

# Brandteknisk Riskvärdering av Helsingborgs stadsteater



*Markus Karlsson*  
*Per Karlsson*  
*Daniel Langenbach*  
*Jonathan Wahlqvist*

---

**Brandteknik**  
**Lunds Tekniska Högskola**  
**Lunds Universitet**  
**Rapport 9332, Lund 2007**





# ***Brandteknisk riskvärdering av Helsingborgs stadsteater***

*Markus Karlsson*

*Per Karlsson*

*Daniel Langenbach*

*Jonathan Wahlqvist*

*Lund 2007*

**Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering**

Lunds Tekniska Högskola  
Box 118  
221 00 Lund  
Telefon: 046-222 73 00  
Hemsida: [www.brand.lth.se](http://www.brand.lth.se)  
E-post: brand@brand.lth.se

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

Lund Institute of Technology  
Box 118  
211 00 Lund, Sweden  
Telephone: +46 (0)46-222 73 00  
Homepage: [www.brand.lth.se](http://www.brand.lth.se)  
E-mail: brand@brand.lth.se

**Titel**

Brandteknisk riskvärdering av Helsingborgs stadsteater

**Title**

Fire safety evaluation of Helsingborg municipal theatre

**Rapport/Report**

9332

© Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, 2007

**Av/By**

Markus Karlsson  
Per Karlsson  
Daniel Langenbach  
Jonathan Wahlqvist

Brandingenjörsprogrammet, Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering,  
Lunds tekniska Högskola, 2007  
Fire Safety Engineering Program, Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety,  
Lund Institute of Technology, 2007

**Abstract**

This report is a fire safety evaluation of Helsingborg municipal theatre, Sweden. The theatre is a building mainly in 5 floors, but up to 9 floors above the main scene. The purpose with the report is to evaluate the safety to theatres 600 guests during an evacuation in case of fire. Structural damage and economic loss is not taken into account.

Three scenarios that represent critical fires, most likely to occur, were chosen. Every scenario was then calculated with the two-zone model CFAST. Temperature, smoke layer height, and heat radiation were then studied. Also visibility and toxicity were calculated. These parameters were then compared with the evacuation time calculated in the program Simulex.

The conclusion is that a satisfying evacuation can not be carried out in all parts of the theatre before critical conditions occur. Therefore this report also includes suggestions of improvements in the fire safety systems.

**Nyckelord**

Brandteknisk riskvärdering, utrymningssäkerhet, personsäkerhet, kritiska förhållanden, brand teater, Helsingborgs stadsteater

**Keywords**

Fire safety evaluation, evacuation safety, critical conditions, fire in theatre, Helsingborg municipal theatre

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.

## Sammanfattning

Denna rapport är en brandteknisk riskvärdering av Helsingborgs stadsteater. Byggnaden stod färdig 1976 och består av tre scener, Stora scen, Lilla scen och även en scen i foajén.

Teatern består till största del av fem våningar men ovanför den stora scenen är det nio våningar. Byggnaden är uppförd i främst betong.

I början av projektet genomfördes ett studiebesök på objektet i syfte att kontrollera det nuvarande brandskyddet och möjligheten till utrymning. Objektet var under detta besök under ombyggnation och varken lokaler eller verksamhet var som under normal drift, vilket har försvårat uppgiften och antaganden har till del fått göras.

Olika brandscenarier har analyserats och därefter har tre stycken valts ut för att analyseras vidare med datorsimuleringar, handberäkningar och kvalitativa resonemang i grupp men även med handledare. Scenarierna var brand på Stora scen, i Stolsförrådet och i Restaurangen. De lokaler där utrymnings säkerheten utvärderas är i de två första scenarierna salongen och i det sistnämnda fallet foajén. Detta är publika lokaler där personer med dålig lokalkännedom befinner sig.

Tider tills kritiska värden uppnås har sedan jämförts med tider från de simulerade utrymningarna.

Jämförelser har visat att utrymning av foajén inte kan ske säkert vid en brand i den intilliggande restaurangen. Om föreslagna åtgärder vidtas har det dock verifierats att säker utrymning kan ske. Även brister i brandskyddet i allmänhet har föranlett förslag på åtgärder.

Bland de större åtgärder, som *skall* genomföras för att förbättra brandskyddet och medverka till en för gästerna säker utrymning, kan nämnas:

- Ny utrymningsväg från foajén till det fria skapas.
- Brandcellsgräns mellan restaurang och foajé åtgärdas för att uppfylla aktuell klassning.
- Förbättrade personalrutiner och system för egenkontroll, för att i framtiden tidigt upptäcka uppkomna brister
- Åtgärda brister som upptäckts vid platsbesök



## Förord

Under denna rapports uppförande är det ett antal människor som med tid och engagemang har ställt upp för oss. De har bidragit med information, sakkunskap och handledning. Till följande personer vill vi rikta ett stort tack för hjälpen:

*Robert Jönsson*, Avdelningschef, Brandteknik och Riskhantering, LTH. För sin goda handledning.

*Jonathan Sjöberg*, Brandingenjör, Brandförsvaret Helsingborg. För tips och idéer.

*Fredrik Höglund*, Fastighetschef, Helsingborgs stadsteater. För sitt stora engagemang kring vårt projekt och de snabba svaren på våra frågor.

*Göran Holmstedt*, Professor, Brandteknik och Riskhantering, LTH. För svar på våra frågor.

*Håkan Frantzich*, Universitetslektor, Brandteknik och Riskhantering, LTH. För hjälp med tolkning av regler avseende utrymning.

*Daniel Nilsson*, Doktorand, Brandteknik och Riskhantering, LTH. För stöd avseende effektkurvor.

*Patrick Van Hees*, Professor, Brandteknik och Riskhantering, LTH. För stöd avseende effektkurvor.

*Daniel, Jonathan, Markus och Per*

November 2007





# Innehållsförteckning

1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte.....	1
1.3 Metod.....	1
1.4 Avgränsningar.....	1
2 Objektsbeskrivning.....	3
2.1 Allmänt om stadsteatern.....	3
2.2 Verksamhet.....	3
2.3 Beskrivning av byggnaden.....	3
2.4 Ventilation.....	7
2.5 Brandteknisk klass.....	7
2.6 Räddningstjänst.....	7
2.7 Personalrutiner.....	7
3 Befintligt brandskydd.....	9
3.1 Passiva system.....	9
3.2 Aktiva system.....	9
3.3 Systematiskt brandskyddsarbete (SBA).....	11
4 Utrymningsvägar enligt BBR.....	13
4.1 Dimensioneringsmetoder.....	13
4.2 Utrymning av publika lokaler.....	14
4.3 Utrymning av övriga lokaler.....	17
5 Riskidentifiering.....	19
5.1 Scenarier som undersöks vidare.....	20
5.2 Scenarier som inte utreds vidare.....	22
6 Kritiska förhållanden.....	27
6.1 Kritiska förhållanden vid utrymning.....	27
7 Brandscenarier.....	29
7.1 Brand på Stora scen.....	29
7.2 Brand i Stolsförråd.....	31
7.3 Brand i Restaurang.....	35
8 Utrymning.....	39
8.1 Begreppsförklaring.....	39
8.2 Utrymning av salongen vid brand på Stora scen.....	39
8.3 Utrymning av salongen vid brand i stolsförrådet.....	40
8.4 Utrymning av Foajén vid brand i restaurangen.....	40
8.5 Översikt utrymningstider.....	41
9 CFAST.....	43
9.1 Stora scen.....	44
9.2 Stolsförråd.....	45
9.3 Restaurangbrand.....	47
10 Resultat.....	49
11 Diskussion.....	51
11.1 Stora scen.....	51
11.2 Stolsförråd.....	51
11.3 Foajé.....	52
12 Åtgärdsförslag.....	53
12.1 Åtgärdsförslag med anledning av utvalda brandscenarier.....	53
12.2 Åtgärdsförslag med anledning av platsbesök.....	53
13 Verifiering av åtgärder.....	55

13.1 Ny utrymningsväg och förbättrade rutiner hos ansvarig personal .....	55
13.2 Gemensamt brand- och utrymningslarm .....	56
14 Referenser.....	57
Bilaga A - Brandcellsindelning .....	59
Bilaga B - Släckredskap för manuell släckning .....	63
Bilaga C - Systematiskt Brandskyddsarbete .....	69
Bilaga D - Brandspridningsmodell för stora scenen .....	73
Bilaga E - Sprinkleraktivering i Stolsförrådet.....	75
Bilaga F - Detektionstid ljusspridningsdetektor i Stolsförråd .....	77
Bilaga G - Simulex .....	79
Bilaga H - Sikt och toxicitet.....	87
Bilaga I - Upptäckta brister vid återbesök 2007-11-14 .....	95
Bilaga J - Beräkning detektion åtgärdsförslag .....	101
Bilaga K - CFAST .....	103

# **1 Inledning**

I denna rapport behandlas personsäkerheten vid en brand på Helsingborgs stadsteater.

## **1.1 Bakgrund**

Projektet är en del i kursen Brandteknisk riskvärdering på Lunds Tekniska Högskola. Varje grupp tilldelas ett objekt och två handledare, varav den ena tjänstgör vid avdelningen för brandteknik och riskhantering och den andra vid, för objektet lokal räddningstjänst. Objektet som studeras i denna rapport är Helsingborgs stadsteater.

## **1.2 Syfte**

Syftet med projektet är att ur ett brandtekniskt perspektiv bedöma om utrymning kan ske innan kritiska förhållanden har uppnåtts. Detta genom att tillämpa kunskaper från tidigare kurser. Rapporten görs i studiesyfte av brandingenjörstudenter årskurs 3 och är även en övning i problembaserad inläring.

## **1.3 Metod**

Projektuppgiftens arbetsgång är relativt fri och styrs till stor del av studenterna själva. Som stöd har funnits en handledare från Brandteknik, Robert Jönsson, samt en kontaktperson på Helsingborgs brandförsvär, Jonathan Sjöberg. Inledningsvis granskades ritningar för att få en översiktlig bild av objektet. I ett tidigt skede gjordes även ett platsbesök för att insamla fakta och få en bättre förståelse för objektet och dess verksamhet. Efter besöket valdes brandscenarier ut och dessa simulerades för att senare utvärderas med avseende på utrymningssäkerheten. Denna utvärdering ledde fram till åtgärdsförslag och verifiering av dessa. I projektets slutskede genomfördes ett nytt platsbesök för att se teatern då ordinarie verksamhet återupptagits. Även detta besök föranleder åtgärdsförslag. Resultatet redovisas både skriftligt och muntligt.

## **1.4 Avgränsningar**

Eftersom restaurangens verksamhet är skild från teaterns har utrymning och personsäkerhet i restaurangen ej studerats. Dock är restaurangen med i egenskap av potentiell brandkälla. Det är utrymning från de publika delarna som kan förväntas få stora konsekvenser och därför har de delarna studerats närmare. Under arbetets gång har teatern varit under ombyggnation vilket har föranlett antaganden utifrån projekteringshandlingar.



## **2 Objektsbeskrivning**

Helsingborgs stadsteater är belägen i centrala Helsingborg, Karl Johans gata 1 och har haft sin verksamhet i nuvarande byggnad sedan 1976.

### **2.1 Allmänt om stadsteatern**

Helsingborg har en lång tradition av teater och det första fasta teaterhuset i staden har sitt ursprung i en lada från 1817. Ett halvt sekel senare stod den byggnad klar som idag benämns ”den gamla teatern”. Det var en klassisk teaterbyggnad som 1921 invigdes till Helsingborgs stadsteater. På 60-talet började man av utrymmesskäl diskutera en nybyggnation och 1976 stod den nya stadsteatern färdig på Gröningen ([www.helsingborgstadsteater.se](http://www.helsingborgstadsteater.se)).

### **2.2 Verksamhet**

Verksamheten består av föreställningar på två permanenta scener. Dessa är Stora scen, ”Storan”, med plats för 590 gäster och Lilla scen, ”Lillan”, i nuläget möblerat för cirka 100 gäster. Det finns även möjlighet att använda två mer flexibla scener vilka båda befinner sig i foajén.

Personalen består av ett eget teatersällskap med tillhörande tekniker. I byggnaden finns även administrativ personal. Totalt uppgår personalstyrkan till drygt 80 personer. I byggnaden inryms även restaurangen ”Teaterkatten” som är en helt fristående verksamhet. Dock håller restaurangen öppet under föreställningar så att teaterns gäster kan serveras.

Förutom scener finns i stadsteatern en målningsverkstad, en snickeriverkstad, restaurang och bar, en repetition och studioscen, en mängd loger, kontor, garderob, olika lager och förrådsrum etcetera.

Byggnaden får anses vara av ytterst dynamisk karaktär med kraftigt varierande inredning, verksamhet och åskådarplacering.

### **2.3 Beskrivning av byggnaden**

Byggnaden består av fem plan med permanent verksamhet, ovanför scenen är det dock väsentligt högre i tak vilket medger totalt nio plan. Byggnaden kommer att beskrivas högst schematiskt där vitala delar omnämns mer ingående.

Byggnadens bärande konstruktion består av betong samt vissa delar av brandskyddsbehandlade järnbalkar. Brandcellsavskiljande väggar består antingen av betong eller av gipsregelväggar.

Yttertak består av tjärpapp och plåtdetaljer samt ytterväggarna av betong med vissa glaspartier.

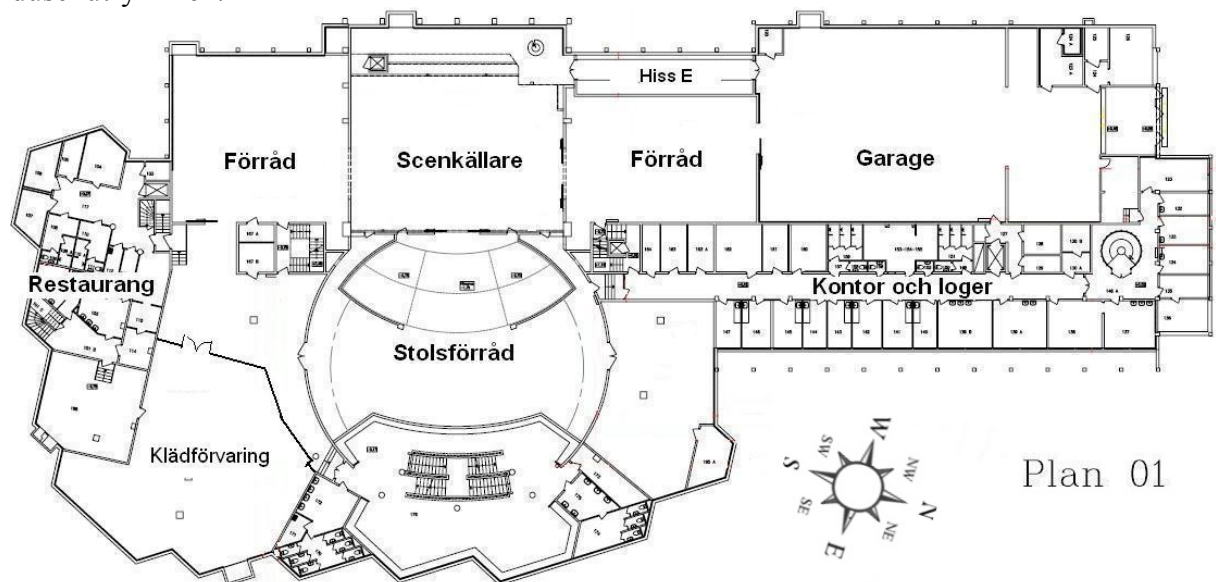
#### **2.3.1 Källarplan, plan 1**

Källarplanet ligger under marknivå och är till största del utfört i betong. Infart till garage finns i nord-nordvästlig riktning från Karl Johans gata och används som personalparkering. I garaget finns tillgång till Hiss E som är i direkt anslutning med tre ovanför liggande verksamheter. Även kontorsdelens understa plan kan nås via dörrar sammanbundna med garaget. Mellan skjutdörrar finns ett utrymme som används som förråd med viss sektionering i form av gipsskivor.

Under stora scenen finns ett stort utrymme som skall vara helt fritt från brännbart material. Detta då scengolvet bestående av trä utgör taket i detta utrymme. I västra delen finns en spiraltrappa som leder upp till scen och vidare upp över scenen till de olika belysningsgångarna. Det finns även en hiss som passerar alla våningar upp till plan 9 (fläktrum och teaterteknik). Här finns även brandklassade inspektionsluckor till lyftbordet. Innanför ytterliggare en skjutdörr finns ett förråd för bland annat pyroteknik. Pyroteknikdelen är brandtekniskt avskiljd samt farligt gods förvaras i brandskåp. I övrigt tillåts blandad förvaring.

I anslutning till förråden finns trappuppgångar som leder genom hela byggnaden. Öster ut finns hall med innanförliggande kompaktförvaring av kläder samt en ingång till stolsförråd. Här finns lyftbordet som ger möjlighet att sänka ner främre delen av salongen för att kunna plocka bort stolar och utöka scenutrymmet. Utrymmet används även för att förvara dessa stolar.

Norr om stolsförrådet finns rekvisitalagret. Från stolsförrådet finns även ingång till kontorsdelens understa plan med drygt 30 rum bestående av loger, kontor samt toaletter och duschutrymmen.



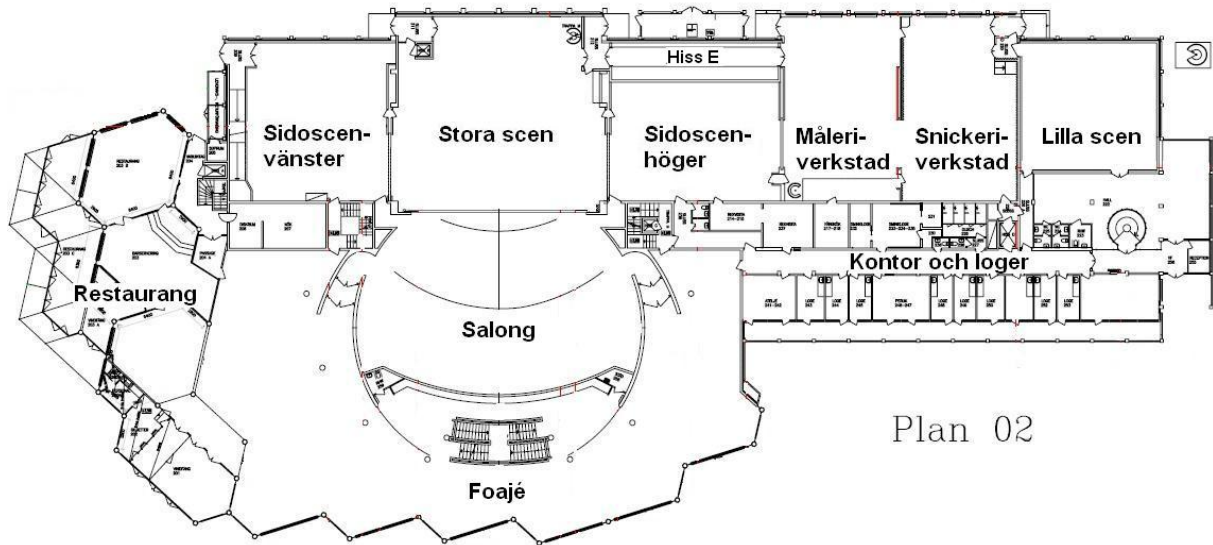
Figur 2: 1 Översiktsritning källarplan, plan 1

### 2.3.2 Markplan, plan 2

I norra delen finns Lilla scen med en tillhörande mindre foajé samt toaletter. Här finns även en större inglasad och brandklassad trappuppgång vilken leder både uppåt och neråt. På andra sidan Lilla scen återfinns snickeriverkstaden med dryga 6 meter i takhöjd. Intill denna ligger en likadan lokal som inrymmer målningsverkstad. Dessa avskiljs med stora skjutdörrar. Båda lokalerna har utskjutande, sammankopplade kontorsdelar belägna högre än markplan. Dessa nås genom spiraltrappa i måleriverkstaden alternativt ifrån kontorsdelen plan 3. I måleriverkstaden finns även anslutning till tidigare nämnda Hiss E och via skjutdörr, till Sidoscen höger. Sidoscen höger kommer att förvara rekvisita och dekor. Under föreställning uppehåller sig personal på sidoscenen. Mellan Stora scen och Sidoscen höger finns en skjutdörr som ofta är öppen. Scenen är omgärdad av öppning mot salong, skjutdörr mot Sidoscen vänster samt yttervägg. Det finns även en anslutning till Hiss E. Mellan scen och

salong finns en järnridå som kan avskilja dessa. Ovanför scenen finns tre plan med scenramper sammanbundna med spiraltrappa, samt avskilt ovanför detta ett fläkt-/teknikum. Sidoscen vänster kommer även denna att innehålla rekvisita/dekor vid föreställningar. Via trapphus nås foajén. Salongen består av 590 platser uppdelat i 19 rader med en stighöjd på 4 meter.

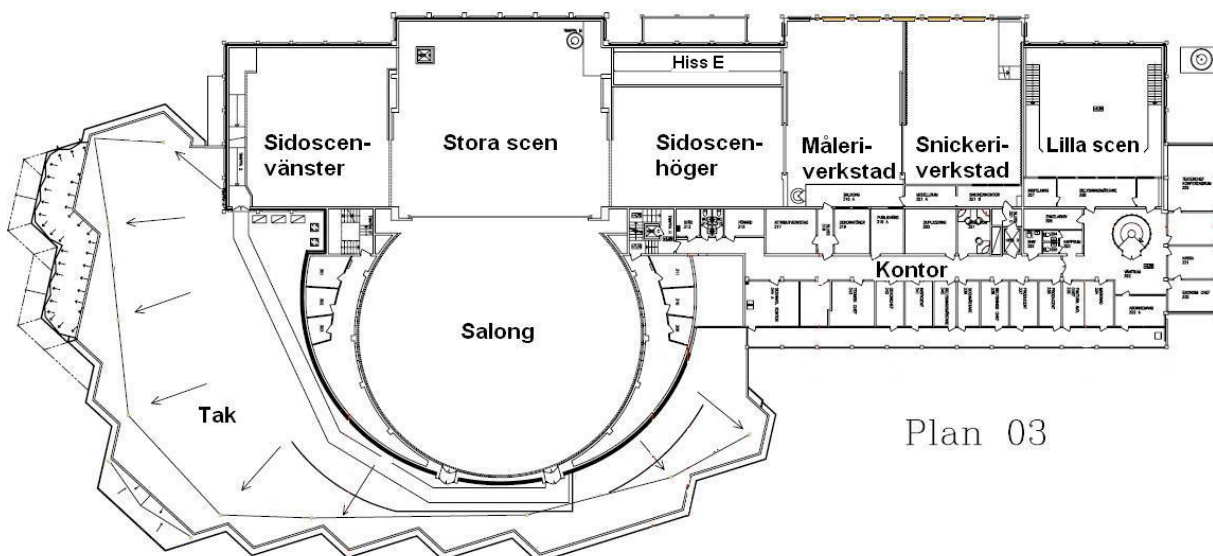
Foajén innehåller marknadsavdelning, biljettmarknad, en mindre bar samt två scener. Här finns även anslutning till restaurangen "Teaterkatten", huvudingångar till "Storan" samt ingång till kontorsdelen. Ombyggnation har delvis ändrat avskiljande vägg mellan foajé och restaurang. (se kapitel 11.3 och figur A:2) En trappa ner finns ett större garderobsutrymme och toaletter.



Figur 2: 2 Översiktsritning markplan, plan 2

### 2.3.3 Plan 3

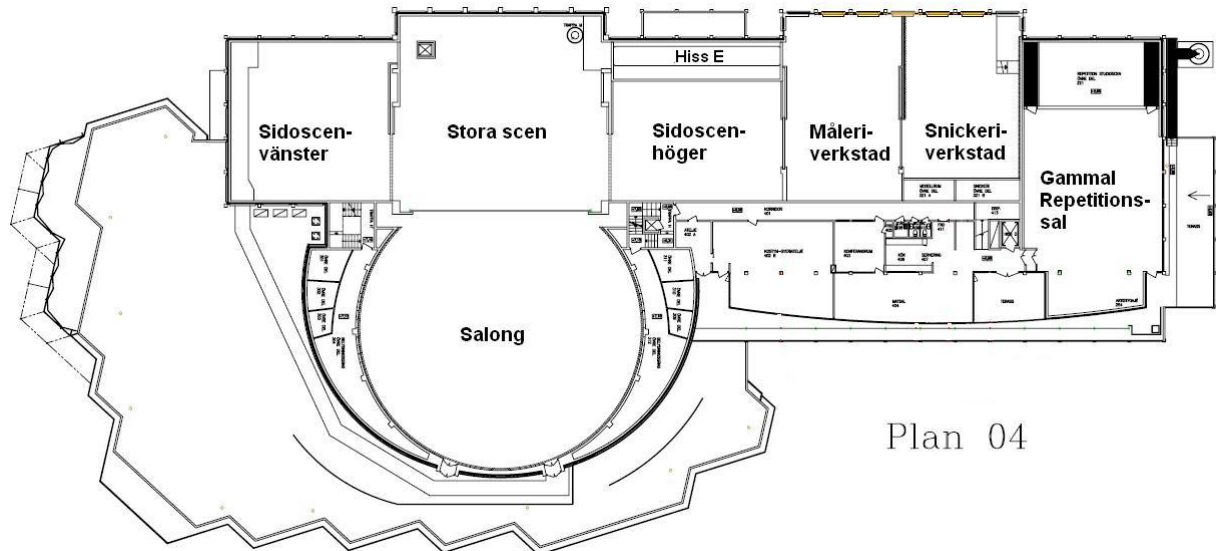
Detta plan finns bara vid kontorsdelen och består av lunchrum, kontor och dylikt. Anledning till detta är de övriga utrymmenas (måleriwerkstad, snickeriwerkstad, sidoscener) höga takhöjd.



