksamhet som bedrivs på Slagthuset. Scenarierna är framtagna efter ett besök i byggnaden och grundar sig på genomförda observationer, diskussion med handledare från räddningstjänsten samt redogörelser från Slagthuset's personal.

3.2.1 Saluhallen

Denna lokal används bland annat till företagsmässor och vid denna typ av arrangemang finns det mycket brännbart material såsom pappersskärmar, bord, stolar och dukar i lokalen. Saluhallsgången är ett stort utrymme med högt till tak, vilket kan medföra en lång tid till aktivering av sprinklersystemet. En tänkbar tändkälla är ett stearinljus eller elfel. Scenariot täcker Slagthuset's dagtidsverksamhet med avseende på mässor. I figur 3.1 visas en bild över Saluhallen dukat för sittning.



Figur 3.1: Saluhallen dukat för sittning, som är en viktig verksamhet. (Foto: Slagthuset, 2008)

3.2.2 Förråd i Saluhallen

I den sydvästra delen av Saluhallen finns ett förråd med fönster mot gatan, se figur 3.2-3. En möjlig antändningskälla är att det vid ett attentat krossas ett fönster och brinnande vätska kastas in. Branden skulle då få en snabb spridning i förrådet eftersom det förvaras mycket hopfällda bord och stolar här. Taket är träreglat, vilket kan bidra till brandspridning, och försett med sprinkler. Scenariot avser att täcka en brand till följd av ett attentat mot Slagthuset's nattklubsverksamhet.



Figur 3.2 och 3.3: Förråd i sydvästra delen av Saluhallen.

3.2.3 Teatern

Under scenen i teaterns främsta del finns ett orkesterdike. Rummet är möblerat med stolar för 20 personer samt innehåller instrument och förstärkare och används av musiker under föreställningar. Utrymmet är inte publikt och för att få tillträde till detta utrymme måste man passera låsta och larmade dörrar (Nilsson, G. 2008). En lucka i golvet leder upp till scenen. Utrymmet saknar både sprinkler och detektorer. Av utrymnings-skäl bedriver Slagthuset inte verksamhet under scenen, annat än för orkester. En brand i detta utrymme bedöms snabbt kunna sprida sig till scenens dekor. Scenariot avser att täcka en brand vid Slagthusets teaterverksamhet, både dag och kväll. En möjlig tändkälla skulle kunna vara ett elfel.

3.2.4 Loge vid Norra Hallen

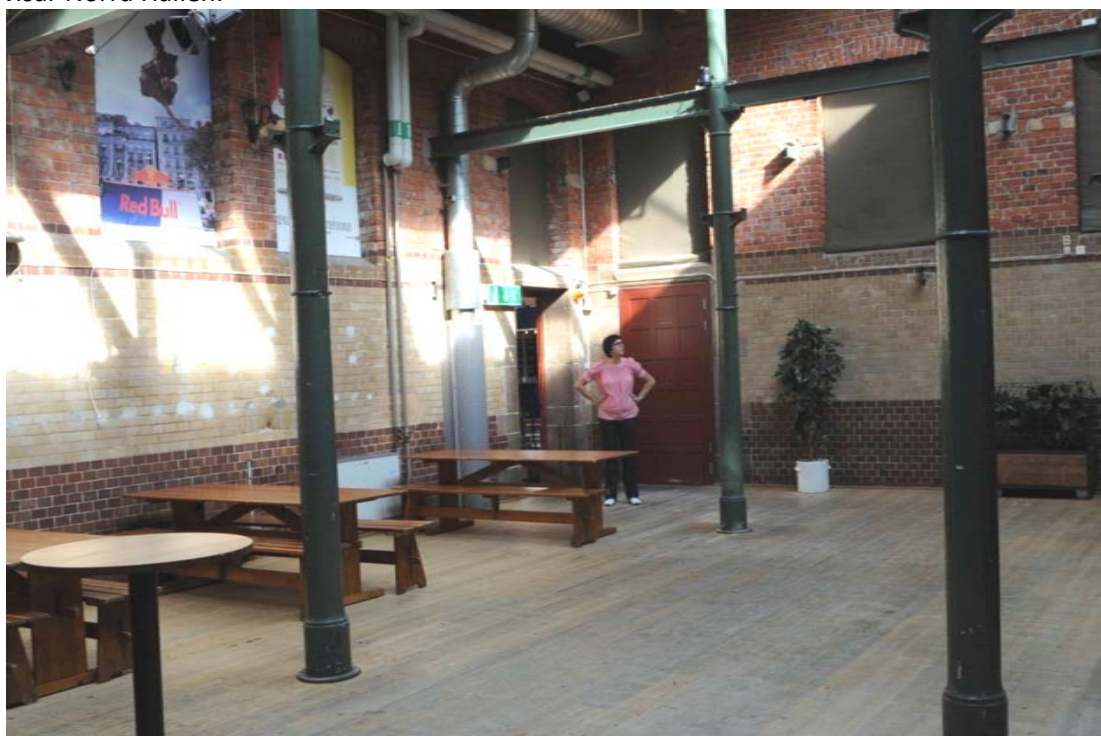
Mitt emellan Norra hallen och Saluhallen finns en loge som rymmer bland annat ett pentry, sminkbord, stolar och bord samt hygienutrymmen, se figur 3.4. Utrymmet saknar fönster och har två täta och ljudisolerade dörrar mot Norra hallen och Saluhallen. I utrymmet, som hyser mycket brännbart material, vistas personal endast under kortare stunder och eftersom utrymmet saknar rökdetektorer är det troligt att en detektion av branden fördröjs. Scenariot avser att täcka Slagthusets dagtidsverksamhet med avseende på matgäster och mässverksamhet. En brand i logen skulle kunna starta på grund av en torrkokande kaffebyggare.



Figur 3.4: Logeutrymme mellan Norra hallen och Saluhallen.

3.2.5 Norra hallen

Vid uppdukad sittning med krogshow i Norra hallen finns bord och stolar för 350 personer uppställda, vilket innebär mycket brännbart material. Branden antas starta i en duk med ett stearinljus som antändningskälla och bedöms kunna tillväxa snabbt om inte en släckinsats påbörjas tidigt. Scenariot avser att täcka Slagthuset's kvällsverksamhet med avseende på matgäster och krogshow. Figur 3.5 visar Norra Hallen.



Figur 3.5: Norra hallen, utrymningsväg mot Bakgården.

3.2.6 Blomkruka

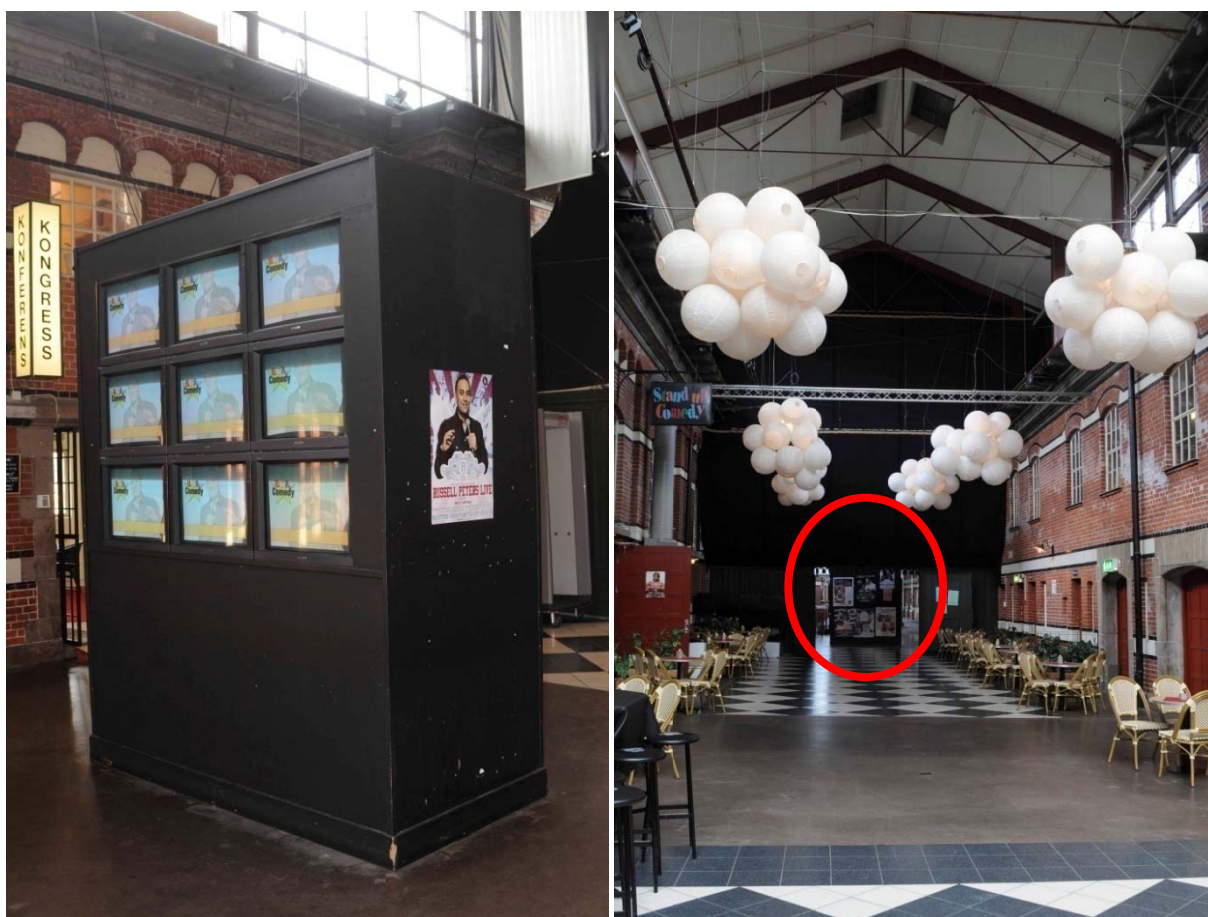
Slagthuset's personal vittnar om problem med att besökare ofta håller ut drinkar i de krukor och lådor med konstgjorda växter som finns utplacerade i lokalerna, se figur 3.6. Det har vid upprepade tillfällen hänt att även cigarettfimpar slängts här, varpå alkoholen antänts. Branden som uppstår kan då spridas vidare till möbler och omgivande material (Nilsson, G., 2008). Scenariot avser att täcka en brand vid Slagthuset's nattklubsverksamhet.



Figur 3.6: Exempel på konstgjord växt i kruka, här i Gallerian.

3.2.7 Hantverksgången

Mitt i Hantverksgången finns nio stycken tv-apparater staplade på lastpallar, med en total höjd av cirka tre meter, se figur 3.7-8. Tv-apparaterna och lastpallarna är klädda med väggar av plywood utan tak. Bakom tv-apparaterna är det dammigt och oordning på kablar och kontakter medför risk för eventuella elfel, se figur 3.9. Även anlagd brand antas som trolig tändkälla. I lokalens tak finns både sprinkler och rökdetektorer. Scenariot avser att täcka en brand till följd av ett attentat mot Slagthuset's nattklubsverksamhet.



Figur 3.7 och 3.8: TV-apparater för scenariot brand i Hantverksgången, sett från Hantverksgången respektive Bakgården (tv-apparaterna markerade med ring).



Figur 3.9: Bild utvisande insidan av tv-stapeln i Hantverksgången.

3.3 VAL AV SCENARIER

3.3.1 Saluhallen

Sannolikheten för detta scenario antas vara medelhög. Scenariot bedöms troligt och utan snabb släckinsats är det sannolikt att en brand här snabbt sprider sig till exempelvis mässutrustning. Scenariot utspelar sig dagtid i en stor lokal med mycket människor. Branden kommer troligtvis att detekteras innan den hunnit tillväxa och bli svår att hantera. Detta scenario bedöms ha låg konsekvens.

3.3.2 Förråd i Saluhallen

En brand i detta utrymme antas ha låg sannolikhet och medelhög konsekvens. En brand här får troligtvis begränsad spridning då inget annat brännbart förvaras direkt i anslutning till förrådet. Rummet är försett med sprinklers som kommer att dämpa brandens effekt, förutsatt att inte borden staplas så högt att de påverkar sprinklernas verkan. Slagthuset har tidigare varit utsatt för attentat och det har då varit riktat direkt mot nattklubsverksamheten. Ett attentat mot förrådet bedöms ha lägre sannolikhet än attentat mot nattklubbens entré.

3.3.3 Teater

En brand i teatern bedöms ha medelhög sannolikhet och hög konsekvens. Utrymmet består av mycket lättantändligt material och då spridning till scenens dekor sker bedöms branden få en snabb effektutveckling. En brand i teatern kommer påverka nästan 1000 personer och kan, om den inte kontrolleras snabbt, ge stora problem. För detta scenario är dessutom rökdetektorerna avstängda på grund av användandet av teaterrök, vilket försenar en detektion av branden.

3.3.4 Loge vid Norra hallen

En brand i logen bedöms ha medelhög sannolikhet och konsekvens. Då utrymmet inte används hela tiden av personalen är det sannolikt att en brand här upptäcks sent i tillväxtförloppet. I utrymmet finns mycket brännbart material. Det är försett med sprinkler men saknar detektorer.

3.3.5 Norra hallen

Detta scenario liknar scenariot för brand i Saluhallen men i en annan lokal. Scenariot bedöms ha medelhög sannolikhet med låg konsekvens. Branden kommer troligtvis kunna detekteras och bekämpas tidigt.

3.3.6 Blomkruka

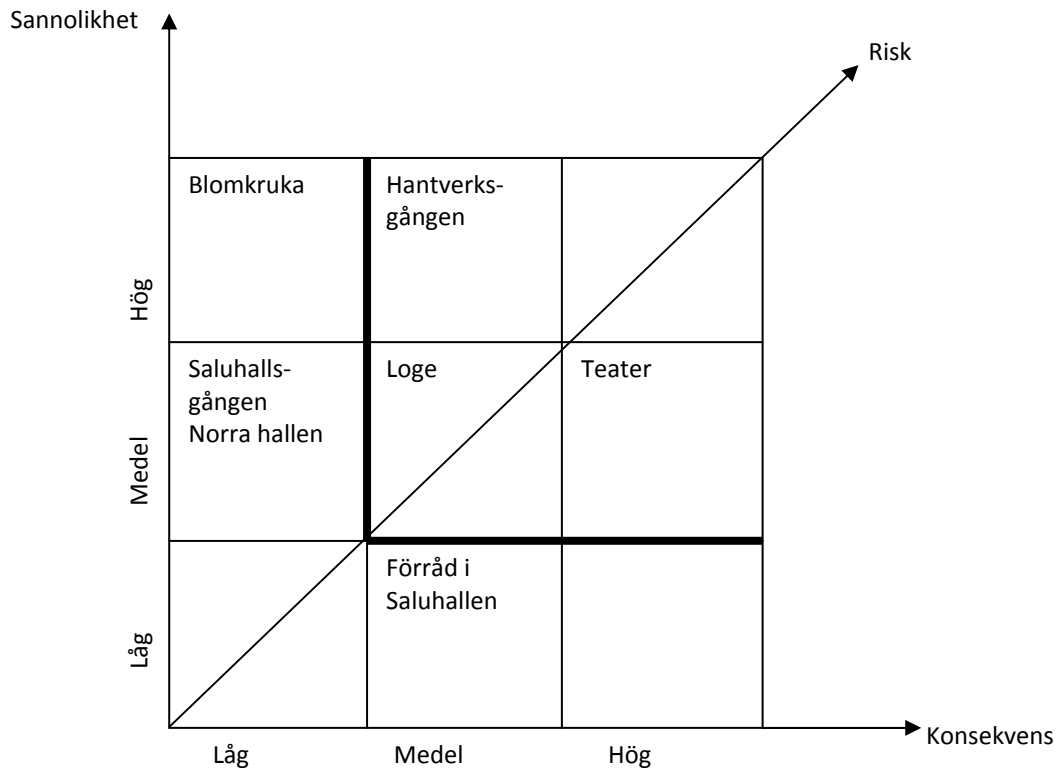
En brand i en blomkruka upptäcks och släcks troligtvis snabbt och enkelt. Detta scenario har inträffat enligt personal på Slagthuset men har aldrig vållat några större problem. Alltså antas scenariot ha hög sannolikhet men låg konsekvens (Nilsson, G., 2008).

3.3.7 Hantverksgången

Slagthuset har vid flera tillfällen varit utsatt för attacker med tårgas, rökgranater och bomber (Nilsson, G., 2008). Att en brandbomb kastas mot tv-apparaterna i Hantverksgången anses som en tänkbar tändkälla. Scenariot tros ha hög sannolikhet och medelhög konsekvens. En brand i detta utrymme kommer delvis blockera en av de viktigaste utrymningsvägarna samtidigt som en hög effektutveckling är sannolik. Till följd av att lokalen har så högt i tak är det troligt att sprinklersystemet kommer aktivera sent.

3.4 RISKMATRIS

För att få en bättre översikt över framtagna scenarier och kunna jämföra dem med varandra har de åskådliggjorts i en matris, se figur 3.10. För varje scenario har sannolikhet och konsekvens uppskattats i 3.3, för att sedan placeras i matrisen nedan. Observera att bedömningen endast är en intern jämförelse mellan de olika scenarierna.



Figur 3.10 : Riskmatris för val av scenario. De scenarier som finns över och till höger om det grövre strecket i figuren har med hänsyn till sannolikhet och konsekvens valts ut för vidare analys.

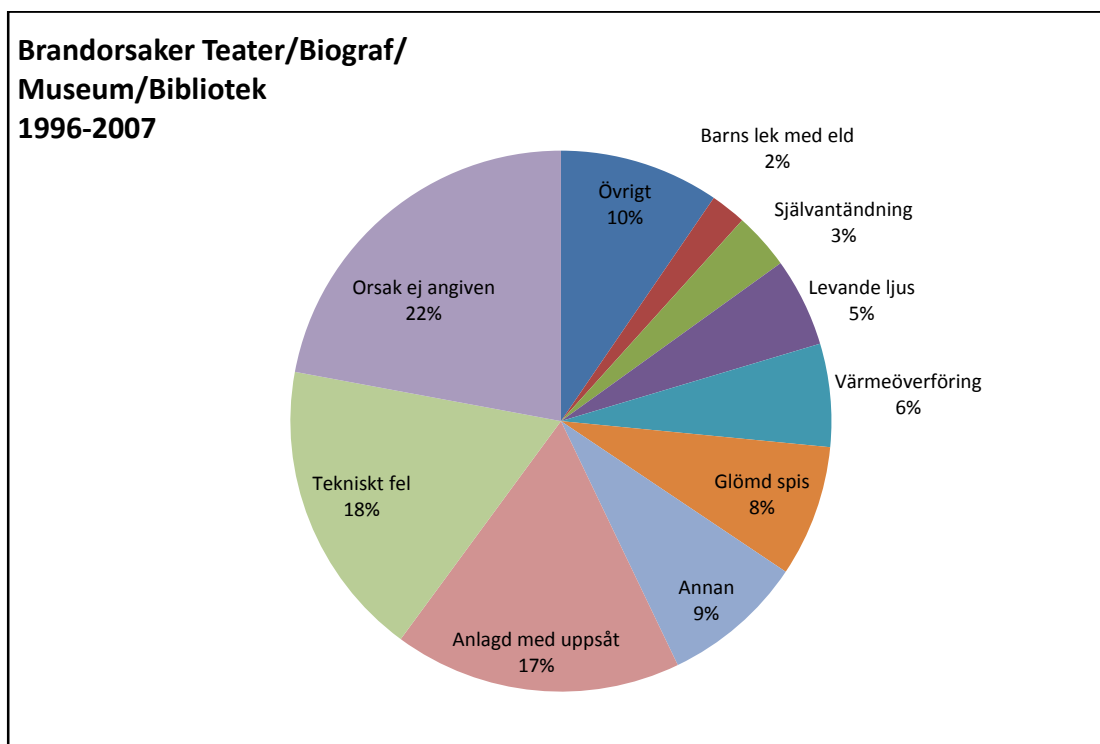
De scenarier som bedöms ha störst risk och som kommer analyseras vidare är brand i loge, Hantverksgången och teatern. Dessa valda scenarier representerar verksamhet som bedrivs på Slagthuset under dygnets alla timmar.

3.5 VALDA SCENARIER FÖR DJUPARE ANALYS

Nedan redovisas de scenarier som valts efter ovanstående analys.

3.5.1 Brand i teatern

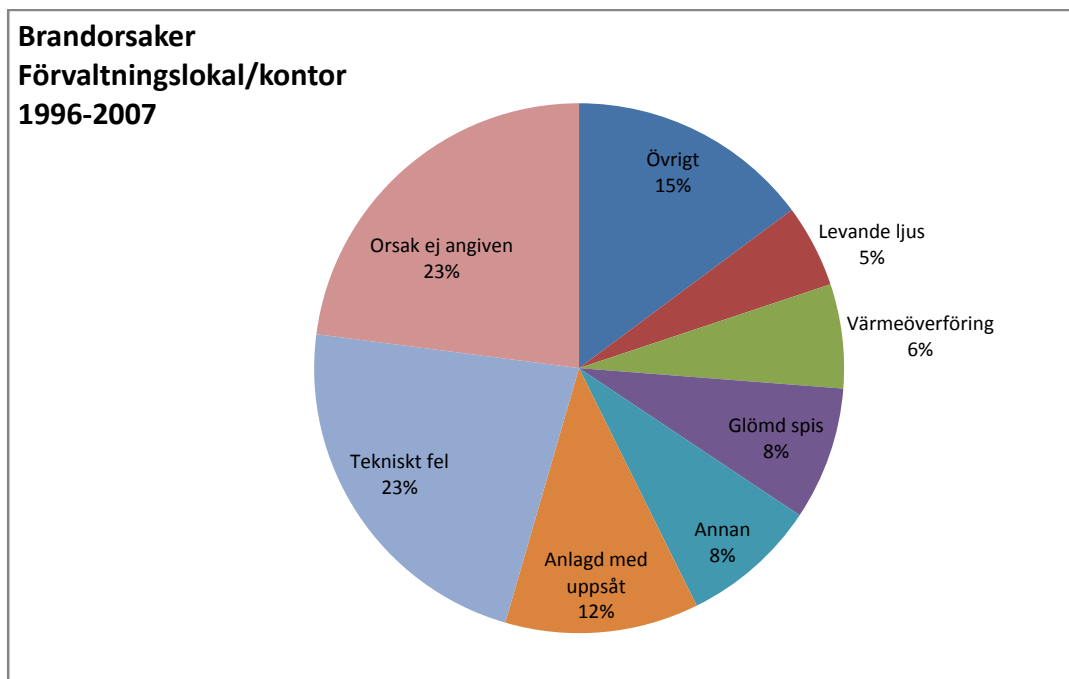
I detta scenario antas rökdetektorerna ovanför scenen vara frånkopplade i och med användandet av teaterök. Hela teatern förutom orkesterdiket är försedd med sprinkler och trolig tändkälla är elfel i orkesterdiket. Tändkällan antänder en stapel stolar i utrymmet under scenen och sprider sig snabbt till övriga möbler och upp på scenen till dekoren. Vid tillfället för branden pågår en föreställning i teatern och salongen är fullsatt med 968 personer. Detta scenario har valts för att representera en utrymning av teatern, vilket är en viktig verksamhet för objektet. Cirkeldiagrammet i figur 3.11 visar att tekniskt fel står för 18 % av brandorsakerna i teater, biograf, museum och bibliotek enligt statistik från Räddningsverket (IDA, 2008).



Figur 3.11: Brandorsak Teater/ Biograf/Museum/Bibliotek (IDA, 2008).

3.5.2 Brand i loge

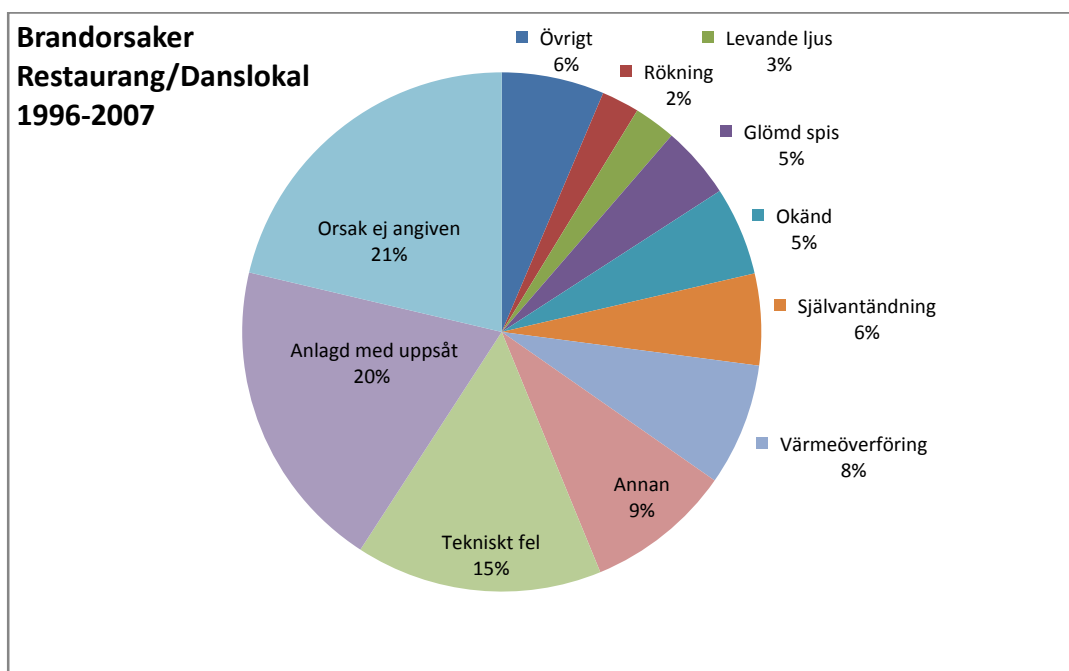
I scenariot har det antagits att sprinklerna i lokalen är satta ur funktion. En trolig tändkälla är torrkokning i pentryt eller tekniskt fel i kaffekokaren, se figur 3.12. Branden sprider sig till kökets väggfasta skåp, som är byggda av plastlaminerade träfiberskivor. Vid tillfället för branden pågår en större lunchsittning med 350 sittande gäster i Norra hallen. Parallellt pågår en företagsmessa i Saluhallen och i Restauranggatan serveras mat för lunchgäster. Totalt finns 2000 personer i lokalerna. Detta scenario har valts för att utreda brandsäkerheten vid dagtidsverksamheten samt testa byggnadens känslighet för fel i sprinklersystemet. Cirkeldiagrammet i figur 3.12 visar att tekniskt fel står för 23 % av brandorsakerna vid förvaltningslokal och kontor enligt statistik från Räddningsverket (IDA, 2008).



Figur 3.12: Brandorsak Förvaltningslokal/kontor (IDA, 2008).

3.5.3 Brand i Hantverksgången

Branden kommer troligtvis att detekteras tidigt men tillväxthastigheten bedöms som alltför hög för släckning med handbrandsläckare. Vid tillfället då tv-apparaterna börjar brinna är nattklubben i full drift och antalet nattklubbsgäster uppgår till 1800 personer, fördelade på fyra barer och två dansgolv. Hög musik, discorök och berusade människor kommer att påverka utrymningsförloppet. Vid användandet av discorök är fränkoppling av rökdetektorer ett standardförfarande på Slagthuset. Trolig tändkälla är såväl anlagd brand samt elfel. Nattklubsverksamheten är hårt ansatt och ansvariga på Slagthuset ser själva anlagd brand som den troligaste brandorsaken (Nilsson, G., 2008). Attacker har tidigare förekommit med bland annat tårgasgranater och sprängladdningar. Detta scenario är intressant då en brand här till stor del blockerar den största och naturligaste utrymningsvägen. Statistiskt sett står anlagd brand i danslokaler för 20 % av alla bränder och tekniskt fel för 15 % enligt statistik från Räddningsverket, se figur 3.13 (IDA, 2008).



Figur 3.13: Brandorsak Restaurang/Danslokal (IDA, 2008).

4 ANVÄNDA SIMULERINGSPROGRAM OCH MODELLER

I detta kapitel redovisas modeller för brandgasspridning, effektutveckling samt de datorprogram som använts för att ta fram resultat för denna rapport.

4.1 TVÅZONSMODELLEN

En modell för att beskriva ett brandrum är den så kallade tvåzonsmodellen (Karlsson, 2000). Modellen är en grov förenkling och är baserad på en rad antaganden, bland annat:

- Brandrummet delas in i två volymer; en övre zon med heta brandgaser och en undre zon som antas bestå av kall frisk luft. Ingen blandning sker mellan de båda lagren utan det blir en tydlig skiktning.
- Brandgaserna i den varma zonen antas ha samma temperatur genom hela den heta zonen och är jämnt fördelade under taket.
- Branden antas bara vara en källa till energi, ingen hänsyn tas till dess karaktär.

Antagandet om en homogen temperatur i den heta zonen blir mindre bra vid liten brand i stort rum. Brandgaserna kyls då ner och kommer inte att hålla samma temperatur i hela brandgaslagret. Detta gör att modellen har svårt att hantera stora byggnader med högt i tak och komplex geometri, där transporttid och temperatur är viktiga faktorer för brandgasspridning. Tvåzonsmodellen anses endast vara giltig inom vissa intervall på grund av geometrins begränsningar (Karlsson, 2000), (ISO/WD 13390).

4.2 EFFEKTBERÄKNINGSFORMLER

För beräkning av effekt och för framtagning av effektutvecklingskurvor används:

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

$$\alpha \quad \text{Tillväxthastighet [kW/s}^2\text{]}$$

$$t \quad \text{Tid [s]}$$

Detta är en av många metoder för att beskriva effektutvecklingen i brandens tillväxtfas. Den togs ursprungligen fram som en metod för att beräkna tiden till sprinkleraktivering, men har i försök visat sig stämma väl överens med tillväxten för verkliga bränder. Tillväxthastigheten beskrivs ofta med standardiserade värden; *slow* ($\alpha=0,003 \text{ kW/s}^2$), *medium* ($\alpha=0,012 \text{ kW/s}^2$), *fast* ($\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$) och *ultra fast* ($\alpha=0,19 \text{ kW/s}^2$) (Karlsson, 2000). Metoden används ofta inom den etablerade litteraturen, är välstuderad och lätt att tillämpa.

4.3 PLYMMODELLER

Vid en brand värms luft och förbränningsprodukter upp. Dessa heta gaser har lägre densitet än den omgivande luften, varpå den får lyftkraft och bildar en brandplym. För att beskriva gasernas hastighet och massflöde i brandplymen finns plymmodeller. Nedan redovisas två modeller och deras giltigheter som använts i rapporten.