Figur 2: 3 Översiktsritning plan 3

### 2.3.4 Plan 4

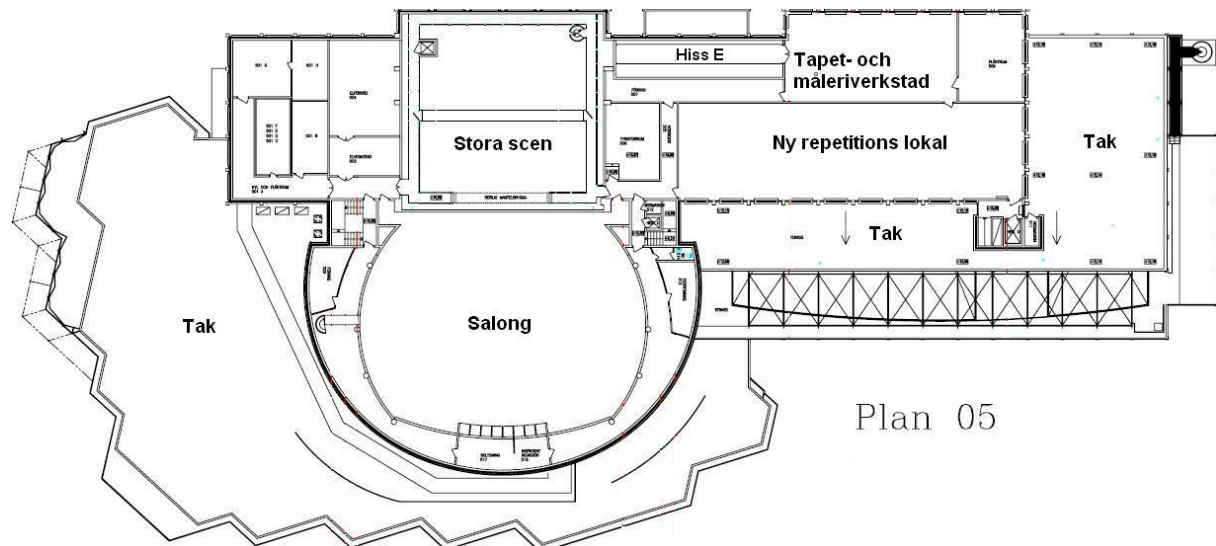
Även detta plan är till största del beläget ovanför kontorsdelen, bestående av liknande verksamhet som planet under. Delar av planet består vid tiden för besöket av en repetitionssal som är belägen ovanför Lilla scen.



Figur 2: 4 Översiktsritning plan 4

### 2.3.5 Plan 5

Inrymmer repetitionssal och en intilliggande tapetverkstad. Denna är ansluten till Hiss E samt ett fläktrum. Ovanför stora scenen finns det även en scenramp i detta plan.



Figur 2: 5 Översiktsritning plan 5

### 2.3.6 Plan 6-8

Dessa våningar finns bara över scenen och där i form av två scenramper. Även tre fläktrum är belägna på teaterns yttertak i plan 6.

### 2.3.7 Plan 9

Här finns teaterteknik i form av hissordning för dekoren på huvudscenen samt två stycken fläktrum.



## **2.4 Ventilation**

Teatern har ett till- och frånluftssystem med åtta aggregat. Utförliga ventilationsritningar har ej gått att få fram varför flöden i teatern är okänt. Nedan följer dock en översiktlig beskrivning av ventilationssystemet (Brandskyddsdocumentation, 2006).

Två aggregat betjänar salongen. Detta innebär att de enbart är anslutna till en brandcell vilket får till följd att risk för brandgasspridning ej föreligger. Vid brand slås fläktsystemet av vilket minskar kraven på isolering och risken för brandspridning via genomföringar.

Ett aggregat betjänar stora scenen samt vänster och höger sidoscen. Då dessa ligger i en och samma brandcell ställs inga krav på skydd mot brandgasspridning. Vid utlöst brandlarm stängs aggregatet automatiskt av vilket medför att det inte ställs några krav på kanalsystemet i fråga om isolering.

Ett aggregat betjänar ett flertal brandceller i plan 1. I gränserna mellan brandcellerna finns brandgasspjäll i klass E eller EI 60. Dessa spjäll är försedda med ett automatiskt övervakningssystem som skall testköra stängningsfunktionen var 48:e timme. Vid signal från automatiskt brandlarm stängs spjällen. Aggregatet stängs automatiskt av vid utlöst brandlarm vilket medför att det inte ställs några krav på kanalsystemet vad gäller isolering.

Ett frånlufts- och ett tilluftsaggregat betjänar stora foajén i plan 2 med tillhörande garderob och toaletter i plan 1. Då detta är en brandcell ställs inga krav på skydd mot brandgasspridning. Vid utlöst brandlarm stängs aggregaten automatiskt av vilket medför att det inte ställs några krav på kanalsystemet i fråga om isolering.

Ett aggregat betjänar restaurangen med tillhörande utrymmen. Då aggregatet betjänar flera brandceller finns brandgasspjäll i klass E eller EI 60 i gränsen mellan de olika cellerna. Dessa spjäll är försedda med ett automatiskt övervakningssystem som skall testköra stängningsfunktionen var 48:e timme. Vid signal från automatiskt brandlarm stängs spjällen. Aggregatet stängs automatiskt av vid utlöst brandlarm vilket medför att det inte ställs några krav på kanalsystemet i fråga om isolering.

En frånluftsfläkt placerad på yttertaket betjänar enbart imkanal från kåpor i restaurangens kök. Kanalsystemet är i en brandcell vilket innebär att risk för brandgasspridning mellan celler inte föreligger. Hela systemet är isolerat i klass EI 60.

## **2.5 Brandteknisk klass**

Byggnaden är uppförd i brandteknisk klass Br 1 (BBR 5:21). Detta med hänvisning till att ”byggnader med tre eller flera våningsplan bör utföras i klass Br 1”.

## **2.6 Räddningstjänst**

Räddningstjänstens insatstid förväntas understiga 10 minuter på grund av kort körsträcka. Utrymning av samtliga personer i byggnaden skall kunna ske tillfredställande utan ett ingripande från räddningstjänsten.

## **2.7 Personalrutiner**

I det systematiska brandskyddsarbetet är personalen tilldelade rutiner under föreställning. I korthet innebär det att det finns upp till sex stycken utbildade scentekniker med sökare som

har i uppgift att vid larm kvittera detta för att få mer tid för att undersöka en eventuell brands omfattning se även kapitel 3.2.1 och bilaga C.

Scenpersonal kan aktivera sprinklers genom aktivering med nyckel på scenen.

Två gånger årligen skall torrövning utföras med personal som har en uppgift i samband med larm. En gång per år sker det utrymningsövning för all personal. Teatern har som mål att vartannat år hyra in personal så att en fullständig utrymningsövning kan ske med både personal och publik.

## **3 Befintligt brandskydd**

I detta avsnitt beskrivs byggnadens befintliga brandskydd i form av aktiva och passiva system samt verksamhetens systematiska brandskyddsarbete (SBA).

### **3.1 Passiva system**

Byggnaden är indelad i ett stort antal brandceller och uppförd i betong.

#### **3.1.1 Brandcellsindelning**

Stadsteatern består av en stor mängd brandceller. Översiktliga ritningar över dessa brandceller ges i bilaga A.

### **3.2 Aktiva system**

#### **3.2.1 Automatiskt brandlarm**

Det finns ett automatiskt brandlarm installerat som även är direktkopplat till räddningstjänsten. Detektorerna anses vara i stort sett heltäckande genom byggnaden. Det är installerat rökdetektorer med undantag för garaget i källarplan som är försett med värmedetektorer för att undvika onödiga larm. Rökdetektorerna är optiska ljusspridningsdetektorer.

Ett system för larmlagring aktiveras då personsökare används av personal vid verksamhet i byggnaden. Vid larm har då ansvarig person 1 minut på sig att kvittera larmet vid en av åtta displayenheter för att få information om vilken detektor som aktiverats. Detta ger personalen 5 minuter att undersöka om det rör sig om ett onödigt larm, en mindre brand som anses kunnas släckas av egen personal eller om insats från räddningstjänsten krävs.

Om inte larmet deaktiverats inom 5 minuter, då larmlagring är aktiverat, går larmet till räddningstjänsten som får utryckningslarm. Larm till räddningstjänsten sker även då larmet ej blivit kvitterat inom den ursprungliga minuten eller om manuell larmknapp aktiveras. Larmknappar finns runt om i teatern i personalutrymmen och i inspicient/regissörsutrymmet med överblick av stora scenen under föreställningar. Centralapparaten är belägen på sidoscen vänster.

#### **3.2.2 Utrymningslarm**

Vid utgång av undersökningstiden, då larmlagringen ej är aktiverad eller vid en aktiverad larmknapp vidarekopplas larmet direkt till räddningstjänst. Utrymningslarmet och utrymningsbelysning aktiveras i hela byggnaden. Utrymningslarmet består av talat meddelande i publika delar och ringklockor i övriga byggnaden. Branddörrar med magnetuppställning stängs och störande utrustning såsom ljudanläggning och rökmaskiner stängs av.

#### **3.2.3 Sprinkler**

Stor del av teatern är sprinklad. Hela källarplanet, utom kontorsdel och foajé, är sprinklad och består till största delen av nedåtriktade sprinklerhuvuden. Undantaget är förvaringsutrymmet under stora scenen som har sprinkler riktade mot det exponerade trägolvet för att hindra brandspridning uppåt. Alla sprinkler på detta plan aktiveras vid 68°C och har RTI på max 50 ms<sup>1/2</sup>.

I markplan är utrymmena snickeriverkstad, måleriverkstad, färgkök, rekvisita, vänster och höger sidoscen, salong och Stora scen sprinklade. Alla är nedåtriktade sprinklers som aktiveras vid 68°C och har RTI på max 50 ms<sup>1/2</sup>.

Ovanför huvudscenen finns sprinkler i tre olika plan för att ha möjlighet att släcka eventuell brinnande dekor som hissas upp. Högst upp, i höjd med plan 8, är sprinklerna försedda med elektrisk grupputlösningssfunktion som aktiveras manuellt med nyckel nere på scenen. Detta har scenpersonalen befogenhet att utföra. Dessa sprinklers har en sammanlagd kapacitet på 6 m<sup>3</sup>/min.

I plan 5 är tapetserings- och målningsverkstaden sprinklad, även dessa är nedåtriktade och aktiveras vid 68°C med ett RTI på max 50 ms<sup>1/2</sup>.

### **3.2.4 Brandgasventilation**

Brandgasventilation finns ovanför huvudscenen, i fondhissen samt i kontorsdelens trapphus.

Ovanför huvudscenen är luckor belägna i mitten av taket. Dessa är dimensionerade för att förhindra övertändning samt underlätta för räddningstjänstens insats och har den totala arean av 26 m<sup>2</sup>. Öppning sker via manuell omkopplare vid brandförsvarstablån. Öppningsmekanismen består av magnetlås. Tilluften säkras av räddningstjänsten genom att öppna dörrar mot Kungsgatan alternativt med tilluftsfläktar.

Brandgasventilering av trapphusen sker genom luckor, med arean 1m<sup>2</sup>, i toppen av respektive trapphus. Luckorna öppnas med motorställdon som är skyddat mot brand i 60 minuter. Öppning sker vid aktiverad rökdetektor i trapphus alternativt manuellt ifrån brandförsvarstablån. Tilluft säkras genom att räddningstjänsten öppnar dörrar i fasaden på plan 1.

Tryckavlastning av hisschakt för fondhissen Hiss E, sker via röklucka i toppen av hisschakt med en area av minst 2m<sup>2</sup>. Tilluft krävs ej då avsikten är att tryckavlasta. Luckan öppnas med magnet vid aktiverad rökdetektor i schaktet alternativt manuellt vid brandförsvarstablån.

### **3.2.5 Manuella släckredskap**

Inomhusbrandposter finns i infällda eller utanpåliggande skåp så att hela golvytan täcks in. Slangens längd (max 30m) anpassas så att alla utrymmen kan nås. I utrymmen där det är olämpligt att använda inomhusbrandpost ersätts dessa med handbrandsläckare av typen 6 kg pulver, 9 liter skum alternativt en kolsyresläckare. Flaggskyltar är monterade vid respektive redskap där dessa är svåra att identifiera.

Placering av dessa kan ses i Bilaga B.

### **3.3 Systematiskt brandskyddsarbete (SBA)**

Ett omfattande systematiskt brandskydd finns dokumenterat för teatern. Ansvarig för detta kontinuerliga arbete är fastighetschefen. Mål med denna är att ”inom Helsingborgs Stadsteater ska skada på människor, egendom eller miljö ej uppstå på grund av brand.”

För att uppnå detta mål har ett antal åtgärder satts upp:

- Brandskyddsorganisation
- Riskvärdering
- Planera för brandskyddsutbildning
- Brandskyddsregler
- Drifts- och underhållsinstruktioner
- Kontrollsystem
- Uppföljningsrutiner
- Aktivt ledarskap i brandskyddsarbetet

Hur detta ska organiseras och upprätthållas finns publicerat i ”Helsingborgs Stadsteater Systematiskt Brandskyddsarbete”. Innehållet är bland annat arbetsbeskrivningar och tillhörande ansvarsområden samt arbetsuppgifter, rutiner både under och icke under föreställningstid för all personal, checklista för hyresgäster och skydd mot uppkomst av brand. Personalens rutiner är beskrivna i utdrag i Bilaga C.



## **4 Utrymningsvägar enligt BBR**

Boverkets Byggregler ställer krav på att utrymning av en byggnad kan ske på ett tillfredsställande sätt. Det ställs bland annat krav på tillgången på utrymningsvägar och deras utformning, avståndet inom och till en utrymningsväg samt dess framkomlighet. Vidare ställs vissa krav rörande den utrustning, såsom skyltning och belysning, som skall finnas i utrymningsvägen.

### **4.1 Dimensioneringsmetoder**

Dimensionering av utrymningsvägar kan ske dels genom förenklad dimensionering och dels genom analytisk dimensionering.

Förenklad dimensionering innebär att byggnaden eller byggnadsdelen uppfyller de detaljkrav som Boverket ställer avseende utrymning. Dessa presenteras i BBR i form av olika krav på till exempel utrymningsvägars maximala avstånd och minsta dörrbredd. De har sitt ursprung i tidigare byggnormer.

Analytisk dimensionering används där förenklad dimensionering inte anses lämplig för den aktuella verksamheten. Anledningar för att använda analytisk dimensionering kan finnas där byggnadens utformning annars skulle begränsas och för att ge möjlighet till mer kostnadseffektiva lösningar på brandskyddet. Används analytisk dimensionering ställs högre krav på att verifiera att utrymningsmöjligheter är tillräckliga. Samhällets krav på personsäkerhet måste upprätthållas. Detta kan göras med beräkningar, provning och objektsspecifika försök eller en kombination av dessa (Boverket, 2006).

Helsingborgs stadsteater har främst dimensionerats efter förenklad metod och uppfyller således kraven i BBR med ett fåtal undantag, se kapitel 4.2.2 och 4.2.3.

#### **4.1.2 Vissa detaljkrav och råd enligt BBR**

Det skall finnas två av varandra oberoende utrymningsvägar i alla lokaler där personer vistas mer än tillfälligt samt minst en från varje plan (BBR 5:311).

Gångavståndet inom en brandcell skall inte vara längre än att brandcellen kan utrymmas innan kritiska förhållanden uppstår (BBR 5:331). Brandskyddshandboken anger ett maximalt avstånd på 30 meter till närmaste utrymningsväg för teatrar.

Utrymningsvägar skall utformas med sådan rymlighet och framkomlighet att de kan betjäna det antal personer de är avsedda för (BBR 5:341). I lokaler avsedda för fler än 150 personer bör bredden inte understiga 1,2 meter.

Med samlingslokal avses lokal eller lokaler i en brandcell där ett större antal personer (fler än 150 personer) utan god lokalkännedom uppehåller sig (BBR 5:233). Utrymningsväg från samlingslokal dimensioneras efter antalet personer som får vistas där. Den totala bredden på dörrarna till utrymningsvägarna bör vara en meter per 150 personer (Brandskyddshandboken, 2005).

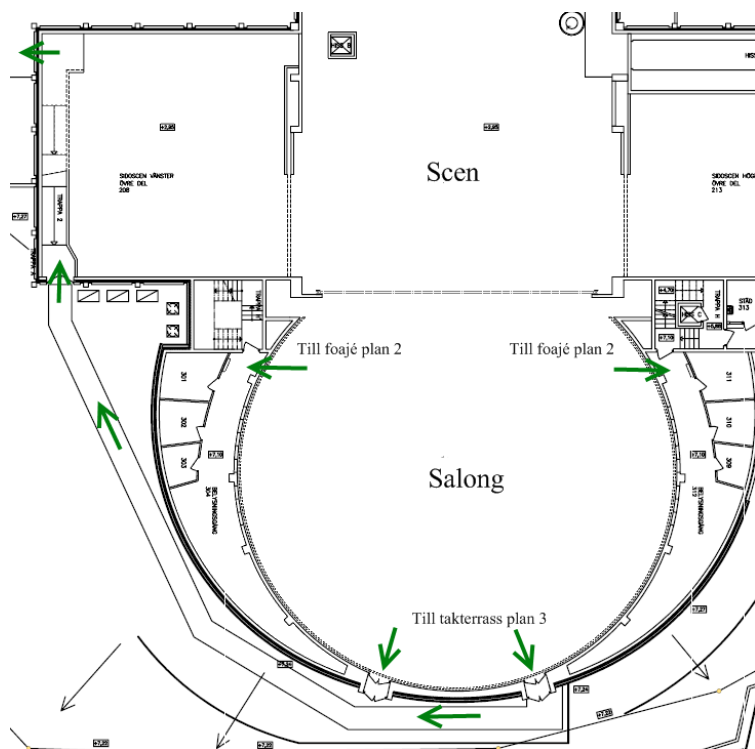
## 4.2 Utrymning av publika lokaler

Till de publika lokalerna räknas salongen, foajén utanför Storan med tillhörande garderob och toalett i plan 1 samt Lilla scen med tillhörande foajé. Personer som befinner sig i dessa lokaler kan antas ha begränsad eller ringa lokalkännedom. Det längsta tillåtna gångavståndet är 30 meter till närmaste utrymningsväg (BBR 5:331-2) för dessa lokaler.

### 4.2.1 Stora salongen

Den dimensionerande personbelastningen i salongen är 600 personer. Utrymning sker genom två stycken dörrar på vardera 2 meters bredd som leder ut i foajén, samt två stycken dörrar placerade längst bak i salongen på vardera 1,2 meters bredd som leder ut på en takterrass. Den totala bredden på utrymningspassagerna blir således 6,4 meter. Rekommendationen är minst 4 meter ( $600/150$ ) total dörrbredd.

Det längsta uppmätta gångavståndet är cirka 20 meter till närmaste nödutgång. Ingenstans i denna lokal behöver en multipliceringsfaktor användas till följd av sammanfallande gångsträcka. Således uppfylls Boverkets rekommendation gällande säker utrymning.



Figur 4: 1 Utrymningsvägar från Salong

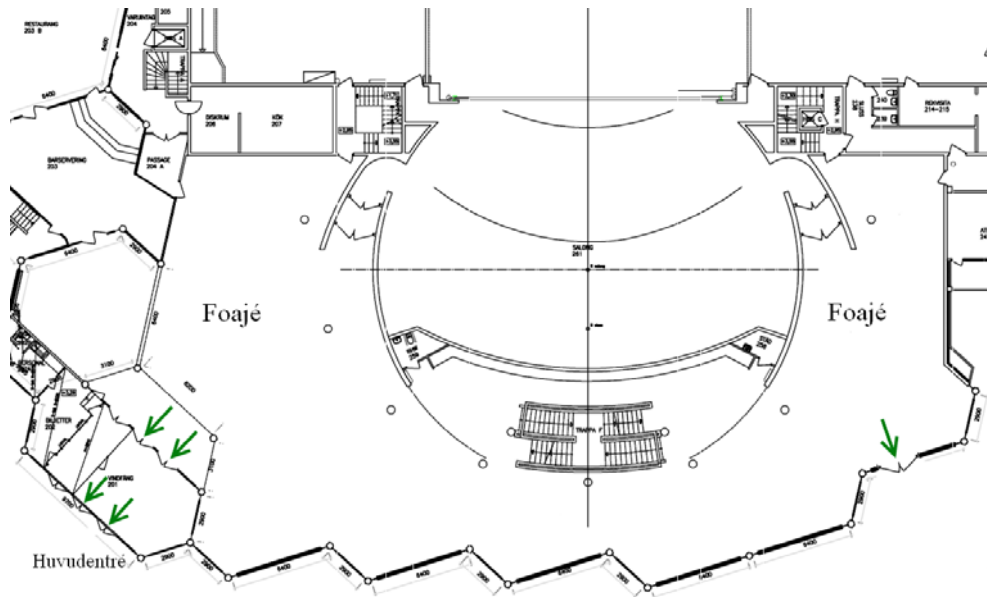
### 4.2.2 Storas foajé

Den dimensionerande personbelastningen i foajén är 600 personer. Förutom foajén i plan 2 hör även garderob och toaletter i plan 1 till denna brandcell. Utrymning av foajén sker genom huvudentréns två dörrar om vardera 1,6 meters bredd ut till det fria eller en dörr i fasaden om 2,5 meters bredd. Detta innebär en total bredd av utrymningspassagerna på 5,7 meter. Rekommendationen är minst 4 meter total dörrbredd. Dock kan här tilläggas att huvudentréns två dörrar inte är att anse som oberoende vilket innebär att den alternativa dörrrens bredd minst



bör vara 2 meter (600/300) (Brandskyddshandboken, 2005). Denna rekommendation är också uppfylld.

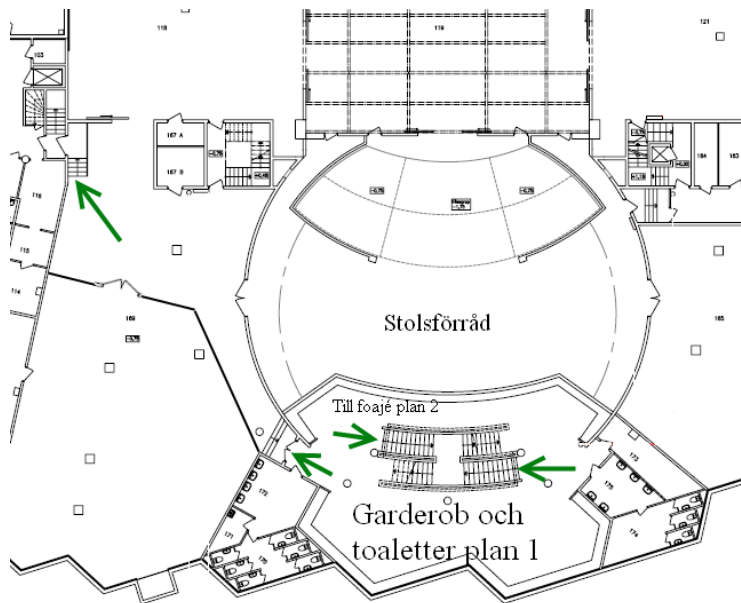
Det längsta uppmätta gångavståndet är cirka 60 meter till närmaste nödutgång. I denna lokal krävs användning av en multipliceringsfaktor 2 en stor del av denna sträcka till följd av sammanfallande gångstäcka. Används inte multipliceringsfaktorn blir det längsta gångavståndet istället 37 meter. *Denna lokal uppfyller således ej Boverkets rekommendation gällande säker utrymning varför analytisk metod bör tillämpas.* Se vidare i kapitel 8.4.



**Figur 4: 2 Utrymningsvägar från Foajé**

Utrymning av garderob och toaletter i plan 1 sker dels via öppen trappa till foajéns utrymningsvägar och dels via en dörr om 1,5 meters bredd genom ett förråd. Den öppna trappan ingår i den väg som leder fram till utrymningsväg och räknas ej som utrymningsväg i sig själv.

Det längsta uppmätta gångavståndet är drygt 45 meter till närmaste nödutgång. I denna lokal krävs användning av en multipliceringsfaktor 2 en viss del av denna sträcka till följd av sammanfallande gångstäcka. *Inte heller här uppfylls således Boverkets rekommendation gällande säker utrymning.*

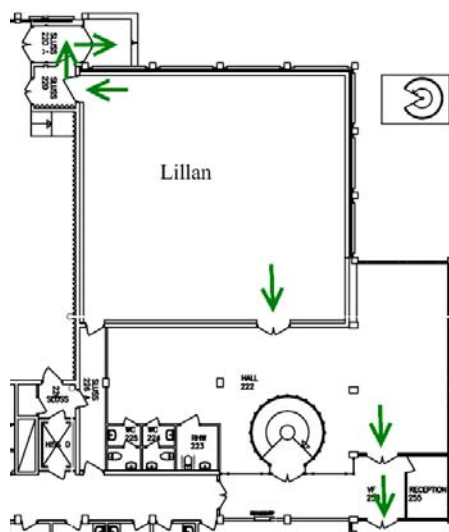


Figur 4: 3 Utrymningsvägar från toaletter och garderob i plan 1

#### 4.2.3 Lilla scen med tillhörande foajé

Den dimensionerande personbelastningen i Lillan är 150 personer även om det i nuläget är möblerat för cirka 100 gäster. Utrymning sker genom Lillans huvudentré med en bredd på 1,6 meter samt via slussar med en dörrbredd på 1,2 meter. Detta innebär en total dörrbredd på 2,8 meter. Rekommendationen är minst 2,4 meter. Det längsta uppmätta gångavståndet från Lillan till närmaste nödutgång är 29 meter. I denna lokal krävs användning av en multipliceringsfaktor 2 en liten del av denna sträcka till följd av sammanfallande gångsträcka. Det längsta tillåtna gångavståndet är 30 meter. Således uppfylls Boverkets rekommendation rörande säker utrymning.

Dock är det längsta möjliga gångavståndet till den närmaste nödutgången för hela brandcellen 42 meter och återfinns i Lillans foajé. Denna sträcka är tagen från den bortersta toaletten sett från entrén. Här måste multipliceringsfaktorn användas en längre sträcka till följd av sammanfallande gångsträcka.



Figur 4: 4 Utrymningsvägar från Lillan och lillans foajé

### **4.3 Utrymning av övriga lokaler**

Till övriga lokaler räknas personalutrymmen, det vill säga kontorsdel, verkstäder, scener, repetitionslokal och förrådsutrymmen. Personer som befinner sig i dessa lokaler kan antas ha god lokalkännedom samt god förmåga att sätta sig själva i säkerhet.

Gästande teatersällskap och övrig personal som vistas i ovan nämnda lokaler utan god lokalkännedom kan antas ha personer i sin närhet som har det (scen tekniker etcetera), och bör inte få problem att komma i säkerhet vid en utrymningssituation, se Bilaga C.

I förrådsutrymmena i källarplan befinner sig personer endast temporärt och utrymningsmöjligheterna är acceptabla trots att avsteg från BBR gjorts. Avsteget består i att huvudtrapporna som är primära utrymningsvägar ej når direkt ut i det fria utan till annan brandcell (Brandskyddsdocumentation, 2006).

Utrymme för vajerspel och fläktar ovanför Stora scenen, där personal vistas högst tillfälligt, har enbart krav på en utrymningsväg i BBR. Trots detta har ytterligare en utrymningsväg gjorts genom vilken personal kan ta sig till taket för att sedan plockas ner med höjdfordon när räddningstjänst anlant.

I övrigt har inga avsteg från BBR gjorts i dessa lokaler.



## 5 Riskidentifiering

Som ett första steg i framtagandet av brand- och utrymningsscenarier har en kvalitativ riskidentifiering genomförts. Troliga händelseförlopp har tagits fram genom att studera byggnaden och dess verksamhet, både genom ritningsgranskning och genom platsbesök.

Nedan sammanfattas de identifierade riskerna i en tabell. Detta har skett kvalitativt och ska ses som en grov uppskattning. De risker som bedöms ha en stor konsekvens och/eller hög sannolikhet undersöks vidare.

**Tabell 5: 1 Sammanfattning av identifierade risker. Tre stycken kommer att undersökas ytterligare i senare kapitel.**

Scenario	Konsekvens	Sannolikhet	Händelse	Undersöks ytterligare
Brand på stora scenen	Stor	Hög	Dekor fattar eld, rök transporteras till salong	X
Brand i stolsförråd under stora scenens salong	Stor	Medel	Förvarade stolar fattar eld, rök transporteras till salong	X
Brand i restaurang	Stor	Hög	Två soffor fattar eld, foajé rökfylls	X
Brand i scenkällare	Stor	Låg		
Rökfyllnad av foajé till Lilla scen	Liten	Medel		
Brand i hiss E, fondhiss	Liten	Låg		
Brand i repetitionslokal plan 5	Liten	Medel		
Brand i målningsverkstad	Medel	Hög		
Brand i stora scenens salong	Stor	Låg		
Brand i garderob, källare	Medel	Hög		

## **5.1 Scenarier som undersöks vidare**

Nedan beskrivs och diskuteras de scenarier som identifierats och som på grund av deras konsekvens och/eller sannolikhet undersöks vidare.

### **5.1.1 Brand på stora scenen**

Stora scenen utgör tillsammans med höger och vänster sidoscen en brandcell. Brandcellsgräns mellan scen och salong utgörs av en järnridå som kan sänkas dels manuellt och dels automatiskt då brandlarm går till räddningstjänst. Scenens golv består av tjocka träplankor. Kulissen varierar mellan olika föreställningar och mängden brännbart material kan stundom anses vara mycket stor på scenen. Ett vajersystem från taket fäster till ett flertal bommar som håller upp bakgrundskulisserna och möjliggör snabba byten av dessa. Scenen är försedd med sprinkler från tak samt på olika nivåer längs med väggarna. Sprinklerna i taket kan även utlösas manuellt. Rökdetektorerna på scenen fränkopplas under föreställning. Taket är dessutom försett med brandgasventilation i form av rökluckor (26 m<sup>2</sup>).

På scenen finns ofta en stor brandbelastning i form av kulisser och dekor. Användandet av pyroteknik medför att risken för antändning av materiel på scenen ökar. Även belysningen medför till viss del ökad risk för antändning. Ett stort antal bakgrundskulisser innebär en ökad risk för snabb vertikal brandspridning.

En brand på scenen under föreställningstid upptäcks i ett tidigt skede och kan därför bekämpas av scenpersonal med handburen släckutrustning. Om scenpersonalen inte lyckas släcka branden sker manuell utlösning av taksprinkler vilket begränsar brandspridningen. Förutsatt att järnridån sänks kommer utrymningen av salongen ej att påverkas av en brand på stora scenen. Brandgasventilation medför att även om järnridån ej sänks så förlängs tiden innan brandgaser når salongen.

På grund av den stora brandbelastning som kan finnas på scenen och att gästernas utrymningssäkerhet påverkas om ett aktivt system i form av järnridån fallerar, väljer vi att utreda detta scenario ytterligare. Järnridåns funktion måste säkerställas genom regelbundna kontroller och underhåll. Det är viktigt att personalen genomgår utbildning och regelbundna övningar i åtgärder vid brand.

### **5.1.2 Brand i stolsförråd under stora scenens salong**

I källarplan, under salongen, finns ett stolsförråd avsett för förvaring av de främre, bortmonterbara stolsraderna. Dessa kan sänkas ner med hjälp av lyftbord och avlägsnas sektionsvis vilket möjliggör en större scen alternativt ett orkesterdike. Utöver stolsraderna skall enligt teaterns rutiner inget annat förvaras i utrymmet. Stolarna innehåller kallskum (CMHR), nylonfilt och är klädda med brandskyddsimpregnerad textil (Höglund, 2007-09-13). Stolsförrådet tillhör samma brandcell som salongen och är avskilt från övriga källarutrymmen med brandcellsavskiljande väggar och dörrar. Stolsförrådet är försett med optiska rökdetektorer och sprinkler.

Brandbelastningen i stolsförrådet består av 160 stolar. Stolarnas stoppning ökar brandgasernas toxicitet. Effekten av sprinkler blir nedsatt på grund av dess placering ovanför flera rördragningar (se figur 5:1). Tiden till upptäckt är kort på grund av rökdetektorer. Dock skall enligt teaterns rutiner en scentekniker kontrollera innan utrymningslarmet aktiveras. På grund av larmlagring kan denna tid vara maximalt 6 minuter. Otätheter vid lyftbordet, mellan källare

och salong, medger brandgasspridning till publik. Vid utrymningslarm sänks järnridån automatiskt vilket påskyndar rökfyllnad av salong. Det är rimligt att anta att huvuddelen av publiken utrymmer via de bakre utrymningsvägarna, om rök strömmar ut i salongens främre del, vilket ökar tiden för utrymning. Då de bakre utrymningsvägarna ligger högre belägna i salongen påverkas dessa också snabbare av brandgaslagret i salongen. På grund av att en brand medför brandgasspridning direkt till salongens publik samt begränsar utrymningen till bakre utrymningsvägar väljer vi att vidare utreda detta scenario.



**Figur 5:1** Effekten av sprinklern kommer att begränsas av olämplig rördragning.

### 5.1.3 Brand i restaurang

Restaurangen är belägen i byggnadens södra del. Verksamheten är helt skild från teatern och har eget brandlarm. Teaterns systematiska brandskyddsarbete berör därför ej restaurangverksamheten.

Serveringslokalen är möblerad med bord, stolar, bardisk och skänkar av trä. Även delar av innertaket består av trä. Serveringsdelen är ej sprinklad och har på grund av träbaserad inredning en hög brandbelastning. Brandcellsgränsen mellan restaurang och foajé (Brandskyddsdocumentation, 2006), utgörs av ett otätt glasparti vilket medför att brandgaser vid en brand i restaurangen kan spridas till Storans foajé. Eftersom utrymning av salongen främst sker via foajén kommer detta att påverka tiden för utrymning. Även salongens bakre utrymningsväg, vilken löper över taket intill restaurangens, kan komma att påverkas om rök väller ut genom restaurangens fönster och dörrar till det fria.



Figur 5:2 Öppning mellan Restaurang och foajé

Före och efter föreställning samt i pauser vistas upp till 600 personer i foajén. På grund av brister i brandcellsgräns och tveksamheter angående samordning av brandskyddet mellan verksamheterna väljer vi att vidare utreda detta scenario. Vi väljer att utreda situationen då huvuddelen av gästerna befinner sig ute i foajén.

## 5.2 Scenarier som inte utreds vidare

Nedan beskrivs scenarier som inte utreds vidare men som dock föranleder förslag på åtgärder.

### 5.2.1 Brand i scenkällare

Källarutrymnet direkt under scenen utgör samma brandcell som huvudscenen. I lokalen skall enbart pallställ med obrännbar materiel, såsom strålkastare och kättingar, förvaras (Höglund, 2007-09-13). Utrymnet är försett med optiska rökdetektorer och uppåtriktad sprinkler mot scengolvet av trä.



Utrymmets storlek och placering intill källarförråd inbjuder dock till att annan materiel förvaras där. Om så sker kan brand medföra snabb brandgasspridning via spiraltrappan upp till huvudscenen. En hög brandbelastning orsakad av felförvaring skulle kunna medföra att scengolvet antänds. Brandgasspridning till andra källarutrymmen och salongen (via lyftbordet) skulle kunna ske om branddörrar ej hålls stängda.

Scenariot inträffar inte om teaterns rutiner för förvaring följs. Rökdetektorer medför tidig upptäckt av branden och möjlighet för scentekniker att agera. Uppåtriktad sprinkler försvårar kraftigt brandspridning till scengolvet. Järnridån hindrar brandgasspridning till salong via scen.

På grund av ovanstående väljer vi att inte gå vidare med detta scenario. Dock är det viktigt att det kontinuerligt kontrolleras att förvaring sker på rätt sätt. Sprinklersystemets funktion är viktig för att förhindra spridning till scenens trägolv och det är därför av yttersta vikt att rutiner för kontroll av denna följs. Det är också viktigt att brandcellsavskiljande dörrar hålls stängda, alternativt stängs automatiskt vid detektion, och då i synnerhet skjutdörrar till lyftbord.

### **5.2.2 Rökfyllnad av foajé till Lilla scen**

Lillan och foajén utanför tillhör samma brandcell tillsammans med receptionen. Runt det inglasade trapphuset finns garderob (kapphängare) för gäster. Lillan utryms dels via foajén och dels via slussar ut i det fria. Lillan är en dynamisk scen och scenens och publikens placering varierar från uppsättning till uppsättning. Framför slussen till det fria finns en typ av tygvägg som är en del av lokalens inredning. Utrymmet är försett med optiska rökdetektorer.

Reception och kopiatorrum är belägna i olika brandceller avskiljda med en branddörr (EI-60). Denna dörr saknar dörrstängare och på grund av verksamheten står denna dörr uppställd, åtminstone under kontorstid. Ovanför dörren finns dessutom ett överluftsgaller, vilket innebär att väggen inte kan ses som brandcellsavskiljande. En brand i kontorsdelen kan således leda till rökfyllnad av Lillans foajé. Rök kan spridas in till Lillan då denna tillhör samma brandcell som foajén. Personerna i Lillan skulle då vara tvungna att utrymma enbart via slussar ut i det fria. En brand i foajéns garderober skulle få liknande konsekvenser men ett snabbare förlopp. Rökdetektorer möjliggör en tidig upptäckt av brand. Då Lillan som maximalt tar cirka 100 gäster torde utrymning kunna ske tillfredställande genom enbart slussen till det fria om framkomligheten i denna inte är begränsad.

På grund av ovanstående väljer vi att inte gå vidare med detta scenario. Brister i den brandcellsavskiljande väggen mellan reception och kopiatorrum skall åtgärdas. Detta kan till exempel innebära magnetupphängd dörr kopplad till brandlarm monteras samt att överluftsgallret tas bort och hålet tätas i klass EI-60. Vidare skall utrymningsvägen via sluss till det fria hållas framkomlig och väl skyltad oavsett aktuell uppsättnings dekor.

### **5.2.3 Brand i Hiss E, fondhiss.**

Fondhissen är lika bred som sidoscen höger och används främst till förvaring av virke, scendekor och färg. Hissen går mellan källarplan och plan 5 med anslutningar till källarplan, markplan och plan 5. På plan 5 finns enbart anslutning mot norr och på de övriga planen i båda riktningarna. Hissens ena långsida är öppen mot hisschaktet och på den hisschaktsväggen finns hyllplan. Hyllplanen är lika breda som hissen och finns med cirka en meters mellanrum i hela hisschaktets vertikala utsträckning. Hisschaktet utgör egen brandcell.

Hisschaktet är försett med röklucka och optisk rökdetektor. Röklucka (2 m<sup>2</sup>) öppnas vid signal från rökdetektor alternativt manuellt.

En stor mängd brännbart material förvaras på höjden i hisschaktet vilket leder till snabb spridning och därmed högre effektutveckling. Otätheter alternativt uppställd hissdörr kan medföra snabb brandgasspridning på flera plan. Brandgaser skulle då kunna spridas till stora scenen.

Brandgasventilation minskar risken för brandspridning till angränsande brandceller. Spridning till salong och därmed påverkan av utrymningssäkerheten förhindras med hjälp av järnridå. På grund av ovanstående väljer vi att inte gå vidare med detta scenario. Det är viktigt att hissdörrar hålls stängda. Täthet vid de brandcellsavskiljande hissdörrarna samt genomföringar till angränsande brandceller bör kontrolleras.



Figur 5:3 Invändig bild Hiss E

#### 5.2.4 Brand i repetitionslokal plan 5

På plan 5 fanns tidigare det kostymförråd som efter ombyggnation ligger i källarplan. Det gamla kostymförrådet är nu omgjort till bland annat repetitionslokal. Utrymning från denna lokal sker genom trapphus i nordöstra och sydöstra del. Vid besök på teatern upptäcktes att dörr i utrymningsväg till det sydöstra trapphuset öppnades mot utrymningsriktningen. Detta tillsammans med att dörren ej kan öppnas 180 grader utgör en begränsning vid utrymning denna väg (se bild). Brandbelastningen är okänd då lokalen ej ännu är i bruk men kan bedömas vara relativt låg.



**Figur 5: 4 Dörr på plan 5 som bör bytas**

Tidigare, när planet användes främst till förråd, kunde detta accepteras då ett färre antal personer kunde antas befinna sig där. När det nu inrymmer repetitionslokaler kommer ett större antal personer befinna sig här samtidigt och större krav på utrymningsvägar bör ställas. Förslag på åtgärd är att byta till dörr som öppnas i utrymningsriktningen alternativt byta till en högerhängd dörr.

### **5.2.5 Brand i målningsverkstad**

I markplan mellan sidoscen höger och snickeriverkstan ligger målningsverkstan. Mellan dessa lokaler finns stora öppningar med skjutdörrar. Öppningarna används för att kunna flytta stora dekorer vid scenbyggnad. Dessa branddörrar stängs manuellt. Intill målningsverkstan ligger ett färgkök i egen brandcell. Lokalen är försedd med optiska rökdetektorer och är sprinklad.

I målningsverkstan, färgköket och snickeriverkstan handhas brandfarliga varor. Dörr till färgkök saknar fungerande dörrstängare och verksamheten inbjuder till att hålla denna dörr öppen. Skjutdörren mot sidoscen höger står ofta öppen enligt personal på plats. En brand som uppstår i färgköket eller målningsverkstan kan därför spridas samt rökfylla intilliggande brandcell bestående av sidoscen höger och stora scenen. Toxiciteten hos brandgaserna från en sådan brand kan innebära ytterligare problem.

Rökdetektorer medger en tidig upptäckt av brand. Takhöjden i målningsverkstan leder till en långsammare spridning av brandgaserna till intilliggande lokaler. Under föreställning hålls enligt personal på plats skjutdörrarna stängda för att hindra störande ljud att nå stora scenen. Skulle brandgaser spridas till stora scenen hindras vidare spridning till salongen av järnridån och utrymningssäkerheten torde därför inte påverkas.

På grund av ovanstående väljer vi att inte gå vidare med detta scenario. Förslag för att skjutdörrarna skall hållas stängda vid föreställning är någon form av varningslampor som är tända då dörrarna står öppna. Dessa skall finnas i anslutning till scenpersonal. Alternativt installeras någon form av ljus- och/eller ljudsignal som avges efter att dörren hållits öppen en viss tid, förslagsvis 30 minuter. Dörr mellan färgkök och målningsverkstan skall förses med dörrstängare och bör för att undvika uppställning förses med automatisk stängningsanordning kopplad till brandlarm.

### **5.2.6 Brand i stora scenens salong**

Salongen har plats för cirka 600 personer i ett lutande plan. Stolarna består av stål, furu, elastiskt gummi samt CMHR-kallskum och är försedda med tändskyddande beklädnad. Väggarna är klädda med vertikala ribbor av trä. Dessa är brandskyddsmålade men vid vårt besök var färgen nedsliten och i behov av ommålning. Utrymningsvägar består av ordinarie dörrar till foajén belägna på respektive sida i salongens främre del samt dörrar i salongens bakre del som leder ut på teaterns tak. Inspicienten sitter under föreställning i salongens bakre del och är den person som är ytterst ansvarig för föreställningen och då även en eventuell utrymning. Över och runt om salongen går belysningsgångar i tre plan. Salongen är försedd med sprinkler och optiska rökdetektorer.

Ett brandförlopp i salongen får på grund av snabb brandgasspridning omedelbara konsekvenser för utrymningsmöjligheterna. En brand kan leda till att en eller flera utrymningsvägar blockeras vilket påverkar utrymningstiden. Bristfällig brandskyddsmålning av trädekoren på väggarna leder till snabb vertikal brandspridning. Att järnridån sänks medför snabbare rökfylldnad av salongen men förhindrar brandspridning till scenen.

En brand i salongen under föreställningstid upptäcks i ett tidigt skede. Branden kan således bekämpas i stadiet då handburen släckutrustning torde vara tillräcklig. I lokalen finns dessutom sprinkler i taket samt sprinkler riktade mot väggdekoren av trä.

På grund av ovanstående och då främst möjligheten till tidig upptäckt väljer vi att inte utreda detta scenario vidare.

### **5.2.7 Brand i garderob, källare**

Klädskåp för förvaring av ytterkläder finns i foajén, både i markplan och i källaren. Utrymmet i källarplan, där även toaletter är belägna, nås genom ett öppet trapphus från foajén. De läsbara klädskåpen finns utmed väggarna och är av trä. Källarens golv täcks av heltäckningsmatta, i övrigt finns där inget möblemang. En rökdetektor finns i källarutrymmet.

Den potentiella brandbelastningen i de träbaserade skåpsraderna är hög men kräver en tändkälla av dignitet. Utrymmet är inte under omedelbar uppsikt och är en lämplig plats att starta anlagd brand. Det öppna trapphuset medger snabb brandgasspridning upp till foajén. Utrymning av stora scenens salong kommer då att påverkas då den sker genom foajén.

En brand i foajén under föreställning påverkar utrymningstiden då utrymning av salongen enbart kan ske via bakre dörrar till teaterns tak. Dock kommer kritiska förhållanden inte att uppstå då brandgasspridning till salongen hindras av brandcellsindelningen. Före och efter föreställning samt i pauser vistas lejonparten av besökarna i foajén. Detta innebär att fara för dessa kan uppstå men också att en eventuell brand upptäcks i ett tidigt skede. Vidare så simuleras utrymning av foajén i scenariot ”Brand i restaurang”.

## 6 Kritiska förhållanden

I avsnitt 5:3 i Boverkets byggregler (BBR), ställs kravet att byggnaden ”*skall utformas så att tillfredställande utrymning kan ske vid brand*”. Detta innebär att utrymning skall vara klar då oacceptabla förhållanden uppstår. Nedan redovisas aktuella gränsvärden.

### 6.1 Kritiska förhållanden vid utrymning

När utrymning dimensioneras får förhållanden i byggnaden enligt Boverkets Byggregler 5:361 inte bli sådana att gränsvärden för de kritiska förhållandena överskrids under den tid som krävs för utrymning. Dessa förhållanden är att anse som acceptabla under utrymning. Det behöver dock inte innebära personskador eller förlust av människoliv.

Vid värdering av kritiska förhållanden bör siktbarhet, värmestrålning, temperatur, giftiga gaser samt olika kombinationer av dessa beaktas. Gränsvärden som normalt tillämpas är:

<b>Temperatur</b>	Personer under utrymning bör inte utsättas för en temperatur i luften som överstiger 80° C.
<b>Strålning</b>	Rådet för den maximalt infallande värmestrålningen är 2,5 kW/m <sup>2</sup> eller en kortvarig strålningsintensitet på max 10 kW/m <sup>2</sup> . Även en maximal strålningsenergi på 60 kJ/m <sup>2</sup> kan tillåtas utöver energin från en strålning på 1 kW/m <sup>2</sup> Dessa gränsvärden gäller dels i den brandutsatta brandcellen, dels i utrymningsväg från denna om brandgaser har spridits.
<b>Brandgaslagrets höjd</b>	Brandgaslagret bör lägst ligga på höjden 1,6+0,1H meter ifrån den nivå där människor vistas, där H är rumshöjden. Detta för att brandgaslagret ej skall störa personerna vid utrymning.
<b>Sikt</b>	För att utrymning skall kunna fortgå krävs en siktbarhet på minst 10 meter, detta där lokalen är att anse som okänd för utrymmande personer.
<b>Toxicitet</b>	Under utrymning krävs det att utrymmande personer ej utsätts för giftiga gaser eller för låg syrehalt. Det anses räcka att beakta mängden CO, CO <sub>2</sub> och O <sub>2</sub> . Följande volymandelar anger när utrymning kan ske säkert:
	CO <2000 ppm
	CO <sub>2</sub> <5%
	O <sub>2</sub> >15%



## **7 Brandscenarier**

En mängd tänkbara scenarier har diskuterats. Av dessa valdes några som ansågs utgöra ett större hot emot människors liv och hälsa. Dessa kommer ett mer ingående redovisas i detta kapitel.

### **7.1 Brand på Stora scen**

Stora scenens utformning ändras beroende på uppsättning och en brandbelastning är därför svår att bestämma. Under föreställning är stora scenen ständigt under uppsikt vilket medför att en tidig detektion av brand är trolig. I anslutning till scenen finns kvitteringsstation för det automatiska brandlarmet, tillgång till manuell nedfällning av järnridån samt station för att manuellt aktivera sprinkler ovanför scenen.

#### **7.1.1 Beskrivning av brandrum**

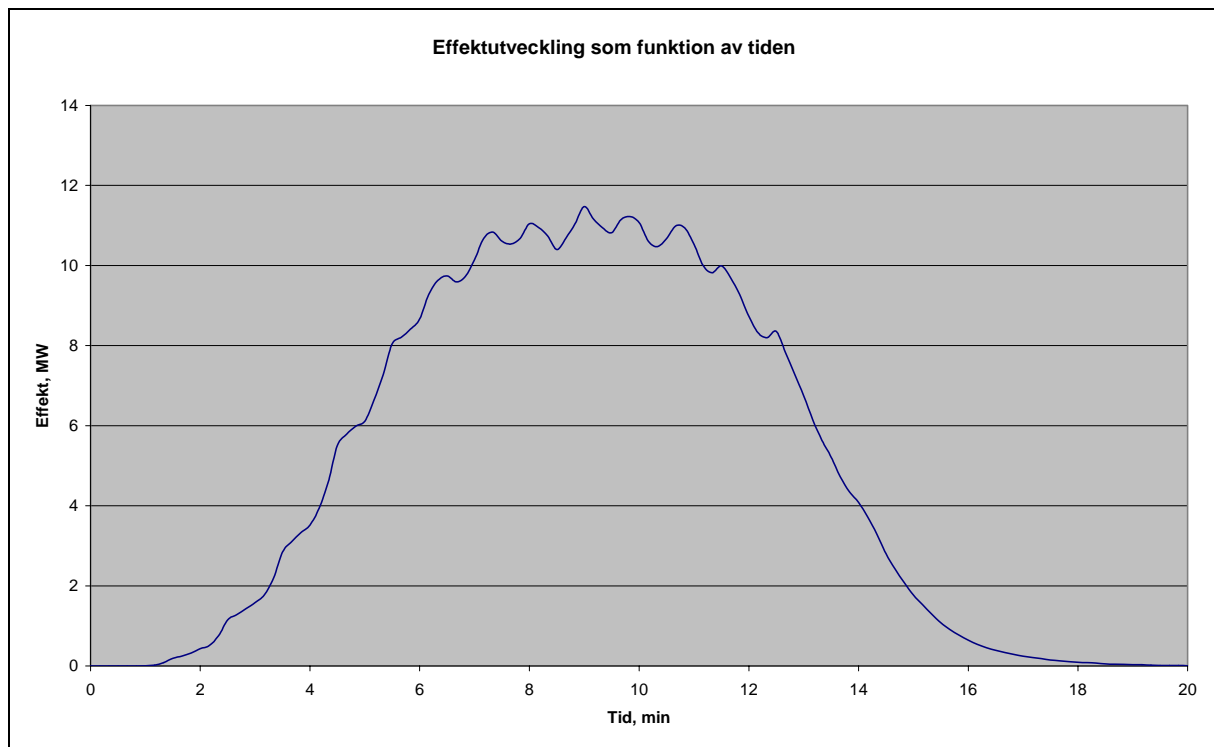
Scenen är öppen mot båda sidoscenerna och in mot salongen. Väggar och tak är konstruerade i betong men det kommer i princip alltid finnas dekor på scenen. Golvet är ett trägolv som är sprinklat underifrån. Rummet är försett med rökdetektorer och är försett med sprinkler (RTI 50 ms<sup>2</sup>) som utlöser vid 68°C som även kan utlösas manuellt.

#### **7.1.2 Antaganden och bakgrund**

Dekoren antas bestå av samma material som tjocka bomullsgardiner och vara totalt 5 stycken med ytan 12x12 m<sup>2</sup>. Järnridån antas inte fungera då tändkällan i detta scenario utgörs av fel i el-centralen belägen på höger sidoscen.