- *McCaffreys plymmodell* är främst giltig för bränder med låg effektutveckling i förhållande till rummets volym. Plymmodellen antar branden som en punktkälla och bortser då ifrån brandens area. Då brandgaserna stiger minskar gasernas temperatur (Karlsson, 2000).

- *Heskestads plymmodell* tar hänsyn till brandens diameter. Plymmodellen antar att gasernas densitet inte är konstant, temperaturen varierar beroende på var i flammen mätning sker. Modellen är giltig nära bränslet och vid höga effektutvecklingar i förhållande till rummets volym (Karlsson, 2000).

4.4 DEFINITION AV UTRYMNINGSTID

För att kunna säkerställa utrymning måste utrymningstiden understiga tiden till kritiska förhållanden (Regelsamling för byggande, 2006). Utrymningen kan delas in i tre faser:

- Tid för varseblivning (detektion)
- Besluts- och reaktionstid (reaktion)
- Tid för förflyttning (transport)

Samtliga faktorer varierar kraftigt beroende på en mängd andra faktorer:

- Typ av lokal
- Verksamhet
- Känd eller okänd byggnad för besökare
- Närvaro av myndighetspersoner som tar ansvar för att utrymning sker
- Typ av brandlarm
- Branden är synlig eller dold
- Psykologiska faktorer (som gruppåverkan)

Nödvändig tid för utrymning ges av uttrycket:

$$t_{utrymning} = t_{detektion} + t_{reaktion} + t_{transport}$$

För att säker utrymning ska kunna ske måste följande villkor uppfyllas:

$$t_{utrymning} < t_{kritiska\ förhållanden} \quad (\text{Regelsamling för byggande, 2006})$$

4.5 DEFINITION AV KRITISKA FÖRHÅLLANDEN

Begreppet kritiska förhållanden används för att kunna göra en bedömning av hur säker en byggnad är med avseende på personsäkerhet vid brand. I Boverkets byggregler, BBR 5:361, definieras kritiska förhållanden med avseende på:

- Sikt
- Brandgaslagrets höjd
- Temperatur
- Strålning
- Toxicitet

Kriteriet om sikt anses vara uppfyllt om minsta siktsträcka är tio meter. Emellertid har då kravet på brandgaslagrets höjd passerats, som bör eftersträvas att hållas över huvudhöjd. Detta kan accepteras förutsatt att brandgasernas temperatur understiger 80°C samt att kravet på toxicitet uppfylls (Regelsamling för byggande, 2006).

Sikt

Begreppet optisk densitet, D_E bestäms genom att mäta dämpningen av en ljusstråle genom brandgaser. Sikten i brandgaserna är beroende av den optiska densiteten och det brinnande ämnets rökpotential, D_0 .

Optisk densitet per meter ges av	$D_L = -\frac{1}{L} \cdot \ln \frac{I}{I_0}$	$[m^{-1}]$
Ett ämnes rökpotential ges av	$D_0 = D_L \cdot \frac{V}{m}$	$[m^2/g = \text{obscura}]$
Sikten beräknas approximativt enligt	$sikt = \frac{\ln 10}{D_L}$	$[m]$

Kravet på sikt anses vara uppfyllt om minsta siktsträcka uppgår till tio meter, vilket uttryckt i termer om rökpotential motsvarar $1 \text{ m}^2/g$, tillika en obscura (Nilsson, D., 2007).

Brandgaslagrets höjd

Nivån på brandgaslagret får inte understiga $H_{krit} = 1,6 + 0,1 \cdot H$ [m] (med H lokalens takhöjd) för att undvika kritiska förhållanden (Regelsamling för byggande, 2006).

Temperatur

Kritiska förhållanden anses uppstå då temperaturen överstiger 80°C (Regelsamling för byggande, 2006).

Strålning

Kritiska förhållanden med avseende på strålning råder vid $2,5 \text{ kW/m}^2$ och däröver (Regelsamling för byggande, 2006).

Toxicitet

I denna rapport tas ingen hänsyn till toxiciteten. Det antas att kritiska förhållanden för toxiciteten infaller samtidigt eller senare än kritiska förhållanden för sikten.

4.6 CFAST

Programmet CFAST (Consolidated Fire and Smoke Transport model) används för att räkna på brandgaser, effektutveckling och temperaturer i en brinnande byggnad. CFAST genomför beräkningar baserat på teorier kring tvåzonsmodellen. Byggnadens geometri och ingående komponenter anges i ett koordinatsystem. En ritningsfunktion möjliggör att byggnaden kan studeras i en enkel 3D-modell och brandgasspridningen kan följas i realtid. Programmet använder sig av McCaffreys plymmodell för beräkning av massflöden, därför måste dennas svagheter beaktas när resultatet diskuteras. Efter simulering tabelleras samtliga värden och kan exporteras till lämpligt kalkylprogram. CFAST tar inte hänsyn till brandgasernas transporttid vilket medför att brandgaslagret enligt programmet sprider ut sig momentant då branden startar. Rum med avlång geometri, till exempel korridorer, bör därför delas upp i flera rum för att på så sätt skapa fördröjning. CFAST är framtaget av National Institute of Standards and Technology (NIST) i USA (NIST, 2008).

Fördelar med CFAST:

- Tydlig ritning över definierade rum, gäller speciellt för byggnad med flera rum.
- Möjlighet att välja utdata och skapa egna diagram.
- Programmet gör inga egna värderingar av simulerat resultat. Alla tolkningar lämnas åt användaren.

Nackdelar med CFAST:

- Tar ej hänsyn till brandgasernas transporttid.
- McCaffreys plymmodell används i alla scenarier, oavsett effektutveckling.

4.7 ARGOS

Argos är ett datorprogram som simulerar olika brandförlopp och brandgasspridning i en begränsad volym med enkla geometrier. Argos genomför beräkningar baserat på teorier kring tvåzonsmodellen. Den nyaste versionen av Argos möjliggör ett val av antingen Heskestads och McCaffreys plymmodell vid massflödesberäkningar. Programmet beräknar värden på temperaturer i brandgaslager och i rum, effektutveckling, gaskoncentrationer, sikt och brandgaslagrets höjd. Argos lämpar sig bäst att använda för upp till tio rum i samma simulering. Maximal rumsarea är 750 m². Längd och breddförhållandet får ej överstiga 1:5 för att få ett giltigt resultat. Programmet ger utdata direkt i form av diagram för olika mätningar som funktion av tiden. Argos tar hänsyn till brandgasernas transporttid. Programmet är framtaget av Danish Institute of Fire and Security Technology (DBI, 2008).

Fördelar med Argos:

- Tar hänsyn till brandgasernas transporttid
- Diagram över förloppet direkt
- Val av plymmodell
- Kritiska förhållanden presenteras direkt utifrån givna kriterier.

Nackdelar med Argos:

- Svåröverskådligt då byggnadens geometri ej går att synliggöra grafiskt.

4.8 VAL AV SIMULERINGSPROGRAM FÖR BRANDGASSPRIDNING

För att minska osäkerhetsfaktorerna och stärka resultat och slutsatser har samtliga bränder och scenarier simulerats i både CFAST och Argos. Simuleringarna har gjorts parallellt och byggnaden har förenklats utifrån de enskilda programmets förutsättningar att hantera geometrin. Först när simuleringarna var väl genomarbetade av olika personer i projektgruppen har resultaten jämförts. Slagthu-

set är en byggnad med komplex geometri vars rumsproportioner i många fall överskrider tvåzonsmodellens giltighet. Resultaten från simuleringarna har analyserats för respektive fall där modellens svaghet kvalitativt har beaktats.

4.9 SIMULEX

Programmet Simulex är ett hjälpmedel för att undersöka utrymningstiden för människor i en byggnad. I Simulex matas digitala ritningar in, vilket möjliggör simulering av utrymning med korrekta avstånd och dimensioner för byggnaden. Programmet beräknar ungefärliga förflyttningstider efter att värden på besluts- och reaktionstiderna angivits. Simulex är bra då det ger en uppfattning om kritiska passager samt var köbildningar kan uppstå. I programmet kan grupper med speciella egenskaper anges, då till exempel barn och äldre har en lägre gånghastighet. Simulex är framtaget av Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering i Lund, det skotska företaget IES i Glasgow samt University of Edinburgh (IES, 2008).

4.10 UTRYMNINGSSITUATIONEN

Då utrymningssimuleringar gjorts i Simulex har detektions-, besluts- och reaktionstid bortsetts ifrån och alla personer har antagits ha samma fördelning för maximal gånghastighet. Dessa val har gjorts för att få en bild av hur lång förflyttningstiden kan bli. Detektions-, besluts- och reaktionstiden har inte simulerats men har för varje scenario fastställts och vid analys lagts samman med förflyttningstiden för att få total utrymningstid. För Slagthuset är det rimligt att vid ett verkligt scenario anta stor spridning i såväl gånghastighet som besluts- och reaktionstid. De stora lokalerna medger även stor skillnad i upplevt hot beroende på avstånd till branden. Denna ovilja att utrymma under nattklubbsbesök bekräftas av Slagthuset's personal som vittnar om fortsatta beställningar i baren trots attentat med både tårgas och rökgranater. Av detta kan slutsatsen dras att det krävs god kännedom om lokalens verksamhet och gästernas beteende för att utrymningssimuleringar ska ge ett bra resultat (Nilsson, G., 2008; Frantzich, 2001).

4.11 DETACT-T2

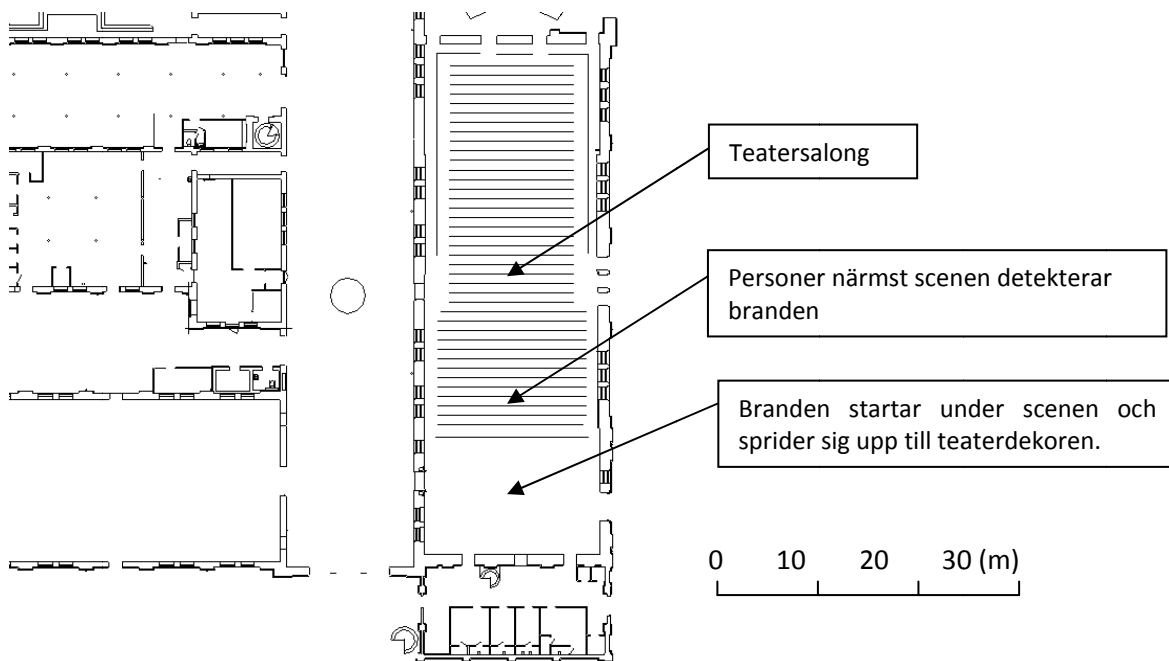
För att beräkna tid till sprinkler- och detektoraktivering har NIST utvecklat Detact-T2 (NIST, 2008). Programmet antar att känselelementet respektive sprinklerbulben är placerat i ett relativt stort rum och att det enbart är genom brandgaserna som uppvärmning sker. Beräkningarna förutsätter att branden antas tillväxa enligt en $\alpha \cdot t^2$ -kurva. För att få fram tid till aktivering matas data in för:

- Rumstemperatur
- RTI (Response Time Index)
- Aktiveringstemperatur/temperaturstegring
- Takhöjd
- Avstånd mellan känselelement/sprinkler

När ovanstående data anges ges svar om tid till sprinkleraktivering samt brandens effekt vid given tid (Nilsson, D., 2007).

5 ANALYS AV SCENARIO - BRAND I TEATERN

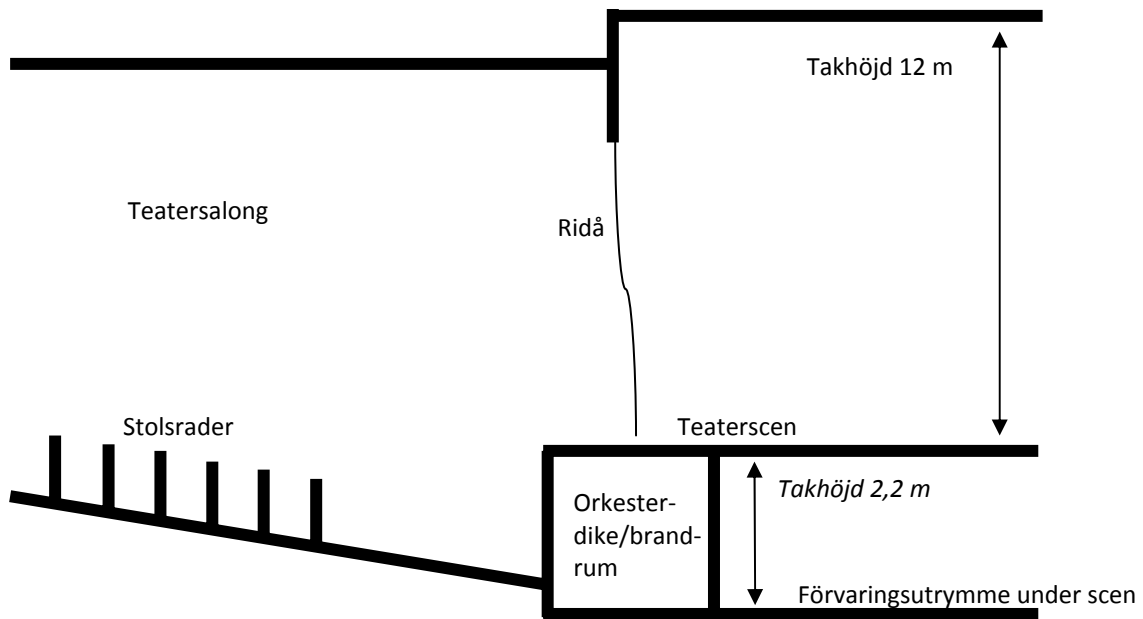
En brand i teatern har bedömts som trolig med hög konsekvens. Nedan redovisas vidare simulering, resultat och analys i händelse av brand. Tiderna anges avrundat i minuter. För mer exakta resultat hänvisas till bilagor. Branden startar i ett utrymme under scenen men sprider sig upp till dekoren. Teatersalongen är fullsatt och nästan 1000 personer befinner sig i teaterlokalen. Vid tillfället för branden är rökdetektorerna avstängda på grund av användandet av teaterdramatik. Branden detekteras av besökande gäster då brandspridning sker upp till scenen. En överblick över scenariot åskådliggörs i figur 5.1. Tvåzonsmodellens giltighet för detta scenario redovisas i bilaga K (ISO/WD, 1995). En brand som startar i orkesterdiket under scenen bedöms både ha större sannolikhet och konsekvens än en brand som startar på scenen. Detta beror på att det finns flera troliga antändningskällor under scenen samt att en brand här är mycket svårare att detektera.



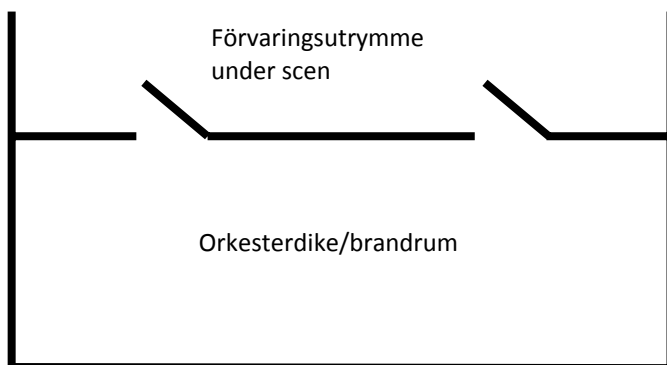
Figur 5.1: Schematisk ritning över scenario brand i teater.

5.1 EFFEKTUTVECKLING

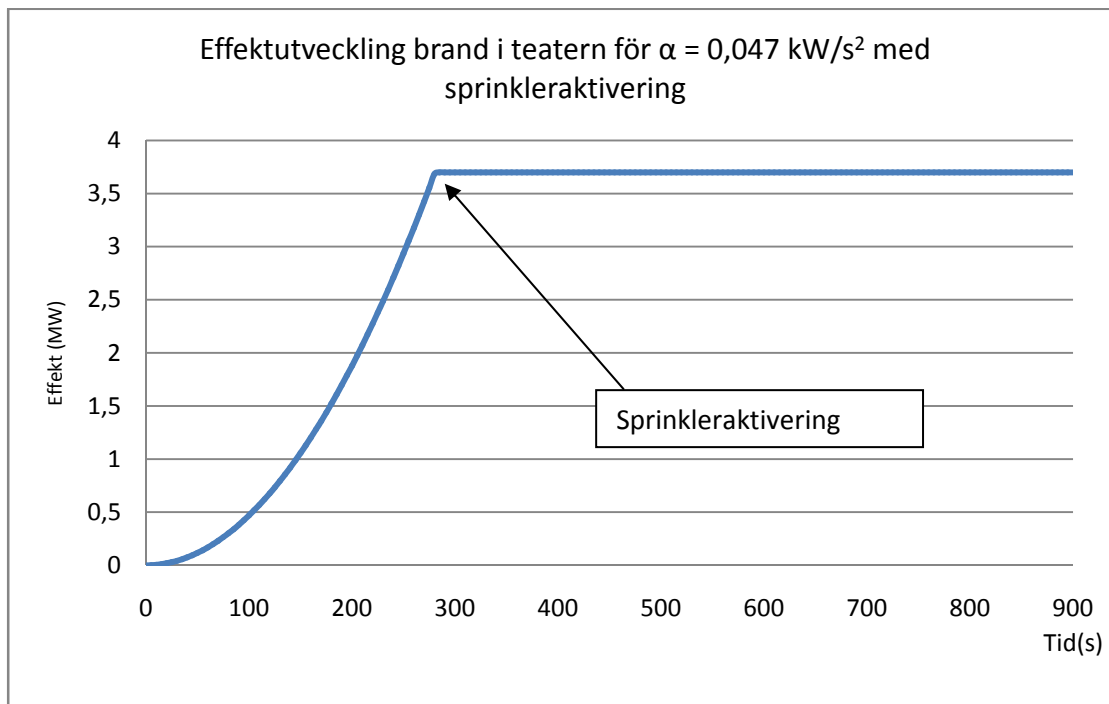
Branden startar i orkesterdiket som är ett stängt utrymme under scenens främre del som är osprinklat och saknar detektorer, se figur 5:2 och 5:3. Golvet är av betong, övriga väggar och tak är byggt av träreglar klätt med spånskiva. Det är dessa som antänds och branden sprids upp till scenen genom golvet. Dekoren på scenen antas bestå av cellulosa-baserat material med en tillväxthastighet som motsvarar *fast* (Karlsson, 2000). Branden kommer inte att bli ventilationskontrollerad under de första 15 minuterna av brandförloppet på grund av stora luftvolymen och öppna dörrar, se bilaga B2. Branden kommer inte heller att bli bränslekontrollerad se bilaga B3-4. Sprinklersystemet som finns i teatern kommer enligt Detact-T2 att aktiveras efter fyra minuter. Därefter har det antagits att sprinklersystemet lyckas begränsa branden vars effektutveckling därmed blir konstant. Detta antagande brukar räknas som konservativt då sprinklersystem i allmänhet släcker eller håller branden under kontroll (Regler för automatisk vattensprinkleranläggning, 1993). Sprinklerna ovanför scenen är skymda av diverse ljud- och ljusinstallationer som gör att dess effekt på branden kommer att begränsas. Av denna anledning antas dess verkan vara så dålig att brandgaserna ej kommer kylas och skapa en omblandning. I diagrammet i figur 5.4 redovisas effektkurvan.



Figur 5.2: Schematisk skiss över teatern, tvärsnitt utvisande brandrum i orkesterdike under teaterscenen.



Figur 5.3: Schematisk plan skiss över teaterns brandrum i orkesterdiket. Brandrummet befinner sig en under teaterscenen och har två dörrar.



Figur 5.4: Effektutveckling för brand i teatern med sprinkleraktivering, $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$.

5.2 UTRYMNING

Utrymning sker genom tre dörrar ut till det fria mot Navigationsgatan samt fyra dörrar ut till foajén. Total dörrbredd är 8,4 meter varav 3,6 meter leder direkt ut till det fria.

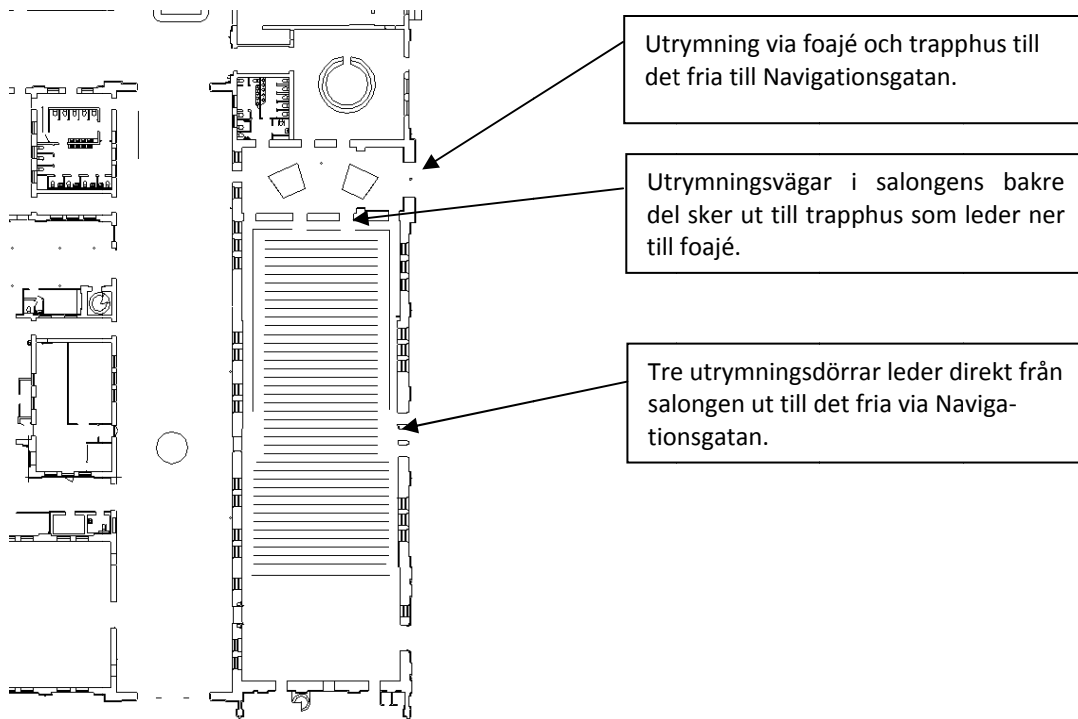
5.3 DETEKTIONS-, BESLUTS- OCH REAKTIONSTID

Rekommenderad tid för beslut och reaktion i mindre lokal med larmdon är en minut (Regelsamling för byggande, 2006). Det har antagits att teaterbesökarna inte påverkas eller upptäcker branden förrän då scenen med dekor börjar brinna. Tiden för detta har satts till en minut och branden utvecklar då 170 kW. Den totala tiden från brandstart till att utrymningen påbörjats blir därför 2 minuter.

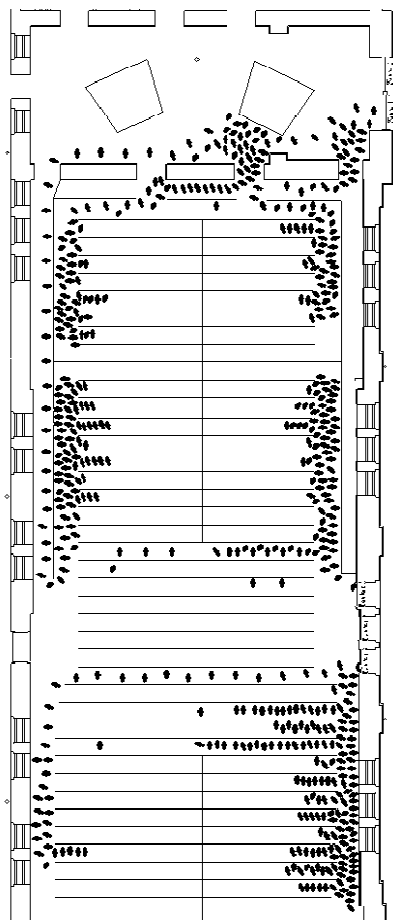
5.4 UTRYMNINGSSIMULERING I SIMULEX

Simulering av utrymning i teatern har utformats enligt följande:

- Alla besökare i salongens främre del antas påbörja utrymning samtidigt.
- Besökare i salongens bakre del har senarelagd starttid för att kompensera längre transportväg på grund av trappor till markplan.
- Ingen utrymning antas ske över scenen på grund av ej utmärkta utrymningsvägar.
- Då lokalen är lätt att överblicka antas utrymningsvägarna (se figur 5.5) användas relativt jämnt fördelat.



Figur 5.5 Schematisk bild över utrymningsvägar vid brand i teater.



Figur 5.6 Skärmdump ur Simulex utvisande utrymningssituationen i teatern.

5.5 HANDBERÄKNINGAR FÖR TID TILL RÖKFYLLNAD

Genomförda handberäkningar är gjorda med Tanaka- Yamanas metod för rökfyllnad, vilken lämpar sig väl för stora volymer (Karlsson, 2000). Erhållen tid får ses som konservativ, då ingen hänsyn tas till brandgasernas transporttid. På grund av lokalens längd som är 50 meter är transporttiden viktig att beakta. Modellen tar inte heller hänsyn till värmeförluster till väggar och tak. Beräkningarna redovisas i bilaga B.1 och resultatet i tabell 5.1.

5.6 SIMULERING I CFAST OCH ARGOS

Då teatersalongen är utformad som ett långt sluttande plan har geometrin för de två olika simuleringsprogrammen utformats olika. Argos hanterar ej rum på flera höjder, vilket är en klar nackdel. CFAST ger möjlighet att dela in salongen i flera sektioner likt en trappa vilket representerar salongens nivåskillnad. Möjligheten att i CFAST konstruera salongens höjdskillnad ger simuleringen styrka, men i programmet tas ingen hänsyn till brandgasernas förflyttningstid. Då rummets totala längd uppgår till 50 meter är transporttiden en mycket viktig faktor. Vad avser simulering i Argos ges trovärdiga resultat då transporttiden tas med i beräkningarna. Dock kommer modellen i Argos tappa giltighet i samma stund som brandgaslagrets höjd når samma höjd som avsatsen längst bak i teatern. Efter detta kommer en eventuell brandgasfyllnad av salongen att gå snabbare i verkligheten än vad programmet ger då salongens lutande plan utgör en stor volym som inte kan simuleras med önskvärd precision. I detta skede har kritiska förhållanden redan uppstått för dem som sitter längst bak i salongen. Scenariot har begränsats till att inte studera hur förloppet ser ut när brandspridningen sker från orkesterdicket till scenen. För indata i Argos se bilaga I.

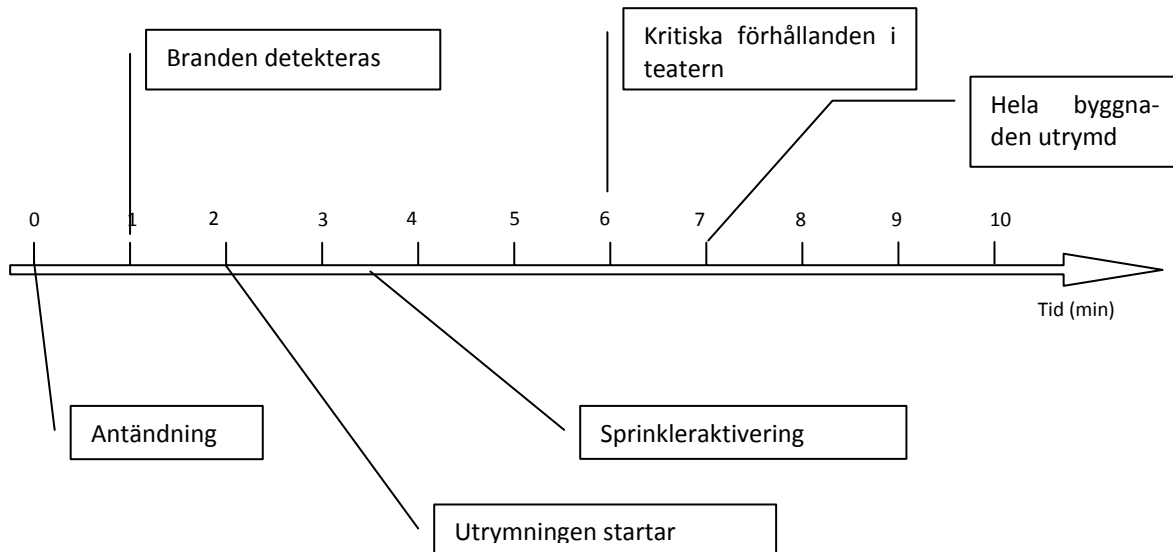
5.7 RESULTAT

Nedan redovisas resultat av simulering av brandgasspridning, handberäkning och tid till säker utrymning för samtliga besökare. Om tid för utrymning överstiger tid till kritiska förhållanden anses detta inte vara tillfredställande. Resultaten från simuleringarna redovisas i tabell 5.1 och figur 5.7.

	CFAST	Argos	Handberäkning Rökfyllnad	Total tid för utrymning	Tillfredsställande
Teater	6:00	6:00	2:00	7:00	Nej

Tabell 5.1: Tid till kritiska förhållanden samt tid för utrymning i teatern. Samtliga värden anges i min:sek.

Tid till kritiska förhållanden blir samma för båda programmen och det är kravet på sikt i kombination med brandgaslagrets höjd som överstigs i båda fallen. För fullständiga resultat presenterade i diagramform hänvisas till bilaga G och H samt i tabellform i bilaga E och F.