#### **7.1.3 Framtagning av brandbelastning utan sprinkleraktivering**

Tändkälla antas vara ovan nämnda el-centralen som ger upphov till en brand i vertikalt hängande tygdekor på huvudscenen. Tygdekoren representeras av brand Y7/15 i Initial Fires (Särdqvist, 1993) som i de försöken har en area på 2,42x1,24 m<sup>2</sup>. Då våra dekorer antas vara 5 stycken á 12x12 m<sup>2</sup> så skalas effekten upp och antar brandspridning inom och mellan dekorer enligt Bilaga D. Den modellen ger oss följande effektutveckling:



Figur 7: 1 Effektutveckling vid brand på Stora scen, sprinkler aktiverar ej

Kontroll görs om befintligt syre i lokalen är tillräckligt för att en bränslekontrollerad brand skall kunna upprätthållas under hela brandförloppet. Befintligt syre i lokalen beräknas enligt nedan:

$$\text{Total volym} \approx 16000 \text{ m}^3$$

$$m_{\text{syre}} = V_{\text{tot}} \cdot \text{mass}\% O_2 \cdot \rho_{\text{luft}} = 16000 \cdot 0,23 \cdot 1,2 \approx 4400 \text{ kg}$$

Då en brand endast antas kunna reagera med syret tills dess att 10 mass-% återstår måste massan syre som kan reagera beräknas:

$$m_{\text{syre, reaktion}} = V_{\text{tot}} \cdot \text{mass}\% O_2 \cdot \rho_{\text{luft}} \cdot \frac{(23-10)}{23} = 16000 \cdot 0,23 \cdot 1,2 \cdot \frac{(23-10)}{23} \approx 2500 \text{ kg}$$

Då syre reagerar vid en brand antas 13100 MJ/kg<sub>syre</sub> kunna frigöras. Syret i vår totala volym kan alltså frigöra total mängd energi enligt nedan:

$$Q = 13100 [kJ / kg] \cdot 2500 [kg] \approx 33000 \text{ MJ}$$

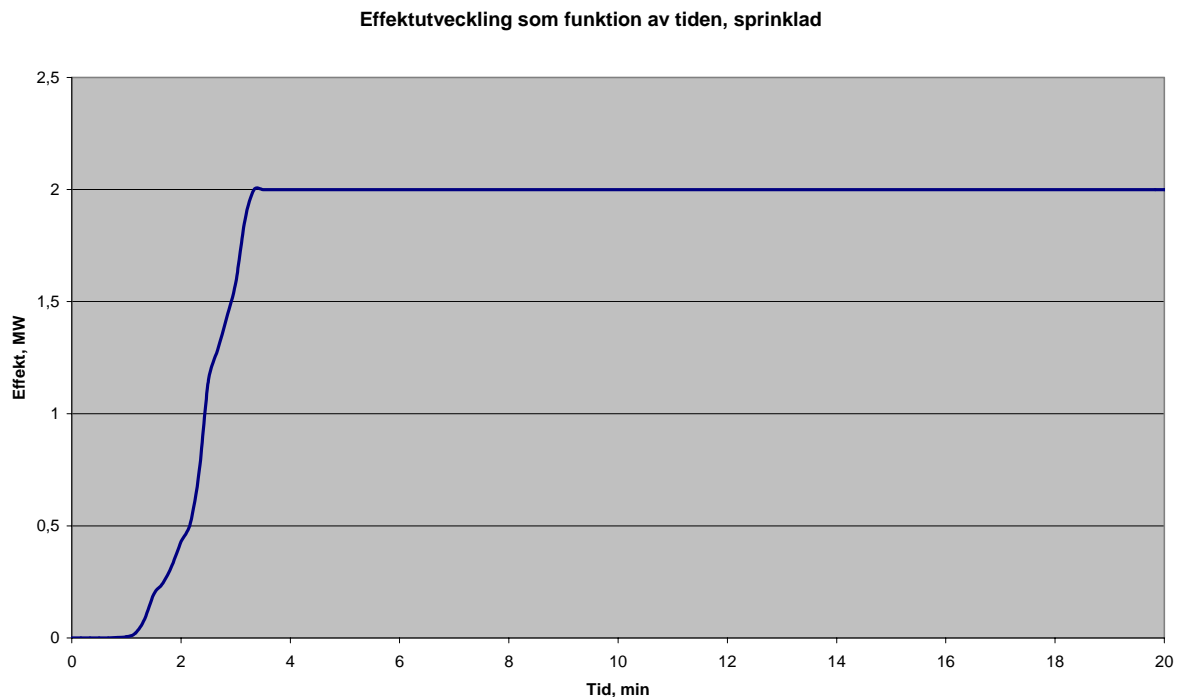
Denna frigjorda energi motsvarar en brand som under 20 minuter producerar en effekt på cirka 27 MW (33000MJ/1200s) vilket vida överstiger den aktuella brandens maximala effekt på cirka 11,5 MW. Detta innebär att ventilationskontrollerad brand ej uppstår.

#### 7.1.4 Framtagning av brandbelastning med sprinkleraktivering

Då stora scenen är sprinklad måste deras påverkan på effektutvecklingen även tas i beaktande. Sprinkleraktiveringen sker manuellt och antas ske då effekten anses så stor (2 MW) och flammhöjden enligt brandspridningsmodellen är så pass hög (8,6 meter) att personal inser att de inte kan släcka på egen hand (se Bilaga D). Tiden då detta inträffar är efter cirka 200



sekunder. Det konservativa antagandet att sprinklern endast begränsar effektutvecklingen har använts och ger kurvan följande utseende:



**Figur 7: 2 Effektutveckling vid brand på Stora scen, sprinkler aktiverar**

Effekten av sprinklern syns tydligt och maximala effekten minskas kraftigt.

## **7.2 Brand i Stolsförråd**

I källarplanet under salongen ligger stolsförrådet och de bildar gemensam brandcell. De 160 främre stolarna kan sänkas ner och förvaras i stolsförrådet.

### **7.2.1 Beskrivning av brandrum**

Rummet som är avskilt från övriga källarutrymmen och har arean 395 m<sup>2</sup> och ytor konstruerade i kal betong. Rummet är försett med rökdetektorer och sprinkler som utlöser vid 68°C (RTI 50 ms<sup>2</sup>).

Stolarna som förvaras i utrymmet är gjorda av stål, furu, elastiskt gummi samt CMHR-kallskum. Tyget är branskyddsimpregnerat. Då några brandtekniska data inte finns på denna stol antas stolarna bestå av stålstomme och polyuretanstopning vilket är ett värre fall och därmed mer konservativt. Enligt teaterns rutiner skall inget övrigt brännbart förvaras i utrymmet.

### **7.2.2 Antaganden och bakgrund**

Följande antaganden görs:

- Springan runt lyftbordet kommer att tillåta att brandgaser strömmar in i salongens främre del.
- Sprinklerna har en oklar funktion med tanke på den olämpliga placeringen.
- Felförvaring sker i form av tre påsar med papper i direkt kontakt med stolarna.

- Antändning är möjlig genom att till exempel ett lysrör med felaktig glimtändare smälter plasten och antänder papperspåsarna.
- Stolarna kommer att antändas trots det brandimpregnerade materialet då antändningskällans effekt är större än effekten ifrån en glödande cigarett, vilket används vid typgodkännanden.
- Då stolarna sitter tätt på sektioner kommer brandspridning att ske enkelt.
- En dörr 0,9x2,1 m<sup>2</sup> står öppen.

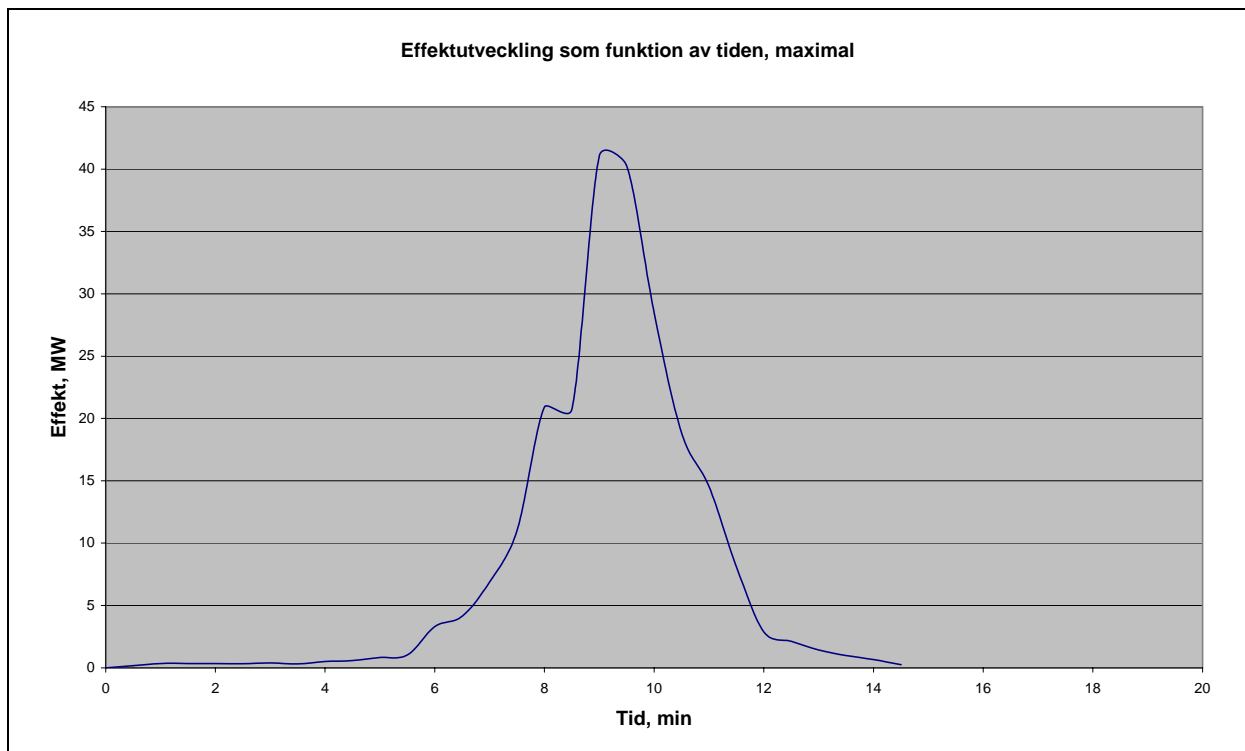


**Figur 7: 3 Defekta lysrör utgör potentiell antändningskälla**

### **7.2.3 Framtagning av brandbelastning utan sprinkleraktivering**

I Initial Fires (Särdqvist, 1993) finns ett försök som stämmer väl med befintliga stolar. Försöket Y3.4/21 består av tre påsar med papper som initierar branden. Som stolar användes försöket Y 5.2/52 vilket är stolar med polyuretanskum och stålstomme. Antändningskällan vid försöket är 50 kW under 200s. Bedömningen görs att den första stolen kommer att börja brinna efter 30 sekunder vid 170 kW. Därefter kommer branden att sprida sig radiellt utifrån första stolen till de närliggande.

Detta ger en kurva med följande utseende om branden endast vore bränslekontrollerad:



Figur 7: 4 Effektutveckling i stolsförrådet, endast bränslekontrollerad

Branden sprider sig snabbt efter cirka 5 minuter. Rimligheten i detta kan diskuteras men det är ett litet utrymme med mycket återstrålning från brandgaslagret och den kontinuerligt växande flamman. Dessutom är denna effektkurva något fiktiv då den i verkligheten blir ventilationskontrollerad enligt nedan.

Då stolsförrådet har en ytterst begränsad volym och har få tilluftskällor i förhållande till energin som finns lagrad i stolarna kommer kurvan att bli ventilationskontrollerad. Då en större mängd syre till en början finns lagrad i stolsförrådet kommer effekten till en början utvecklas på samma sätt som den vore bränslekontrollerad. Men då syrekoncentrationen i rummet börjar gå mot 10 % kommer effekten minska kraftigt och begränsas av tilluftskällorna.

Den effekt som en öppen dörr bedöms kunna förse med syre approximeras enligt nedan:

$$m_a = 0,5 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} = 0,5 \cdot 1,89 \cdot \sqrt{2,1} = 1,37 \text{ kg / s}$$

Luften innehåller 23 mass-% syre och då syre reagerar vid en brand antas  $13100 \text{ MJ/kg}_{\text{syre}}$  kunna frigöras. Massflödet syre in i brandrummet tillåter då en effektutveckling enligt beräkning nedan:

$$\dot{Q} = 13100 [\text{kJ / kg}] \cdot 1,37 [\text{kg / s}] \cdot 0,23 \approx 4,1 \text{ MW}$$

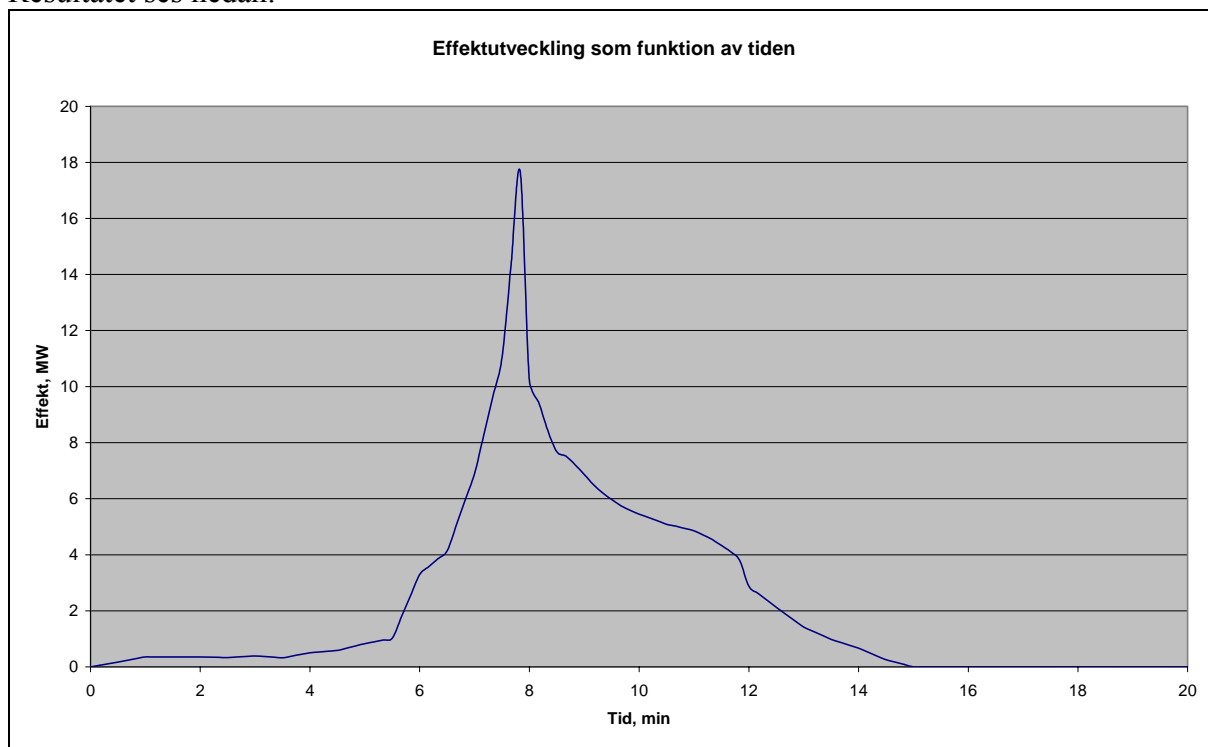
Dessa två resonemang skulle ge ett utseende på effektkurvan enligt följande:

- Effektutvecklingen ser till en början ut som för det bränslekontrollerade fallet
- En maximal effekt kommer att nås som är lägre än den i det bränslekontrollerade fallet Effekten kommer därefter
- Snabbt avta ner mot den effekt som en öppen dörr beräknas kunna förse med syre
- Därefter avta i samma takt som för det bränslekontrollerade fallet

Detta typutseende visar sig stämma väl överens med den effektutvecklingskurva som CFAST beräknar.

CFAST tar hänsyn till befintligt syre i rummet genom mer avancerade beräkningar innan ventilationskontroll begränsar effekten. Därför stämmer CFASTs ventilationskontrollerade brand bättre överens med verkligheten än vår. Därför kommer den att användas vid simuleringarna. Mer om hur CFAST begränsar effektkurvan kan läsas i kapitel 3.4.1.1 samt 3.4.1.2 i CFAST Technical Reference Guide.

Resultatet ses nedan:



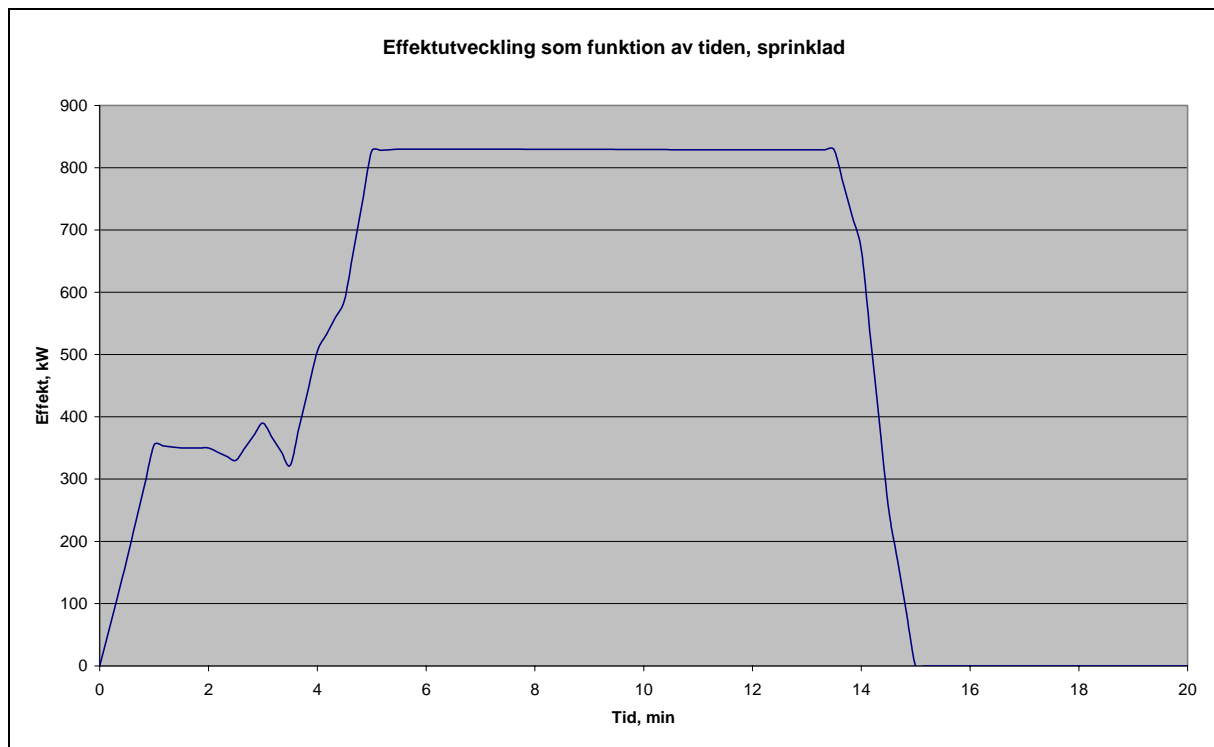
Figur 7: 5 Effektutveckling i stolsförrådet, ventilationskontrollerad

Effektutvecklingen är lägre än för fallet då ingen ventilationskontroll finns vilket är rimligt då ventilationskontrollen ska begränsa effektkurvan.

#### 7.2.4 Framtagning av brandbelastning med sprinkleraktivering

Då stolsförrådet är sprinklat måste dess påverkan på effektutvecklingen även tas i beaktande. Genom beräkningar i DetactT2, se bilaga E, erhålls en sprinkleraktiveringstid på cirka 5 minuter.

Det konservativa antagandet att sprinklern endast begränsar den ventilationskontrollerade effektkurvan har använts och ger följande händelseförlopp:



Figur 7: 6 Effektutveckling i stolsförrådet, ventilationskontrollerad och sprinklad

I detta fall kanske sprinklern hade lyckats släcka branden men det anses mer konservativt att bara begränsa, dessutom sitter sprinklerhuvudena i stolsförrådet illa till vilket diskuteras senare i rapporten.

### 7.3 Brand i Restaurang

Restaurangen i byggnadens södra del har en verksamhet helt skild från teaterns, vilket medför att de inte ingår i teaterns systematiska brandskyddsarbete. Restaurangen är inte sprinklad och har ett eget brandlarm utan koppling till teatern.

#### 7.3.1 Beskrivning av brandrum

Då serveringslokalen är möblerad med bord, stolar, bardisk och skänkar av trä samt soffgrupper är det en hög brandbelastning. Befintlig brandcellsgräns mellan foajé och restaurang upprätthålls ej på grund av otätheter i befintligt glasparti. Glaspartiet kan dessutom öppnas.

#### 7.3.2 Antaganden och bakgrund

Följande antaganden görs:

- Restaurangen och glaspartiet är öppet och branden upptäcks därför i ett tidigt skede.
- Framkörningstid på maximalt 10 minuter för räddningstjänst
- Antändning sker i en av soffgrupp om två soffor, därefter antas minimal spridning. Detta är en förenkling då ytterligare brandspridning troligtvis sker då interiören består av trä.

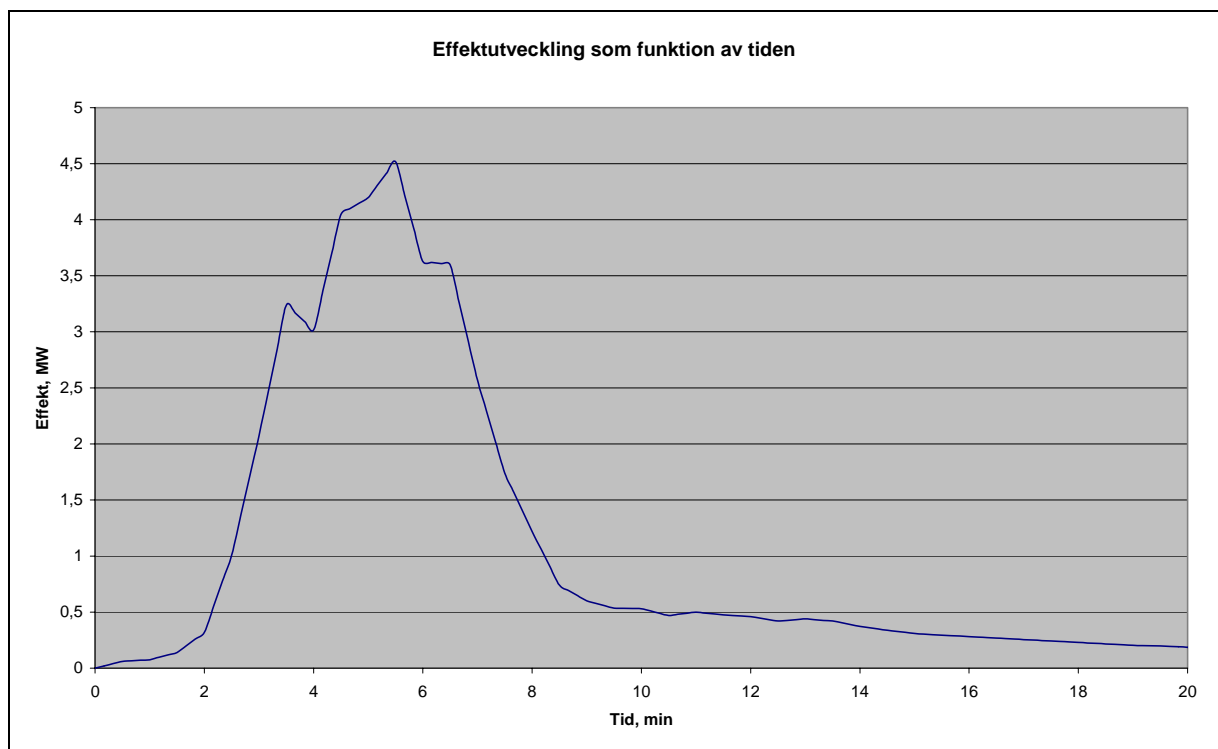
Ungefär hälften av alla bränder är anlagda eller har uppkommit av okända orsaker. Det är alltså inte orimligt med en brand som uppkommit till exempel då en gäst ställt värmeljus under en av sofforna alternativt då det ramlar ner ett ljus i en av sofforna (Brandskadeåret 2001).

### 7.3.3 Framtagning av brandbelastning

I restaurangen finns, alldeles invid det öppningsbara glaspartiet till teaterns foajé, en soffgrupp bestående av två soffor. Sofforna av denna typ bör vara jämförbara med Y5.4/21 i Initial Fires (Särdvist, 1993) som är en tresits soffa med träram och polyuretanstoppning, storleken  $0,84 \times 2,0 \times 0,81 \text{ m}^3$  och vikten 51,5 kg. I testet antändes soffan med hjälp av en brännare på sidan av soffan på 50 kW under 200 sekunder.

Då sofforna i restaurangen stod så tätt att det omöjliggjorde passage mellan sofforna kan antagandet göras att andra soffan börjar brinna när 50 kW har uppnåtts intill denna. Då man inte vet var det börjar brinna i första soffan, antas brandspridning ske då effekten är 320 kW efter 2 minuter.

Maximala effekten uppgår då till cirka 4,5 MW efter 5 minuter och 30 sekunder och ger en effektkurva enligt nedan:



Figur 7: 7 Effektutveckling i restaurangen

Kontroll görs om befintligt syre i lokalen är tillräckligt för att en bränslekontrollerad brand skall kunna upprätthållas under hela brandförloppet. Befintligt syre i lokalen beräknas enligt nedan:

Total volym  $\approx 3300 \text{ m}^3$

$$m_{\text{syre}} = V_{\text{tot}} \cdot \text{mass}\% O_2 \cdot \rho_{\text{luft}} = 3300 \cdot 0,23 \cdot 1,2 \approx 900 \text{ kg}$$

Då en brand endast antas kunna reagera med syret tills dess att 10 mass-% återstår måste massan syre som kan reagera beräknas:

$$m_{\text{syre, reaktion}} = V_{\text{tot}} \cdot \text{mass}\% O_2 \cdot \rho_{\text{luf}} \cdot \frac{(23-10)}{23} = 3300 \cdot 0,23 \cdot 1,2 \cdot \frac{(23-10)}{23} \approx 510 \text{ kg}$$

Då syre reagerar vid en brand antas 13100 MJ/kg<sub>syre</sub> kunna frigöras. Syret i vår totala volym kan alltså frigöra total mängd energi enligt nedan:

$$Q = 13100 [kJ / kg] \cdot 510 [kg] \approx 6700 \text{ MJ}$$

Frigjord energi beräknas i effektkurvan genom integrering av effektkurvan och är ungefär 1440 MJ vilket medför att branden inte kommer att bli ventilationskontrollerad.





## 8 Utrymning

Enligt Byggverkslagen (BVL) skall ett byggnadsverk vara projekterat och utfört på sådant sätt att personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt. Vidare säger Boverkets byggregler (BBR) att byggnader skall utformas så att tillfredsställande utrymning kan ske vid brand.

### 8.1 Begreppsförklaring

Den tid det tar innan dessa kriterier uppnås kallas den tillgängliga tiden,  $t_{\text{tillgänglig}}$ . Jämförs sedan denna tid med den tid det tar för att utrymma byggnaden,  $t_{\text{utrymning}}$ , är det möjligt att bilda sig en uppfattning om utrymningssäkerheten. Vid tillfredsställande utrymning skall

$$t_{\text{tillgänglig}} > t_{\text{utrymning}}$$

Tiden det tar att utrymma byggnaden delas upp i tre olika delar: varseblivningstid, beslut- och reaktionstid samt förflyttningstid. Dessa kan sedan användas för att ta fram den totala tiden för utrymning.

$$t_{\text{utrymning}} = t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{beslut\&reaktion}} + t_{\text{förflyttning}}$$

#### 8.1.1 Varseblivningstid

Den tid det tar för personerna i byggnaden att uppmärksamma att en onormal situation har uppkommit kallas  $t_{\text{varseblivning}}$ . Många faktorer påverkar storleken på denna, till exempel om man ser branden eller om uppmärksamheten påkallas av andra eller ett av ett utrymningslarm. Vid automatiskt brandlarm med larmlagring bör denna tid beaktas (Brandskyddshandboken, 2005).