Figur 5.7 Tidslinje för förloppet för brand i teatern. Tider anges i minuter.

5.8 KÄNSLIGHETSANALYS

Tillväxthastigheten har varierats i syfte att undersöka dess inverkan på brandförloppet. I tabell 5.2 visas resultaten från känslighetsanalysen då tillväxthastigheten valts till *medium* och *ultra fast*. En simulering har gjorts utan sprinkleraktivering för tillväxthastighet *fast* för att undersöka hur mycket resultatet påverkas av en sprinkleraktivering.

	$\alpha=0,012 \text{ kW/s}^2$, sprinkler	$\alpha=0,19 \text{ kW/s}^2$, sprinkler	$\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$ utan sprinkler
CFAST	5:30	3:00	6:00
Argos	6:30	3:30	4:30

Tabell 5.2: Tid till kritiska förhållanden för teatern. Samtliga värden anges i min:sek.

En utrymningssimulering gjordes där den befintliga dörren till Restauranggatan tilläts att användas som utrymningsväg. Utrymningstiden förkortades då med en halv minut.

För att undersöka detektoraktiveringens roll för utrymningssituationen antas rökdetektorn aktivera vid en temperaturstegring på 13°C. Enligt Detact-T2 inträffar detta efter 2,5 minuter. En detektoraktivering kommer alltså inte att påverka utrymningsförloppet då detektionstiden är kortare än så.

En förhöjd tillväxthastighet till *ultra fast* ger en minskad tid till kritiska förhållanden med 1 - 1,5 minut. En minskad tillväxthastighet till *medium* ger en ökad tid med 1,5 - 2,5 minut. Simuleringarna påverkas inte av en eventuell sprinkleraktivering, då kritiska förhållanden uppstår innan dess.

För fullständiga resultat från känslighetsanalys hänvisas till tabell i bilaga E och F.

5.9 MILJÖN VID KRITISK TID

Efter sex minuter från brandens start råder kritiska förhållanden i teaterns bakre del. Brandgaslagret sjunker snabbt och dess höjd ligger efter sex minuter runt två meter över golvet längst bak i lokalen.

Siktbarheten understiger tio meter och temperaturen ligger mellan 40-60°C. Tiden efter kritiska förhållanden uppstått kommer sikten försämrats kraftigt och temperaturen höjas över kritisk nivå.

5.10 DISKUSSION

Argos och CFAST ger likvärdiga resultat för tid till kritiska förhållanden för alla simulerade effektutvecklingar. För samtliga fall i teatern är sikten det kriterium som först överstiger värden för kritiska förhållanden. Rimligheten i detta är värt att diskutera. I resultatet för simulering har det antagits att kritiska förhållanden uppstår när brandgaslagret når en höjd på två meter över golvet och sikten understiger tio meter i teaterns bakre del. Med detta resonemang så är scenariot kritiskt för en mycket liten del av teaterbesökarna, nämligen de som befinner sig absolut längst bort ifrån branden. Det är rimligt att anta att besökare som sitter betydligt närmre branden har anledning att uppleva oro, avsevärt tidigare än då det blir kritiskt i resultatet ovan. Med detta resonemang är det troligt att anta att utrymningen med god marginal är påbörjad då kritiska förhållanden uppstår i teaterns bakre del. Genom simuleringarna i Argos har det påvisats dålig sikt i brandgaserna men inte speciellt mycket kortare än tio meter. För CFAST minskar dock sikten nästan linjärt de första 15 minuterna. Varför de båda programmen skiljer sig så markant åt på denna punkt har det inte hittats någon förklaring till. För människor som står i kö och väntar på att få passera genom en utrymningsdörr med genomlyst utrymningsskylt kan sämre sikt accepteras då ingen avancerad orientering krävs. Dock kvarstår problemet med att även utrymningsvägarna i foajé och trapphus troligen på sikt blir rökfyllda. Detta hade behövt utredas mer.

En eventuell sprinkleraktivering och dess påverkan på branden och utrymningssituationen är en svag länk i resultatdelen. Antagandet att branden fortsätter att brinna med konstant effekt efter att sprinklern aktiverats är konservativt. På sikt kan sprinklern förväntas dämpa brandens effekt eller till och med att släcka den. Hur effektivt sprinklernas vattendroppar når branden har inte heller hanterats på grund av bristande information om sprinklersystemet. Utrymnet över scenen är fyllt med installationer som hänger från taket; belysning, dekor, tygskynken med mera vilket kan försämrade effekten av sprinkler. Sprinklernas inverkan på brandgaserna i salongen har inte heller analyserats.

Ett välfungerande sprinklersystem kommer störa bildandet av ett brandgaslager och skapa ombländade förhållanden på ett sätt som inte kunnat simuleras. Detta kommer försämrade sikten, öka känslan av obehag och påverka hur utrymningssituationen utvecklar sig. Vidare är brandens effektutveckling starkt kopplad till tiden till sprinkleraktivering vilken har erhållits med hjälp av Detact-T2. Mycket av resonemanget kring effektutveckling bygger på tider från detta program och likaså resultat från simuleringarna i både CFAST och Argos. Dock bör tilläggas att beräknade tider ur Detact-T2 för sprinkleraktivering anses vara konservativa.

Det bör även beaktas att:

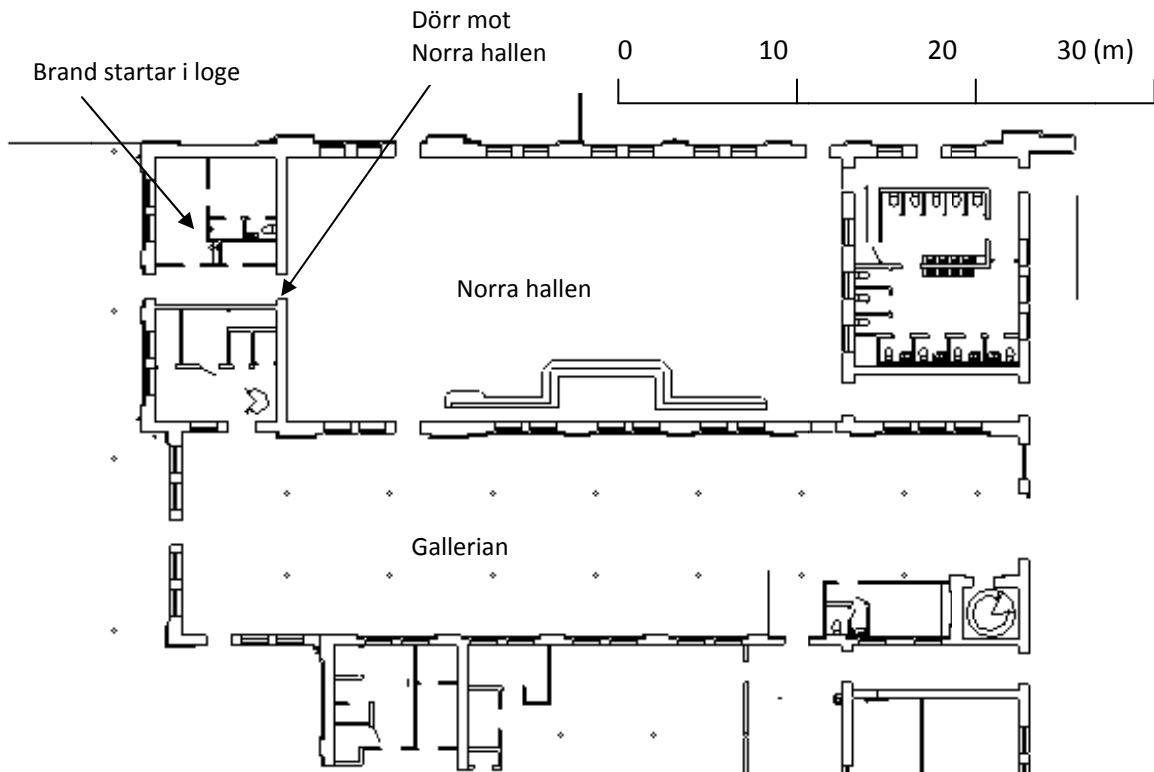
- Den dimensionerande branden kan betraktas som relativt liten förutsatt att sprinklersystemet aktiveras.
- En sprinkleraktivering skapar en oönskad omblandning av brandgaserna.

5.11 SLUTSATS – VÄRDERING AV SÄKERHETSNIVÅN I TEATERN

Resultatet utifrån använd metod visar att samtliga människor inte hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Åtgärder måste vidtas för att personsäkerheten skall kunna tryggas i händelse av brand.

6 ANALYS AV SCENARIO - BRAND I LOGE

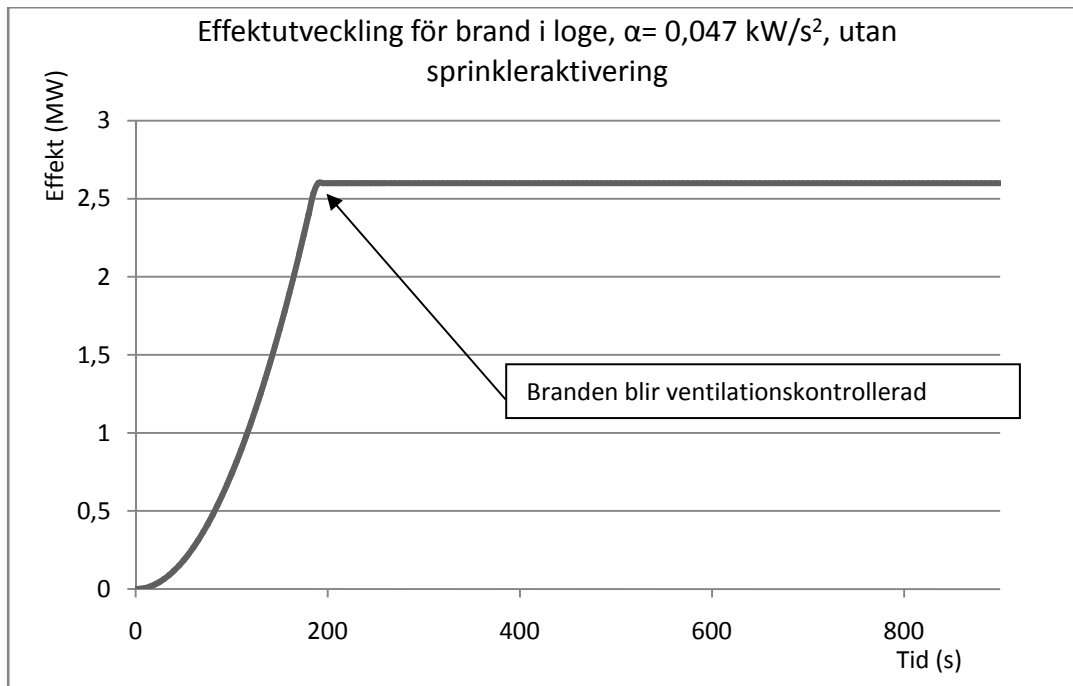
En brand i loge har bedömts som trolig med hög konsekvens för besökare i Norra hallen. Nedan redovisas vidare simulering, resultat och analys i händelse av en brand och tider anges avrundat i minuter. För mer exakta resultat hänvisas till bilagorna E och F. Branden startar i logen invid Norra hallen där det pågår en större lunchsittning med 350 sittande gäster. När branden detekteras öppnas dörren till logen och brandrök väller ut i Norra hallen. I figur 6.1 åskådliggörs scenariot. Tvåzonsmodellens giltighet för detta scenario redovisas i bilaga K (ISO/WD, 1995).



Figur 6.1: Schematisk ritning för scenario brand i loge med sittning i Norra hallen.

6.1 EFFEKTUTVECKLING

En torrkokande kaffekokare antänds och en brand i pentryt startar. Branden sprider sig till de väggfasta skåpen av plastlaminerade träfiberskivor, inredning i form av stolar och sminkbord samt personalens kläder. Branden beräknas ha tillväxthastighet *fast* (Särdqvist, 1993). Val av effektutveckling har gjorts som ett genomsnitt för tillväxthastigheter framtagna ur försök för laminerat trä, träfiberskivor samt kläder (Särdqvist, 1993). Då dörren öppnas från Norra Hallen släpps mer luft in, varpå branden tillväxer för att sedan återigen bli ventilationskontrollerad vid cirka 3 MW. I scenariot antas sprinklersystemet ej fungera. Beräkningar redovisas i bilaga B.5 och effektkurvan redovisas i figur 6.2.



Figur 6.2: Effektutveckling för brand i loge, $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$, utan sprinkleraktivering.

6.2 SIMULERING I CFAST OCH ARGOS

Vid simulering i programmen har geometrin för rummen som logen består av förenklats till två rum. Brandrummet har en liten volym i förhållande till Norra hallen, varpå det är rimligt att bortse från brandgasernas transporttid i logen. Norra hallen har simulerats med viss variation i de två programmen. Det finns två olika takhöjder i två delar av lokalen. I Argos har det behandlats som en enda lokal med en viktad takhöjd, då simuleringar med olika takhöjd gav orimliga resultat. I CFAST har lokalen delats in i två delar med två skilda takhöjder. Detta kan förlänga tiden tills brandgaser förflyttats in i Norra hallens bardel som har den lägre höjden. I scenariot förutsätts att dörren till Norra hallen öppnas efter att branden startat och att den hunnit växa till sin begränsade storlek. Att någon rådig person ska lyckas med att stänga dörren efter att den har öppnats anses vara föga troligt på grund av de heta brandgaserna som strömmar ut. Vid simulering i Argos har sex kvadratmeter brandgasventilation antagits sitta i taket i Norra hallen och dessa öppnas när detektorerna aktiverar.

För att göra scenariot mindre känsligt för hur och när dörren till logen öppnas, har simuleringarna genomförts som två olika fall. Då tvåzonsmodellen är giltig för scenariot (se bilaga K) har det ansetts tillräckligt med att använda ett program per fall. Argos valdes för att simlra brand i loge med stängd dörr initialt. Eftersom Argos kan räkna på både omblandade förhållanden och tvåzonsmodellen anses den vara mest lämplig i fall 1 på grund av svårigheter med valideringen av tvåzonsmodellen när man har en dörr som plötsligt öppnas. I fall 2 har CFAST valts på grund av att programmet enkelt medger att bygga komplexare geometrier och därför att rummets geometri uppfyller tvåzonsmodellens krav, vilket visas i bilaga K. "

- I fall 1 är dörren mellan logen (se figur 6.3) och Norra hallen initialt stängd och detta har simulerats i Argos. Branden detekteras då dörren till logen öppnas och brandgaser väller ut i Norra hallen. Heta brandgaser gör att dörren ej går att stänga och brandgaserna som hunnit ansamlas inne i logerummet fortsätter att välla ut i lokalen. Personerna närmast dörren detekterar branden direkt och då lokalen anses vara överblickbar dröjer det inte länge tills alla personer i lokalen är medvetna om branden. För indata se bilaga I.

- I *fall 2* är dörren mellan logen och Norra hallen öppen under hela scenariot vilket har simulerats i CFAST. Branden detekteras antingen av rökdetektorerna i Norra hallen eller av att någon känner röklukt. Utrymningslarmet kommer aktiveras och göra samtliga personer i byggnaden medvetna om branden.



Figur 6.3: Bild inifrån loge. Till höger syns dörren som leder till Norra hallen.

6.3 UTRYMNING

Utrymning sker genom tre dörrar mot Restauranggatan, Bakgården och Hantverksgången. Total utrymningsbredd är 3,6 meter men ingen av utrymningsvägarna leder direkt ut till det fria.

6.4 DETEKTIONS-, BESLUTS- OCH REAKTIONSTID

- Rökdetektorerna i Norra hallen antas aktivera direkt när dörren öppnats och detektionstiden för *fall 1* har antagits till en halv minut.
- För *fall 2* har detektionstiden antagits bli annorlunda jämfört med *fall 1*, eftersom dörren är öppen. Tiden en minut från brandstart anses som en rimlig tid och innefattar en tid för tillväxt samt tid för detektion.
- Besluts- och reaktionstid anges i litteraturen till 60 sekunder för personer som ser branden (Frantzych, 2001). Norra hallen är lätt att överblicka och de personer närmast logen kommer troligtvis att starta utrymningen snabbt. Dessutom inträffar kritiska förhållanden snabbt vilket gör att personerna kommer att reagera fort. Därför har besluts- och reaktionstiden antagits till en halv minut för både *fall 1* och *fall 2*.

Tiderna redovisas i tabell 6.1.

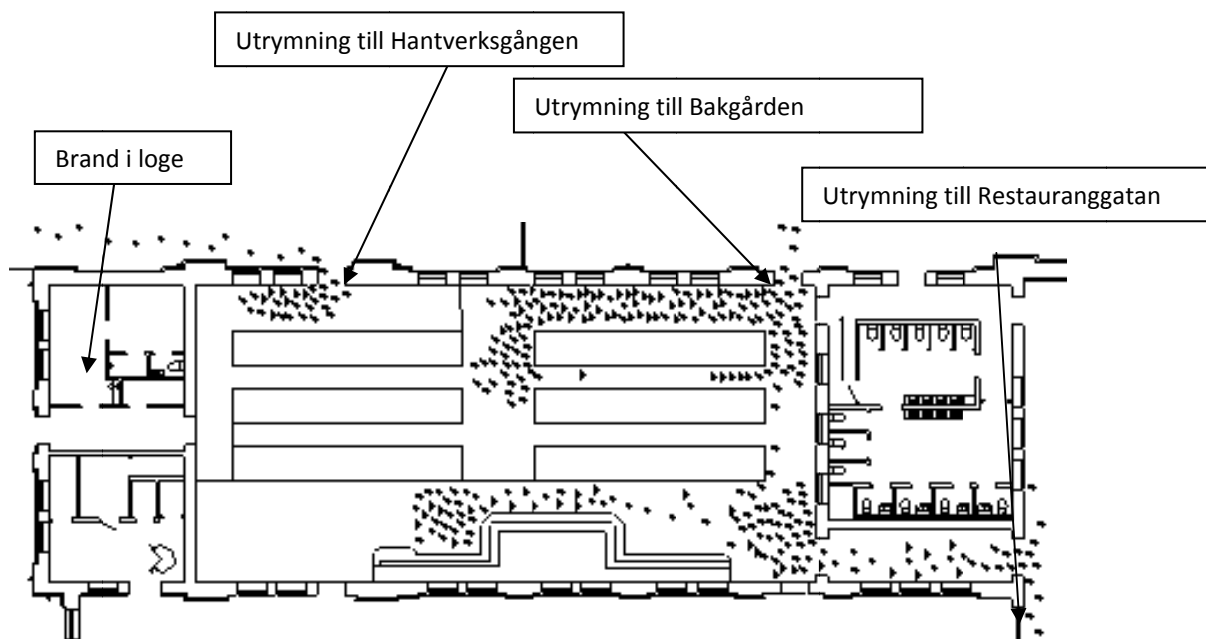
	Detektionstid	Besluts- och reaktionstid	Tid till utrymningsstart
Fall 1	0:30	0:30	1:00
Fall 2	0:30	1:00	1:00

Tabell 6.1: Detektions-, besluts- och reaktionstid för fall 1 och 2. Tid i min:sek.

6.5 UTRYMNINGSSIMULERING I SIMULEX

Simulering av utrymning av Norra hallen har utformats enligt följande, se figur 6.4:

- Endast människor närmast branden och dörren ut mot Hantverksgången utrymmer genom huvudentrén, resterande väljer övriga utrymningsvägar på grund av att brandgaser väller ut från logen och hindrar utrymning denna väg. Se figur 6.4 nedan.
- För simuleringen har bord ställts ut för att representera en möblerad lokal för lunchsittning. Alla bord och stolar kommer att påverka utrymningstiden negativt. Samtidigt som lunchsittningen i Norra hallen serveras det mat i Restauranggatan och en mässa hålls i Saluhallen.
- Totalt har det för scenariot antagits att det befinner sig 2000 personer i byggnaden varav 350 personer antas sittande i Norra hallen.



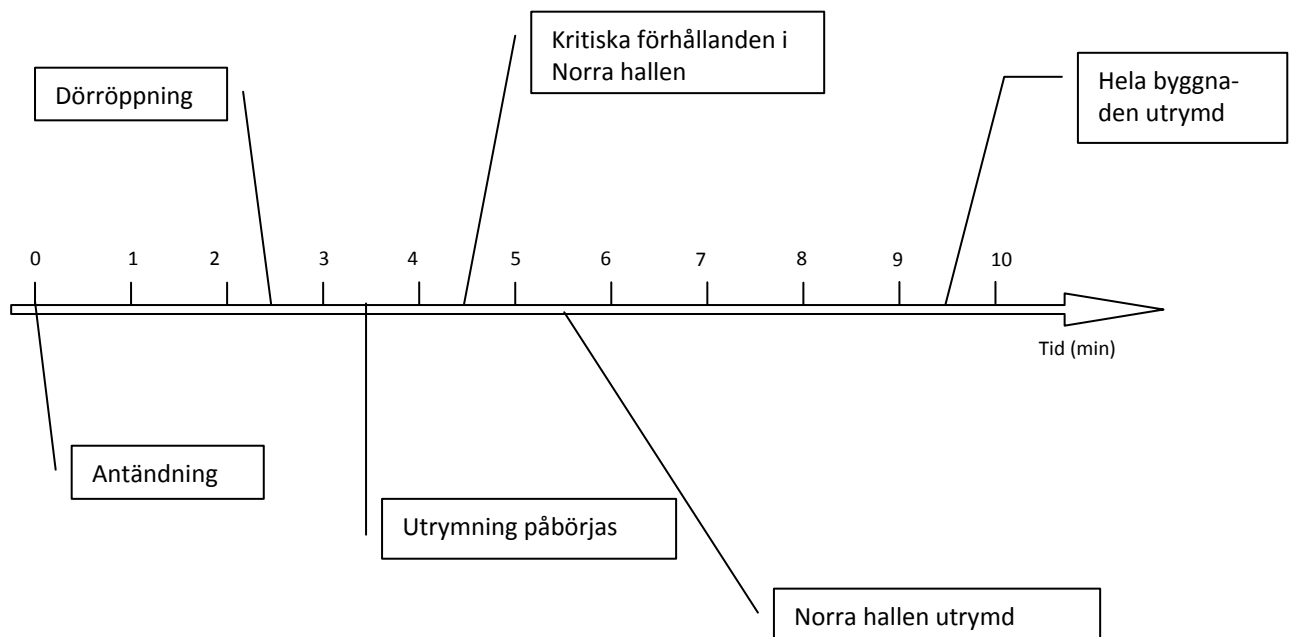
Figur 6.4: Skärmdump ur Simulex utvisande utrymning ur Norra Hallen.

6.6 RESULTAT

I tabell 6.2 och 6.3 nedan redovisas resultat av simulering av brandgasspridning och tid till utrymning för *fall 1* och *fall 2*. För att förtydliga resultatet åskådliggörs det även som tidslinjer i figur 6.5 respektive 6.6. Om tid för utrymning överstiger tid till kritiska förhållanden anses detta inte tillfredsställande.

Dörröppning efter tid	Kritiska förhållanden	Utrymning Norra hallen	Utrymning hela byggnaden	Tillfredsställande
2:00	4:30	5:30	9:30	Se diskussion

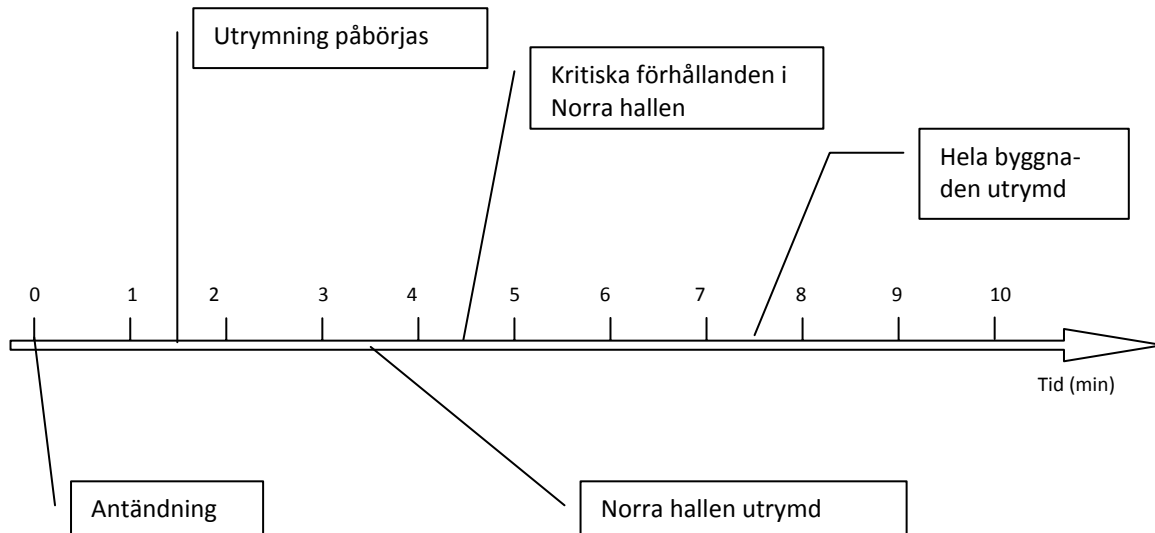
Tabell 6.2: Tid till kritiska förhållanden samt utrymningstider för *fall 1*. Samtliga tider anges i min:sek.



Figur 6.5: Tidslinje för *fall 1*. Tider anges i minuter.

Dörröppning efter tid	Kritiska förhållanden	Utrymning Norra Hallen	Utrymning hela byggnaden	Tillfredsställande
0:00	4:30	3:30	7:30	JA

Tabell 6.3: Tid till kritiska förhållanden samt utrymningstider för fall 2. Samtliga tider anges i min:sek.



Figur 6.6: Tidslinje för fall 2. Tider anges i minuter.

För både fall ett och två blir förhållandena kritiska på grund av dålig sikt i kombination med brandgaslagrets höjd eller väl omblandat fall. För fullständiga resultat presenterade i diagramform hänvisas till bilaga G och H samt i tabellform i bilaga E och F.

6.7 KÄNSLIGHETSANALYS

Tillväxthastigheten, sprinkleraktivering och utrymningsförhållanden har varierats i syfte att undersöka dess inverkan på brandförloppet. I tabell 6.4 redovisas resultat från simuleringar där tillväxthastigheten varierats.

	$\alpha=0,012 \text{ kW/s}^2$, utan sprinkler	$\alpha=0,19 \text{ kW/s}^2$ utan sprinkler	$\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$, med sprinkler
Fall 1	6:30	3:00	4:00
Fall 2	5:30	4:00	4:30

Tabell 6.4: Tid till kritiska förhållanden för Norra hallen. Samtliga värden anges i min:sek.

Vid utrymningsvägarna i Restauranggatan ut mot Carlskgatan finns en stor blomlåda med växter som skymmer utrymningsvägarna. För att testa dess inverkan på utrymningen har försök gjorts då denna tagits bort. Simulering i Simulex visar att tid för total utrymning av hela byggnaden förkortas med två minuter då blomlådan i Restauranggatan tas bort.

Simulering i Simulex visar att tid för utrymning från Norra hallen sänks med en minut vid en minskning av personantalet till 250 personer.

Då branden enligt simuleringsprogrammen blir ventilationskontrollerad vid cirka 3 MW har ingen känslighetsanalys gjorts med högre maxeffekt. Simulering av brandspridning har inte genomförts då väldigt lite brännbart material finns nära dörrarna till logen.

En förhöjd tillväxthastighet till *ultra fast* ger en minskad tid till kritiska förhållanden med 0,5 - 1,5 minuter. En minskad tillväxthastighet till medium ger en ökad tid med 1 – 2 minuter. En sprinkleraktivering förlänger tid till kritiska förhållanden för CFAST mycket marginellt. Effektkurva för denna känslighetsanalys redovisas i bilaga A.

6.8 MILJÖN VID KRITISK TID

Efter 4-5 minuter från brandens start råder kritiska förhållanden i Norra hallen. Lokalen är då helt rökfylld och sikten vid denna tid är strax under tio meter. Grovt räknat kommer siktbarheten i rummet minska med en meter per minut under den tid som utrymningen pågår. Temperaturen i rummet kommer ligga mellan 20-40 °C. Strålningsnivån från brandgaslagret i Norra hallen kommer inte bli kritisk.

6.9 DISKUSSION

I scenariot har sprinklersystemet satts ur funktion, vilket har ganska låg sannolikhet. Känslighetsanalysen visar att sprinkleraktiveringen inte har någon betydande roll för scenariot. Detta beror på att sprinkleraktiveringen sker ungefär samtidigt som branden blir ventilationskontrollerad. Effekten blir konstant på grund av det konservativa antagandet om att en sprinkleraktiverings enda effekt är att hålla brandens effektutveckling konstant. Inne i logen är takhöjden endast två och en halv meter och en sprinkleraktivering därinne anses ha goda förutsättningar att släcka branden. Dessutom, om sprinklersystemet fungerar beräknas detta aktivera efter tre minuter (se bilaga D), ungefär en och en halv minut innan kritiska förhållanden uppstår i Norra hallen. Sprinklersystemet har alltså gott om tid på sig att påverka brandförloppet innan Norra hallen drabbas av kritiska förhållanden. Det är därför troligt att en sprinkleraktivering kommer medföra att kritiska förhållanden aldrig uppstår i Norra hallen. Denna teori stärks då man tar i beaktning att en sprinkleraktivering kommer att sänka temperaturen och trycket betydligt. Brandgasernas stigmakraft kommer då också att sjunka vilket medför att transporten in till Norra hallen kommer att gå avsevärt långsammare (Nilsson, D. 2007).

I *fall 1* har dörren öppnats efter två minuter. Tiden då dörren öppnas har stor inverkan på resultatet; ju senare desto kortare tid till kritiska förhållanden. Redan en och en halv minut efter att dörren öppnats råder kritiska förhållanden i lokalen. Med hjälp av föreslagna åtgärder i kapitel åtta kan utrymningstiden i Norra hallen minska till en acceptabel nivå. Simuleringarna har dock visat att en brand i logen är känslig för en felfunktion i sprinklersystemet. För att förbättra denna situation bör dörren förses med automatisk dörrstängare.

I *fall 2* är dörren öppen under hela simuleringen och utrymning kan ske innan kritiska förhållanden uppstår. En osäker parameter som har stor inverkan på resultatet är tiden till att rökdetektorerna i Norra hallen aktiveras. På grund av att logen saknar rökdetektorer, att branden uppstår långt ifrån detektorn samt den stora skillnaden i takhöjd mellan logen och Norra hallen försvårar beräkningar och en grov uppskattning har gjorts. Om rökdetektorer skulle installeras i logen skulle det medföra en betydlig förbättring i säkerhetsnivån för Norra hallen.

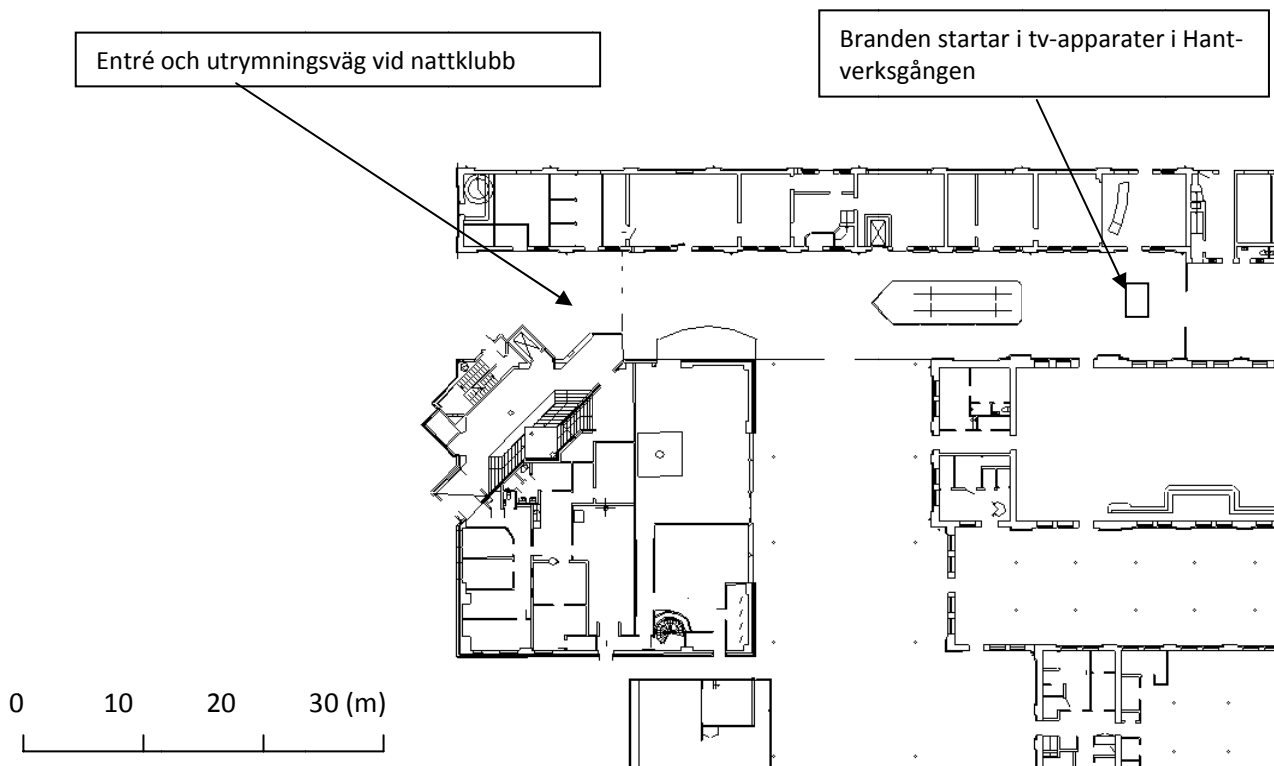
Simulex har problem att simulera när människor ska runda blomlådan i Restauranggatan och den verkliga tiden kommer troligtvis inte vara så lång som visas i känslighetsanalysen. Dock anses placeringen av blomlådan framför utrymningsvägen ej lämplig.

6.10 SLUTSATS – VÄRDERING AV SÄKERHETSIVÅN VID BRAND I LOGE

Resultatet utifrån använd metod samt diskussion visar på att verksamheten i Norra hallen kan anses ha tillfredsställande utrymnings säkerhet med avseende på personsäkerheten vid brand. Dock anses det meningsfullt att genomföra vissa åtgärder för att höja nivån på personsäkerheten i Norra hallen ytterligare.

7 ANALYS AV SCENARIO - BRAND I HANTVERKSGÅNGEN

En brand i Hantverksgången har bedömts som trolig med hög konsekvens för besökare till Slagthuset's nattklubb. Nedan redovisas simulering, resultat och analys i händelse av brand med tider avrundat i minuter. För mer exakta resultat hänvisas till bilaga B, E och F. Branden startar till följd av ett attentat då en brandbomb kastas mot tv-apparaterna som finns uppstaplade i Hantverksgången. Vid tillfället för branden pågår full nattklubsverksamhet och 1800 gäster befinner sig i lokalerna. I figur 7.1 åskådliggörs scenariot. Tvåzonsmodellens giltighet för detta scenario redovisas i bilaga K (ISO/WD, 1995).

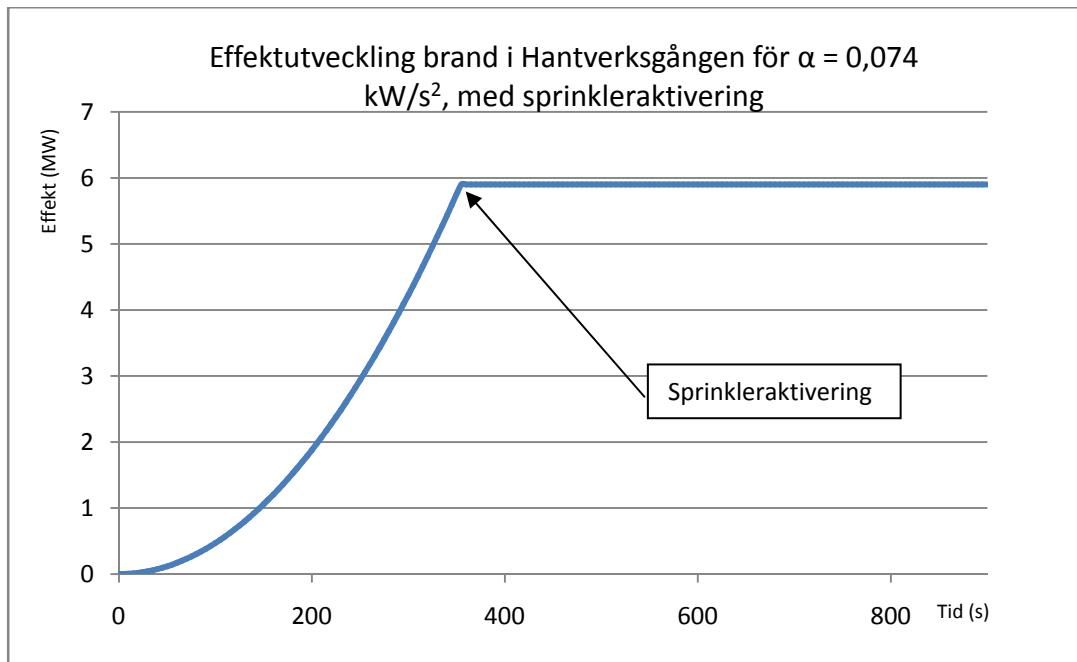


Figur 7.1: Schematisk ritning över scenario brand i Hantverksgången.

7.1 EFFEKTUTVECKLING

Inledningsvis antänder tre staplar av lastpallar samt den träpanel som täcker monitorn. De nio TV-apparater som finns ovanpå antänds och ökar effekten ytterligare. Effekten approximeras med en tillväxthastighet på $\alpha = 0,074 \text{ kW/s}^2$ som är ett medelvärde av tillväxthastigheter för träpallar och träpanel (se bilaga B.6). Beräkningar för detta och beräkningar på ventilationskontroll redovisas i bilaga B.6. Maxeffekten utan sprinkler har beräknats till 9,5 MW och med sprinkleraktivering till 6 MW. Tider till sprinkleraktivering har bestämts med hjälp av Detact-T2. Beräkningar av maxeffekten samt tid till detektoraktivering redovisas i bilaga D. Enligt tidigare scenario antas sprinklersystemet kunna hålla effektutvecklingen konstant. I detta fall sitter det sprinklerhuvuden rakt ovanför branden och antagandet bör därmed ses som mycket konservativt.

Branden antas bli bränslekontrollerad på grund av det ytterst lite brännbara material som finns inom räckhåll samt den stora mängden syre i lokalerna. Effektkurvan redovisas i figur 7.2.



Figur 7.2: Effektutveckling för brand i Hantverksgången, $\alpha = 0,074$ kW/s², med sprinkleraktivering.

7.2 UTRYMNING

I detta scenario antas det vara full nattklubsverksamhet vilket medför vissa komplicerade antaganden. Personer som befinner sig på en nattklubb kommer med stor sannolikhet vara alkoholpåverkade och ha dålig lokalkännedom, vilket kommer påverka såväl gånghastighet som detektions-, besluts- och reaktionstid. Dessutom kommer dämpad belysning och hög musik störa detektionen av brand. Motivationen att utrymma efter att ha betalt entréavgift tillsammans med ett intresse för vad som sker, kommer förlänga den totala utrymningstiden. Stora och svåröverskådliga lokaler kan medföra att det tar lång tid innan personalen blir medvetna om branden. Troligen kommer stora delar av besökare och personal att informeras om utrymning via larm. För de personer som inte ser branden kommer beslutstiden att bli avsevärt längre än för de som befinner sig i brandens direkta närhet. Det har också antagits att Slagthuset rutiner vid brand fungerar med avseende på skynket i Restauranggatan som ska avlägsnas. Dock har en känslighetsanalys genomförts på detta.

Utrymning vid nattklubsverksamhet sker genom huvudentrén, två dörrar i Bakgården, en i vardera Foajén, Runda baren och Restauranggatan. Total utrymningsbredd ut till det fria är 17,6 meter. Tillgängliga utrymningsvägar presenteras i figur 2.8.

7.3 DETEKTIONS-, BESLUTS- OCH REAKTIONSTID

Antagen tid för detektion, beslut och reaktion har varierats beroende på var i lokalen människorna befinner sig. Det har antagits att de som inte ser branden kommer att varnas först av larmsignalen som har aktiverats manuellt med en larmknapp. Rökdetektorerna har antagits vara avstängda då detta är ett standardförfarande under nattklubb.

- Tiden till aktivering av utrymningslarm har antagits till fem minuter på grund av att det inte finns någon larmknapp i direkt anslutning till entrén.
- Besluts- och reaktionstid har antagits till tre minuter för de som inte ser branden (Utrymningsdimensionering, 2006).

- De som ser branden har enligt litteratur en detektions-, besluts- och reaktionstid på 60 sekunder (Frantzich, 2001).
- De personer som befinner sig i Bakgården har ett visst synfält mot entrén och är mer medvetna om vad som händer där i jämförelse med de personer som befinner sig i Norra hallen. Detektions-, besluts- och reaktionstid för Bakgården har satts till två minuter (Utrymningsdimensionering, 2006).

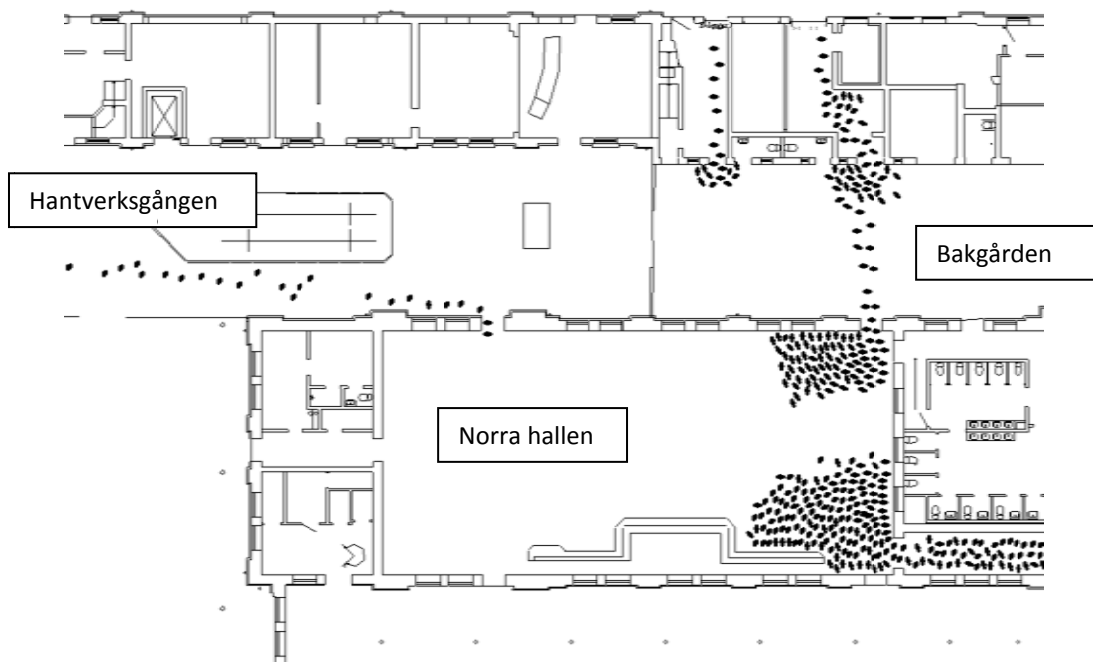
Tiderna redovisas i tabell 7.1.

Plats	Antagen tid
Hantverksgången	1:00
Bakgården	7:00
Norra hallen	8:00

Tabell 7.1: Antagen tid för detektion, beslut och reaktion för olika delar av nattklubben. Tid anges i min:sek.

7.4 UTRYMNINGSSIMULERING I SIMULEX

Simuleringen har förenklats till att alla gästerna påbörjar sin utrymning samtidigt, oavsett placering i lokalerna. Detta är en relativt stor förenkling då branden troligtvis inte kommer att detekteras av alla berörda personer. Inga variationer i reaktionstid har gjorts i Simulex utan alla personer har antagits börja utrymma samtidigt, när utrymningslarmet sätts igång. Detta på grund av svårigheter att uppskatta olika reaktionstider med tanke på lokalens geometri och nattklubbens ljudnivå. Dock har förflyttningstiden från Simulex adderats med de tidigare redovisade antagna tiderna för detektion, beslut och reaktion.



Figur 7.3: Skärmdump ur Simulex för utrymning vid brand i Hantverksgången. Utrymning kan ske genom Hantverksgången innan branden når sin maxeffekt.

När simuleringar för detta scenario gjordes i Simulex togs det hänsyn till att utrymning från Norra hallen inte kan ske genom huvudentrén eller den utgång på Bakgården som är närmast branden efter det att branden nått sin maxeffekt. Detta på grund av att strålningen från branden då är så stor att utrymning genom dessa utgångar inte är möjlig, vilket redovisas i bilaga B.7. I figur 7.3 visas en bild från simuleringarna.

7.5 SIMULERING I CFAST OCH ARGOS

För att få bättre giltighet i geometrin samt för att ta hänsyn till transporttid delades Hantverksgången och Bakgården in i fyra delar i CFAST respektive sex delar i Argos. Det stora skynket som avgränsar Hantverksgången och Bakgården (se figur 7.4) simulerades som en vägg med 20 centimeter breda springor längs båda sidorna. För indata i Argos se bilaga I.



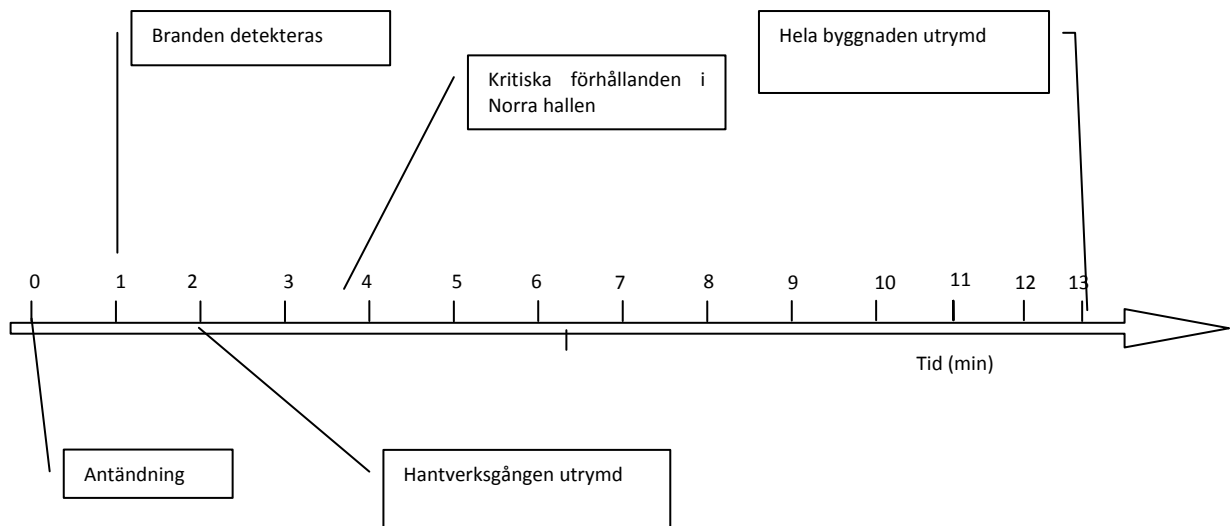
Figur 7.4: Bild tagen från Hantverksgången mot Bakgården. Bakom stapeln av tv-apparaterna syns det tygskynke som är uppspant hela vägen upp till taket. Tyget är flamskyddsbehandlat.

7.6 RESULTAT

I tabell 7.2 och figur 7.5 redovisas resultat av simulering av brandgasspridning och tid till säker utrymning för samtliga personer. Om tid för utrymning överstiger tid till kritiska förhållanden anses detta inte tillfredsställande.

	CAFAST	Argos	Tid för utrymning	Tillfredsställande
Hantverksgången	3:30	4:30	2:00	JA
Bakgården	10:00	-	9:30	JA
Norra hallen	8:00	-	11:00	Oklart, se diskussion
Totalt	-	-	13:00	-

Tabell 7.2: Tid till kritiska förhållanden samt tid för utrymning för brand i Hantverksgången, $\alpha = 0,074 \text{ kW/s}^2$ med sprinkleraktivering. Samtliga värden anges i min:sek.



Figur 7.5: Tidslinje utvisande förloppet vid brand i Hantverksgången.

Vid en brand i Hantverksgången blir det kritiskt på grund av dålig sikt i kombination med brandgaslagrets höjd eller väl omblandat fall. För fullständiga resultat presenterade i tabellform hänvisas till bilaga E och F samt i diagramform i bilaga G och H.

7.7 KÄNSLIGHETSANALYS

Följande parametrar har varierats för att utreda dess påverkan på resultatet.

- Tillväxthastigheten och icke aktiverande sprinkler, se tabell 7.3
- Personantal, se tabell 7.4
- Skynke som blockerar utrymningsvägen i Restauranggatan
- Utan blomlådan i södra delen av Restauranggatan

	$\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$, <i>sprinkler</i>	$\alpha=0,19 \text{ kW/s}^2$, <i>sprinkler</i>	$\alpha=0,074 \text{ kW/s}^2$, utan <i>sprinkler</i>
CFAST	3:30	2:30	3:30
Argos	4:30	3:30	4:30

Tabell 7.3: Tid till kritiska förhållanden för Hantverksgången med och utan sprinkleraktivering samt varierande tillväxthastighet. Samtliga värden anges i min:sek.

Scenario	1800 personer + avspärrat	1400 personer
Total utrymningstid (min)	13:00	11:30

Tabell 7.4: Totala utrymningstiden enligt Simulex i de tre scenarierna. Tiden anges i min:sek.

Simuleringar i Simulex visar att en minskning av antalet med 400 personer medför att utrymningstiden minskar med en och en halv minut. Det skynket i Restauranggatan som används för att avgränsa dansgolvet på nattklubben påverkar inte den totala utrymningstiden. En borttagning av blomlådan i södra delen av Restauranggatan påverkar ej utrymningstiden.

En förhöjd tillväxthastighet till *ultra fast* ger en minskad tid till kritiska förhållanden med 1 – 1,5 minuter. En minskad tillväxthastighet till *fast* ger en ökad tid med endast 0 - 0,5 minuter. Känslighetsanalysen omfattar även ett scenario då sprinklersystemet är ur funktion. Resultatet utgör ingen skillnad från tidigare eftersom kritiska förhållanden uppstår innan sprinkleraktivering sker. Effektkurvan utan sprinkleraktivering redovisas i bilaga A.

7.8 MILJÖN VID KRITISK TID

Efter 3-4 minuter från brandens start råder kritiska förhållanden i Hantverksgången. Vid denna tid är sikten strax under tio meter i kombination med att brandgaslagret då har nått kritisk höjd eller väl omblandat fall. Temperaturen kommer ligga runt 40-60 °C och fortsätter att stiga för att inom någon minut överstiga kritisk nivå. Sikten förväntas inte förvärras nämnvärt.

7.9 DISKUSSION

Slagthusetets stora volymer och proportioner medför vissa simuleringsproblem. Scenariot omfattar flera stora lokaler med högt i tak som totalt och utan avgränsningar sträcker sig 150 meter. Detta medför att lokalerna ligger långt utanför tvåzonsmodellens faktiska giltighet vilket gör att resultaten från tvåzonssimuleringarna måste tolkas med stor försiktighet. Grova antaganden har dessutom gjorts angående nattklubsbesökarnas tid för detektion, beslut och reaktion vilket gör att även utrymningstiderna innehåller stora felmarginaler.

Kritiska förhållanden uppstår innan sprinklersystemet i Hantverksgången hunnit utlösas. Den sena aktiveringen, som kommer först vid 6 - 7 MW, anses bero på den höga takhöjden samt den mycket snabba effektutvecklingen. Det är dock ett konservativt värde på sprinkleraktiveringen på grund av de antaganden som gjorts i programmet Detact-T2.

Simuleringar i Argos visar att kritiska förhållanden enbart uppstår i Hantverksgången på grund av att en låg temperaturdifferens initialt kommer ge en omblandning av brandgaserna. Utrymning av denna lokal har enligt simulering skett innan kritiska förhållanden uppstått, varpå detta inte diskuteras vidare.

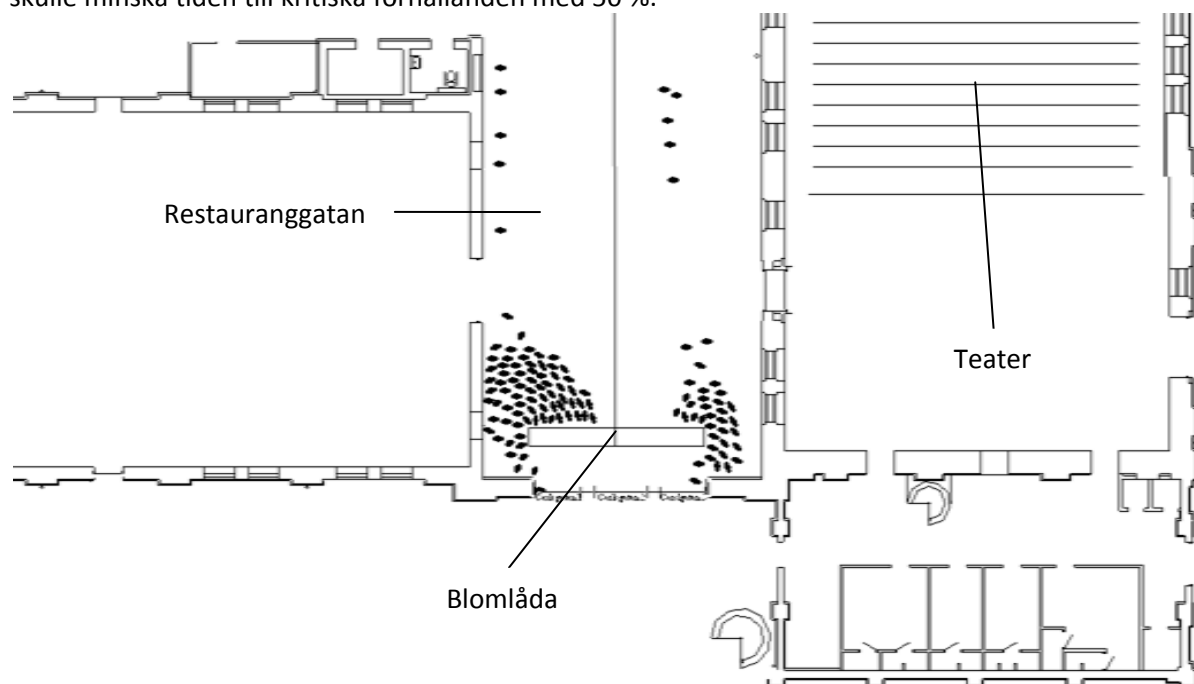
Till skillnad från Argos visar simuleringar i CFAST att kritiska förhållanden kommer att uppstå på grund av dåligt sikt även i angränsande rum. I Bakgården beräknas att alla har hunnit utrymma innan

dess men däremot inte i Norra hallen där kritiska förhållanden uppstår efter sju och en halv minut enligt CFAST. Sprinkleraktiveringen i Hantverksgången sker efter fem minuter vilket medför att stor osäkerhet råder angående tiden till kritiska förhållanden i Norra hallen. Att bara ett av två simuleringsprogram visar på en brandgasspridning till Norra hallen gör det svårt att dra definitiva slutsatser.

Känslighetsanalysen visar att det kommer att ta ungefär lika lång tid att utrymma lokalerna oavsett om skynket i Restauranggatan tas bort eller inte. Detta beror på att i Restauranggatan är transportsträckan lång till utrymningsdörren och dessutom uppstår köbildning vid den blomlåda som står placerad framför dörren. Dock går det snabbare för besökarna att ta sig från de platser där kritiska förhållanden råder.

I känslighetsanalysen visar det sig att det kommer att ta lika lång tid att utrymma lokalerna oavsett om blomlådan i Restauranggatan tas bort eller inte. Detta trots de köer som bildas vid den, se figur 7.6. Anledningen tros vara det jämna flödet av personer från dörren mellan Norra hallen och Restauranggatan. Om Restauranggatan också hade varit full med folk hade det tagit längre tid på grund av blomlådans placering.

Tiden till kritiska förhållanden varierar relativt lite med en varierande tillväxthastighet, runt en och en halv minut skiljer mellan *fast* och *ultra fast*. Det betyder att en fyrdubblad tillväxthastighet endast skulle minska tiden till kritiska förhållanden med 50 %.



Figur 7.6: Skärmdump ur Simulex, utvisande köbildning i Restauranggatan på grund av blomlåda.

Väl värt att ta i beaktning är de praktiska fall av utrymning som Slagthuset tvingats att genomföra på grund av attentat med tårgas samt rökgranater. Slaghusets personal vittnar om en total utrymning och kontroll av samtliga utrymmen på femton minuter. Det kan också tilläggas att utrymningslarmet aldrig aktiverades av varken personal eller besökare och ingen såg själva källan till röken. Tider för detektion, beslut och reaktion har tagits från föreskrifter från Boverket men ändå överstiger Slagthuset verkliga utrymningstid framräknade resultat. Tiden femton minuter innefattar sådan kontroll att inga gäster finns kvar i lokalerna och den praktiska utrymningstiden kan alltså antas vara kortare.

7.11 SLUTSATS – VÄRDERING AV SÄKERHETSIVÅN VID NATTKLUBB

Resultatet utifrån använd metod visar att Slagthuset's nattklubsverksamhet har tillfredsställande utrymningssäkerhet med avseende på brand, med undantag från Norra hallen. Genomförd analys visar inte med önskvärd tydlighet om samtliga människor i Norra hallen hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår vid en brand under nattklubsdrift. Mer om utrymningssituationen för Norra Hallen finner läsaren i scenariot för brand i loge.

AVSLUTANDE DEL

8. SLUTSATS

Här presenteras de slutsatser och åtgärder som bedömts nödvändiga för att säkerställa personsäkerheten i Slagthuset.

8.1 SLUTSATSER

Då brandskyddet för rapportens alla analyserade scenarier *inte* anses vara tillfredsställande anses inte heller brandskyddet för Slagthuset i sin helhet vara det. Det har i rapporten konstaterats att:

- Slaghusets nattklubsverksamhet anses ha tillfredsställande skyddsnivå i händelse av brand med avseende på personsäkerhet.
- Verksamheten dagtid anses ha tillfredsställande skyddsnivå i händelse av brand med avseende på personsäkerhet. Dock finns det tydliga brister som bör åtgärdas för att ytterligare förbättra säkerheten.
- Verksamhet i teatern anses *ej* ha tillfredsställande skyddsnivå i händelse av brand med avseende på personsäkerhet.

Att systematiskt brandskyddsarbete inte bedrivs på Slagthuset är en stor brist. Många av de åtgärder som föreslagits skulle då automatiskt rättas till med en välfungerande brandskyddsorganisation.

Om de åtgärder som listas i kapitel 8.2 nedan vidtas av Slagthuset anses brandskyddet med avseende på utrymningssäkerhet bli tillfredsställande.

8.2 ÅTGÄRDER SOM SKALL GENOMFÖRAS

Nedan redovisas de åtgärder som skall genomföras för att personsäkerhetsnivån i händelse av brand ska kunna anses tillfredsställande.

- **Systematiskt brandskyddsarbete**
Enligt 2 kap. 2 § lagen (2003:778) om skydd mot olyckor (LSO) skall ägare eller nyttjanderättshavare vidta åtgärder för att förebygga brand (Räddningsverket, 2008). Det av Räddningsverket rekommenderade arbetssättet för att uppfylla detta benämns Systematiskt brandskyddsarbete. Idag saknas dokumentation för systematiskt brandskyddsarbete och för att kunna nå en tillfredsställande skyddsnivå med avseende på personsäkerhet skall LSO följas.

- **Orkesterdiket som brandcell**
Genom att bygga om orkesterdiket under scenen till en egen brandcell enligt lägst EI30 skulle konsekvenserna av en brand i utrymmet begränsas kraftigt. Detta är en åtgärd som Slagthuset skall vidta för att förbättra säkerheten för sina besökare. Detta betyder att luckorna upp till scenen måste tas bort eller tätas. Om borttagning av luckorna utförs är ett förslag på annan utrymningsväg en dörr ut till teatersalongen. Till skillnad från på scenen kan en brand i orkesterdiket pågå längre utan risk för detektion och en åtgärd där anses vara nödvändig.
- **Beslag på utrymningsdörrar**
I byggnaden förekommer många olika varianter av dörrbeslag på utrymningsdörrarna. Alla dessa skall till genomgående samma godkända utrymningsbeslag av panikregeltyp skulle detta förenkla en utrymning.

8.3 FÖRSLAG PÅ ÅTGÄRDER SOM *BÖR* GENOMFÖRAS

För att personsäkerhetsnivån i händelse av brand ska kunna anses tillfredsställande listas nedan åtgärder som bör genomföras. Åtgärderna är rangordnade inbördes med viktigaste åtgärden först.