#### 8.1.2 Beslut- och reaktionstid

Den tid som passerar mellan det att personerna blivit medvetna om en brand till dess att de vidtar en aktiv åtgärd kallas  $t_{\text{beslut \& reaktion}}$ . Åtgärderna kan vara att ta reda på vad som hänt eller att vänta och se vad andra människor gör. En snabbare beslutstid fås om man i klartext, genom talat utrymningsmeddelande eller arbetande personal på plats påtalar det inträffade. Beslut- och reaktionstiden är den mest komplexa delen då det är svårt att bedöma hur människor reagerar inför ställd situation (Brandskyddshandboken, 2005).

#### 8.1.3 Förflyttningstid

Den tid det tar för personerna att ta sig ut ur byggnaden kallas  $t_{\text{förflyttning}}$ . Denna är beroende bland annat av personernas lokalkännedom, antalet dörrar och deras bredd, gångavståndet samt antalet personer och deras rörelseförmåga men även var de befinner sig i byggnaden. Förflyttningstiden kan minskas genom god skyltning av utrymningsvägar (Brandskyddshandboken, 2005). Datorprogrammet Simulex har använts för att simulera förflyttningstiderna.

### 8.2 Utrymning av salongen vid brand på Stora scen

I salongen kan det vistas 590 gäster. Människor är vid utrymning mer benägna att använda de utgångar genom vilka de kom in i lokalen. Vi bedömer att 75 % av besökarna använder de ordinarie dörrarna till foajén och 25 % nödutgångarna till taket, belägna i salongens bakre del.

### **8.2.1 Varseblivningstid**

Vid föreställning är scenen bemannad med skådespelare och personal från scenteknik vilket medger en snabb detektion. Brandens effekt (Figur 7:2) är inledningsvis ytterst låg vilket minskar sannolikheten för upptäckt. Varseblivningstiden bedöms därför vara 2 minuter.

### **8.2.2 Besluts- och reaktionstid**

Salongen är försedd med talat utrymningsmeddelande. Detta tillsammans med det faktum att publiken vid en brand på scenen har möjlighet att se flammor och/eller rökutveckling leder till en kort besluts- och reaktionstid (Boverket, 2006). Besluts- och reaktionstiden bedöms vara 1 minut.

### **8.2.3 Förflyttningstid**

Simulex ger en förflyttningstid på 1 minut och 18 sekunder, se bilaga G.1 för detaljer.

### **8.2.4 Total utrymningstid**

Den totala utrymningstiden blir, då ovanstående delar summeras, cirka 4 minuter och 20 sekunder.

## ***8.3 Utrymning av salongen vid brand i stolsförrådet***

I detta scenario är de sex främsta stolsraderna nedmonterade och förvaras i stolsförrådet. Det innebär att salongen rymmer 430 gäster och att scenen når ut i salongen. Rök kommer upp i salongens främre del genom springor i lyftborden vilket bedöms leda till att fler väljer de bakre utgångarna. 25 % bedöms välja de ordinarie dörrarna till foajén och 75 % de bakre dörrarna till teaterns tak.

### **8.3.1 Varseblivningstid**

Stolsförrådet är försett med optiska rökdetektorer vilket leder till en snabb detektion. Aktiveringstiden har beräknats till 3 minuter och 14 sekunder, se Bilaga F. Larmsystemet är försett med larmlagring vilket ger personalen möjlighet att kontrollera aktuell detektor innan räddningstjänst larmas och utrymningslarm utlöses. Den maximala larmlagringstiden är sex minuter. Med inarbetade rutiner hos ansvarig personal bedöms tiden från detektoraktivering till utrymningslarm till 1 minut. Varseblivningstiden blir då 4 minuter och 14 sekunder.

### **8.3.2 Besluts- och reaktionstid**

Talat utrymningsmeddelande tillsammans med rök i salongens främre del gör att besluts- och reaktionstiden bedöms till 1 minut (Boverket, 2006).

### **8.3.3 Förflyttningstid**

Simulex ger en förflyttningstid på 2 minuter och 24 sekunder, se bilaga G.2 för detaljer.

### **8.3.4 Total utrymningstid**

Den totala utrymningstiden blir då ovanstående summeras, cirka 7 minuter och 20 sekunder.

## ***8.4 Utrymning av Foajén vid brand i restaurangen***

Vid paus i föreställningarna vistas huvuddelen av gästerna i foajén, cirka 600 personer. Alla bedöms välja närmsta utrymningsväg till det fria. Restaurangen hålls normalt sett öppen då teatern ger föreställningar.

### 8.4.1 Varseblivningstid

En brand i restaurangen bedöms upptäckas i ett tidigt skede av gäster eller personal. Varseblivningstiden bedöms därför vara 1 minut och 30 sekunder.

### 8.4.2 Besluts- och reaktionstid

Tiden varierar beroende på om personen ser branden eller ej. Därför används i Simulex en fördröjning för de som hör utrymningslarmet men ej ser själva branden. Besluts och reaktionstiden innefattar således tiden från det att det talade utrymningslarmet startar till dess personerna närmast restaurangen påbörjar utrymma. Tiden bedöms till 1 minut (Boverket, 2006).

### 8.4.3 Förflyttningstid

Simulex ger en förflyttningstid på 1 minut och 53 sekunder, se bilaga G.3 för detaljer.

### 8.4.4 Total utrymningstid

Den totala utrymningstiden vid en brand i restaurangen blir cirka 4 minuter och 30 sekunder.

## 8.5 Översikt utrymningstider

Tabell 8: 1

Scenario	Varseblivningstid	Besluts- och reaktionstid	Förflyttningstid (Simulex)	Total utrymningstid
Stora scen	2 min	1 min	1 min 18 s	4 min 20 s
Stolsförråd	3 min 14 s	1 min	2 min 24 s	7 min 40 s
Foajén	1 min 30 s	1 min	1 min 53 s	4 min 30 s



## 9 CFAST

CFAST är förkortning för Consolidate model of Fire growth And Smoke Transport. Programmet är en tvåzons datormodell som används i syfte att på ett förenklat sätt beräkna ett brandförlopp. Detta görs genom att utifrån effektutveckling beräkna bland annat temperatur, strålning och höjden på brandgaslagret. Modellen är dock en matematisk förenkling av något som är oerhört komplicerat. Här kommer även styrkan i att låta datorn göra något som för människan är tidskrävande.

Modellen fungerar så att den delar upp utrymmet i två delar. En i taket dit de varma brandgaserna tar sig genom brandplymen ifrån branden. En undre där i stort sett vanliga rumsförhållanden råder.

Antaganden som modellen gör som måste tas hänsyn till:

- Respektive lager har homogena egenskaper, exempelvis samma temperatur.
- Ingen utväxling sker mellan lagren.
- Ingen förbränning i det övre lagret
- Bara fyrkantiga geometrier tillåts på rummen.

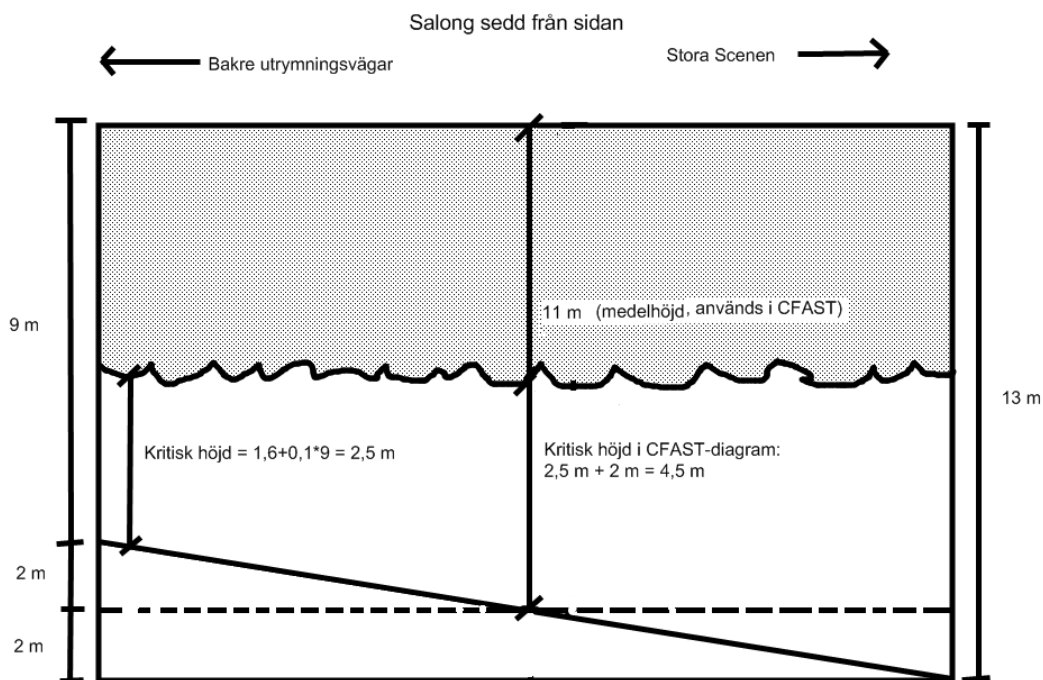
Modellen förutsätter att det inte tar någon tid för brandgaserna att stiga till det övre lagret. Mer information kring programmets förutsättningar och begränsningar kan erhållas via CFAST Technical Reference Guide.

I de fall simuleringar görs i CFAST kommer särskilt intresse ägnas åt de delar där teaterpublik befinner sig, det vill säga salongen och foajén. Dessutom kommer de fall där sprinkler och brandgasventilation finns att beräknas även då dessa inte fungerar. Syftet med att simulera ett fall då sprinkler i en lokal ej fungerar, är att göra en bedömning av hur stor påverkan detta tekniska system har på den tid som ges innan kritiska förhållanden uppnås. Det finns då möjlighet att påvisa vikten av att sprinklersystem fungerar enligt plan.

CFAST har använts för att beräkna tider då kritiska nivåer nås avseende brandgaslagrets temperatur, höjd och strålning mot golv.

Beräkningar av sikt och toxicitet har handberäknats på grund av CFASTs begränsningar, se bilaga H.

I de fall salongen är med i simuleringar har brandgaslagrets kritiska höjd räknats fram på enligt bild nedan. Detta då golvet lutar och värsta fall är då man befinner sig längst bak i salongen.



Figur 9: 1 Beräkning av brandgaslagrets kritiska höjd

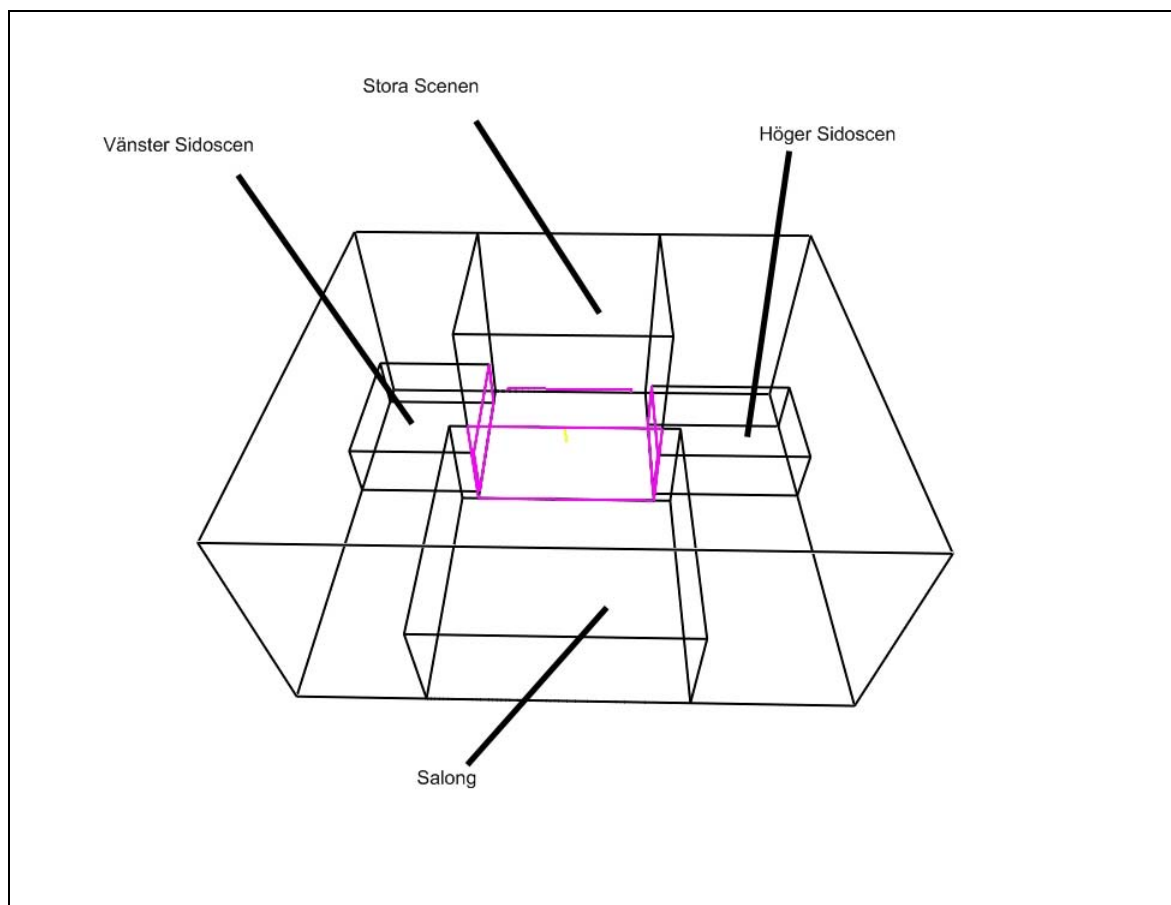
## 9.1 Stora scen

Geometrin för utrymmena kring stora scenen har gjorts om till rätblock för att kunna användas i CFAST. Golvytan och den totala volymen har dock bibehållits för att få ett rättvisande resultat. En förutsättning är även att järnridån är ur funktion, se kapitel 7.1. Effekten av en brand har sedan åskådliggjorts i två av varandra oberoende fall. Ett där sprinklerna och brandgasventilationen ej aktiveras och ett där de aktiveras manuellt.

I fallet där sprinkler fungerar antas även brandgasventilationen att fungera. Båda dessa aktiveras manuellt och antagandet görs att båda dessa system aktiveras efter 200 sekunder, då personal gör bedömningen att branden är för stor för att släckas med handbrandsläckare. Då sprinklern befinner sig på hög höjd och då det hänger diverse dekor ovanför och kring scenen har vi räknat på att sprinklern enbart begränsar den fortsatta utvecklingen av branden, det vill säga branden kommer ej att helt släckas.

Tabell 9: 1 Rumsdimensioner angivna i CFAST

Rum	Bredd (m)	Djup (m)	Höjd (m)
Vänster Sidoscen	13,2	14,9	6,2
Stora Scenen	19,4	18,2	22
Höger Sidoscen	16	11,2	6,2
Salong	23	23	11



**Figur 9: 2 Rumsuppbbyggnad anpassad för simulering i CFAST, brand på Stora scen**

I fallet då sprinkler och brandgasventilation ej aktiveras visar simuleringar att brandgaslagrets höjd når kritisk nivå i salongen efter 4 minuter och 30 sekunder. Även temperatur uppnår kritiska värden 7 minuter och 40 sekunder. Se bilaga K.

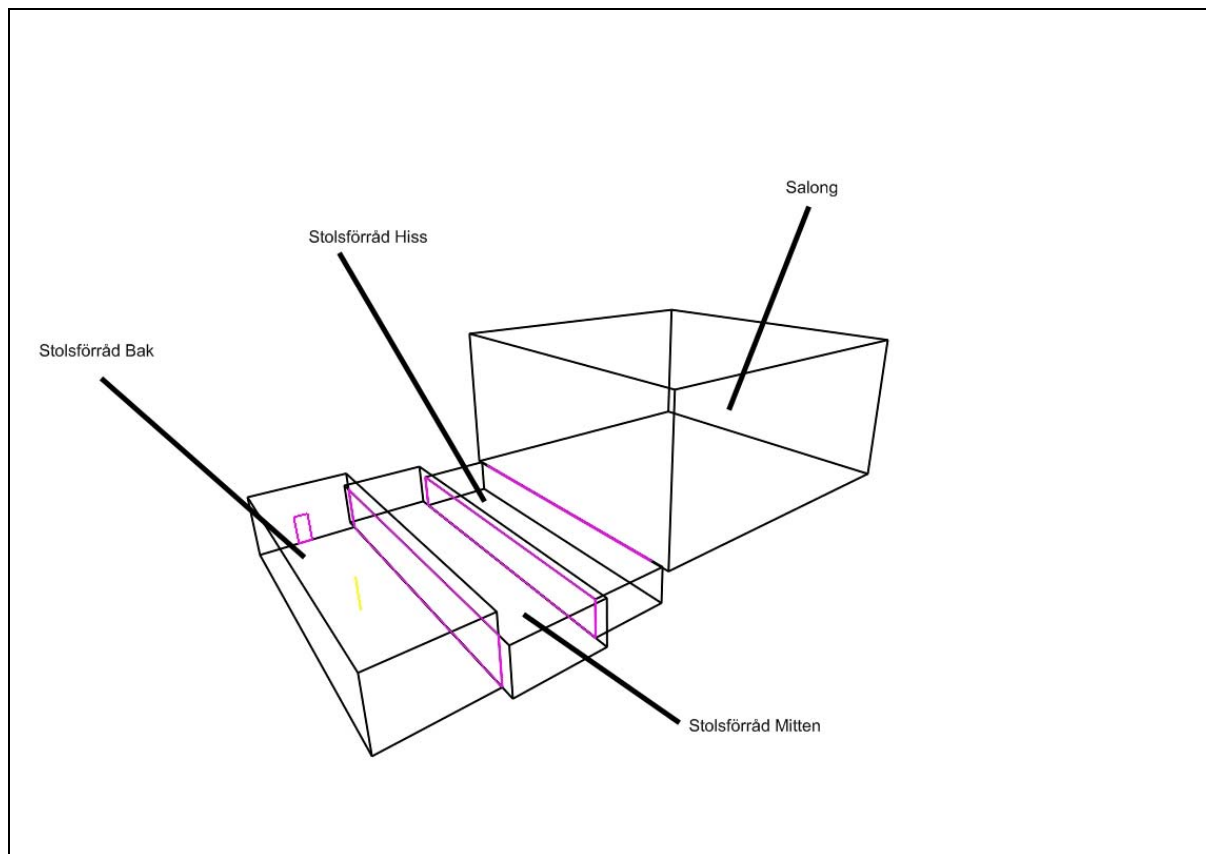
Då sprinkler och brandgasventilation aktiveras visar simuleringar att kritiska nivåer aldrig uppnås, se bilaga K.

## 9.2 Stolsförråd

Geometrin i stolsförrådet och den ovanliggande salongen har gjorts om till rätblock för att kunna användas i CFAST, golvyta och volym är dock de samma. Stolsförrådet i sin tur har delats upp i tre stycken utrymmen för att kunna simulera snedtaket. I verkligheten ligger också salongen ovanför stolsförrådet, något som inte var möjligt att simulera i CFAST, vilket medförde att vi fick placera salongen i kant. Från en springa på 1 m<sup>2</sup> i taket i stolsförrådet kan varma brandgaser sprida sig till den ovanförliggande salongen. Effekten av en brand har sedan åskådliggjorts i två av varandra oberoende fall, ett där sprinklerna ej aktiveras och ett där de aktiveras.

**Tabell 9: 2 Rumsdimensioner angivna i CFAST**

Rum	Bredd (m)	Djup (m)	Höjd (m)
Salong	23	23	11
Stolsförråd Hiss	22	5,1	2,5
Stolsförråd Mitten	24	5,9	3,1
Stolsförråd Bak	22	6,4	4,4



**Figur 9: 3 Rumsupbyggnad anpassad för simulering i CFAST, brand i Stolsförråd**

Varken i fallet med aktiverat sprinklersystem och i det utan uppnås aldrig kritiska förhållanden i salongen. Se bilaga K.

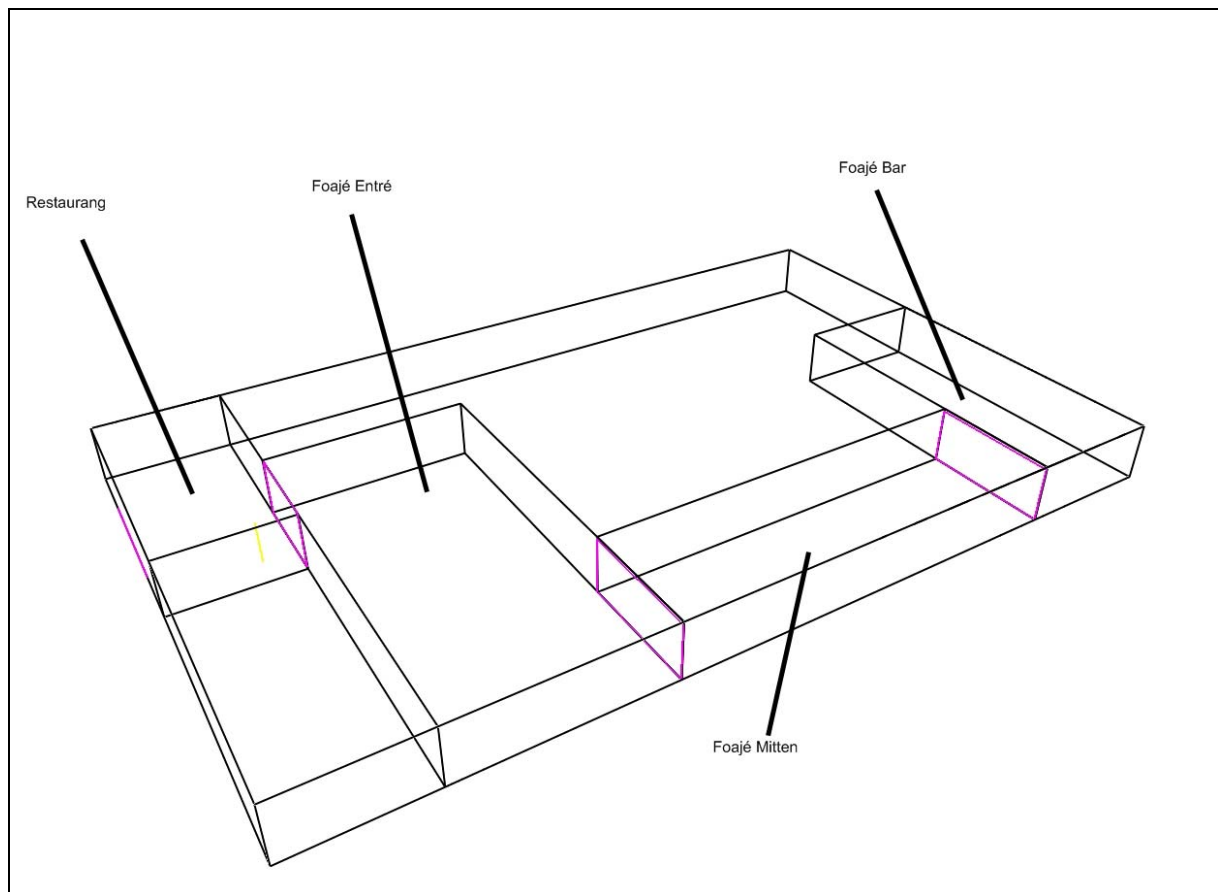


### 9.3 Restaurangbrand

Även geometrin i restaurangen och foajén har gjorts om till rätblock. Därefter har foajén delats upp i tre delar för att mer korrekt kunna beräkna brandgaslagrets höjd i den stora foajén. Genom uppdelning av foajén fås mer inblandning av luft som leder till svalare brandgaser långt ifrån branden. Detta medför att temperaturen sjunker och att brandgaslagret når kritisk höjd tidigare vilket stämmer mer överens med verkligheten.

Tabell 9: 3 Rumsdimensioner angivna i CFAST

Rum	Bredd (m)	Djup (m)	Höjd (m)
Restaurang	8	16	3,8
Foaje Entré	13	25,4	3,8
Foaje Mitten	26,2	8,2	3,8
Foaje Bar	9	21	3,8



Figur 9: 4 Rumsuppbyggnad anpassad för simulering i CFAST, brand i Restaurang

Både brandgaslagrets temperatur och höjd når kritiska nivåer efter 3 minuter och 10 sekunder respektive 4 minuter. Kritisk temperatur uppnås först i delen närmast restaurangen, Foajé Entré. Kritisk höjd på brandgaslagret uppnås dock först i foajéns borte del, Foajé Bar.



## 10 Resultat

Nedan presenteras tider då kritiska värden uppnås för respektive scenario. Mer ingående bakgrund angående brandgaslagrets temperatur, höjd och strålning mot golv fås i föregående kapitel. Sikt- och toxicitetsberäkningar återfinns i Bilaga H. Där ingen tid anges uppnås aldrig det kritiska värdet.

Med total utrymningstid i scenarierna ”Stora scen” och ”Stolsförråd” avses utrymning av salongen. I fallet med brand i restaurang avses utrymning av foajé.

Tabell 10: 1 Tid för utrymning jämfört med tid till kritiska värden

Scenario	Temperatur	Höjd brandgaslager	Strålning	Sikt (<10m)	Toxicitet	Total tid utrymning
<b>Stora scen (ej sprinkler)</b> 11,5 MW vid 9 min	7 min 40 s	<b>4 min 30 s</b>	–	9 min 50 s	–	4 min 20 s
<b>Stora scen (sprinkler)</b> 2 MW vid 3 min 20 s	–	–	–	–	–	4 min 20 s
<b>Stolsförråd (ej sprinkler)</b> 17,7 MW vid 7 min 50 s	–	Bildas ej	–	*	*	7 min 40 s
<b>Stolsförråd (sprinkler)</b> 830 kW vid 5 min	–	Bildas ej	–	**	**	7 min 40 s
<b>Restaurang</b> 4,5MW vid 5 min 30 s	3 min 10 s	4 min	–	<b>2 min 50 s</b>	–	4 min 30 s

\* Dessa förhållanden har beräknats fram till tiden  $t = 470$  sekunder. Detta då yieldvärden samt värden för rökpotential endast är giltiga vid väl ventilerade bränder. Gränsvärden för toxicitet uppnås ej under denna tid och således inte innan utrymning skett.

\*\* Har ej beräknats då förhållanden är bättre än det osprinklade fallet och således klarar kraven.