- **Extra utrymningsdörrar**
I den västra delen av teatern finns en dörr ut till Restauranggatan som i dagsläget inte används. Att utrymma via en annan samlingslokal är ej tillåtet (BBR 5:371) men kravet kan frångås vid analytisk dimensionering. Problemet är att det samtidigt kan pågå aktiviteter i Restauranggatan som kan fördröja utrymningen. Dock är det en stor lokal med generöst tilltagna utrymningsvägar vilket gör det möjligt att utrymma via denna samlingslokal. Utrymningssimuleringar har visat att om denna dörr användes som utrymningsväg skulle utrymningstiden minska med en halv minut.
- **Larmknapp i teatern**
En larmknapp i ljud- och ljus teknikernas bås på läktaren i teatern skulle kunna förkorta detektions-, besluts- och reaktionstiden. Vid större arrangemang är båset alltid bemannat och en tidig aktivering av utrymningslarmet är en enkel åtgärd för att höja säkerheten i teatern.
- **Detektorer i orkesterdiket**
Detta utrymme är ett av få utrymmen i Slagthuset som nyttjas löpande av människor men som saknar både detektorer och sprinkler. För att tidigt kunna upptäcka en brand i detta stängda utrymme rekommenderas installation av rökdetektorer.
- **Borttagning av blomlåda i Restauranggatan**
Blomlådan framför utrymningsvägarna i Restauranggatan (se figur 8.1) kommer i händelse av utrymning att skapa långa köer. Utrymningssimuleringar visar att tiden till utrymd byggnad kan minskas med upp till två minuter. Därför bör denna blomlåda tas bort eller flyttas bort från dörrarna.



Figur 8.1: Bild utvisande blomlåda som delvis blockerar utrymningsväg.

- **Automatiska dörrstängare**

Rapporten har visat att öppna dörrar kan få stor inverkan på ett brandförlopp. För att minska risken för spridning av såväl brand som för att minimera risken för brandgas-spridning bör följande dörrar i Slagthuset förses med automatiska dörrstängare:

Dörren mellan Loge och Norra hallen
Dörren mellan Loge och Saluhallen
Dörren mellan förråd och Saluhallen

Dörrarna ovan är de som bedöms ha störst effekt på grund av att dörrarna avgränsar små utrymmen, där en brand relativt lätt kan begränsas av strypt syretillförsel, och stora publika lokaler.

- **Utrymningslarm**

Vid de tillfällen rökdetektorerna används ska det, enligt Boverket, finnas ett talat utrymningsmeddelande. I teatern rekommenderas en enkel ringsignal då det enligt försök har visat sig vara det mest effektiva alternativet (Frantzich, 2001).

- **Detektorer i loge**

I dagsläget saknas detektorer i logen. För att kunna detektera en brand i ett tidigt skede och minska konsekvenserna bör därför detektorer, enligt SBF110:6, installeras här (Nilsson, 2007).

- **Sprinkla orkesterdiket**

Att sprinkla utrymmet under scenen skulle höja säkerheten för teaterbesökarna drastiskt. Dock rekommenderas detta i kombination med kravet om en egen brandcell på grund av den i rapporten påvisade känsligheten för ett sprinklerhaveri.

8.4 ÖVRIGA FÖRSLAG PÅ ÅTGÄRDER

Nedan ges utan inbördes rangordning förslag på åtgärder som rekommenderas för att höja nivån på brandskyddet i Slagthuset.

- **Klä om soffor i Runda baren**
De soffor som finns i Runda baren bör kläs om för att minska risk för antändning och brandspridning på grund av de hål som finns i klädseln.
- **Minskat personantal i teatern**
En åtgärd för att korta ner utrymningstiderna i teatern är att minska personantalet. Utrymningssimulering visar att en minskning av femtio personer förkortar utrymningstiden ungefär en halv minut.
- **Byte av TV-monitor**
För att minska risken för brand i Hantverksgången bör utformningen av tv-monitorn ses över. Ett alternativ till dagens utformning skulle kunna vara att placera tv-apparaterna på en obrännbar ställning eller hänga dem från taket. Detta för att få bort lastpallarna och därmed minska effektutvecklingen på en eventuell brand. En upphängning i taket gör dem dessutom svårare att antända vid en anlagd brand, samtidigt som golvyta frigörs.
- **Automatiska funktioner som följd av utrymningslarm**
Då utrymningslarm startar vid nattklubbsverksamhet bör detta kopplas till DJ-båsen så att musiken stängs av automatiskt. Dessutom bör skynket i Restauranggatan avlägsnas automatiskt för att göra denna utrymningsväg tydlig. Dessa åtgärder bör åtgärdas för att minska personalens ansvar vid utrymning.
- **Fler larmknappar**
För att snabbare kunna larma Räddningstjänsten vid händelse av brand bör det installeras larmknappar i Slagthuset. Vid entrén i Hantverksgången finns det idag ingen larmknapp och det är ett av de ställen som en larmknapp skulle fylla sin funktion.

REFERENSER

Böcker och rapporter

Abrahamsson, Marcus (1997). *Scenariotänkande vid brandsyn i samlingslokaler*. Lund: Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.

Bengtson, Staffan (red.), Jönsson, Robert (red.) & Frantzich, Håkan (red.) (2005). *Brandskyddshandboken: en handbok för projektering av brandskydd i byggnader*. Lund: Lunds tekniska högskola, Lunds universitet

Drysdale, Dougal (1998). *An introduction to fire dynamics*. 2. ed. Chichester: Wiley

Frantzich, Håkan (2001). *Tid för utrymning vid brand: [FoU rapport]*. 2001 års utg. Karlstad: Räddningsverket

Handbok om brandbelastning. 1. uppl. (2008). Karlskrona: Boverket

ISO/WD 13390 Subsystem 1: Initiation and development of fire and fire effluents. (1995) Berlin. International organization for standardization (ISO)

Karlsson, Björn & Quintiere, James G (2000). *Enclosure fire dynamics*. Boca Raton, FL: CRC Press

Nilsson, Daniel & Holmstedt, Göran (2007). *Kompendium i aktiva system*. Lund: Lunds tekniska högskola, Lunds universitet

Nurmi, Veli-Pekka, Säskilahti, Veli-Matti och Törmänen, Mikka. (red.) (2001) *Elapparaters brandegenskaper och släckning av bränder i elapparater*. Helsingfors.

Regelsamling för byggande : Boverkets byggregler, BBR: BFS 1993:57 med ändringar till och med 2006:12. 1. uppl. (2006). Karlskrona: Boverket

Regler för automatisk vattensprinkleranläggning: RUS 120:4. (1993). Stockholm: Försäkringsförbundet

Svensk författningssamling: SFS. 1987:246, Plan- och bygglagen. (1987). Stockholm

Särdqvist, Stefan (1993). *Initial fires: RHR, smoke production and CO generation from single items and room fire tests*. Lund: Dept. of Fire Safety Engineering

Utrymningsdimensionering. 1. uppl. (2006). Karlskrona: Boverket

Internetkällor

Arbetsmiljöverket, <http://www.av.se> hämtat 2008-11-21

DBI, The Danish Institute of Fire and Security Technology, <http://en.dbi-net.dk/> hämtat 2008-10-12

IDA, Räddningsverkets statistikdatabas, <http://ida.srv.se> hämtat 2008-10-01

IES, Integrated Environmental Institution, <http://www.iesve.net> hämtat 2008-11-13.

NIST, <http://cfast.nist.gov> hämtat 2008-10-15 samt för Detact-T2,
<http://www.bfrl.nist.gov/866/fmabbs.html#DETTACTT2> hämtat 2008-10-30

Räddningsverket, <http://www.srv.se> hämtat 2008-11-17

Slagthuset, <http://www.slagthuset.se> hämtat 2008-10-05

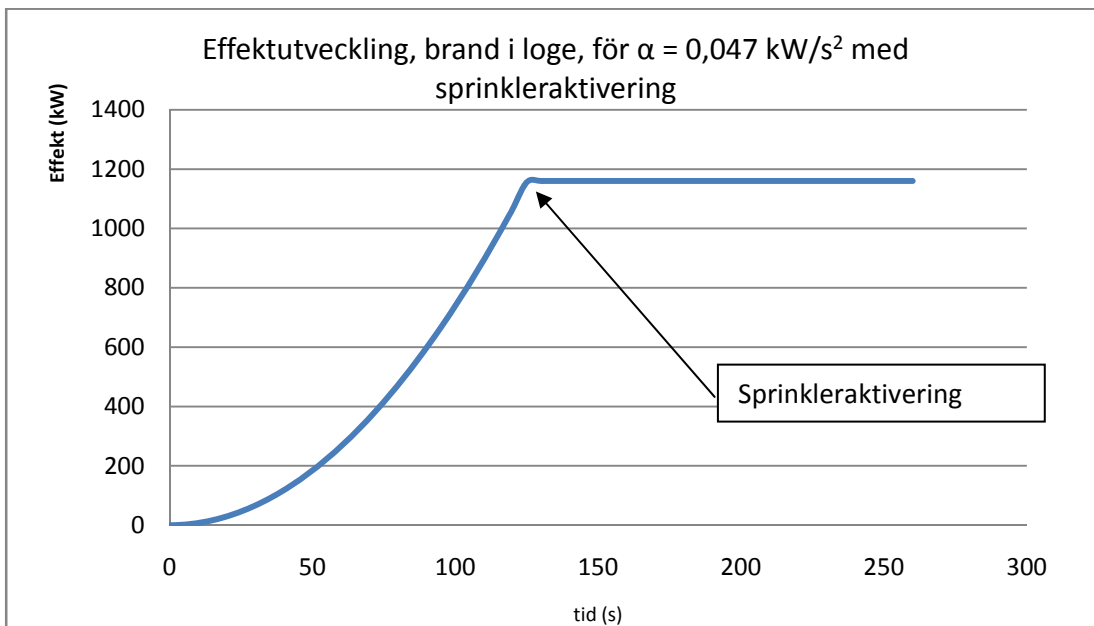
Personlig kommunikation

Lindmark, Ulrika, *Brandingenjör* Räddningstjänsten Syd. (2008-09-23). Malmö.

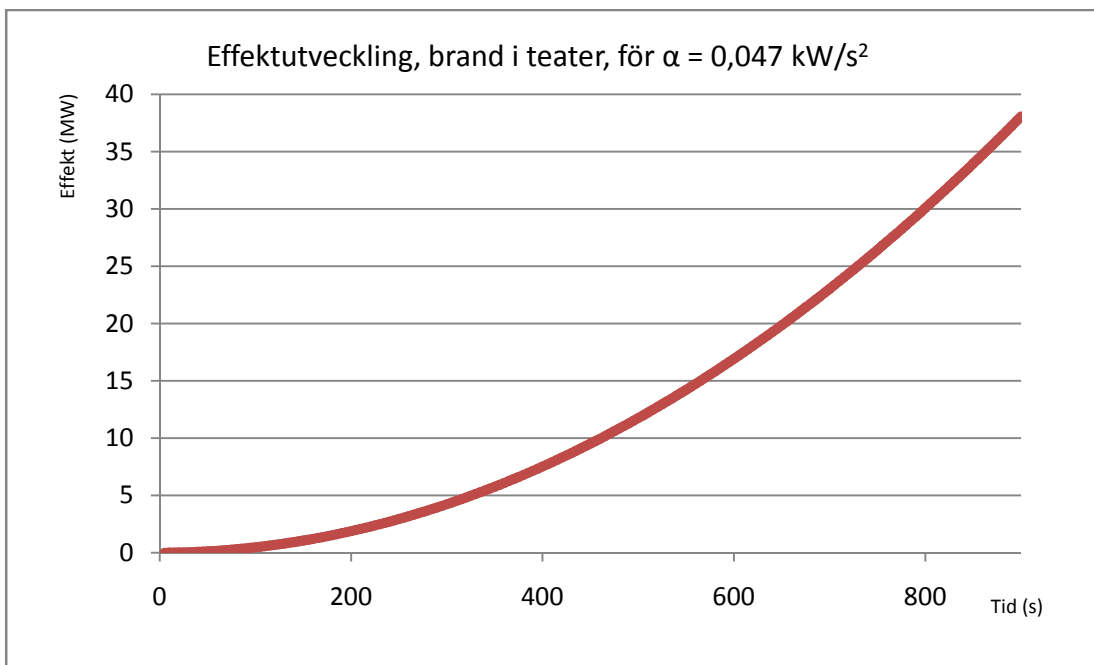
Nilsson, George, *Säkerhetsansvarig* Slagthuset. (2008-09-23). Malmö.

BILAGA A: EFFEKTKURVOR FÖR KÄNSLIGHETSANALYS

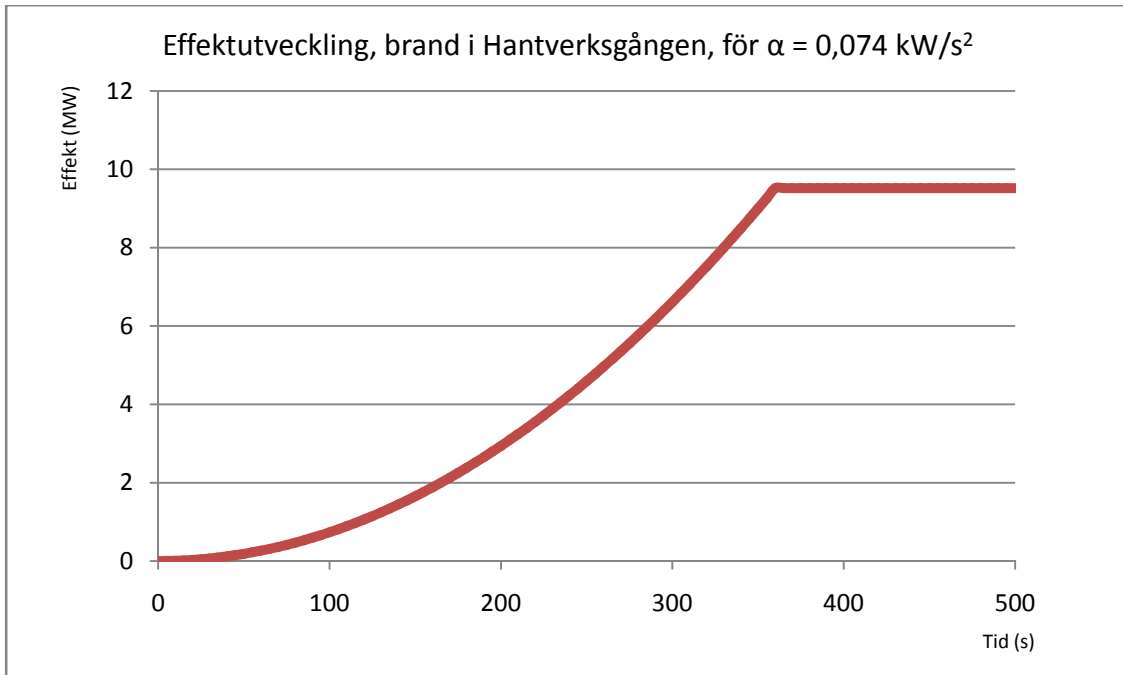
Nedan redovisas effektkurvor som använts för beräkning och simulering vid känslighetsanalys.



Figur A.1: Effektutveckling brand i loge för $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$ med sprinkleraktivering



Figur A.2: Effektutveckling för brand i teater, $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$



Figur A.3: Effektutveckling för brand i Hantverksgången, för $\alpha = 0,074 \text{ kW/s}^2$

BILAGA B: HANDBERÄKNINGAR

Nedan redovisas genomförda handberäkningar.

B.1 Brand i teater - rökfyllnadsberäkningar enligt Tanaka-Yamana

Rökfyllnadsberäkningarna har genomförts med Tanaka-Yamanas modell som är baserad på Zukoskis plymmodell. Modellen lämpar sig bäst då det gäller en stor lokal i förhållande till brandens omfattning. Beräkningsgången redovisas nedan. För en mer detaljerad beräkningsgång hänvisas till Karlsson, 2000. Följande antaganden har gjorts:

- Ingen tryckupbyggnad sker i lokalen.
- All energi som utvecklas i branden går till att värma brandgaserna.
- Temperaturskillnaden får inte vara alltför stor mellan brandgaserna och den omgivande luften.

$$k = \frac{0,21}{\rho_g} \cdot \left(\frac{\rho_a^2 \cdot g}{c_p \cdot T_a} \right)^{1/3} \quad (\text{B.1}),$$

$$z = \left(k \cdot \frac{\alpha^{1/3}}{s} \cdot \frac{2t^{1+n/3}}{n+3} + \frac{1}{H^{2/3}} \right)^{-3/2} \quad (\text{B.2})$$

$$\rho_g = \rho_a \left(1 - \frac{\alpha \cdot t^{n+1}}{(n+1) \cdot (H-z) \cdot s \cdot c_p \cdot 353} \right) \quad (\text{B.3})$$

Benämning	Förklaring	Enhet	Ingångsvärde
ρ_a	Omgivande luftens densitet	[kg/m ³]	1,2
g	Gravitationskonstant	[m/s ²]	9,81
c_p	Specifik värmekapacitet	[kJ/(kg K)]	1,0
T_a	Temperatur på omgivande luft	[K]	293
α	Tillväxthastighet	[kW/s ²]	0,047
S	Rumsarea	[m ²]	924
n	Tillväxthastighetsexponent	[-]	2
z	Kritisk höjd för brandgaslager	[m]	7
H	Rummets höjd	[m]	8,5
k	Dimensionslös konstant	[-]	Beräknas
ρ_g	Brandgasernas densitet	[kg/m ³]	Beräknas
t	Tid till rökfyllnad	[s]	Beräknas

1. Först gissas en densitet på brandgaserna som ska vara nära 1,0. Sedan används ekvation B.1 för att beräkna konstanten K.
2. Konstanten K används därefter i ekvation B.2 där t löses ut och beräknas.
3. Sedan kontrolleras gissningen genom ekvation B.3. Om inte den stämmer fortsätter man itereringen.
4. Brandgasernas densitet sätts till 1,15. Genom B.1 blir konstanten $K = 0,066$
5. Tiden till rökfyllnad till den aktuella nivån ($z = 7\text{m}$) beräknas genom B.2 till **125 sekunder**.
6. Brandgasernas densitet blir kontrolleras genom B.3 och blir då 1,12 vilket visar att gissningen var rimlig.

Då metoden inte tar hänsyn till att väggar och tak kyler brandgaserna kan man förvänta sig att metoden ger en snabbare tid än datasimuleringarna.

B.2 Handberäkning av effektutveckling och ventilationskontroll för brand i teater

Först beräknas luftens massa.

$$V = 12 \cdot 18 \cdot 50 \text{ m} = 10800 \text{ m}^3 \rightarrow m = \rho \cdot V = 1,2 \cdot 10800 = 12960 \approx 13000 \text{ kg}$$

V	rummets volym [m^3]
m	massa [kg]
ρ	densitet [kg/m^3]

Därefter beräknas hur stor effekt förbränning av denna luft totalt kan ge upphov till. I beräkningsgången har det antagits att branden självslocknar då syrenivån i luften är under 10 %. Förbrännings-effektiviteten har antagits till 0,7 och samtliga av teaterns dörrar är stängda.

$$Q = m_{O_2} \cdot x \cdot (0,21 - 0,10) \cdot \Delta H_{c,O_2} = 13000 \cdot 0,7 \cdot (0,21 - 0,10) \cdot 13100 \approx 13000 \text{ MJ}$$

$\Delta H_{c,O_2} = 13100$	förbränningsentalpi	[kJ/kg]
x	förbränningseffektivitet	[-]

Genom att integrera under den valda effektkurvan undersöks huruvida bristen på syre kommer att begränsa branden.

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2 \rightarrow Q = \frac{\alpha \cdot t^3}{3} = \frac{0,047 \cdot t^3}{3} = 13000000 \rightarrow t = 940 \text{ s} > 900 \text{ s}$$

\dot{Q}	effekt	[kW]
t	tid	[s]
Q	energi	[kJ]

Denna tid har integrerats fram under brandens tillväxtfas endast upp till maxeffekten 3700 kW. Efter att denna uppnåtts fortsätter branden med konstant effekt i 15 minuter i genomförda simuleringar. Denna tid med maxeffekt har ej tagits med i beräkningarna eftersom resultatet ovan ändå visar att den inte blir ventilationskontrollerad under simulerad tid.

Vid en utrymning kommer dessutom utrymningsdörrarna att vara öppna vilket i sin tur kommer leda till att ännu mer syre tillförs än beräknat.

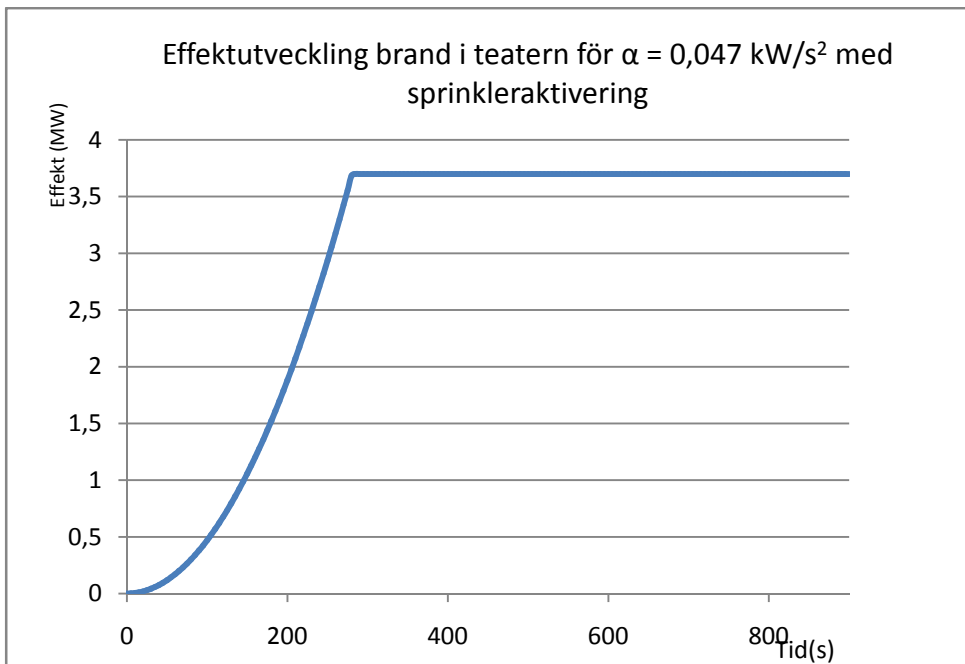
B.3. Kontroll av maxeffekt för brand i teater

Träpanel på golvet har en maxeffekt på 170 kW/m² (Abrahamsson, 1997). Beräknad scenyta i teatern är 160 m² vilket skulle ge en maxeffekt på 27 MW vilket klart överstiger maxeffekten på den använda effektkurvan.

B.4 Kontroll av total brinntid för brand i teater

Den totala energi som utvecklas under den dimensionerande branden beräknas enligt

$$Q = \frac{\alpha \cdot t^3}{3} + 3,7 \cdot \Delta t$$



Figur B.4.1: Effektutveckling brand i teatern för $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$ med sprinkleraktivering.

Ovanstående formel motsvarar arean under grafen i figuren ovan. Resultatet blir

$$Q = \frac{0,047 \cdot 280^3}{3} + 3700 \cdot (900 - 280) \approx 2600 \text{ MJ}$$

Den dimensionerande brandbelastningen för en teater antas till 370 MJ/m² (Handbok om brandbelastning, 2008). Med antagen brandbelastning motsvarar det en scenyta på 7 m². Eftersom scenen är 160 m² kan det antas att branden med stor säkerhet aldrig kommer att begränsas av bränsleåtgång.

B.5 Handberäkning av effektutveckling och ventilationskontroll för brand i loge

Benämning	Förklaring	Enhet	Ingångsvärde
ρ_a	Luftens densitet	kg/m ³	1,2
α	Tillväxthastighet brand	kW/s ²	0,047
n	Tillväxthastighetsexponent	-	2
\dot{Q}	Effekt	kW	beräknas
Q	Energi	kJ	beräknas
t	Tid	s	beräknas
x	Förbränningseffektivitet	-	0,7
V	Logens volym	m ³	beräknas
m	Luftens massa	kg	beräknas

För att beräkna hur mycket energi luftinnehållet i logen kan utveckla beräknas först luftens massa

$$V = 6 \cdot 8 \cdot 2,4 \text{ m} = 115 \text{ m}^3 \rightarrow m = \rho_a \cdot V = 1,2 \cdot 115 = 138 \approx 140 \text{ kg}$$

Därefter beräknas den energi som syret i luften kan ge upphov till. Det har antagits att branden slocknar då syrenivån sjunker under 10 %.

$$Q = m_{O_2} \cdot x \cdot (0,21 - 0,10) \cdot \Delta H_{c,O_2} = 140 \cdot 0,7 \cdot (0,21 - 0,10) \cdot 13,1 = 141 \approx 140 \text{ MJ}$$

Sedan beräknas den tid det tar för branden att förbruka den energin.

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2 \rightarrow Q = \frac{\alpha \cdot t^3}{3} \rightarrow \frac{0,047 \cdot t^3}{3} = 140000 \rightarrow t \approx 200 \text{ s}$$

Tiden används därpå för att beräkna en maxeffekt.

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2 = 0,047 \cdot 200^2 \approx 2000 \quad [\text{kW}]$$

Detta innebär att maxeffekten kommer bli 2000 kW.

Då dörren öppnas från Norra Hallen kommer branden att bli ventilationskontrollerad vid ca 3 MW på grund av större öppningsarea enligt följande beräkningar

$$\dot{m} = 0,5 \cdot A_O \cdot \sqrt{H_O} = 0,5 \cdot (2,1 \cdot 0,9) \cdot \sqrt{2,1} = 1,36 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m} \quad \text{massflöde} \quad [\text{kg/s}]$$

$$A_O \quad \text{öppningsyta} \quad [\text{m}^2]$$

$$H_O \quad \text{öppningens höjd} \quad [\text{m}]$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot x \cdot 0,21 \cdot \Delta H_{c,O_2} = 1,36 \cdot 0,7 \cdot 0,21 \cdot 13,1 = 2,6 \text{ MW} \approx 3 \text{ MW}$$

Metoden förutsätter att rummet blivit övertänt.

B.6 Handberäkning av effektutveckling och ventilationskontroll för brand i Hantverksgången

Tillväxthastigheten för lastpallar är *fast* $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$ (Karlsson, 2000) och för träpanel $0,1 \text{ kW/s}^2$ beräknat ur graf O3/10 (Särdqvist, 1993) där effekten uppgick till 2000 kW efter tiden 140 sekunder. Utifrån dessa två värden har ett medelvärde beräknats.

$$0,5 \cdot 0,047 + 0,5 \cdot 0,10 = 0,074$$

Eftersom branden antas antända längs ned i lastpallarna har TV-apparaternas tillväxthastighet ej tagits med i beräkningarna. Dessa är dessutom lägre än det valda värdet (Nurmi, 2001). Branden antas bli bränslekontrollerad eftersom ytterst lite brännbara material finns i närheten. Monitorns maxeffekt har uppskattats nedan. TV-apparaternas maxeffekt är tagna från den finska Säkerhetsteknikscenariens material om elektriska apparater (Nurmi, 2001) där maxeffekten för TV-apparater uppskattades till 250-300 kW styck.

	Uppskattad maxeffekt (MW)
Tv-apparater	2,5
Lastpallar	5,5
Plywoodskivor	1,5
Totalt	9,5

Tabell B.6.1: Uppskattad maxeffekt för brand i Hantverksgången, för nio st tv-apparater samt lastpallar.

B.7 Strålningsberäkning brand i Hantverksgången

För att beräkna strålningen från flammen till en punkt beräknas först flamhöjden. Det görs genom tillämpning av Heskestads flamhöjdsrelation (Karlsson, 2000).

$$L = 0,235 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02d$$

d	Branddiameter	2	[m]
\dot{Q}	Effektutveckling	5800	[kW]
L	Flamhöjd	beräknas	[m]

d har uppskattats genom att approximera lastpallarna till en cirkel med bibehållen area.

Ekvationen med använda värden ger L= 5,3 meter.

För att korrelationen ska vara giltig måste följande villkor uppfyllas:

$$0,5 \leq \left(\frac{L/d + 1,02}{3,7} \right)^{5/2} \leq 1000$$

$$\dot{Q}^* \left(\frac{5,32/\sqrt{2} + 1,02}{3,7} \right)^{5/2} = 0,98 \rightarrow \text{korrelationen är giltig.}$$

Därefter adderas lastpallarnas höjd, 3 meter. $L_{\text{tot}} = 7,9$ meter

Lägsta möjliga synfaktor för att ge den kritiska strålningsnivån på 2500 W/m² ges av

$$\phi_{\text{tot}} = \frac{\dot{Q}''}{\varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4}$$

σ	Stefan-Boltzmanns konstant	[W/m ² K ⁴]	$5,67 \cdot 10^{-8}$
ε	Emissiviteten	[-]	0,7
\dot{Q}''	Strålningsintensitet	[W/m ²]	2500
T	Flamtemperatur	[K]	1073
ϕ	Synfaktor	[-]	Beräknas

$$\phi_{\text{tot}} = \frac{2500}{0,7 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 1073^4} = 0,048$$

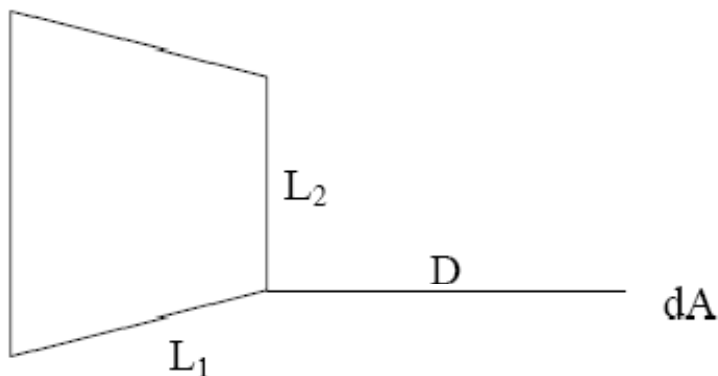
Därefter delas synfaktorn in i fyra delar (se figur B.7.1 nedan)

Beräkning av synfaktor från yta till punkt

Table 2.7 Values of $\phi(\alpha, S)$ for various values of α and S^*

α	$S = 1$	$S = 0.9$	$S = 0.8$	$S = 0.7$	$S = 0.6$	$S = 0.5$	$S = 0.4$	$S = 0.3$	$S = 0.2$	$S = 0.1$
2.0	0.178	0.178	0.177	0.175	0.172	0.167	0.161	0.149	0.132	0.102
1.0	0.139	0.138	0.137	0.136	0.133	0.129	0.123	0.113	0.099	0.075
0.9	0.132	0.132	0.131	0.130	0.127	0.123	0.117	0.108	0.094	0.071
0.8	0.125	0.125	0.124	0.122	0.120	0.116	0.111	0.102	0.089	0.067
0.7	0.117	0.116	0.116	0.115	0.112	0.109	0.104	0.096	0.083	0.063
0.6	0.107	0.107	0.106	0.105	0.103	0.100	0.096	0.088	0.077	0.058
0.5	0.097	0.096	0.096	0.095	0.093	0.090	0.086	0.080	0.070	0.053
0.4	0.084	0.083	0.083	0.082	0.081	0.079	0.075	0.070	0.062	0.048
0.3	0.069	0.068	0.068	0.068	0.067	0.065	0.063	0.059	0.052	0.040
0.2	0.051	0.051	0.050	0.050	0.049	0.048	0.047	0.045	0.040	0.032
0.1	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.027	0.026	0.024	0.021
0.09	0.026	0.026	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.024	0.022	0.019
0.08	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.022	0.022	0.020	0.017
0.07	0.021	0.021	0.021	0.021	0.020	0.020	0.020	0.019	0.018	0.016
0.06	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.017	0.017	0.016	0.014
0.05	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.014	0.014	0.013
0.04	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.011	0.010
0.03	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.008
0.02	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
0.01	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003

* $S = L_1/L_2$ and $\alpha = (L_1 \times L_2)/D^2$ (see Figure 2.21). From McGuire (1953). Reproduced by permission of The Controller, HMSO. © Crown copyright.



Figur B.7.1: Beräkning av synfaktor från yta till punkt (Drysdale, 1998)

$$\phi = 0,0475/4 = 0,012$$

$$L_1 = 7,9/2 = 3,95$$

Tre bredsidor lastpallar ger en total längd på 2,4 meter vilket ger att:

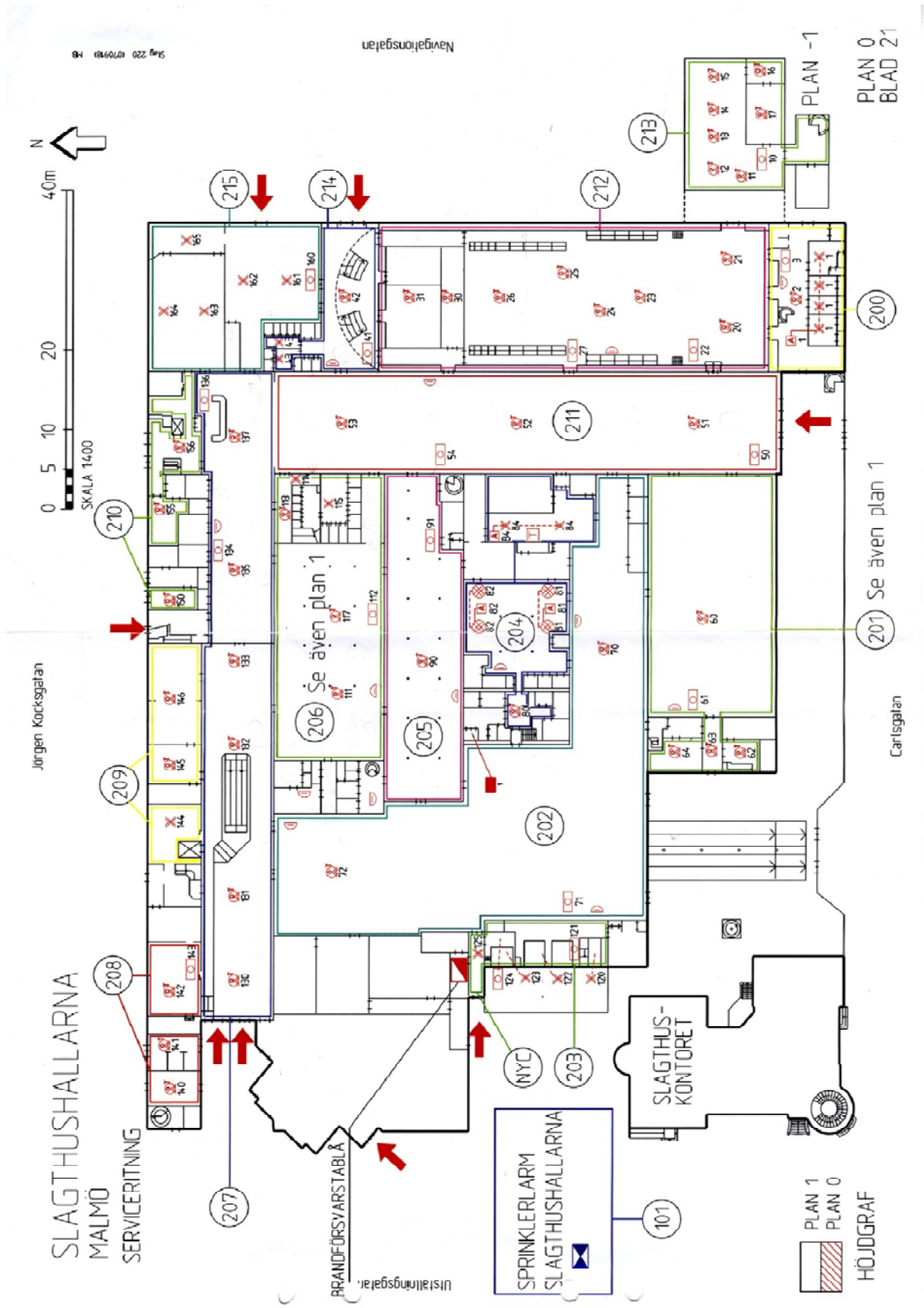
$$L_2 = 2,4/2 = 1,2$$

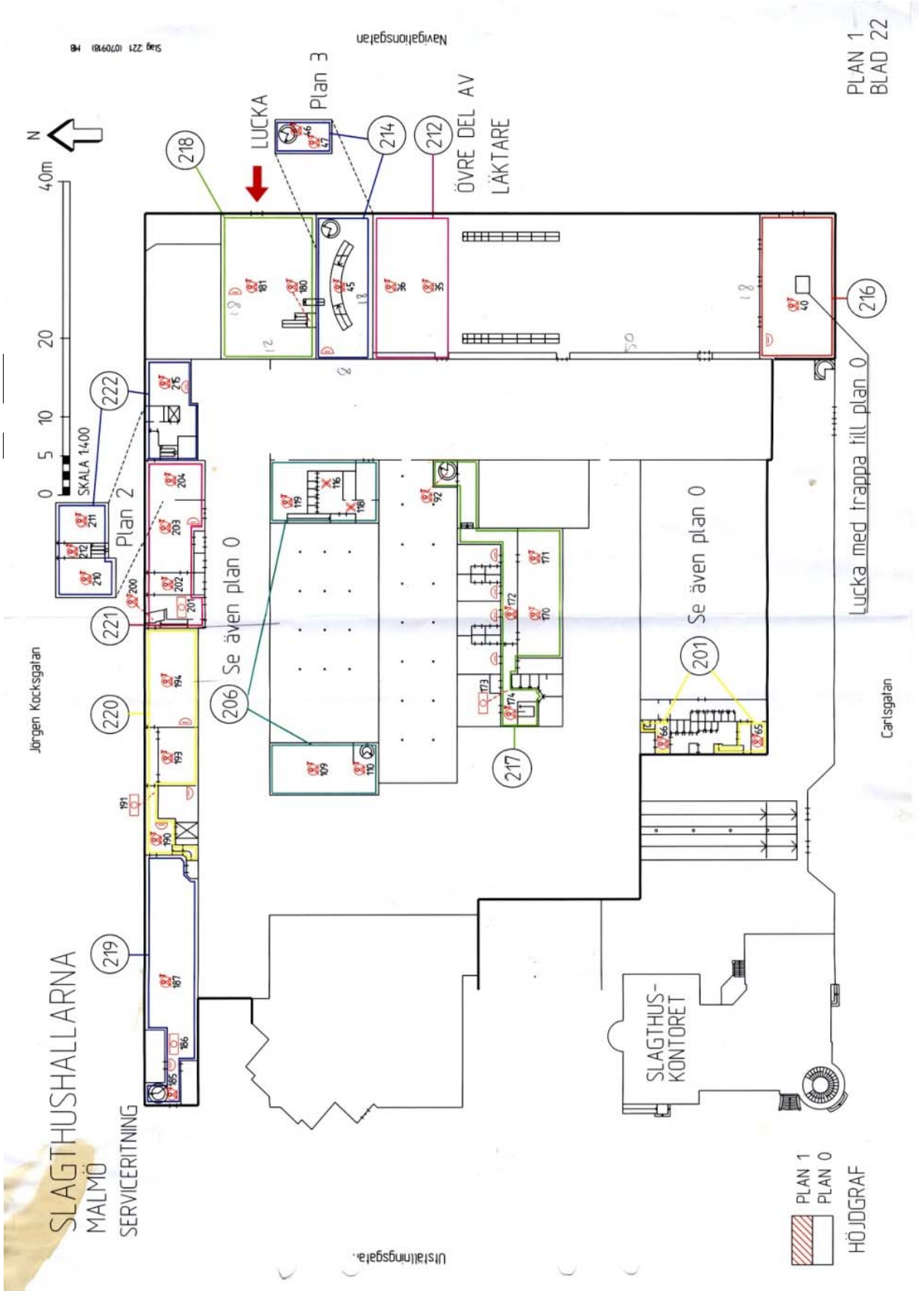
Genom användning av tabell ovan beräknas S till 0,34. Med en synfaktor på 0,012 ger det $\alpha = 0,12$

D ges av följande ekvation:

$$D = \sqrt{\frac{L_1 \cdot L_2}{\alpha}} \text{ som med insatta värden ger ett avstånd på 10,6 meter.}$$

BILAGA C: SERVICERITNING FÖR BRANDLARM





BILAGA D: INMATADE DATA I DETACT-T2 SAMT TID TILL SPRINKLERAKTIVERING

	Tillväxthastighet kW/s ²	Höjd ovanför bränsle (m)	RTI (m ^{0,5} s ^{0,5})	Avstånd mellan sprinkler (m)	Aktiverings- temp (°C)	Tid till aktivering (s)
Hantverks- gången	0,074	10	100	4	68	281
Hantverks- gången	0,19	10	100	4	68	201
Loge	0,047	3	100	4	68	160
Teater	0,047	9	100	4	68	280

Tabell D.1: Inmatade data för respektive scenario till Detact-T2 samt framräknad tid till sprinkleraktivering

BILAGA E: TID TILL KRITISKA FÖRHÅLLANDEN UR CFAST

Nedan visas en sammanställning över samtliga tider till kritiska förhållanden för CFAST.

Tillväxthastighet	$\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$, <i>sprinkler</i>	$\alpha=0,074 \text{ kW/s}^2$, <i>sprinkler</i>	$\alpha=0,19 \text{ kW/s}^2$, <i>sprinkler</i>	$\alpha=0,074 \text{ kW/s}^2$
Var	Hantverkaregången	Hantverkaregången	Hantverkaregången	Hantverkaregången
När (sekunder)	220	200	140	200
Pga	BGL < krit	BGL < krit	BGL < krit	BGL < krit

Tillväxthastighet	$\alpha=0,012 \text{ kW/s}^2$, <i>sprinkler</i>	$\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$, <i>sprinkler</i>	$\alpha=0,19 \text{ kW/s}^2$, <i>sprinkler</i>	$\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$
Var	Teater, främre	Teater, främre	Teater, främre	Teater, främre
När (sekunder)	330	250	160	250
Pga	BGL < krit	BGL < krit	BGL < krit	BGL < krit

Tillväxthastighet	$\alpha=0,012 \text{ kW/s}^2$	$\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$	$\alpha=0,19 \text{ kW/s}^2$	$\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$, <i>sprinkler</i>
Var	Norra Hallen ²	Norra Hallen ¹	Norra Hallen ²	Norra Hallen ¹
När (sekunder)	330	270	250	270
Pga	BGL < krit	BGL < krit	BGL < krit	BGL < krit

Tabell E.1: Samtliga simulerade tider till kritiska förhållanden för CFAST

"Dålig sikt, > 1 ob" innebär låg temperaturdifferens, alltså väl omblandade gaser i rummet.

"BGL < krit" innebär att brandgaslagret når kritisk höjd OCH har en optisk densitet som överstiger 1 obscura

BILAGA F: TID TILL KRITISKA FÖRHÅLLANDEN UR ARGOS

Var	Tillväxt-hastighet	Pga	När (sek)	Var	Tillväxt-hastighet	Pga	När (sek)	Var	Tillväxt-hastighet	Pga	När (sek)
Norra hallen	$\alpha=0,012$ kW/s ²	Dålig sikt, > 1 ob	390	Norra hallen	$\alpha=0,012$ kW/s ²	Dålig sikt, > 1 ob	390	Hant-verks gång-	$\alpha=0,047$ kW/s ²	Dålig sikt, > 1 ob	270
Norra hallen	$\alpha=0,047$ kW/s ²	Dålig sikt, > 1 ob	270	Norra hallen	$\alpha=0,047$ kW/s ²	Dålig sikt, > 1 ob	240	Hant-verks gång-	$\alpha=0,074$ kW/s ²	Dålig sikt, > 1 ob	270
Norra hallen	$\alpha=0,19$ kW/s ²	Dålig sikt, > 1 ob	180	Norra hallen	$\alpha=0,19$ kW/s ²	BGL < 2 m	180	Hant-verks gång-	$\alpha=0,19$ kW/s ²	Dålig sikt, > 1 ob	180
Norra hallen	$\alpha=0,012$ kW/s ² , sprinkler	Dålig sikt, > 1 ob	390	Norra hallen	$\alpha=0,012$ kW/s ² , sprinkler	Dålig sikt, > 1 ob	390	Hant-verks gång-	$\alpha=0,047$ kW/s ² , sprinkler	Dålig sikt, > 1 ob	270
Norra hallen	$\alpha=0,047$ kW/s ² , sprinkler	Dålig sikt, > 1 ob	240	Norra hallen	$\alpha=0,047$ kW/s ² , sprinkler	Dålig sikt, > 1 ob	240	Hant-verks gång-	$\alpha=0,074$ kW/s ² , sprinkler	Dålig sikt, > 1 ob	270
Norra hallen	$\alpha=0,19$ kW/s ² , sprinkler	Dålig sikt, > 1 ob	180	Norra hallen	$\alpha=0,19$ kW/s ² , sprinkler	BGL < 2 m	210	Hant-verks gånen	$\alpha=0,19$ kW/s ² , sprinkler	Dålig sikt, > 1 ob	180

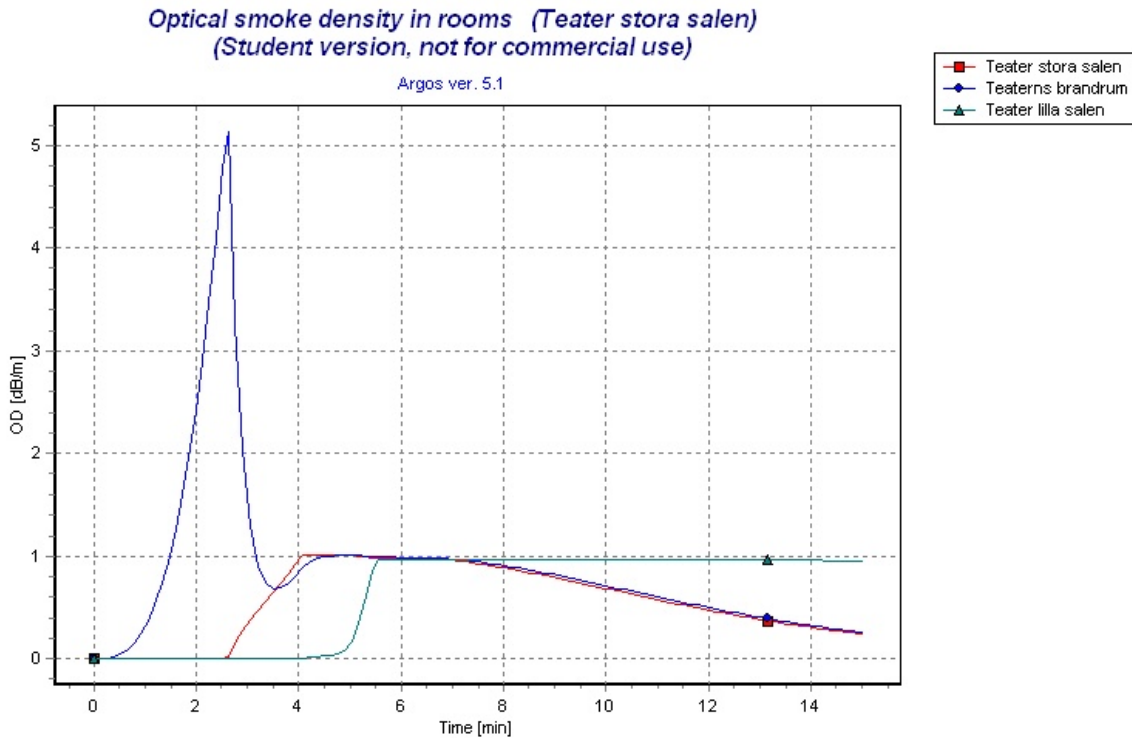
Tabell F.1: Samtliga simulerade tider till kritiska förhållanden för ARGOS

"Dålig sikt, > 1 ob" innebär låg temperaturdifferens, alltså väl omlandade gaser i rummet.

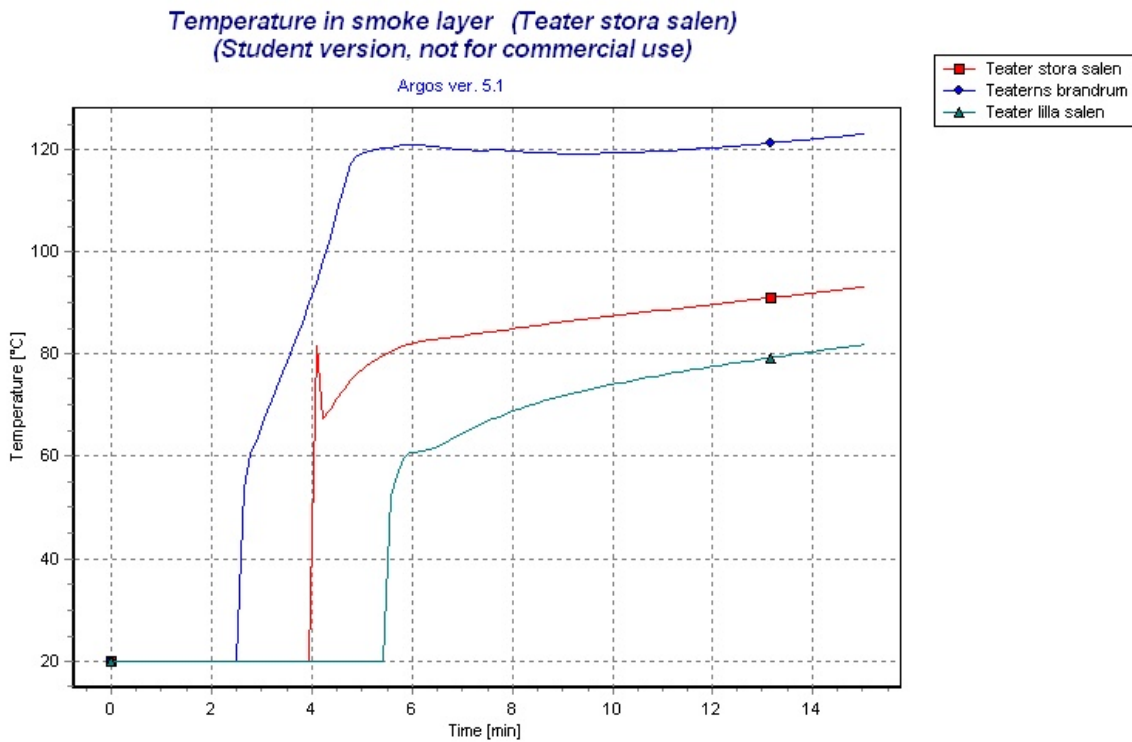
"BGL < krit" innebär att brandgaslagret når kritisk höjd OCH har en optisk densitet som överstiger 1 obscura

BILAGA G: RESULTAT AV SIMULERING UR ARGOS

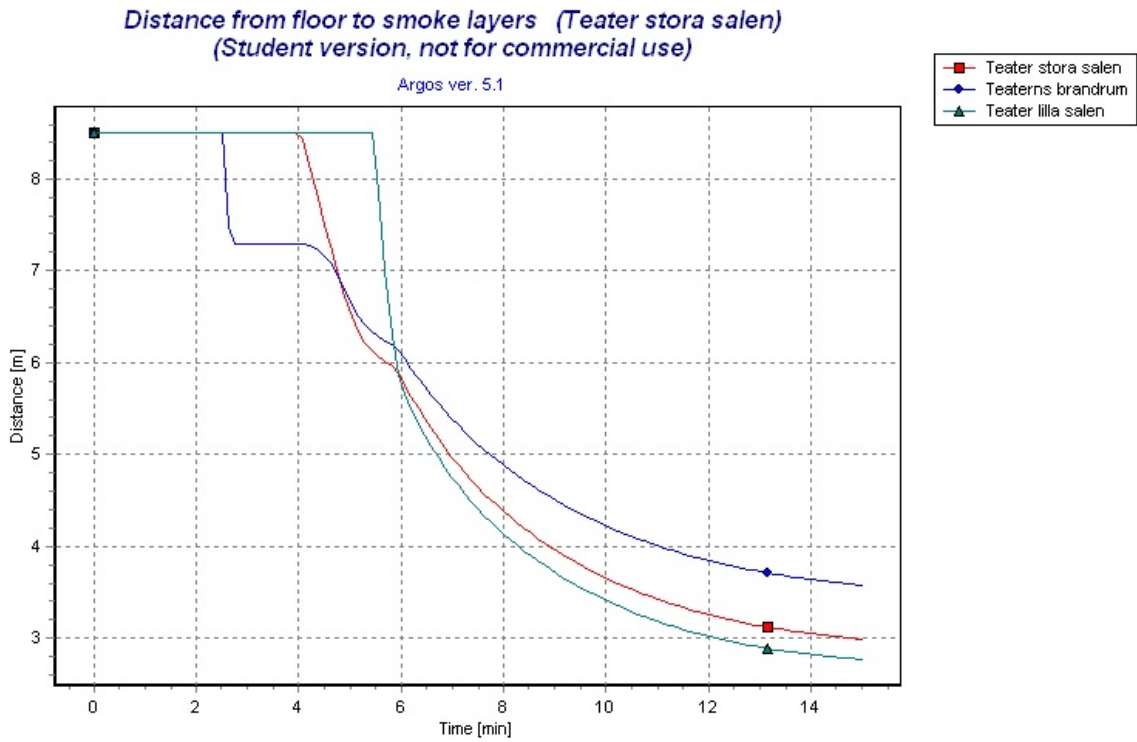
Brand i teater



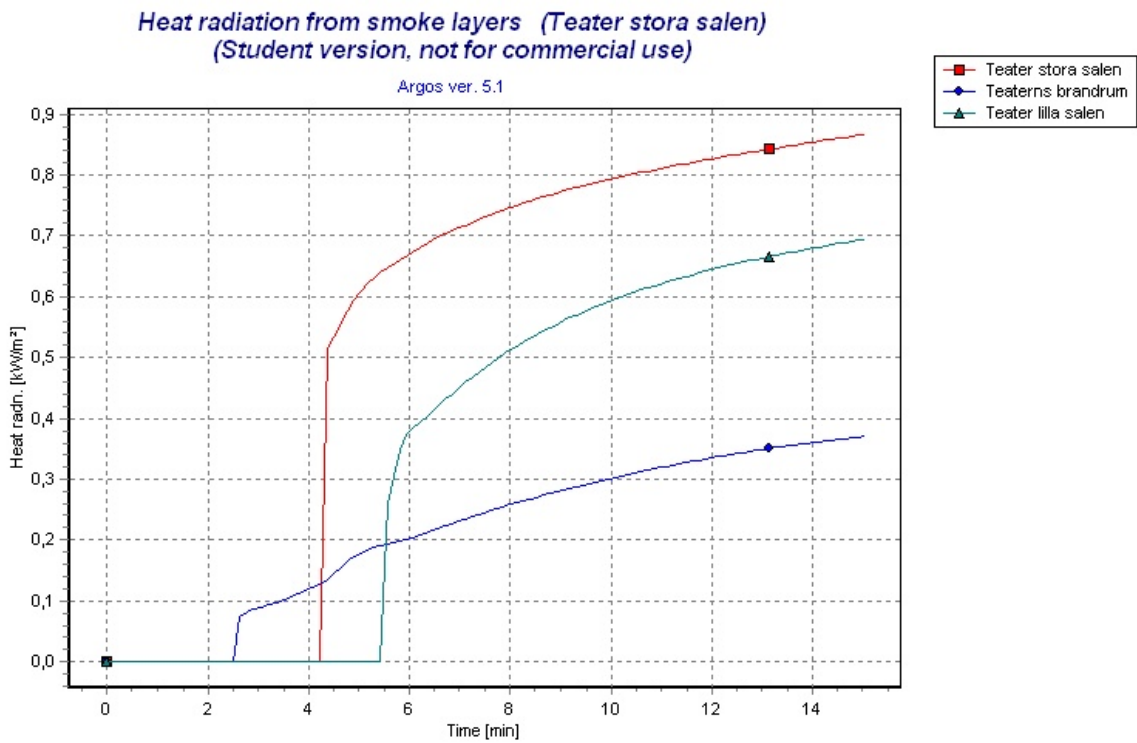
Figur G.1: Optisk densitet i salongens olika delar vid brand i teater med $\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$.



Figur G.2: Temperatur i brandgaslagret för salongens olika delar vid brand i teater med $\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$.

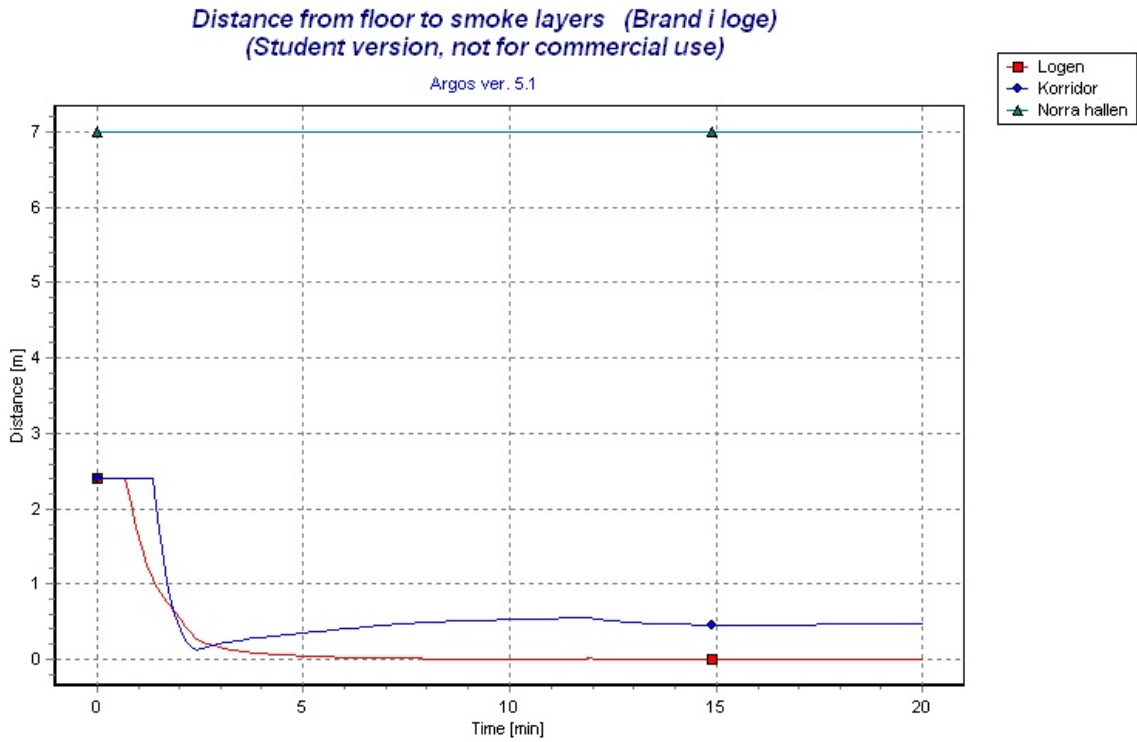


Figur G.3: Brandgaslagrets höjd över golvet för salongens olika delar vid brand i teater med $\alpha=0,047$ kW/s^2 .

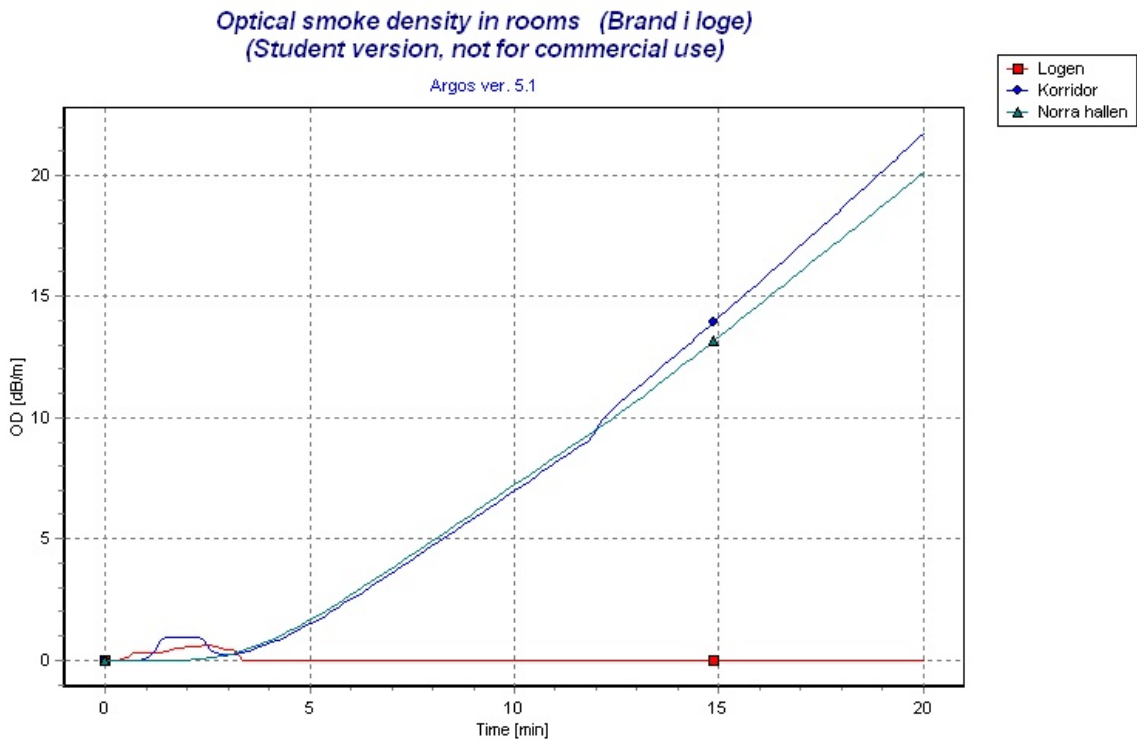


Figur G.4: Strålning från brandgaserna för salongens olika delar vid brand i teater med $\alpha=0,047$ kW/s^2 .