## 11 Diskussion

Syftet med detta avsnitt är att utifrån resultat i föregående kapitel komma fram till konkreta åtgärder som förbättrar utrymningssäkerheten. Scenarier i kapitel 5.2 kommer ej behandlas vidare här utan återkommer först i kapitel 12 "Åtgärdsförslag". Vidare så har vid platsbesök ett antal brister (bilaga I) upptäckts som också föranleder åtgärder (kap. 12.2).

### 11.1 Stora scen

Beroende på föreställning kan brandbelastningen på scenen vara mycket hög. Kombinerat med scendekorer byggda på höjden borgar detta för mycket snabb brandtillväxt och brandspridning. En brand som utbryter under föreställning förväntas dock upptäckas i ett tidigt skede vilket medför att utrymning kan påbörjas tidigt. Lokalens takhöjd har negativ inverkan på sprinklersystem och brandgasventilation. Även syretillgången blir tillräcklig utan inströmmande luft. Dock medför takhöjden tillsammans med volymen även det positiva att kritiska värden uppnås senare i brandförloppet.

Under våra simuleringar antogs järnridån vara ur funktion. Trots detta hinner publiken utrymna salongen innan kritiska förhållanden uppstår både med och utan fungerande sprinkler.

En viktig förutsättning för lyckad utrymning är tidig upptäckt samt snabbt och kraftfullt agerande hos personalen. Med detta menar vi omedelbar utrymning när branden upptäckts och att utrymningen leds av personal. Släckningsförsök utförs parallellt med utrymning. Om detta misslyckas måste personalen våga utlösa det manuella sprinklersystemet och brandgasventilationen omedelbart. För att brandgasventilation skall fungera som simulerat måste personal säkra tilluft genom att öppna dörrar till det fria.

Vår bedömning är att hela utrymningen är mycket beroende av personalens agerande vilket generellt ej är lika tillförlitligt som ett system oberoende av mänskliga faktorer. Personalen måste därför beredas tid för utbildning och övning. Regelbundna kontroller skall genomföras för att säkerställa personalens kompetens.

### 11.2 Stolsförråd

Branden i stolsförrådet valdes som ett scenario att gå vidare med då brandbelastningen är hög och upptäckt kan förväntas i ett sent skede. Vid simuleringar fick vi dock aldrig kritiska värden i salongen. Detta beror på att salongens volym är så stor att brandgaserna kyls och späds varför inget brandgaslager bildas. Vi har även antagit att öppningen mellan salongen och stolsförrådet är 1 m<sup>2</sup> vilket är fallet när lyftbordet är i sitt översta läge. Om ett orkesterdike anordnas kommer öppningen att vara avsevärt större, vilket medför en större strömning av varma brandgaser men också en tidigare upptäckt. Detta leder till att ett sådant fall är att likställa med en brand i salongen (se kapitel 5.2.6).

Även om inga kritiska värden uppnås i salongen vid simuleringar så kan förhållanden lokalt vara skadliga, till exempel längst fram där heta och toxiska brandgaser strömmar upp. Återigen är personalens agerande vid en brand ytterst viktigt. I värsta fall kan det på grund av larmlagring ta 6 minuter mellan aktivering och påbörjad utrymning.

Åtgärder för att minska risken för brand är att inte förvara brännbart material i stolsförrådet. För att minimera konsekvenserna vid en brand bör även sprinklerhuvudenas placering ses över.

### **11.3 Foajé**

Vi förutsatte att branden startar i restaurangen, antingen vid en paus i föreställningen eller efter denna, då all publik befinner sig i foajén. Restaurangen saknar brandcellsavskiljande delar mot teatern då det befintliga glaspartiet, vilket enligt brandskyddsdocumentationen utgör brandcellsgräns, har springor på cirka 1 cm mellan sektionerna. Det förekommer även uppgifter från teatern att brandcellsgränsen istället utgörs av en vägg längre in i restaurangen. Om så skulle vara fallet innebär det samma problematik, då denna inte heller upprätthålls till följd av att dörrar är avhängda och uppställda. Restaurangen ingår ej i teaterns systematiska brandskyddsarbete vilket leder till att det saknas gemensamma rutiner och det är då rimligt att anta att det tar längre tid innan utrymning påbörjas. En brand i restaurangen med all publik i foajén och öppet glasparti är därför ett troligt värsta scenario. Den totala volymen är så stor att syremängden aldrig begränsar effektutvecklingen samt den relativt låga takhöjden kommer att medverka till att kritiska värden uppnås tidigare.

Både temperatur, sikt och brandgaslagrets höjd blir kritiska i delar av foajén innan alla har hunnit utrymma. Vi har visat att sikten blir kritisk efter tiden 2 minuter och 50 sekunder. Då har modellen för väl omblandade brandgaser använts. Detta verifieras av den låga temperatur i brandgaslaget som CFASTs beräkningar visar fram till denna tidpunkt. Vi har vid simuleringar antagit en lokal utan inredning. I verkligheten kommer befintligt möblemang ytterligare förlänga utrymningstiden. Beroende på var i restaurangen branden startar kan även personer som befinner sig i restaurangen tvingas utrymma via foajén. Troligare är dock att dessa utrymmer via restaurangens nödutgångar ut i det fria. Framförallt om branden liksom i vårt fall är placerad alldeles intill öppningen mot foajén.

Utrymningsvägarnas bredd uppfyller kraven enligt BBR men trots detta uppstår trängsel kring dörrarna vid utrymning. Gångavståndet överskrider de i BBR fastställda normerna men det är ändå dörrarna som är begränsningen vid utrymningen.

**Vår bedömning är att säker utrymning av foajén ej går att genomföra utan åtgärder.**

Att ha en permanent brandcellsgräns skulle försvåra för gäster att röra sig mellan restaurang och foajén vid till exempel dryckesinköp. Dock skall en brandcellsgräns finnas mellan skilda verksamheter och en lösning som tillgodoser både tillgängligheten och gällande brandskyddsregler måste hittas. Att upprätta ett öppningsbart brandcellsavskiljande glasparti mellan restaurang och foajé skulle helt lösa problematiken när restaurangen är stängd. Med fungerande gemensamma rutiner skulle tid till påbörjad utrymning förkortas även då glasparti och restaurang är öppna, vilket tillsammans med nedan föreslagna åtgärder kan trygga en säker utrymning.

För att trygga en säker utrymning av foajén ser vi ett behov av att ytterligare en nödutgång anordnas, förslagsvis i anslutning till huvudentrén. Att ha ett gemensamt brandlarm och systematiskt brandskyddsarbete skulle kunna medföra tidigare påbörjad utrymning. Att till exempel detektion i restaurangen startar utrymningslarm även i foajén för att tidigare påbörja utrymning är en möjlig åtgärd.

## 12 Åtgärdsförslag

Vi har valt att dela upp våra föreslagna åtgärder i dels de åtgärder som föranleds av diskussion av utvalda scenarier (kapitel 11) och dels de som föranleds av våra platsbesök (bilaga I).

Förutom att åtgärda dessa brister är det av yttersta vikt att rutiner och egenkontroll skapas för att själv upptäcka dessa brister i framtiden.

### 12.1 Åtgärdsförslag med anledning av utvalda brandscenarier

**Följande åtgärder skall åtgärdas för att upprätthålla brandskyddet:**

- Ytterligare utrymningsväg från foajén ska anordnas, bredvid befintlig huvudentré (kapitel 11.2 och 13).
- All personal som har en uppgift i samband med brand/utrymning skall övas och prövas regelbundet för att minska, både tiden innan utrymning påbörjas och den totala utrymningstiden.
- Alla brister i brandskyddet som upptäckts i samband med platsbesök (kapitel 12.2) skall åtgärdas och rutiner för egenkontroll skall ses över.

**Följande åtgärder bör åtgärdas för att upprätthålla brandskyddet:**

- En handlingsplan för hur säkerhetsmedvetandet ska ökas hos personalen bör utarbetas.
- Sprinklermunstyckenas placering i stolsförrådet bör ses över.
- Inget brännbart förutom stolar bör förvaras i stolsförrådet.

### 12.2 Åtgärdsförslag med anledning av platsbesök

**Följande brister upptäckta vid återbesök (se Bilaga I), skall åtgärdas:**

- Brandcellsgräns mellan foajé och restaurang skall åtgärdas genom att nytt glasparti i aktuell brandklass monteras (EI 60).
- Ovanstående glasparti får endast vara öppet då ansvarig och utbildad personal från både teater och restaurang finns på plats i anslutning till denna. Med detta avses från teaterns sida de värdar som tjänstgör under föreställningstid och som har som uppgift att understödja utrymning.
- Utrymningsvägarna skall hållas fria och rutiner för egenkontroll skall ses över för att inte utsätta besökarna för risker i samband med brand. Utrymningsvägar får ej blockeras varken helt eller delvis oavsett uppsättningarnas ”krav”. I bilaga I ges exempel från både Lillans utrymningsväg och utrymningsvägar från foajén där detta fallerar.
- Möblemang i foajén får ej störa utrymning av foajé eller salong. Ansvarig befattningshavare skall utses.
- Utrymningsvägar från foajén skall kunna öppnas enbart genom tryck i utrymningsriktningen alternativt genom panikreglar. Lämplig lösning kan vara att ordinarie entrédörrar ändras så att de kan öppnas genom enbart tryck (inga spanjolettbeslag). För utrymningsväg via södra nödutgången i markplan och nödutgången i foajéns källarplan torde panikreglar vara att föredra.

- Samtliga branddörrars funktion skall säkerställas. Detta innebär att dörrstängare finns och att de stänger dörrarna fullständigt. Vid återbesök upptäcktes även ett flertal exempel på att branddörrars uppgift hindrades genom uppställning med kilar, rep och kedjor (se Bilaga I). Teaterns personal skall ges förståelse för vilka konsekvenser detta slarv kan ge och om stängda dörrar innebär ett hinder för verksamheten bör magnetupphängning för de aktuella dörrarna installeras.
- Brandskyddsmålning av träribbor längs salongens väggar skall ses över.
- Överluftsgaller mellan Lillans reception och kopiatorrum skall tas bort och hålet tätas i aktuell brandklass så att brandcellsavskiljande vägg upprätthålls. (se även kapitel 5.2.2)
- Branddörr mellan Lillans reception och kopiatorrum skall förses med dörrstängare och magnetupphängning med tanke på verksamhetens krav. (se även kapitel 5.2.2)

**Följande brister upptäckta vid återbesök (se bilaga I), bör åtgärdas:**

- På grund av att flera av de brister som leder fram till ovanstående krav återfinns i Storans foajé, samt att vi tidigare visat att utrymning av denna blir kritisk, så bör förslagsvis minst två värdar närvara när publik finns i salongen eller foajén. Dessa värdar skall vara utbildade i släckning av brand och väl införstådda i rutiner vid brand och vad deras uppgift är.
- Trasig klädsel på salongsstolar skall åtgärdas för att försvåra antändning.
- Handbrandsläckare bör finnas i anslutning till värdarnas uppehållsplats i foajén.
- Någon form av aktivt system, för att hindra att de brandcellsavskiljande skjutdörrarna vid målningsverkstad och snickeri står uppställda, bör installeras (kapitel 5.2.5).
- Bestämmelser och rutiner för hur brännbar materiel förvaras bör ses över. Som exempel tillhör stolsförrådet samma brandcell som Storans salong och inget brännbart utöver stolsektioner bör förvaras där.
- Täthet vid de brandcellsavskiljande hissdörrarna och vid genomföringar till Hiss E bör kontrolleras.
- Levande ljus bör ej lämnas utan uppsikt.



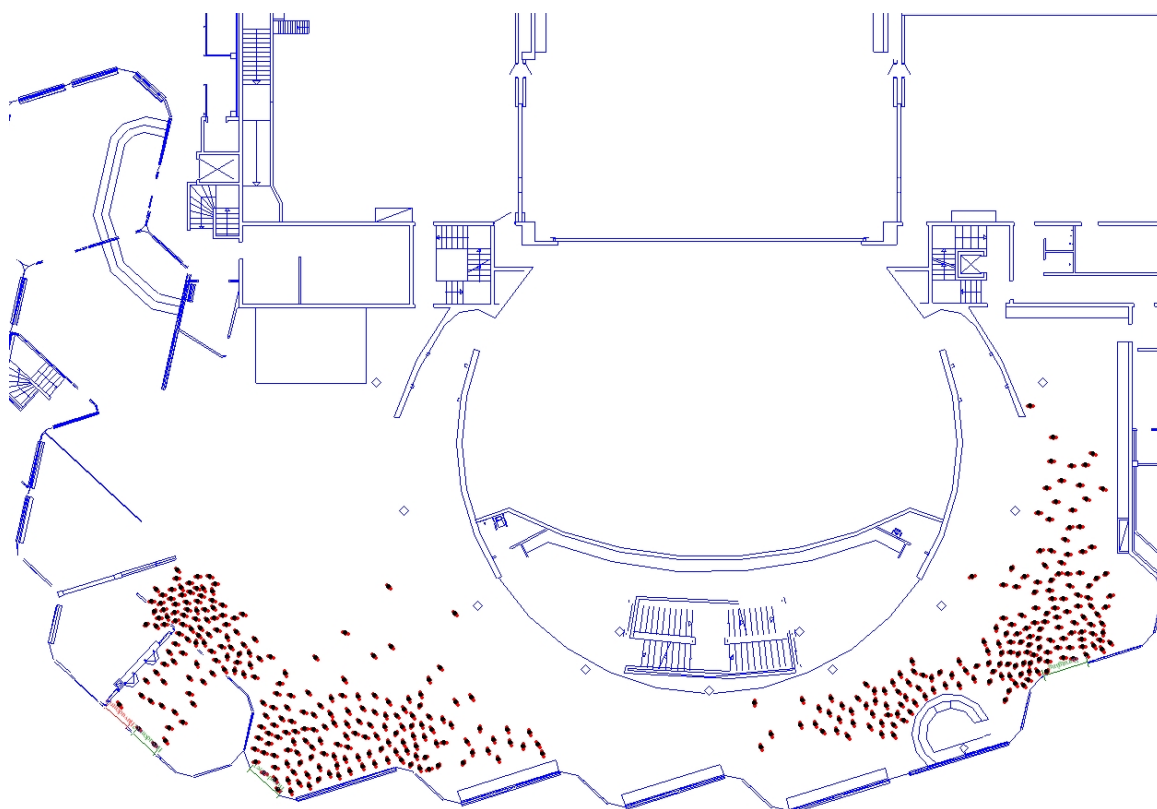
## 13 Verifiering av åtgärder

### 13.1 Ny utrymningsväg och förbättrade rutiner hos ansvarig personal

Då en ytterligare dörr placeras i foajén bredvid huvudingången fördelas utrymmande personer på ett bättre sätt vilket resulterar i en kortare utrymningstid. Tid till att kritiska förhållanden uppstår vad gäller sikten är 2 minuter och 50 sekunder (se kapitel 10). Förflyttningstid med en ny utrymningsväg uppgår till 1 minut och 30 sekunder vilket ska jämföras med 2 minuter då endast de nuvarande utrymningsvägarna finns att tillgå.

Med de förbättrade personalrutinerna enligt kapitel 12 kan en upptäckt av brand och aktivering av larm antas efter 1 minut. Besluts- och reaktionstiden kan kortas till 30 sekunder om personalen tar en aktiv roll för att underlätta utrymningen. Tillsammans med den förkortade förflyttningstiden blir nu den totala utrymningstiden 3 minuter. Detta innebär att tiden för kritiska förhållanden överskrids. Men de kvarvarande gästerna står vid denna tidpunkt alldeles invid utgångarna och borde därför ej få problem med sikten.

**Därför bedöms säker utrymning kunna ske om denna åtgärd utförs.**



Figur 13: 1 Utrymningssimulering med tillagd nödutgång bredvid huvudentré

### **13.2 Gemensamt brand- och utrymningslarm**

Om ett gemensamt utrymningslarm installeras för restaurangen och teatern kan detektionstiden kortas ner något. Detta då ett brandlarm i restaurangen även kan varna människorna som befinner sig i foajén.

Med hjälp av DetactT2 beräknas aktiveringstiden för en optisk ljusspridningsdetektor, se bilaga J. Detta ger 1.35 minuter = 81 sekunder, vilket endast är cirka 10 sekunder kortare än vår tidigare uppskattade varseblivningstid (kapitel 8.4.1). Således räcker inte denna åtgärd för att lösa problematiken.

## 14 Referenser

### Böcker

Drysdale, D., *An introduction to fire dynamics*, John Wiley&Sons, 2:a upplagan West Sussex, 2006.

Karlsson, B. & Quintiere, J., *Enclosure Fire Dynamics*. CRC Press LLC. Boca Raton, 2000.

### Föreskrifter

*Boverkets byggregler*, BBR 2005, BFS 1993:57 med ändringar till och med 2005:17. Konsoliderad webbversion, reviderad 2006-02-27.

### Rapporter

*Brandskyddshandboken*, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2005.

Nilsson, D. & Holmstedt, G., *Kompendium i Aktiva system – Detektion*, Rapport 7030, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2007.

Särdqvist, S., *Initial Fires. RHR, Smoke Production and CO Generation from Single Items and Room Fire Tests*, Rapport 3070, Brandteknik, Lunds universitet, Lund, 1993.

*Brandskyddsdocumentation etapp 2007*, CLC Installationskonsult AB, reviderad 2006-06-21.

Blomqvist, J. & Isaksson, S., *Larm och släcksystem*, Brandskyddshandboken, Rapport 3117, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2002

*CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport*. Technical Reference Guide. NIST Special Publication 1026, Fire Research Division, 2005

### Kompendium

Boverket, *Utrymningsdimensionering*, Karlskrona, 2006.

### Elektroniska källor

<http://www.helsingborgsstadsteater.se/>. 2007-09-10

*Brandskadeåret 2001*, [www.svbf.se/A4\\_Press/Bilder/Press\\_Brandstatistik\\_2001.pdf](http://www.svbf.se/A4_Press/Bilder/Press_Brandstatistik_2001.pdf), Svenska Brandbefälsföreningen. 2007-10-10

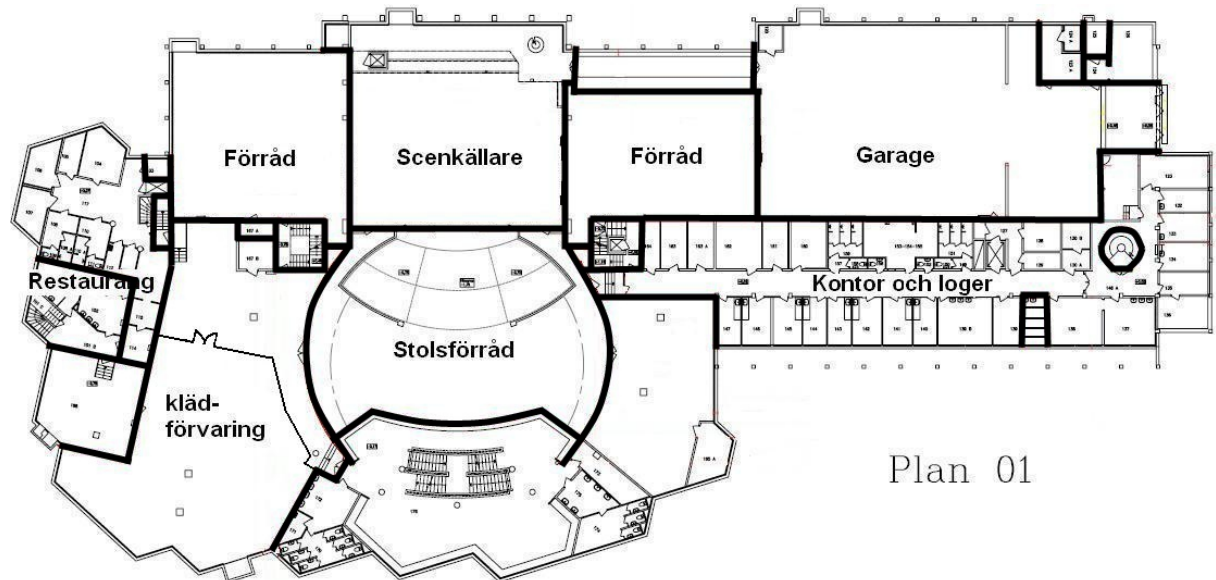
### Muntliga källor

Fredrik Höglund, Fastighetschef, Helsingborgs stadsteater, 2007-09-13

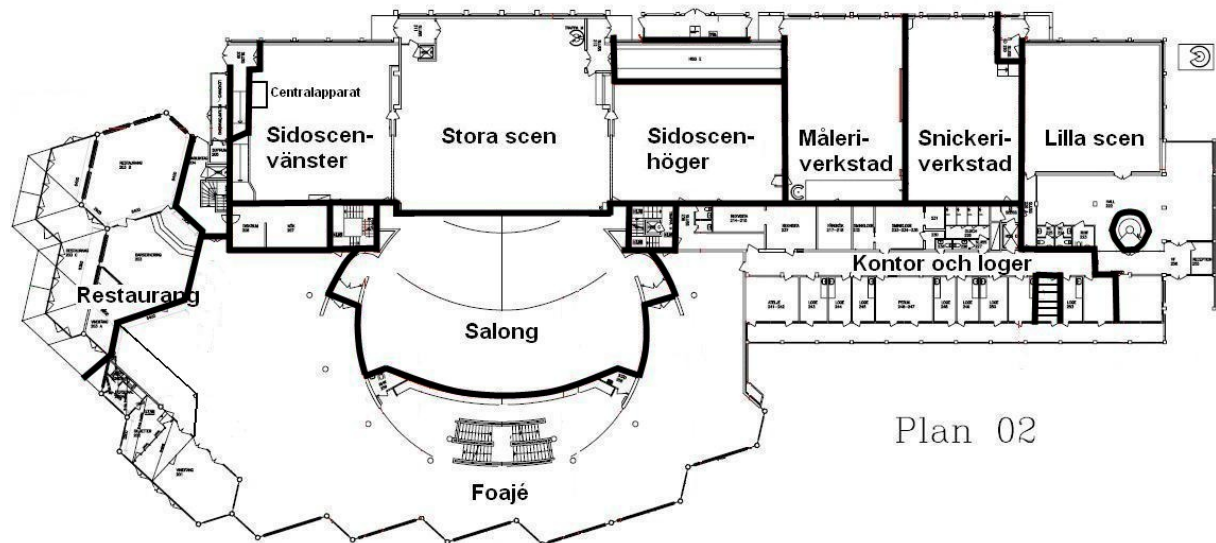


## Bilaga A - Brandcellsindelning

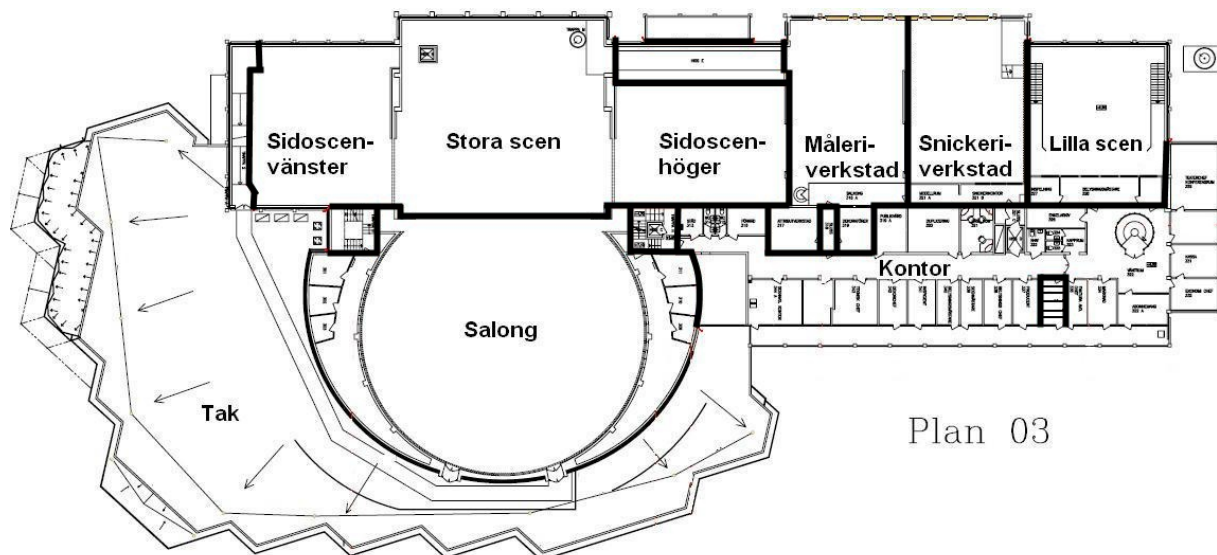
Endast ritningar för plan 1-5 har funnits att tillgå vad gäller brandcellsindelning. Det är dock i princip bara dessa plan som är viktiga ur personsäkerhetssynpunkt, särskilt för gäster utan god lokalkännedom. Brandcellsgränserna är markerade med kraftigare linjer.