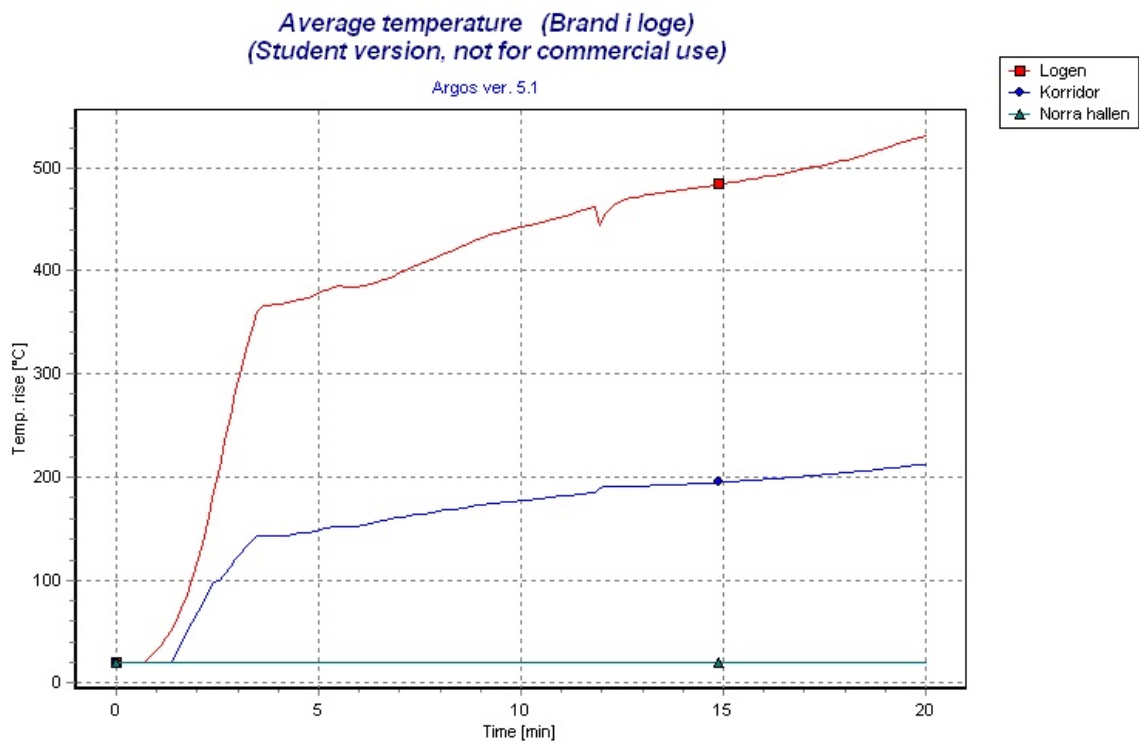
Brand i loge



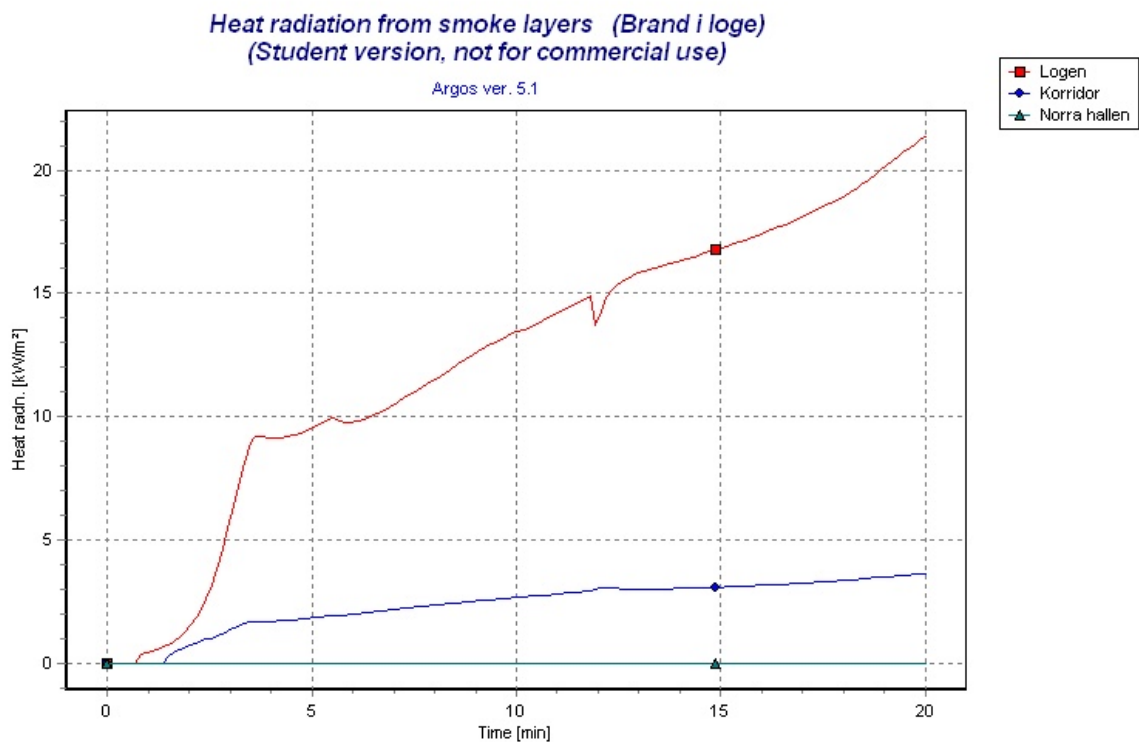
Figur G.5: Brandgaslagrets höjd över golvet för brand i loge med $\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$.



Figur G.6: Optisk densitet i rummen för brand i loge med $\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$.

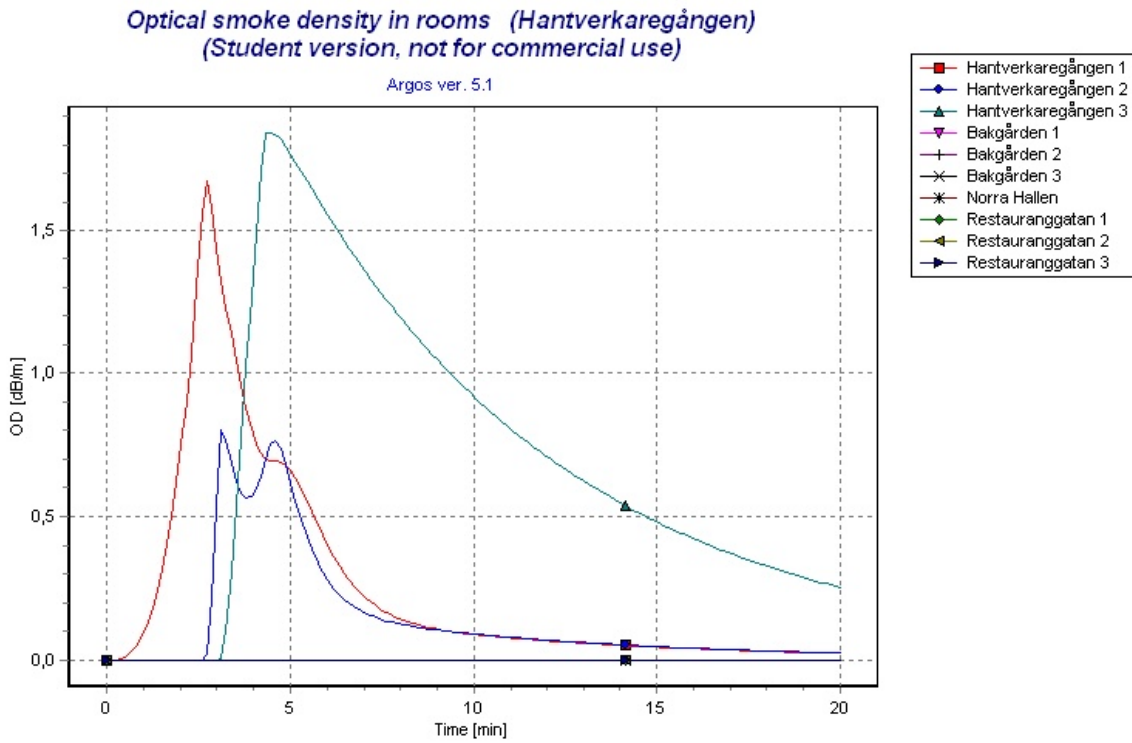


Figur G.7: Temperatur i rummen för brand i loge med $\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$.

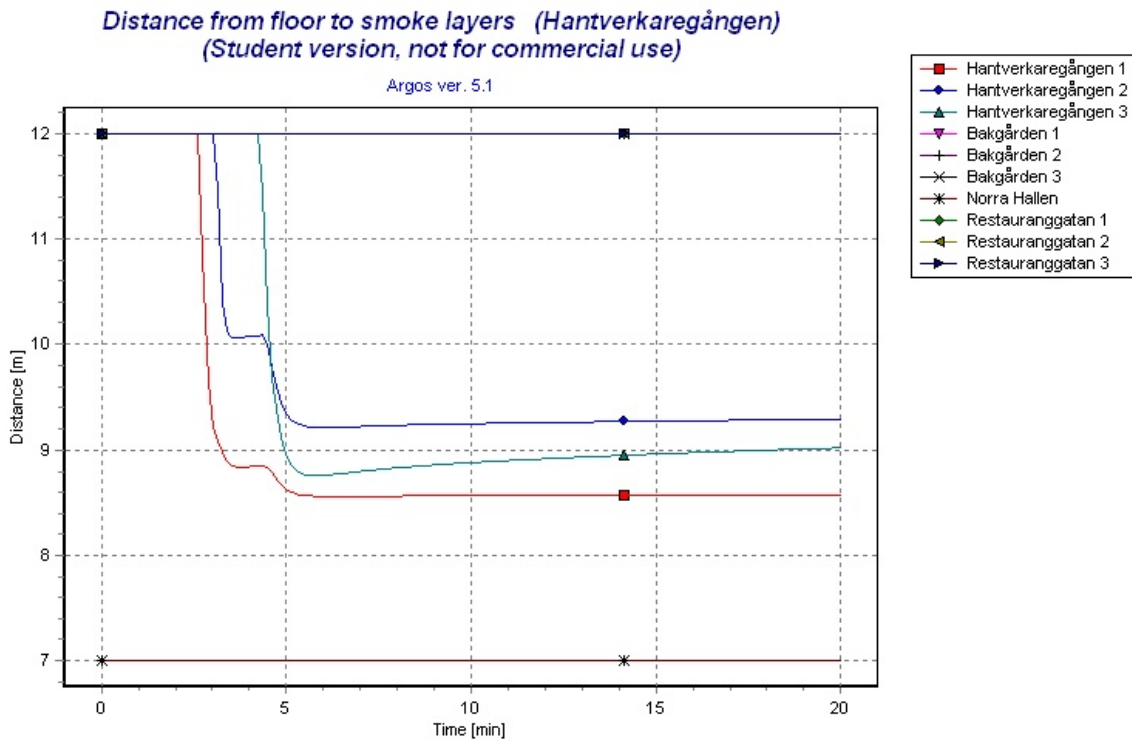


Figur G.8: Strålning från brandgaserna för brand i loge med $\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$.

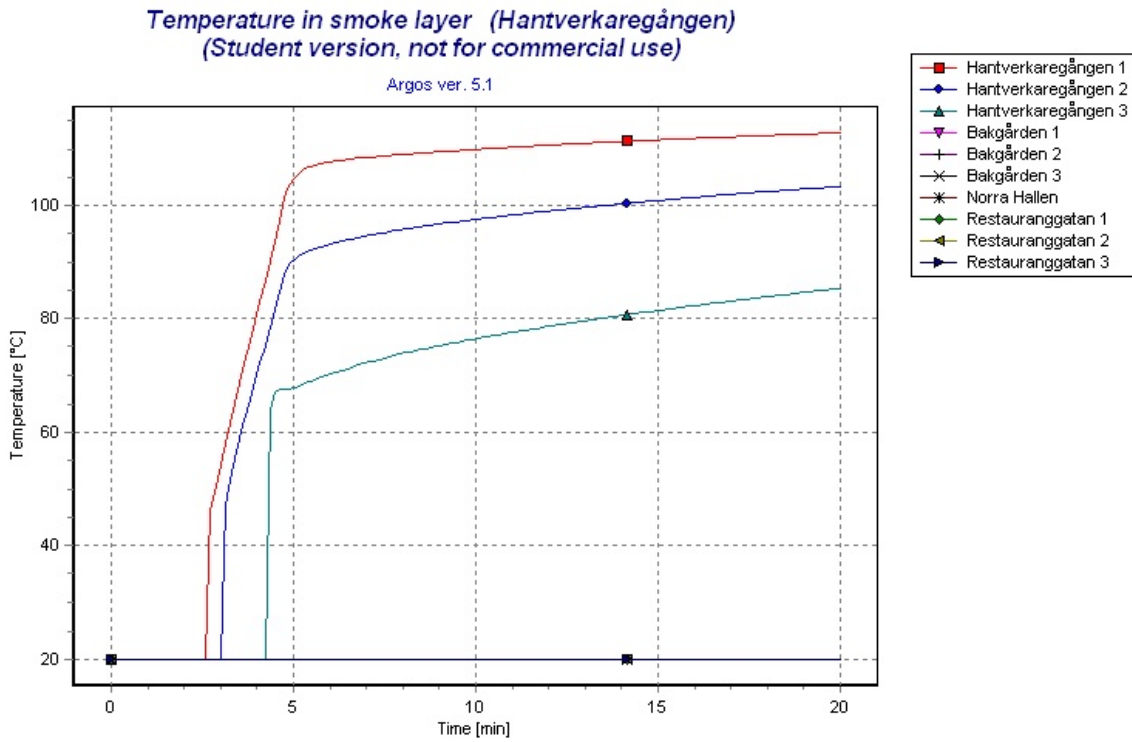
Brand i Hantverksgången



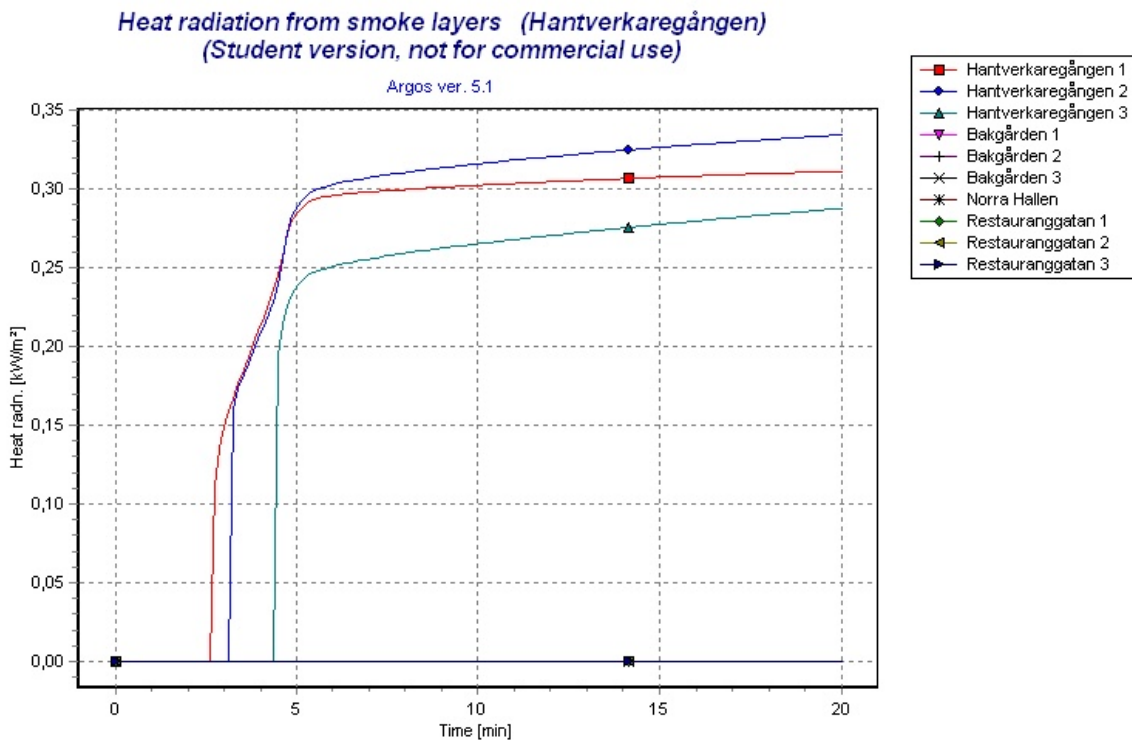
Figur G.9: Optisk densitet i rum för brand i Hantverksgången med $\alpha=0,074 \text{ kW/s}^2$.



Figur G.10: Brandgaslagrets höjd över golvet vid brand i Hantverksgången med $\alpha=0,074 \text{ kW/s}^2$.



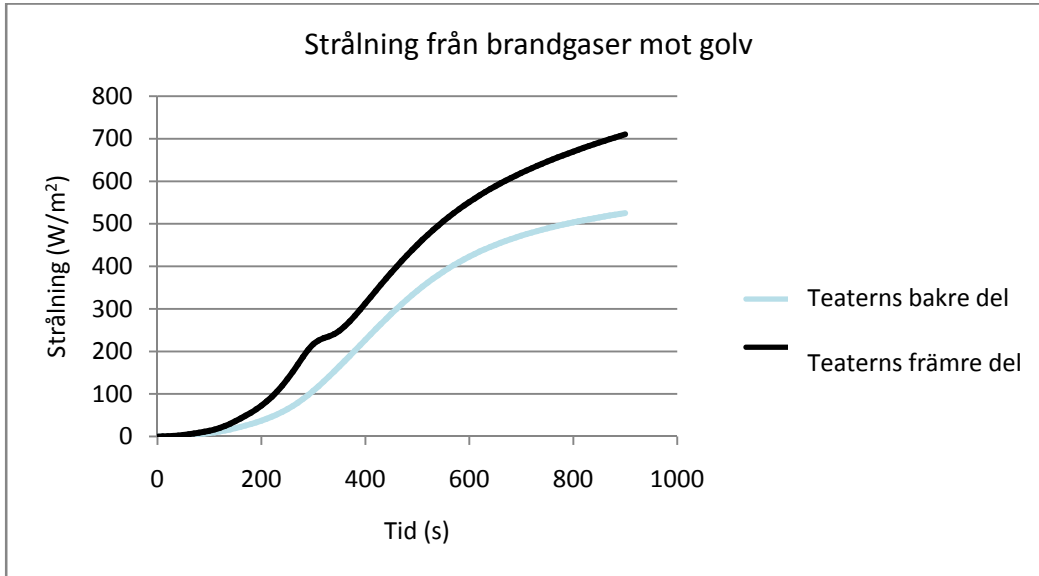
Figur G.11: Temperatur i brandgaslagret vid brand i Hantverksgången med $\alpha=0,074 \text{ kW/s}^2$.



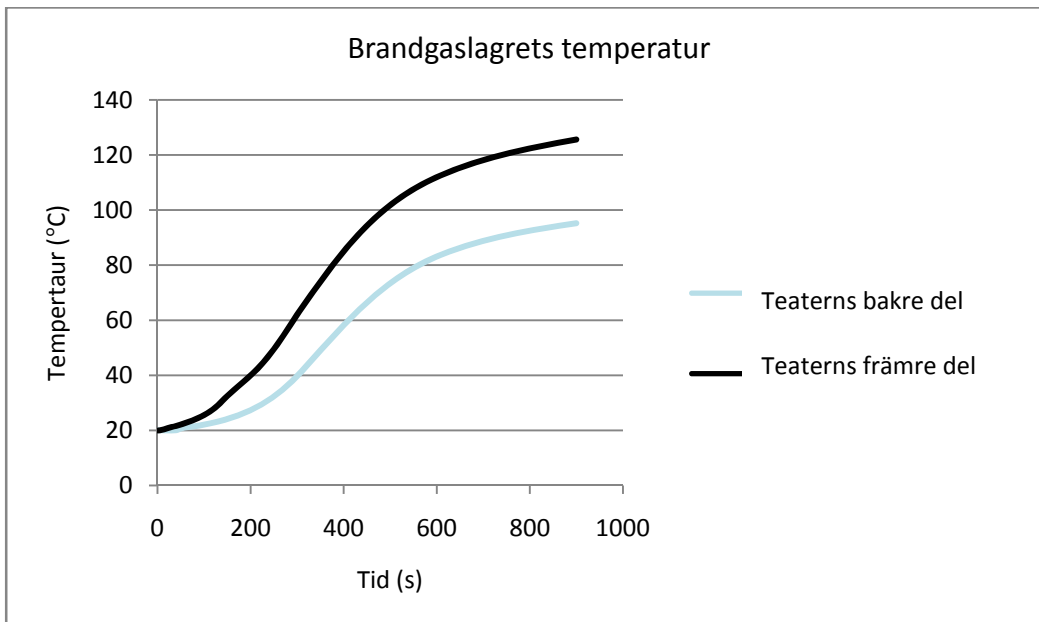
Figur G.12: Strålning från brandgaserna vid brand i Hantverksgången med $\alpha=0,074 \text{ kW/s}^2$.

BILAGA H: RESULTAT AV SIMULERING UR CFAST

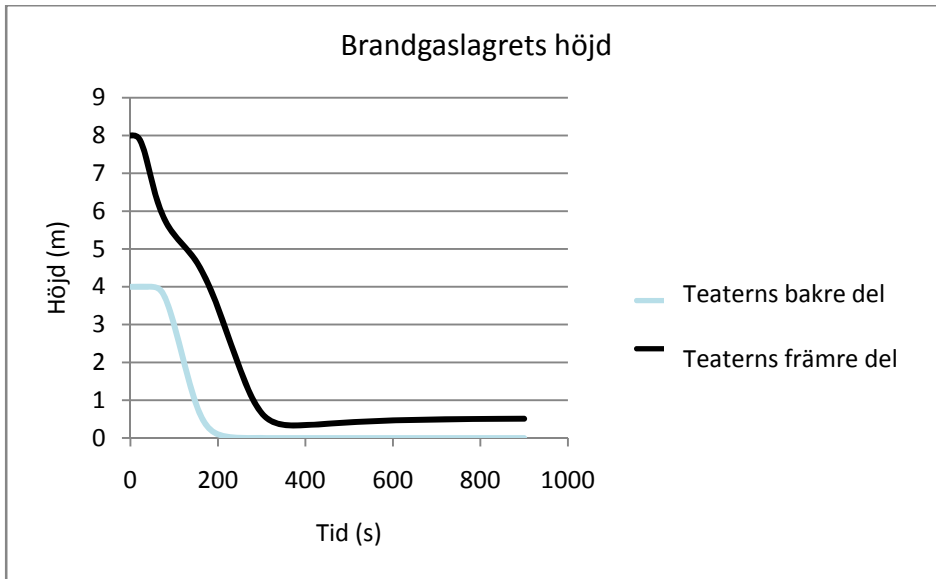
Brand i teatern



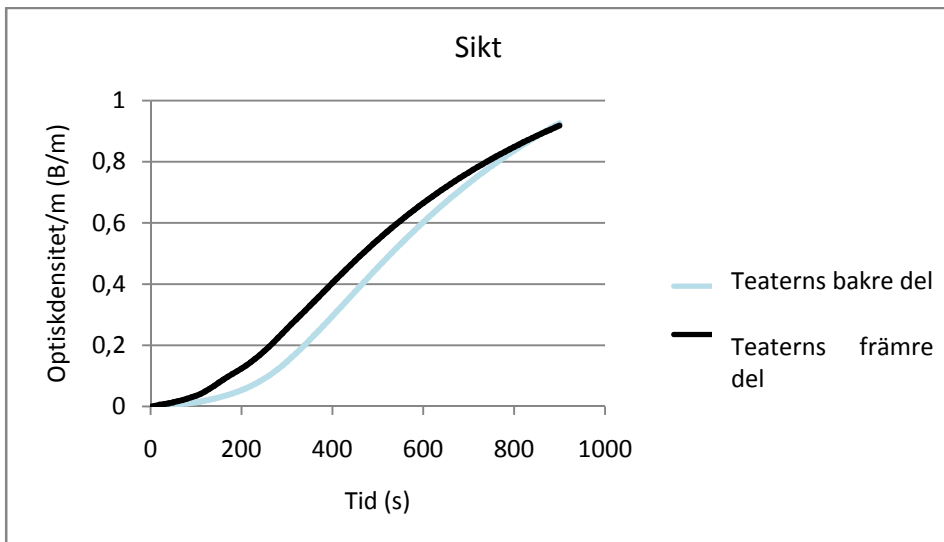
Figur H.1: Strålning från brandgaslagret vid brand i teater för $\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$.



Figur H.2: Brandgaslagrets temperatur vid brand i teater för $\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$.

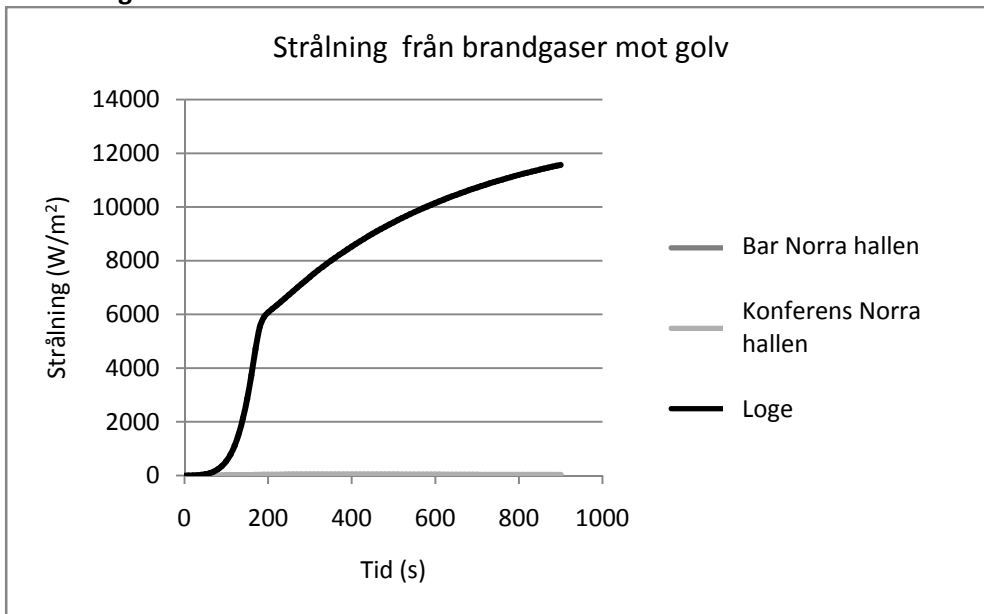


Figur H.3: Brandgaslagrets höjd vid brand i teater för $\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$.

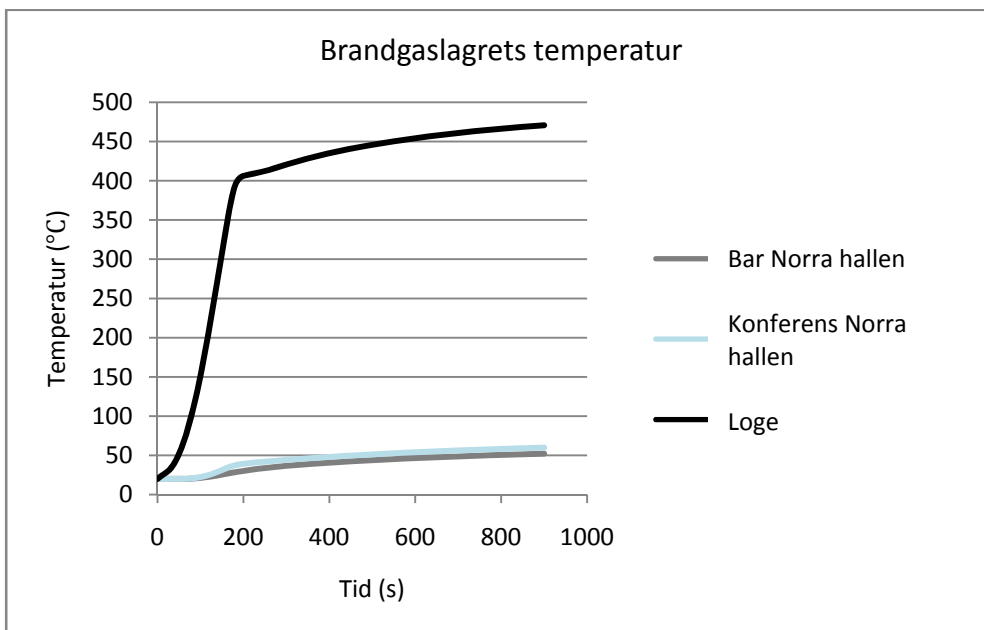


Figur H.4: Sikt i brandgaslagret vid brand i teater för $\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$.