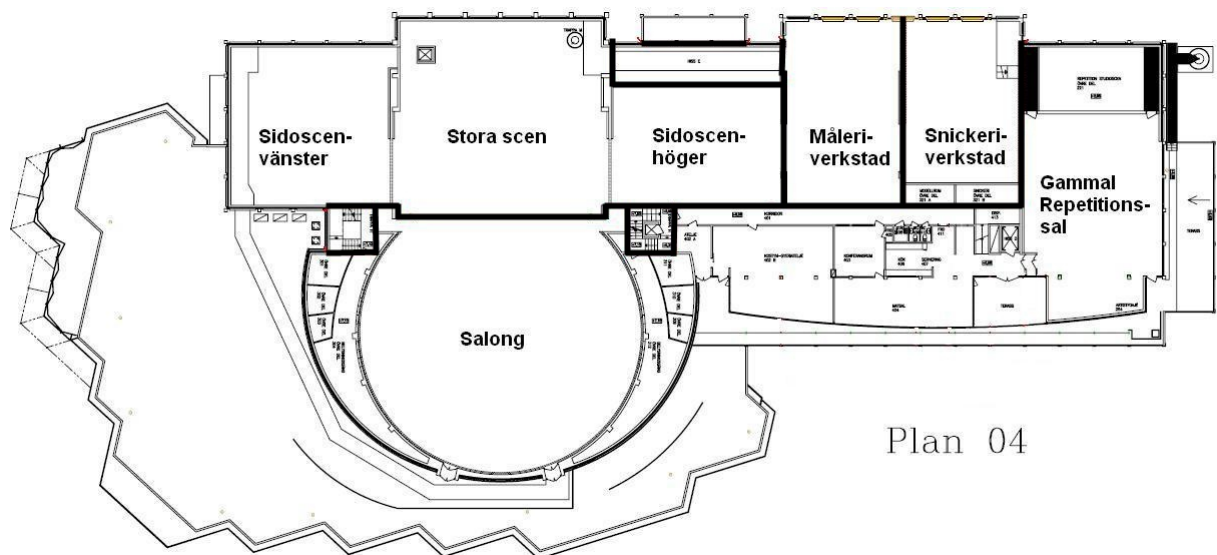
Figur A: 1 Brandcellsindelning källarplan, plan 1



Figur A: 2 Brandcellsindelning markplan, plan 2

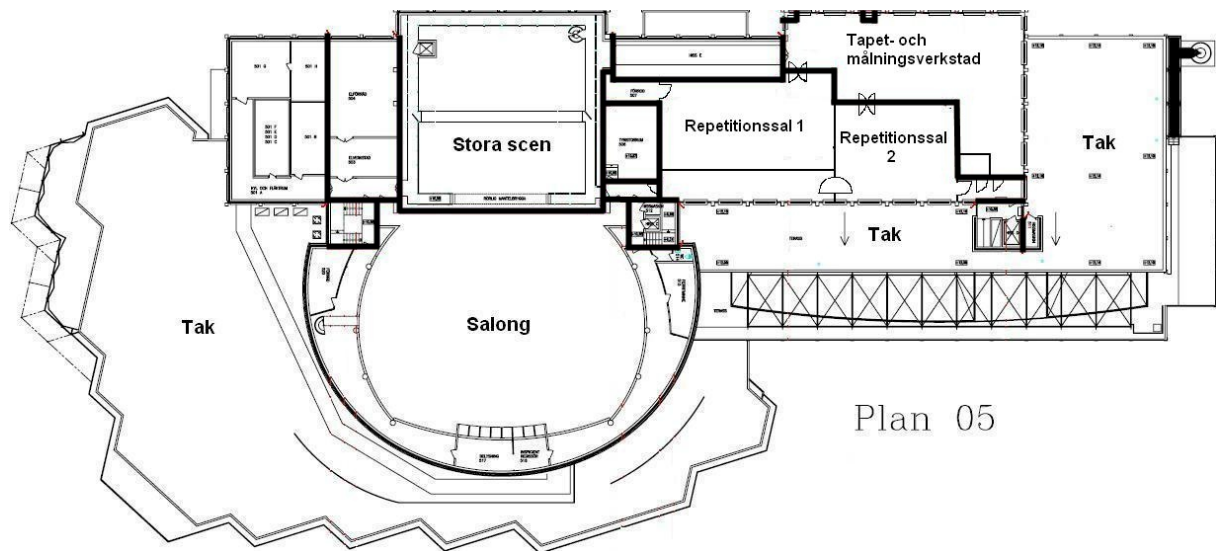


**Figur A: 3 Brandcellsindelning plan 3**



**Figur A: 4 Brandcellsindelning plan 4**

Ingen ritning vi har haft tillgång till visar brandcellsindelningen för Plan 4. Ovanstående indelning är gjord utifrån beskrivningen i brandskyddsdocumentationen samt egna antaganden utifrån befintliga ritningar för underliggande plan.

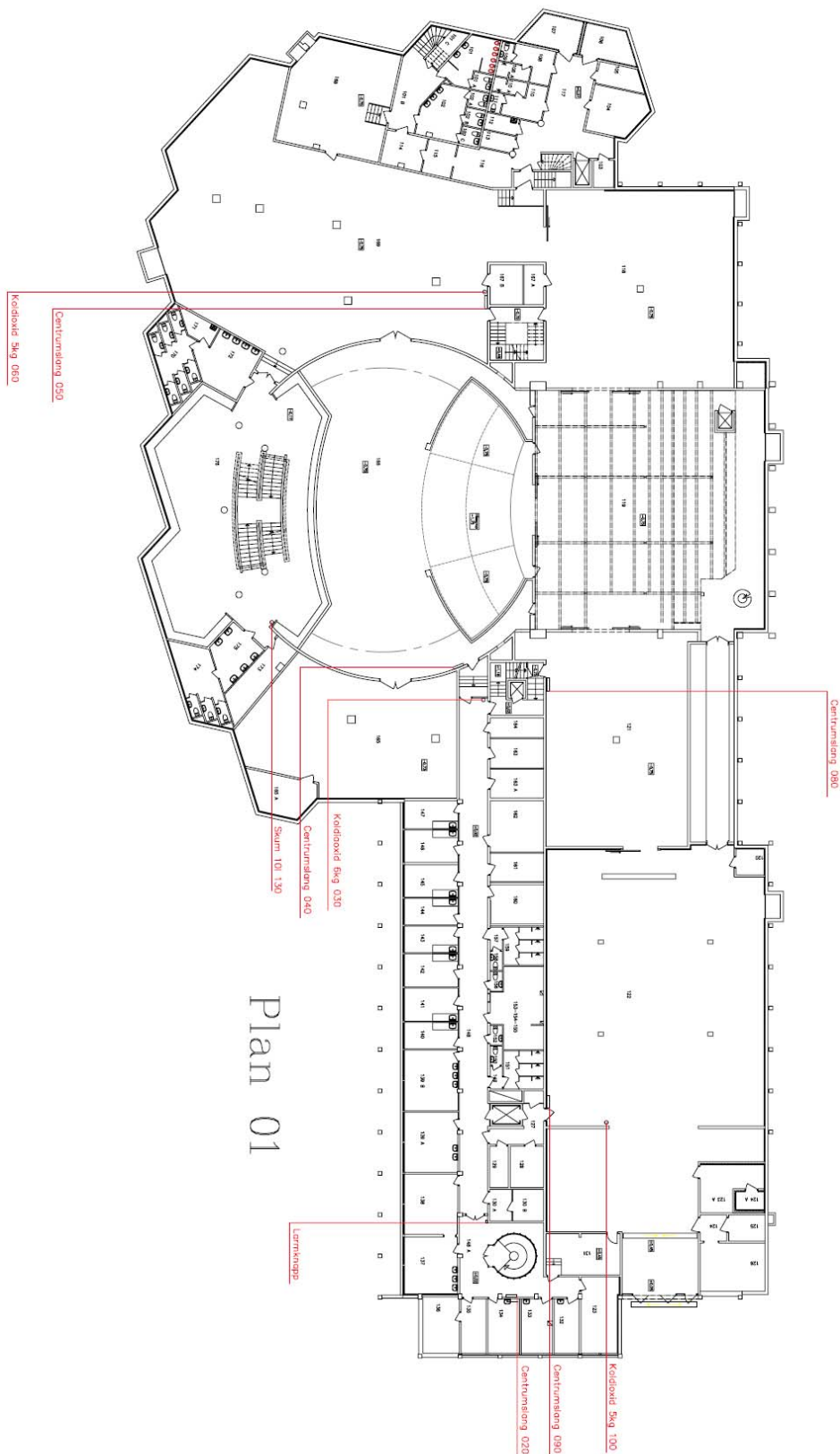


Figur A: 5 Brandcellsindelning plan 5

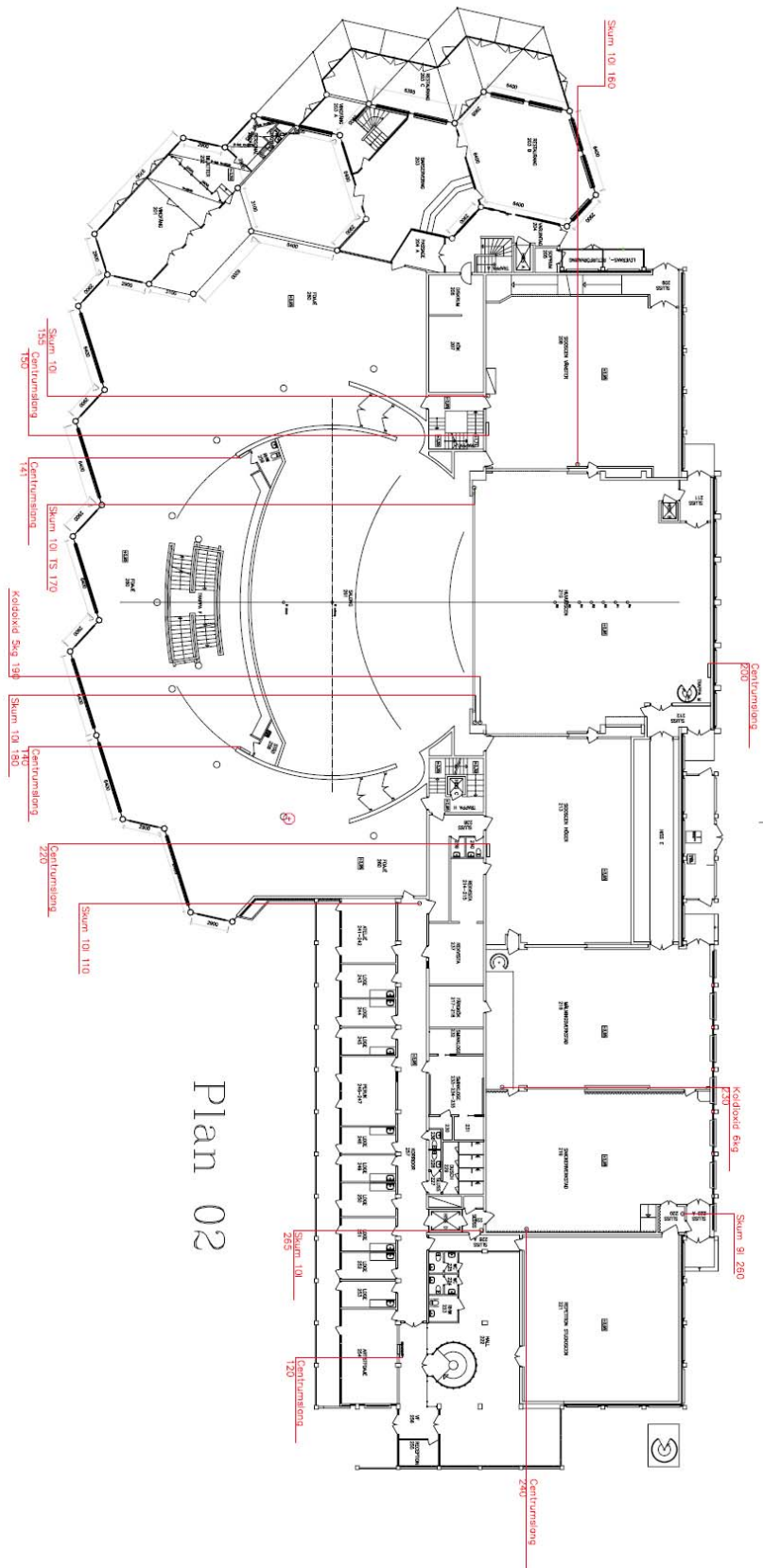




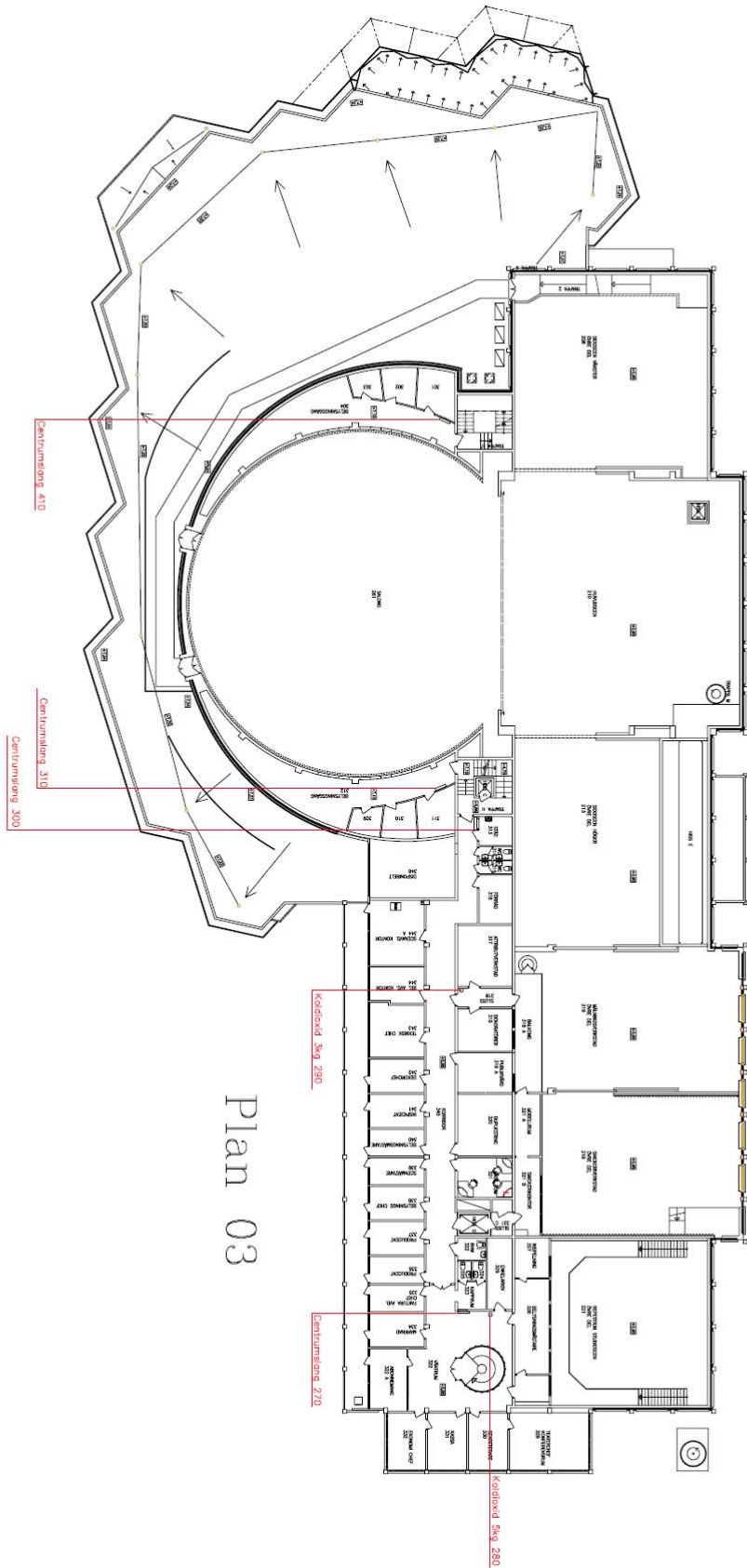
## Bilaga B - Släckredskap för manuell släckning



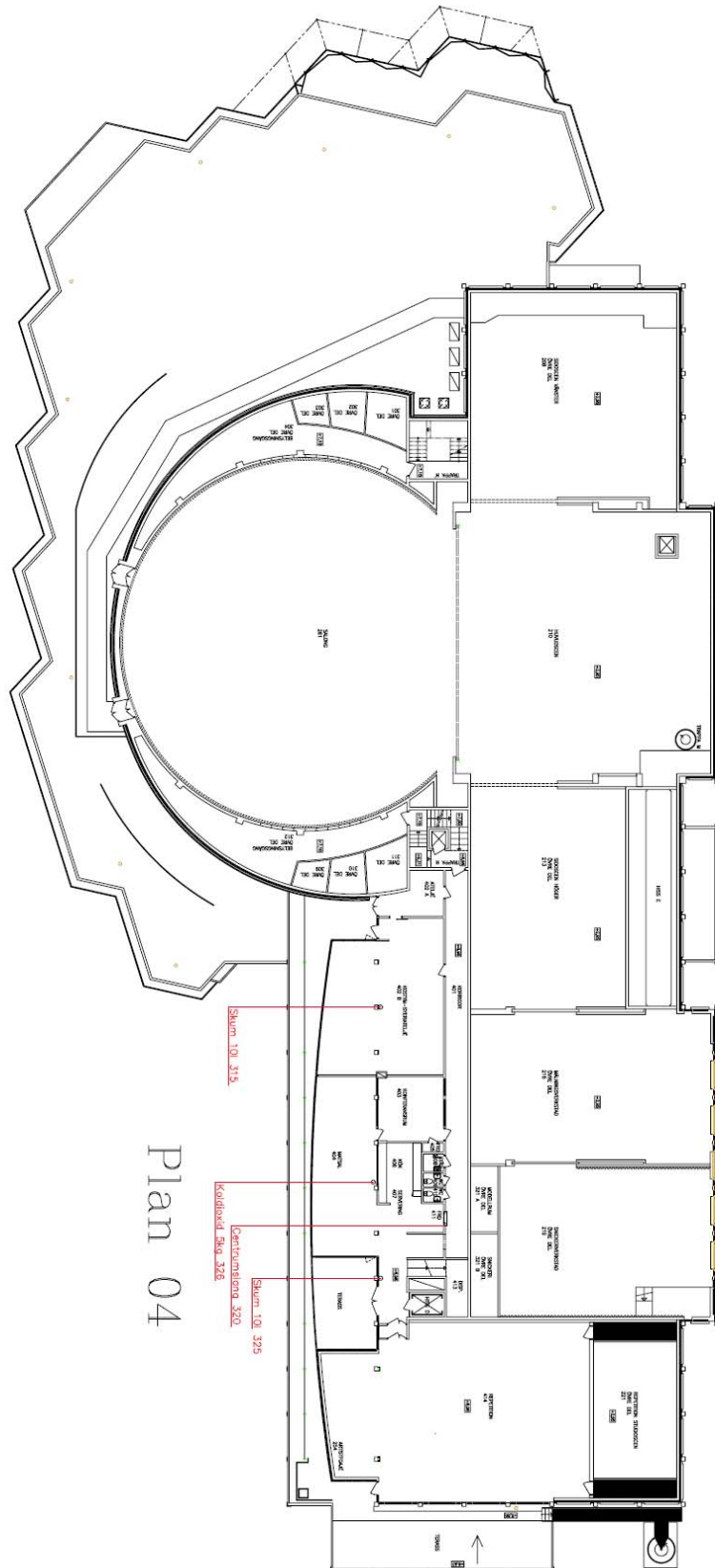
Figur B: 1 Placering av släckredskap Plan 1



Figur B: 2 Placering av släckredskap Plan 2

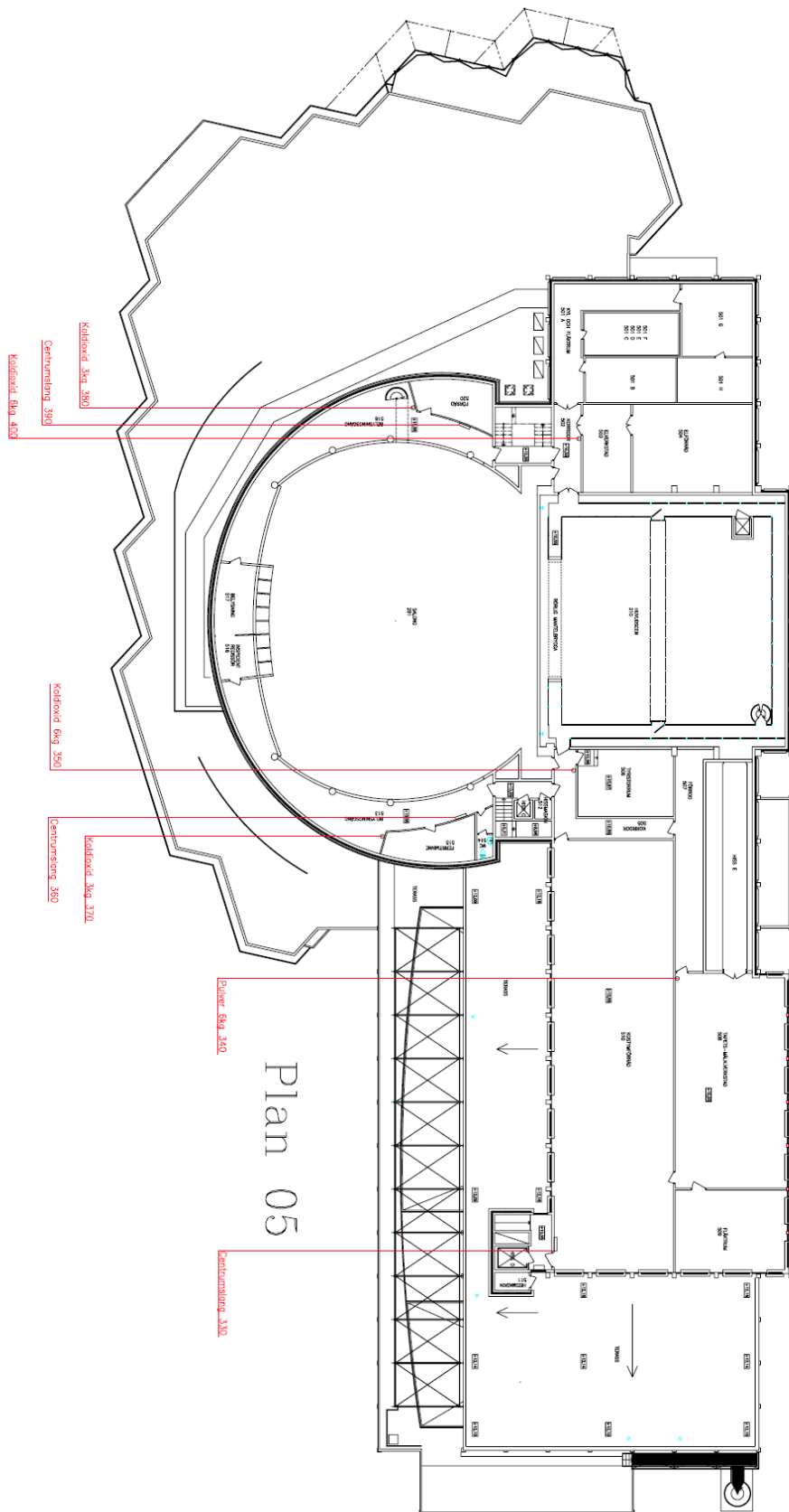


Figur B: 3 Placering av släckredskap Plan 3



Plan 04

Figur B: 4 Placering av släckredskap Plan 4




Figur B: 5 Placering av släckredskap Plan 5




## Bilaga C - Systematiskt Brandskyddsarbete

Här finns de rutiner som ingår i SBA och som vi anser påverkar utrymnings säkerheten i högsta grad. Det visar att ansvaret på enskild individ är av yttersta vikt för framgång vid utrymning.

	<b>HELSINGBORGS STADSTEATER</b>	Systematiskt Brandskyddsarbete	<input type="button" value="Print Form"/>
		<b>Arbetsbeskrivning</b>	
<b>Arbetsbeskrivning för</b>			
Operativt ansvarig / Föreställningschef			
<b>Ansvar för</b>			
<ul style="list-style-type: none"><li>- att alla nödutgångar är kontrollerade</li><li>- att kontroll av scenområdet, salongen och foajén är utförd</li><li>- att sambandsprov är utfört och utan anmärkning</li><li>- att rutiner inför pyroteknik är utförda och att all släckutrustning finns på plats</li></ul>			
<b>Arbetsuppgifter</b>			
<ul style="list-style-type: none"><li>- Samverkar med scentekniker och belysningstekniker</li><li>- Svara för att säkerhetsföreskrifter efterlevs</li><li>- Hålla sig uppdaterad med SBA gällande scen och publikdelarna</li><li>- Leda utrymning vid brand</li><li>- Bedömma större risker som kan orsaka brand</li></ul>			
Ovansående arbetsuppgifter delegeras härmed:			
Ort och Datum			
Ort och Datum		Underskrift ( Den som delegerat arbetsuppgifterna )	
		Underskrift Befattningshavare ( Den som mottagit delegationen )	
<b>Returnering av delegerad arbetsuppgift</b>			
Returnerad arbetsuppgift			
Anledning till returneringen			
Ort och Datum			
Ort och Datum		Underskrift ( Mottagare av returneringen )	
		Underskrift Befattningshavare	

Figur C: 1 Utdrag ur Helsingborgs stadsteaters systematiska brandskyddsarbete


**HELSINGBORGS STADSTEATER** Systematiskt Brandskyddsarbete
 Print Form


**Instruktioner vid utrymning**

Område / Lokal / Scen

**Storan under föreställningstid 1/2**

Inspicient	Scenpersonal	Publikvärdar
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inväntar att salongen tänds och att utgångar öppnas.</li> <li>- Informerar gästerna om vad som sker och att man skall utrymma.</li> <li>- Kontrollerar att salongen är tömd.</li> <li>- Utrymmer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ställer sig framför Järnridå för att vägleda och hjälpa gäster att komma ut.</li> <li>- Sänker järnridån.</li> <li>- Bistår publikvärdar efter att salongen är tömd.</li> <li>- Utrymmer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inväntar instruktion och öppnar dörrarna in till salong.</li> <li>- Visar vägen ut ur byggnaden och informerar gäster om att man inte får ta med sig saker som finns i skåpen.</li> <li>- Kontrollerar foajén.</li> <li>- Utrymmer.</li> </ul>

Figur C: 2 Utdrag ur Helsingborgs stadsteaters systematiska brandskyddsarbete


**HELSINGBORGS STADSTEATER** Systematiskt Brandskyddsarbete
 Print Form

**Instruktioner vid utrymning**

Område / Lokal / Scen

**Storan under föreställningstid 2/2**

Belysningspersonal	Ensemblen	Övrig personal
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inväntar instruktion och tänder ljuset i salongen.</li> <li>- Utrymmer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Följer scenpersonalens instruktioner och lämnar sedan byggnaden genom bakre nödutgångar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utrymmer genom lämplig nödutgång.</li> </ul>

Figur C: 3 Utdrag ur Helsingborgs stadsteaters systematiska brandskyddsarbete




Instruktioner vid utrymning

Område / Lokal / Scen

**Lillan under föreställningstid 1/2**

Inspicient	Scenpersonal	Publikvärdar
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inväntar att salongen tänds och att utgångar öppnas.</li> <li>- Informerar gästerna om vad som sker och att man skall utrymma.</li> <li>- Kontrollerar att salongen är tömd.</li> <li>- Utrymmer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ställer sig vid nödutgångarna för att vägleda och hjälpa gäster att komma ut.</li> <li>- Bistår publikvärdar efter att salongen är tömd.</li> <li>- Utrymmer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inväntar instruktion och öppnar dörrarna in till salong.</li> <li>- Visar vägen ut ur byggnaden och informerar gäster om att man inte får ta med sig saker som finns i skåpen.</li> <li>- Kontrollerar foajén.</li> <li>- Utrymmer.</li> </ul>

Figur C: 4 Utdrag ur Helsingborgs stadsteaters sytematiska brandskyddsarbete


**HELSINGBORGS  
STADSTEATER** Systematiskt  
Brandskyddsarbete

Print Form

Instruktioner vid utrymning


Område / Lokal / Scen

**Lillan under föreställningstid 2/2**

Belysningspersonal	Ensemblen	Övrig personal
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inväntar instruktion och tänder ljuset i salongen.</li> <li>- Utrymmer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Följer scenpersonalens instruktioner och lämnar sedan byggnaden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utrymmer genom lämplig nödutgång.</li> </ul>

Figur C: 5 Utdrag ur Helsingborgs stadsteaters sytematiska brandskyddsarbete

Print Form



**HELINGBORGS  
STADSTEATER** Systematiskt  
Brandskyddsarbete

**Checklista / Rutiner för  
Hyresgäster**

---

Byggnadsanläggning  
Helsingborgs Stadsteater

Vad händer	Varför	Hur gör vi
<p><b>Ei – om ni upptäcker något underligt eller felaktigt - anmäl det till oss</b></p>	<p>Effel är en mycket vanlig tändkälla!</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finns det släckar som är i källan?</li> <li>• Glapp i kontakter?</li> <li>• Blinkande/glödande lysör bör åtgärdas (överhettningen kan orsaka brand)</li> <li>• Använd aldrig högre watt på glödlampor än det som anges på armaturens anvisning.</li> <li>• Hör du ljud från elsystemet? Lukt? Kontakta oss genast!</li> </ul>
<p><b>Hushållsapparater</b></p>		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dra ut kontakten på kaffekokaren när den inte används</li> <li>• Om ni använder spisen, kontrollera att den är avstängd igen.</li> <li>• Kontrollera också att TV:n är avstängd innan ni lämnar lokalen</li> </ul>
	<p><b>Dörrar till källare och ut på taket</b></p>	<p>Anlägda bränder blir allt vanligare.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Är dörrarna till taket stängda och till källare låst när du går?</li> </ul>


**Allmänt**  
 Denna checklista tar upp de vanligast förekommande riskerna i er miljö. En del kontroller så som fria utrymningsvägar och fungerande nödutgångar skall utföras vid varje tillfälle i omedelbar anknytning till lokalernas nyttjande (exempelvis festlokaler).