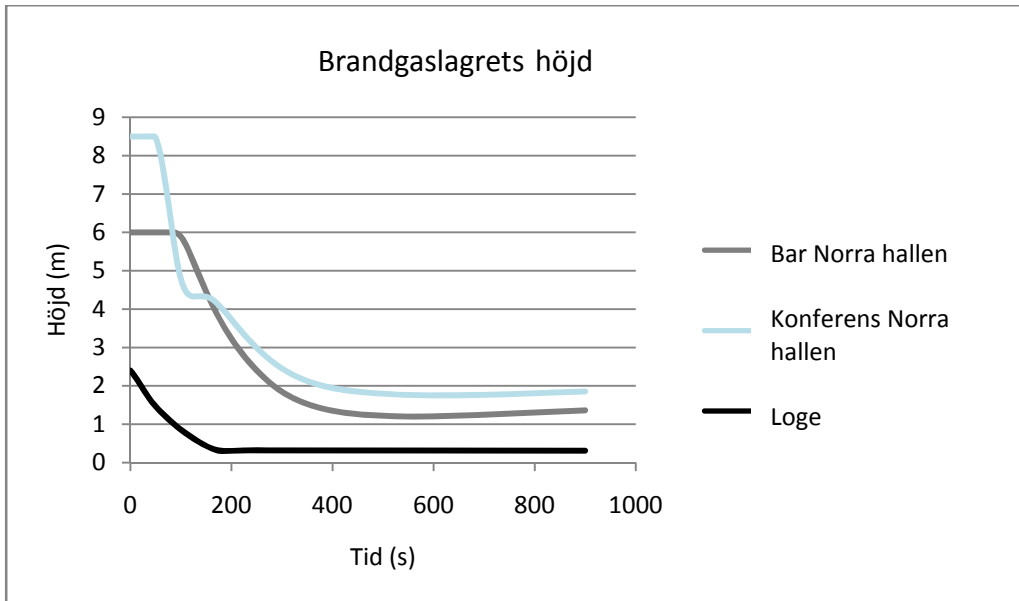
Brand i loge



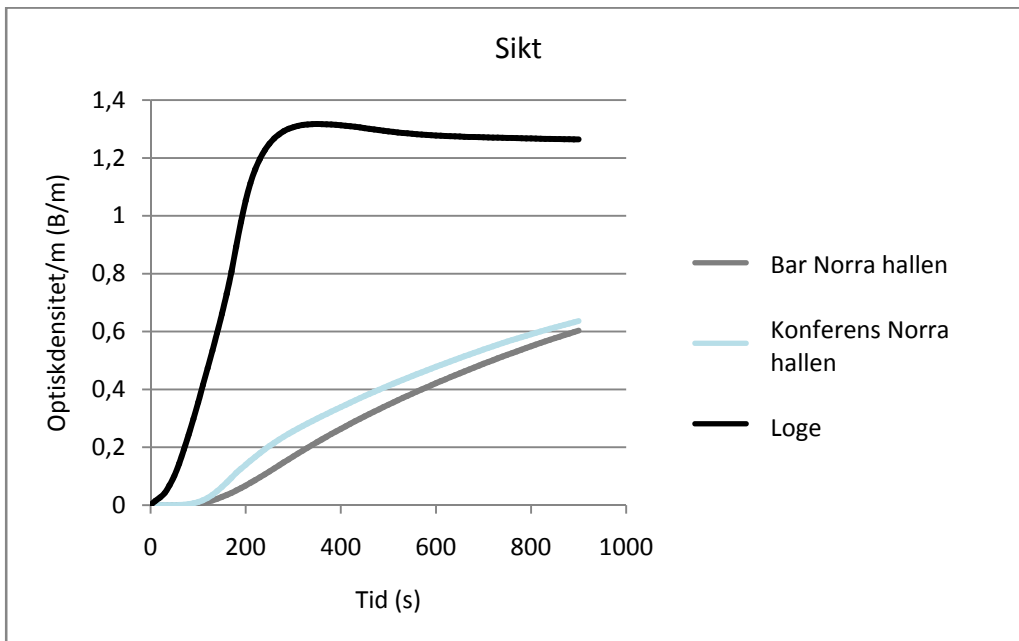
Figur H.5: Strålning från brandgaserna vid brand i loge för $\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$.



Figur H.6: Brandgaslagrets temperatur för brand i loge för $\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$.

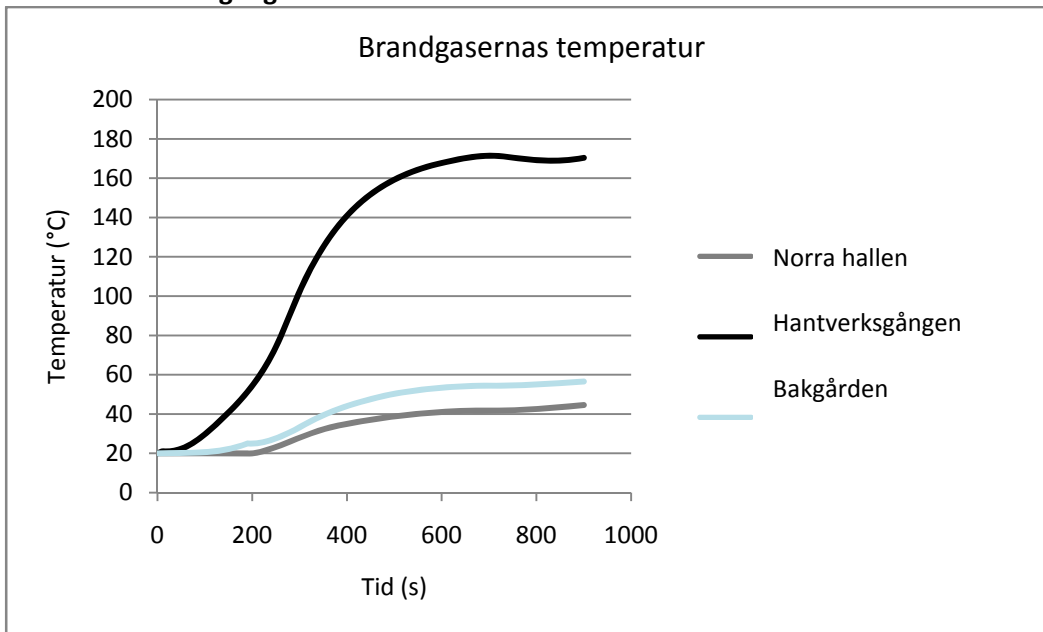


Figur H.7: Brandgaslagrets höjd över golvet brand i loge för $\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$.

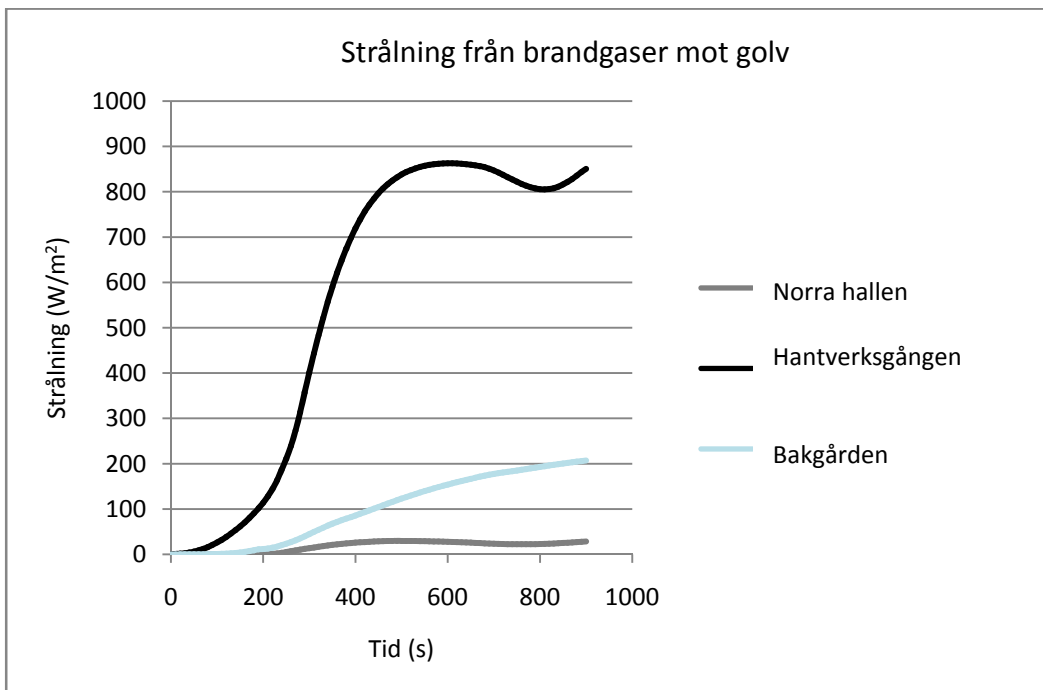


Figur H.8: Sikt i brandgaslagrets vid brand i loge för $\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$.

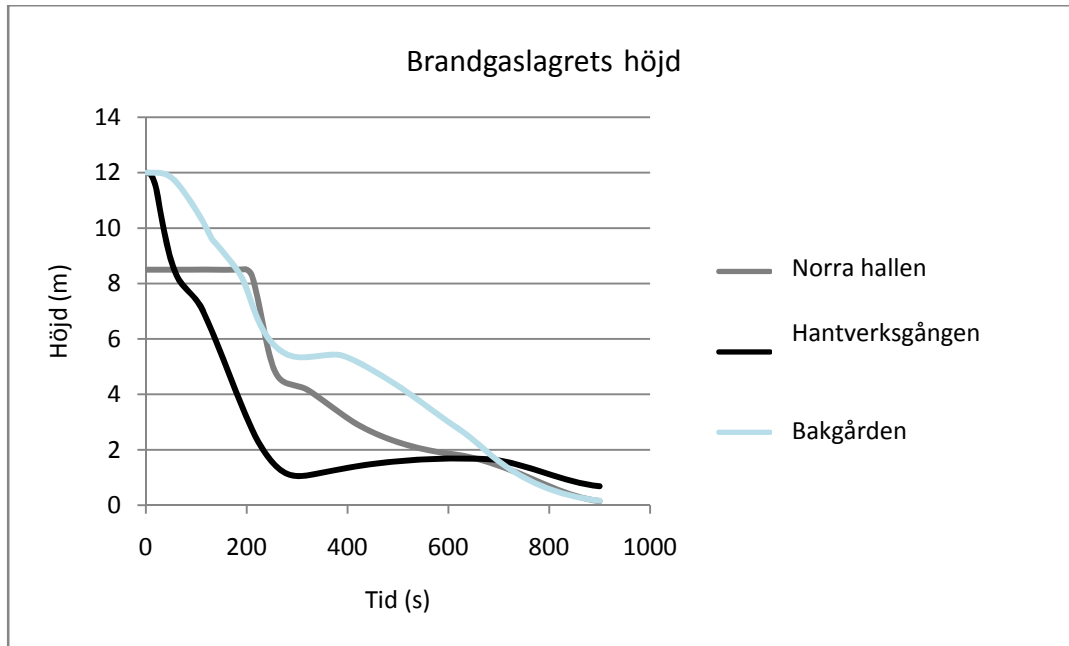
Brand i Hantverksgången



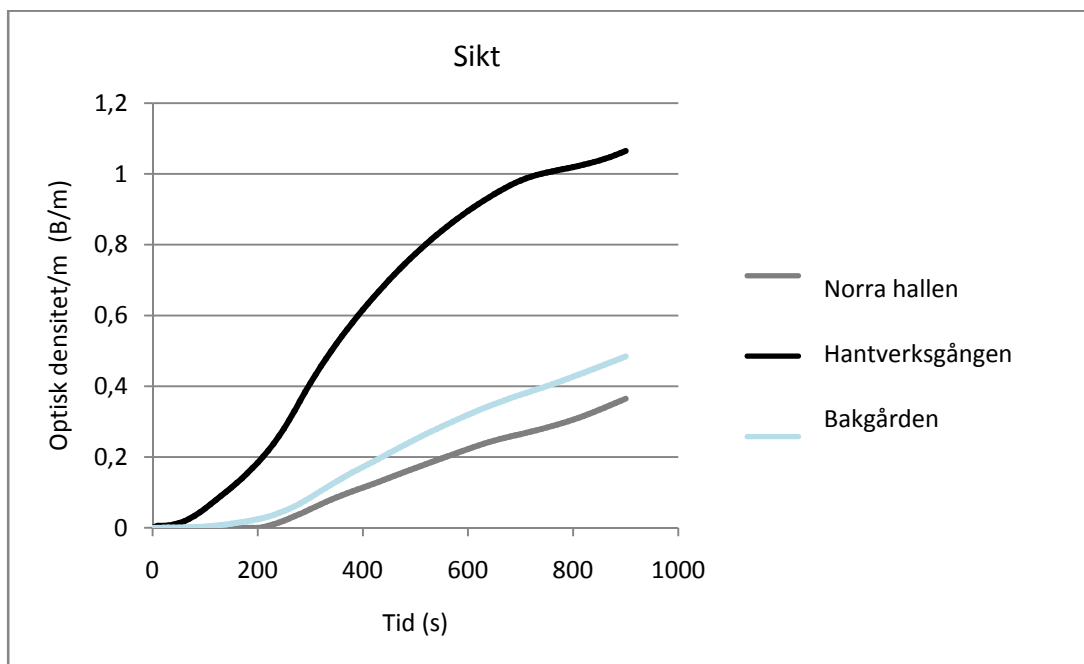
Figur H.9: Brandgasernas temperatur vid brand vid brand i Hantverksgången för $\alpha=0,074 \text{ kW/s}^2$.



Figur H.10: Brandgasernas strålning mot golv vid brand i Hantverksgången för $\alpha=0,074 \text{ kW/s}^2$.



Figur H.11: Brandgaslagrets höjd över golvet vid brand vid brand i Hantverksgången för $\alpha=0,074 \text{ kW/s}^2$.



Figur H.12: Sikt i brandgaser vid brand i Hantverksgången för $\alpha=0,074 \text{ kW/s}^2$.

BILAGA I: UTDATA FRÅN ARGOS

Teaterbrand 0,012 med sprinklers

Fire progression:

Energy formula fire > Scenbrand

00:02:57 : Critical condition in room 'Teaterns brandrum': Optical density greater than 2,0 dB/m

00:06:23 : Critical condition in room 'Teater stora salen': Optical density greater than 1,0 dB/m

00:15:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

Teaterbrand alfa 0,047 med sprinklers

Fire progression:

Energy formula fire > Scenbrand

00:01:52 : Critical condition in room 'Teaterns brandrum': Optical density greater than 2,0 dB/m

00:04:03 : Critical condition in room 'Teater stora salen': Optical density greater than 1,0 dB/m

00:15:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

Teaterbrand alfa 0,19 med sprinklers

Fire progression:

Energy formula fire > Scenbrand

00:01:10 : Critical condition in room 'Teaterns brandrum': Optical density greater than 2,0 dB/m

00:15:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

TV-brand 9,5 MW med alfa=0,047

Fire progression:

Energy formula fire > TV-brand

00:00:57 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm' between 'Hantverkaregången 1' and 'Norra Hallen'. 0%

00:00:57 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm (open)' between 'Hantverkaregången 3' and 'Surroundings'. 0%

00:00:57 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm' between 'Bakgården 1' and 'Norra Hallen'. 0%

00:00:57 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm' between 'Norra Hallen' and 'Restaurangatan 1'. 0%

00:00:57 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm' between 'Restaurangatan 3' and 'Surroundings'. 0%

00:03:18 : Critical condition in room 'Hantverkaregången 1': Optical density greater than 2,0 dB/m

00:05:10 : Critical condition in room 'Hantverkaregången 3': Optical density greater than 2,0 dB/m

00:20:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

TV-brand 10 MW med alfa=0,074 med sprinklers $Q_{max}=5,86$

Fire progression:

Energy formula fire > TV-brand

00:01:23 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm' between 'Hantverkaregången 1' and 'Norra Hallen'. 0%

00:01:23 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm (open)' between 'Hantverkaregången 3' and 'Surroundings'. 0%

00:01:23 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm' between 'Bakgården 1' and 'Norra Hallen'. 0%

00:01:23 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm' between 'Norra Hallen' and 'Restaurangatan 1'. 0%

00:01:23 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm' between 'Restaurangatan 3' and 'Surroundings'. 0%
00:03:18 : Critical condition in room 'Hantverkaregången 1': Optical density greater than 2,0 dB/m
00:05:11 : Critical condition in room 'Hantverkaregången 3': Optical density greater than 2,0 dB/m
00:20:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

TV-brand 10 MW med alfa=0,19 med sprinklers

Energy formula fire > TV-brand

00:01:17 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm' between 'Hantverkaregången 1' and 'Norra Hallen'. 0%
00:01:17 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm (open)' between 'Hantverkaregången 3' and 'Surroundings'. 0%
00:01:17 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm' between 'Bakgården 1' and 'Norra Hallen'. 0%
00:01:17 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm' between 'Norra Hallen' and 'Restaurangatan 1'. 0%
00:01:17 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm' between 'Restaurangatan 3' and 'Surroundings'. 0%
00:20:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

Brand i loge alfa 0,012 utan sprinklers

Fire progression:

Energy formula fire > Logebrand

00:01:37 : Critical condition in room 'Logen': Smoke free height less than 1,84 m
00:02:32 : Critical condition in room 'Korridor': Smoke free height less than 1,84 m
00:02:32 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm' between 'Korridor' and 'Norra hallen'. 0%
00:02:32 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm (open)' between 'Norra hallen' and 'Surroundings'. 0%
00:04:19 : Critical condition in room 'Logen': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
00:06:05 : Critical condition in room 'Norra hallen': Optical density greater than 1,0 dB/m
00:06:13 : Fire is declining
00:07:36 : Critical condition in room 'Korridor': Optical density greater than 2,0 dB/m
00:08:00 : Critical condition in room 'Logen': Optical density greater than 2,0 dB/m
00:09:05 : Room 'Logen': Entry by fire brigade is no longer possible
00:10:40 : Critical condition in room 'Korridor': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
00:14:18 : Room 'Logen': Flash-over
00:20:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

Brand i loge alfa 0,047 utan sprinklers

Fire progression:

Energy formula fire > Logebrand

00:00:55 : Critical condition in room 'Logen': Smoke free height less than 1,84 m
00:01:29 : Critical condition in room 'Korridor': Smoke free height less than 1,84 m
00:02:22 : Critical condition in room 'Logen': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
00:02:22 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm' between 'Korridor' and 'Norra hallen'. 0%

00:02:22 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm (open)' between 'Norra hallen' and 'Surroundings'. 0%
00:03:28 : Fire is declining
00:04:16 : Critical condition in room 'Norra hallen': Optical density greater than 1,0 dB/m
00:05:30 : Critical condition in room 'Korridor': Optical density greater than 2,0 dB/m
00:05:51 : Critical condition in room 'Logen': Optical density greater than 2,0 dB/m
00:06:27 : Room 'Logen': Entry by fire brigade is no longer possible
00:08:48 : Critical condition in room 'Korridor': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
00:11:54 : Room 'Logen': Flash-over
00:20:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

Logebrand alfa=0,19 utan sprinklers

Fire progression:

Energy formula fire > Logebrand

00:00:33 : Critical condition in room 'Logen': Smoke free height less than 1,84 m
00:00:54 : Critical condition in room 'Korridor': Smoke free height less than 1,84 m
00:01:19 : Critical condition in room 'Logen': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
00:01:53 : Room 'Logen': Entry by fire brigade is no longer possible
00:01:53 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm' between 'Korridor' and 'Norra hallen'. 0%
00:01:53 : Door opened manually: 'Solid wood door, 34 mm (open)' between 'Norra hallen' and 'Surroundings'. 0%
00:02:01 : Fire is declining
00:03:10 : Critical condition in room 'Norra hallen': Optical density greater than 1,0 dB/m
00:04:25 : Critical condition in room 'Korridor': Optical density greater than 2,0 dB/m
00:04:49 : Critical condition in room 'Logen': Optical density greater than 2,0 dB/m
00:08:27 : Critical condition in room 'Korridor': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
00:11:03 : Room 'Logen': Flash-over
00:20:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

BILAGA J: TILLSYNSPROTOKOLL



RÄDDNINGSTJÄNSTEN SYD

Sidan 1 (4)

TILLSYNSPROTOKOLL

Protokollet tillställs:

AMN Dotterbolaget AB
George Nilsson
Jörgen Kocksgatan 7 A
211 20 Malmö

Besiktningssuppgifter:

Diariumnummer:	1201.2008.02063	Objektsnummer:	8896
Händelse dnr:	1201.2008.02063.35759	Objektsadress:	Carlskgatan 12 B
Besiktningdatum:	2008-06-26	Fastighetsbeteckning:	SLAGTHUSET 1
Objektsnamn:	Slagthuset		
Kommun:	Malmö		

Närvarande ombud:

George Nilsson
Marjan Lokar
Lars Dahl

Fakturan tillställs: **AMN Dotterbolaget AB**
Jörgen Kocksgatan 7 A
211 20 Malmö

Avgift: 5568 kr

Tillsyn enligt 5 kap. 1 § Lagen om skydd mot olyckor (SFS 2003:778)

Enligt lagen om skydd mot olyckor skall ägare eller nyttjanderättshavare till byggnader eller andra anläggningar i skäligen omfattning hålla utrustning för släckning av brand och för livräddning vid brand eller annan olycka och i övrigt vidta de åtgärder som behövs för att förebygga brand och för att hindra eller begränsa skador till följd av brand.

Systematiskt brandskyddsarbete

I Lagen om skydd mot olyckor (2003:778) anges att ägare och nyttjanderättshavare av byggnader eller andra anläggningar skall vidta de åtgärder som behövs för att förebygga brand och för att förhindra eller begränsa skador till följd av brand. Genom att bedriva systematiskt brandskyddsarbete (SBA) tillgodoses att brandskyddsåtgärder vidtas och vidmakthålles på effektivt sätt. Brandskyddet inom en organisation bör ständigt vara på dagordningen. SBA skall enligt Räddningstjänsten Syd bedrivas genom att man arbetar med följande 7 steg. **Ansvar, Organisation, Utbildning, Rutiner, Teknisk dokumentation, Drift- och underhållsrutiner samt Kontroll och uppföljning.**

Vid tillsynen gjordes en genomgång av ägarens och nyttjanderättshavarens systematiska brandskyddsarbete enligt de sju stegen som presenterats ovan. I protokollet beskrivs de avvikelser som upptäcktes och vilka åtgärder som skall vidtas.



Anmärkningar enligt Lagen om skydd mot olyckor (SFS 2003:778)

Punkt nr.	Avvikelse	Åtgärd	Punkten riktar sig till:
1.	Ansvar Ansvaret för brandskyddet är inte fördelat mellan ägare och nyttjanderättshavare.	Ansvarsfördelningen skall vara tydlig, nedtecknad och väl känd av både ägare och nyttjanderättshavare.	
2.	Organisation Brandskyddsorganisation saknas och skall skapas.	Brandskyddsorganisationen skall vara skriftligt dokumenterad och väl känd inom organisationen.	
3.	Utbildning/övning En skriftlig utbildningsplan saknas.	En skriftlig utbildningsplan skall tas fram. Utbildningsplanen skall beskriva vilka utbildningar och övningar de olika personalkategorierna skall genomgå. Vidare skall planen innehålla vilka intervaller som gäller för utbildningar och övningar.	
4.	Rutiner Rutin för hantering av information till externa hyresgäster angående brandskydd, utrymning och ansvar saknas. Dokumenterad rutin för nödläge vid brand saknas.	Rutin för information till externa hyresgäster angående brandskydd, utrymning och ansvar skall skapas. Rutinen skall vara skriftlig. Rutin för nödläge vid brand skall skapas och vara skriftligt dokumenterad. Rutinen skall vara känd av samtliga anställda. I rutinen skall bl a följande ingå: <ul style="list-style-type: none"> • Rädda direkt hotade, varna andra • Larma • Släck och/eller stäng inne branden • Utrym byggnaden 	

Möt räddningstjänsten

5. Teknisk dokumentation

6. Drift- och underhållsrutiner

Skriftlig dokumentation över utförda kontroller saknas.

De kontroller som ingår i drift- och underhållsrutinerna skall dokumenteras skriftligt i en kontrolljournal.

Anmärkningar enligt Lagen om skydd mot olyckor (SFS 2003:778)

Punkt nr. Avvikelse och eventuell åtgärd

Ägare:

- 1 Rökluckor och nödbelysningens funktion skall redovisas, intyg om detta till räddningstjänsten
- 2 Stigarledning skall vara lätt öppningsbar samt lätt åtkomlig, askkopp utomhus omplaceras.

Innehavare:

- 1 Samtliga nödutgångsdörrar från samlingslokalerna skall ha godkända utrymningsbeslag, det får inte finnas t ex vanliga vred, spanjoletter och andra lösningar.

Utrymningslarm med **talat meddelande** skall finnas enligt brev med dnr 1299.2008.00979 bifogas.

- 2 Nödutgång från backstage där skall monteras vred på insidan av denna dörr, får ej vara nyckelöppning eller elektrisk öppning.
- 3 Nödutgång vid centralapparaten skall vara lätt öppningsbar.
- 4 Utgångsskylt (genomlyst) placeras över portal (hantverksgång) mot huvudentrén.
- 5 Samtliga dörrar till köket skall vara stängda alt uppställda på magnet styrda över brandlarmet, dörrstängare som finns på två av sektioneringsdörrarna är inte godkända skall bytas.
- 6 Sektioneringsdörr till soprummet skall justeras så att denna stänger.
- 7 Teatern är placerad i egen brandcell, vilket innebär att avskiljningen mellan teaterfoajé och restaurangen skall vara avskild i minst EI30 i hela sin längd.
- 8 Skall sektioneringsdörrarna mellan teatern och restaurangen vara uppställda, skall dessa kopplas till magnet styrd över brandlarmet.
- 9 Skydd måste monteras på spiraltrappan som kommer från plan 2 till gallerigången för att undvika huvudskador.
- 10 Redovisning av roterdörrens funktion och utrymningsbredd

Allmänna kommentarer:

Det är möjligt att inte alla tekniska fel är upptäckta.

Vid tillsynen konstaterades avvikelser enligt protokollet. Dessa avvikelser skall åtgärdas senast 2008-08-10. Efter detta datum kommer en uppföljning att ske.	
Tillsynsför rättare	Telefonnummer 046-540 46 64
.....	E-post bertil.ohlqvist@rsyd.se
Bertil Ohlqvist Brandinspektör	Datum 2008-07-07



RÄDDNINGSTJÄNSTEN SYD

Sidan 1 (2)

Slagthuset AB
att: George Nilsson

Datum
2008-03-25

Handläggare, telefon
Ulrika Lindmark,
046-540 46 75

Vår beteckning:
Diarienummer: 1299.2008.00979
Händelsenr: 1299.2008.00979.33536

Objektnamn: Slagthuset
Objektsadress: Carlskatan 12 B

Med anledning av möte 2008-03-17

Räddningstjänsten Syd besökte Slagthuset natten den 30/11 2007. Vid tillsynsbesöket upptäcktes brister i utrymningsvägarnas beslagning samt larmsystem. Med anledning av dessa brister har möte med brandskyddsansvarig på Slagthuset skett 2008-03-17. Följande punkter diskuterades på mötet:

- Dörrar i utrymningsväg skall vara lätt öppningsbara i utrymningsriktningen. Flera dörrar i utrymningsväg från Slagthuset lokaler är idag försedda med spanjoletter, vred och dylikt som inte är godkända för utrymning från stora samlingslokaler. Från samlingslokaler skall dörrar i utrymningsväg kunna öppnas med ett handgrepp genom tryck utåt eller nedåt. På grund av Slagthuset stora personantal skall de dörrar där det är möjligt förses med panikbeslag enligt SS-EN 1125. Beslagning enligt SS-EN 179 accepteras endast då beslagning enligt SS-EN 1125 inte är möjlig.
- Dörrar i utrymningsväg skall inventeras avseende beslagning och handlingsplan för åtgärder tas fram.
- I samlingslokaler som används för diskotek- och dansverksamhet och/eller servering av alkohol skall utrymningslarm med talat meddelande finnas. Utrymningslarmet skall kunna aktiveras automatiskt via rökdetektorer samt manuellt via larmknapp. Då larmet aktiveras skall belysningen tändas, all musik och ljud tystna och eventuella rökmaskiner stanna. Brandlarmsanläggningen skall uppfylla SBF 110:6. Se även Räddningstjänsten Syds bifogade råd och anvisningar avseende Utrymningslarm i samlingslokaler.
- Delar av dörrparti vid Slagthuset entré har ersatts med roterdörr. Roterdörrar bör generellt undvikas i utrymningsvägar från samlingslokaler då dessa utgör ett sämre alternativ för utrymning jämfört med slagdörrar. Många tvåvingade roterdörrar är inte lämpliga i utrymningsväg. Roterdörren kan påverka det antal personer som Slagthuset kan ta in i lokalerna. Vid besöket var dörren mycket svår att öppna, bl a på grund vindstyrkan vid entrépartiet. Att roterdörrens funktion är säkerställd även vid blåsiga dagar är av största vikt.

Adress
Box 4434
203 15 Malmö

Telefon
046-540 46 00

Fax
046-13 27 58
040- 97 58 01



RÄDDNINGSTJÄNSTEN SYD

Sidan 2 (2)

Typgodkännande för att dörren får användas i utrymningsväg skall tillsändas räddningstjänsten, tillsammans med redovisning av dörrens funktion vid strömbortfall, brandlarm etc.

.....
Ulrika Lindmark
Brandingenjör

Kopia till:
Wihlborgs Fastigheter AB
att: Marian Lokar
Box 97
201 20 Malmö

Adress
Box 4434
203 15 Malmö

Telefon
046-540 46 00

Fax
046-13 27 58
040-97 58 01

BILAGA K: GILTIGHET FÖR TVÅZONSMODELL

Det finns vissa intervall för olika samband för geometrin och maximala effekten som ska uppfyllas för att kunna tillämpa tvåzonsmodellen. I tabell K.1 finns de lokaler som betraktas som huvudlokaler i de valda scenarierna. Norra hallens geometri och effektutveckling ligger inom intervallen. Dock räknas både Hantverksgången och teatern som oacceptabla för beräkningar som tvåzonsmodell på grund av Hantverksgångens längd- breddförhållande och den maximala effektutvecklingen för de båda. I de fall då sprinkleraktivering sker är det denna begränsade effektutveckling som jämförts med tabellens resultat. Trots dessa resultat har alla rum valts att simulera i datorprogram och genomföra vissa handberäkningar som bygger på tvåzonsmodeller på grund av brist på alternativ. Vid analys och diskussion kring resultaten har detta beaktats (ISO/WD,1995).

	L/B ≤ 3 (oacceptabel ≥ 5)	L/H ≤ 3-4 (oacceptabel ≤ 6)	$\dot{Q} \geq 5 \cdot A \cdot H^{0,5}$ (A = L · H)	Acceptabel för tvåzonsmodell?
Hantverksgången	48/8,8 = 5,5	48/12 = 4	5 · 48 · 12 · 12 ^{0,5} ≈ 10 000	Nej
Norra hallen	28/14 = 2	28/7 = 4	5 · 28 · 7 · 7 ^{0,5} ≈ 2 600	Ja
Teater	50/18 = 2,8	50/12 = 4,2	5 · 50 · 12 · 12 ^{0,5} ≈ 10 400	Nej

Tabell K.1: Acceptansnivå för tvåzonsmodellen