Med vänlig hälsning

Fredrik Höglund  
Samordnare av det

Figur C: 6 Utdrag ur Helsingborgs stadsteaters systematiska brandskyddsarbete

Print Form



**HELINGBORGS  
STADSTEATER** Systematiskt  
Brandskyddsarbete

**Checklista / Rutiner för  
Hyresgäster**

---

Byggnadsanläggning  
Helsingborgs Stadsteater

Vad händer	Varför	Hur gör vi
<p><b>Larma - sker med automatik</b></p>	<p>När vår personal inte är på plats går larmet direkt till brandkåren och utrymningslarmet ljuder.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fäst av allt så du rådda dig själv och andra från branden</li> <li>• Ring därefter 112 och berätta (Vad har hänt... Varifrån ringer du... Vem du är... Var du är någonstans...)</li> <li>• Möt dem på gården när de anländer</li> </ul>
<p><b>Branddetektorer - sitter på många ställen i lokalen. Du kan se dem på Brandplanen i slussen mellan scen och konserthuset</b></p>	<p>För att möjliggöra tidig upptäckt av brand. De flesta som omkommer i samband med bränder dör inte av brännskador, utan av den giftiga röken.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Notera var de är i närheten av de utrymmen ni berörs av i er verksamhet</li> </ul>
<p><b>Utrymning</b></p>	<p>När det börjar brinna är det viktigt att handla snabbt och rätt! Efter endast ett fåtal minuter kan lokalen vara rökfylld.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alla medverkande ska lämna till två olika utgångar.</li> <li>• Läs utrymningsplanen.</li> <li>• Kontrollera att dörrar som ska användas som utgångar är lätt öppningsbara.</li> <li>• Kontrollera att utrymningsvägar inte är blockerade.</li> <li>• Visa personalparkeringen som är den gemensamma samlingsplatsen utanför huset och se till att alla känner till den.</li> </ul>
<p><b>Rökning</b></p>	<p>Rökning orsakar många svåra bränder med personskador och dödsfall av följd. Rökning är den vanligaste orsaken till att det uppstår dödsbränder.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Det är absolut förbjudet att röka i någon del av Stadsteatern.</li> <li>• All rökning sker ute på gården och inte i några öppna nödutgångar eller liknande.</li> </ul>
<p><b>Ljus</b></p>	<p>Kvarglämda levande ljus orsakar många onödiga bränder.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gå aldrig ifrån ett brinnande ljus.</li> <li>• Använd ljusstakar och ljusmanchetter av obrännbart material.</li> </ul>
<p><b>Brandsläckare</b></p>	<p>Brandsläckare</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visa alla var närmaste handbrandsläckare är placerad.</li> <li>• Visa alla hur en handbrandsläckare används. En tydlig och lätt bruksanvisning sitter på släckaren, be alla att läsa den.</li> </ul>

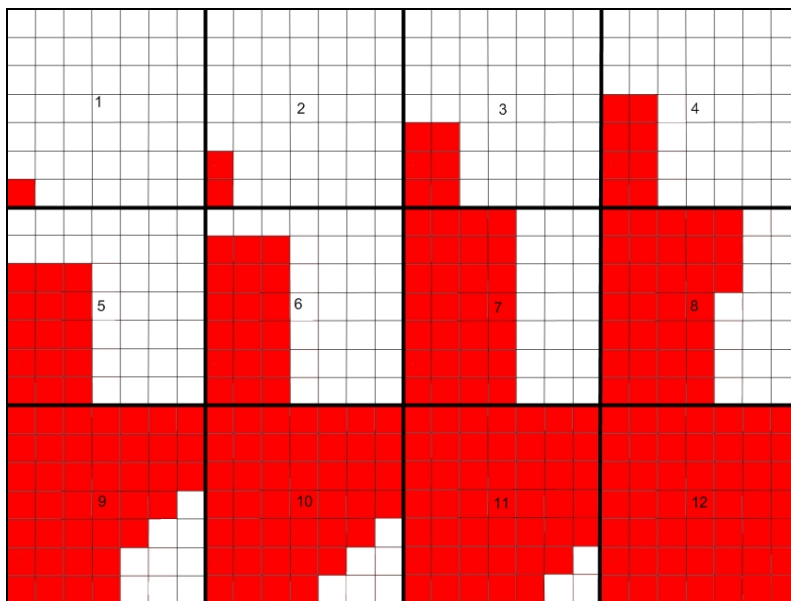
Figur C: 7 Utdrag ur Helsingborgs stadsteaters systematiska brandskyddsarbete

## Bilaga D - Brandspridningsmodell för stora scenen

Branden på stora scenen antas börja i nedåthängande dekor som har approximerats bestå av tjockt bomullstyg och vara av dimensionerna 12 x 12 m. Brand Y7/15 i Initial Fires (Särdqvist, 1993) består av gardiner (tjockt bomullstyg) och har dimensionerna 2,42 m x 1,24 m. För att få samma area och därmed någorlunda lik effektutveckling görs följande:

$$kvot = \frac{A_{dekor}}{A_{gardin}} = \frac{12 \cdot 12}{2,42 \cdot 1,24} = 47,9872... \approx 48$$

Närmsta heltal till kvadratroten av 48 är 7 vilket användes för att dela upp dekoren i småbitar, dvs 7x7 bitar enligt Figur D:1. För att kunna använda en kvadratisk dekor beräknas arean för gardinen i ursprungsförsöket, för att sedan räknas om till kvadratiska sidor.



Figur D:1 Brandspridningsmodell dekor Stora scen

I bild nummer 1 antas flamspridning börja ske ( $t=50$  sekunder) och varje bild representerar sedan 30 sekunder framåt i brandförloppet. En ruta motsvarar alltså samma effektutveckling som för ett försök Y7/15 och dessa har sedan adderats för att få vår totala effektutveckling. Brandspridning till intilliggande dekor har antagits ske då effekten uppgått till 1,3-1,4 MW och senare har samma brandspridningsmodell upprepats för alla 5 dekorerna.

Vid  $t=200$  sekunder antas sprinkleraktivering ske. Flammorna har då spridit sig cirka 8,6 meter i dekoren och förloppet befinner sig vid steg 5.

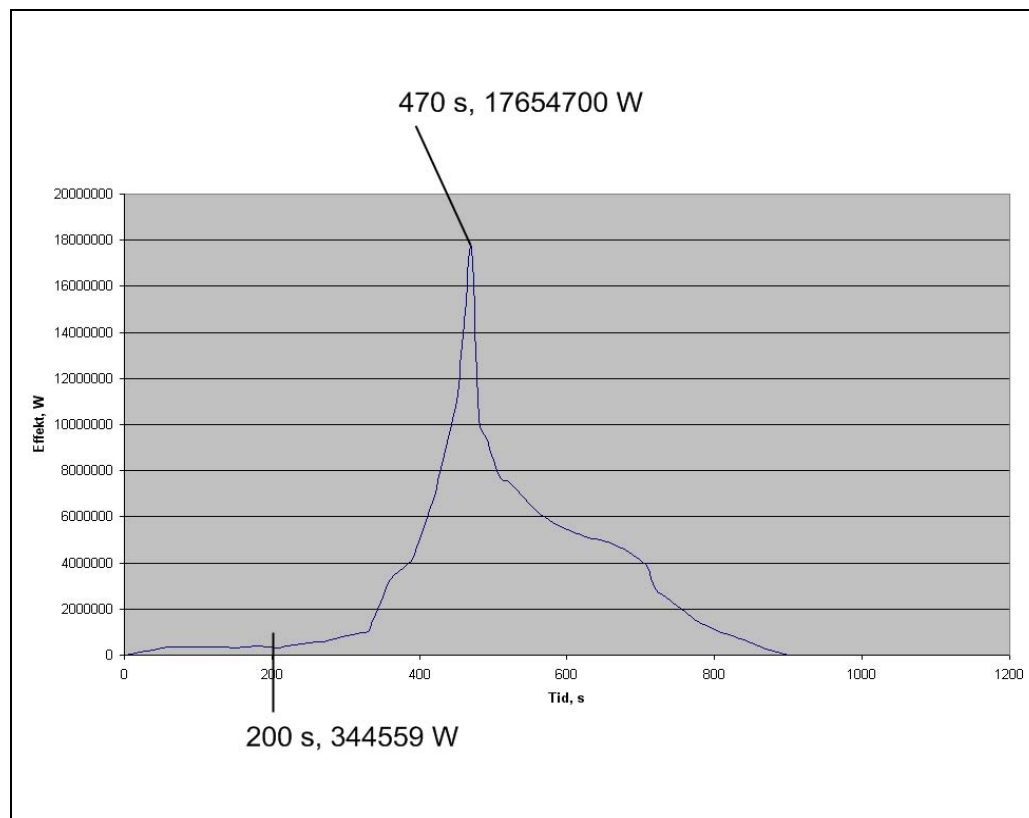


## Bilaga E - Sprinkleraktivering i Stolsförrådet

Branden antas börja i den bakre delen av stolsförrådet där takhöjden är 4,2 m och sprinkleravståndet är satt till 4 m. RTI värdet är  $50 \text{ ms}^{1/2}$  och aktiveringstemperatur är  $68^\circ \text{C}$  (Brandskyddsdokumentation, 2006).

Då effektutvecklingen till en början är liten delades aktiveringstiden upp i två delar. Dels en del fram till 200 sekunder då effekten är låg och en  $\alpha t^2$ -kurva är svår att passa in i förhållande till förloppet efter 200 sekunder. Dels en del mellan 200 sekunder till 470 sekunder där ett  $\alpha$ -värde beräknas enligt nedan. Frigjord energi och resulterande temperatur under denna tid tas inte hänsyn till vid senare beräkning av aktiveringstiden. Detta får anses väldigt konservativt men samtidigt är effekten liten, rummet stort och temperaturen låg vilket medför sämre stigningskraft hos brandgaserna. Även en dålig placering av sprinkler i stolsförrådet bidrar till att denna approximation får anses godtagbar om än hård. Därefter beräknades ett  $\alpha$  för förloppet mellan 200 sekunder och 470 sekunder på följande sätt:

$$\dot{Q} = \alpha t^2 \Rightarrow \alpha = \frac{\dot{Q}}{t^2} = \frac{17654700 \text{ W} - 344559 \text{ W}}{(470 - 200)^2} \approx 240 \text{ W} / \text{s}^2$$



Figur E: 1 Uppdelning av brandtillväxt

Dessa värden användes sedan i DetactT2 och aktiveringstiden blev 1 minut och 40 sekunder minuter för intervallet mellan 200 och 470 sekunder.

Total aktiveringstid blir då:

$$1,6 \cdot 60 + 200 = 296 \text{ s} \approx 5 \text{ minuter}$$



## Bilaga F - Detektionstid ljusspridningsdetektor i Stolsförråd

En överslagsberäkning av aktiveringstiden för rökdetektorer kan fås genom att utnyttja värmeökningen i brandgaserna. En temperaturökning på 13 °C är ofta använt (Blomqvist & Isaksson, 2002). DetactT2 har använts för beräkningen och ett lågt RTI (0,1 ms<sup>1/2</sup>) har angetts för att få en låg tröghet (Nilsson & Holmstedt, 2007).

Uträkning av  $\alpha$ -värde fås genom att använda effekt och tid från brandens effektkurva:

$$\alpha = \frac{\dot{Q}}{t^2} = \frac{1024650W}{(330s)^2} = 9,41 W/s^2$$

Tiden fram till 330 sekunder ansattes då en bra approximation kan göras med en  $\alpha t^2$ -kurva för detta intervall. Då tiden för aktivering visar sig vara innan denna tidpunkt är resultatet giltigt.

Beräkning i DetacT2:

```
ENTER THE AMBIENT TEMPERATURE IN DEGREES C.
20
ENTER THE DETECTOR RESPONSE TIME INDEX <RTI> IN <M-SEC>**1/2.
0.1
ENTER THE DETECTOR ACTIVATION TEMPERATURE IN DEGREES C.
33
ENTER A DETECTOR RATE OF RISE IN DEGREES C/MINUTE.
10
ENTER THE CEILING HEIGHT IN METERS.
4.2
ENTER THE DETECTOR SPACING IN METERS.
8
ENTER: S FOR SLOW FIRE GROWTH RATE
      M FOR MEDIUM FIRE GROWTH RATE
      F FOR FAST FIRE GROWTH RATE
      U FOR ULTRAFAST FIRE GROWTH RATE OR
      O FOR OTHER
0
ENTER THE FIRE GROWTH RATE CONSTANT <ALPHA> IN WATTS/SEC/SEC.
9.41
RESULTS:
      CEILING HEIGHT   =   4.20 METERS < 13.78 FEET>
      DETECTOR SPACING =   8.00 METERS < 26.25 FEET>
      DETECTOR RTI    =   0.1 <M-SEC>**1/2 < 0.2 <FT-SEC>**1/2>
      FIRE GROWTH CONSTANT =   0.9410E+01 JOULES/<SEC**3>
                          < 0.8919E-02 BTU/SEC**3>

<RETURN> TO CONTINUE

FOR TEMPERATURE ACTUATED DETECTOR:
      ACTIVATION TEMPERATURE =   33.0 DEGREES C < 91.4 DEGREES F>
      TIME TO ACTIVATION    =     3.23 MINUTES
      HEAT RELEASE RATE    =   0.3525E+03 KILOJOULES/SEC
                          < 0.3341E+03 BTU/SEC>
```

Aktiveringstiden blir 3,23 minuter det vill säga 3 minuter och 14 sekunder.



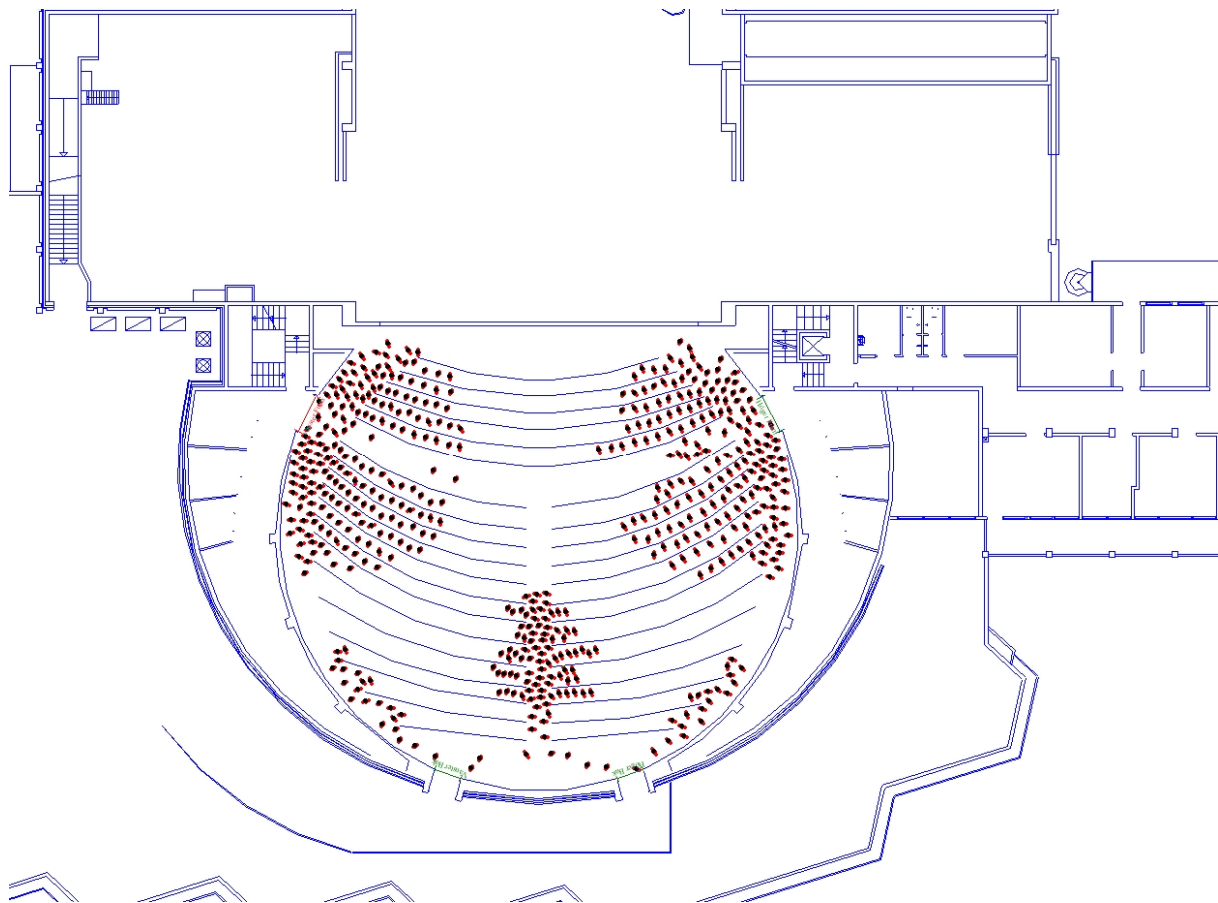


## Bilaga G - Simulex

Nedan presenteras indata och utdata från datorprogrammet Simulex vilket har använts för att beräkna förflyttningstiden i våra tre brandscenarier.

### G.1 Brand på Stora scen

Nedan syns tydligt konsekvensen av att de flesta människor väljer de främre utgångarna som de kom in i och känner bäst till. Det blir trångt och dörrbredden blir en flaskhals. Viktigt att notera är att ritning över plan 3 har använts. De främre utrymningsvägarna är i plan 2 och leder via foajén ut i det fria. Dessa har placerats för att motsvara sin egentliga placering (se figur G:1).



**Figur G:1 Utrymning vid brand på Stora scen**

Number of Floors = 1  
Number of Staircases = 0  
Number of Exits = 4  
Number of Links = 0  
Number of People = 588

-----  
Plan3 (DXF file: A300103.dxf) (Size: 113.211,51.371 metres)  
Number of People Initially in This Floor = 588  
Vänster Fram : (34.10,27.45 m), -27.07 degrees, 2.00 m wide  
Höger Fram : (58.08,27.45 m), -151.19 degrees, 2.00 m wide  
Vänster Bak : (41.36,8.82 m), 69.55 degrees, 1.40 m wide  
Höger Bak : (50.79,8.81 m), 109.09 degrees, 1.40 m wide

---

**All people reached the exit in 1:18.4.**

Number of people through all exits over 5-second periods

Time(s), N (People)

5	3
10	43
15	60
20	63
25	53
30	55
35	44
40	44
45	42
50	43
55	37
60	26
65	25
70	26
75	18
80	6

---

Number of people through  
Vänster Fram over 5-second periods

Time(s), N (People)

5	1
10	19
15	21
20	21
25	18
30	16
35	18
40	18
45	17
50	15
55	17
60	10
65	8
70	9
75	9
80	6

Number of people through  
Höger Fram over 5-second periods

Time(s), N (People)

5	2
10	17
15	20
20	21
25	18
30	21
35	18
40	19
45	19
50	20
55	11
60	9
65	9
70	8
75	2
80	0

Number of people through  
Vänster Bak over 5-second periods

Time(s), N (People)

5	0
10	3
15	9
20	10
25	6
30	7
35	2
40	1
45	1
50	3
55	2
60	2
65	3
70	3
75	2
80	0

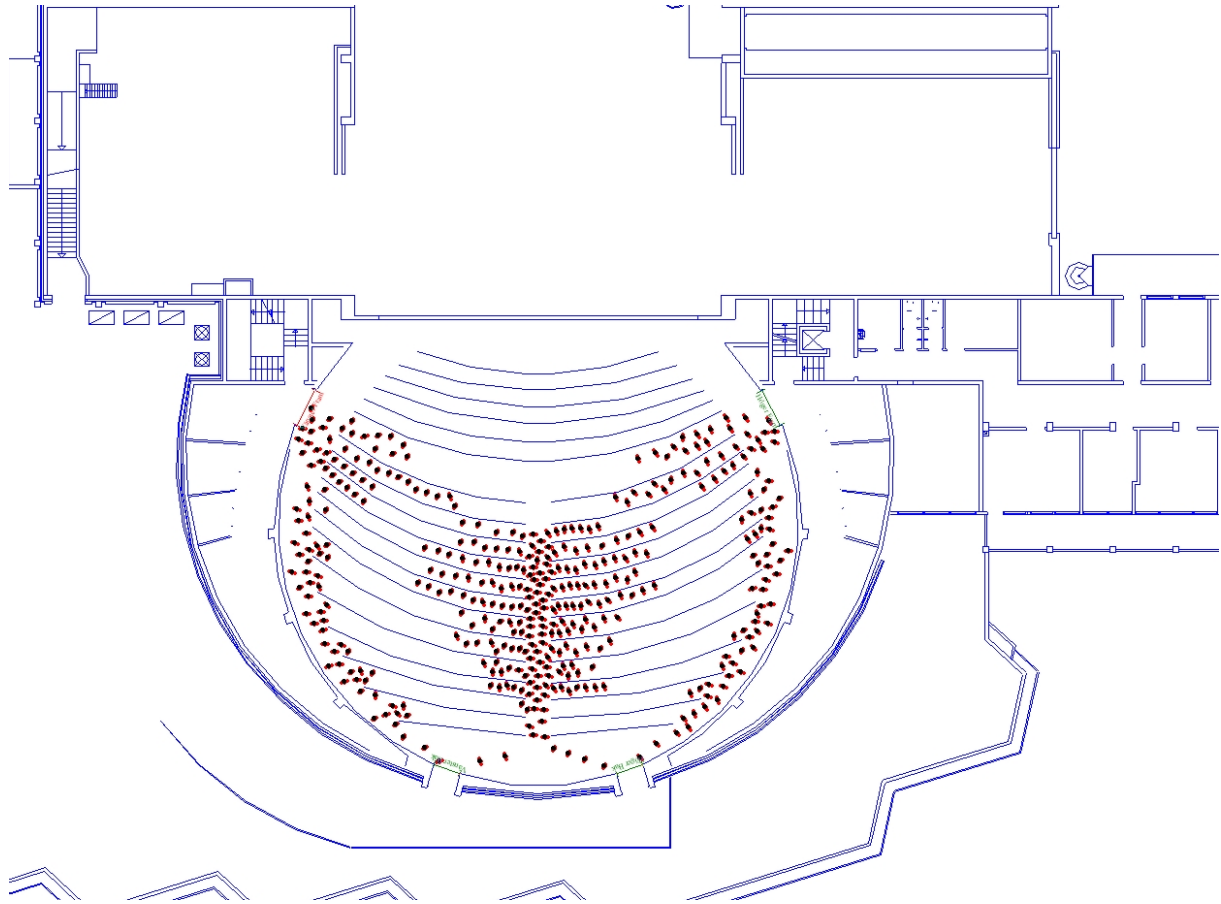
Number of people through  
Höger Bak over 5-second periods

Time(s), N (People)

5	0
10	4
15	10
20	11
25	11
30	11
35	6
40	6
45	5
50	5
55	7
60	5
65	5
70	6
75	5
80	0

## G.2 Brand i Stolsförråd

Skillnaden i tid mot förra fallet, då de flesta valde att utrymma genom de främre utgångarna, blir betydande. Detta då de bakre utgångarna är mindre och mittgången i salongen är smal vilket gör att människor kan gå maximalt två i bredd.



Figur G:2 Utrymning vid brand i Stolsförråd

Number of Floors = 1  
Number of Staircases = 0  
Number of Exits = 4  
Number of Links = 0  
Number of People = 428

-----  
Plan3 (DXF file: A300103.dxf) (Size: 113.211,51.371 metres)

Number of People Initially in This Floor = 428

Vänster Fram : (34.10,27.45 m), -27.07 degrees, 2.00 m wide

Höger Fram : (58.08,27.45 m), -151.19 degrees, 2.00 m wide

Vänster Bak : (41.36,8.82 m), 69.55 degrees, 1.40 m wide

Höger Bak : (50.79,8.81 m), 109.09 degrees, 1.40 m wide

-----  
**All people reached the exit in 2:24.0.**

Number of people through all exits over 5-second periods

Time(s), N (People)

5	3		
10	31	80	6
15	52	85	6
20	43	90	8
25	32	95	7
30	27	100	9
35	20	105	8
40	18	110	7
45	19	115	7
50	20	120	10
55	19	125	7
60	8	130	7
65	10	135	10
70	11	140	10
75	8	145	5

Number of people through  
Vänster Fram over 5-second periods

Time(s), N (People)

5	2
10	11
15	17
20	12
25	8
30	8
35	0
40	0
45	0
50	0
55	0
60	0

Number of people through  
Höger Fram over 5-second periods

Time(s), N (People)

5	1
10	13
15	16
20	13
25	6
30	0
35	0
40	0
45	0
50	0
55	0
60	0

Number of people through  
Vänster Bak over 5-second periods  
Time(s), N (People)

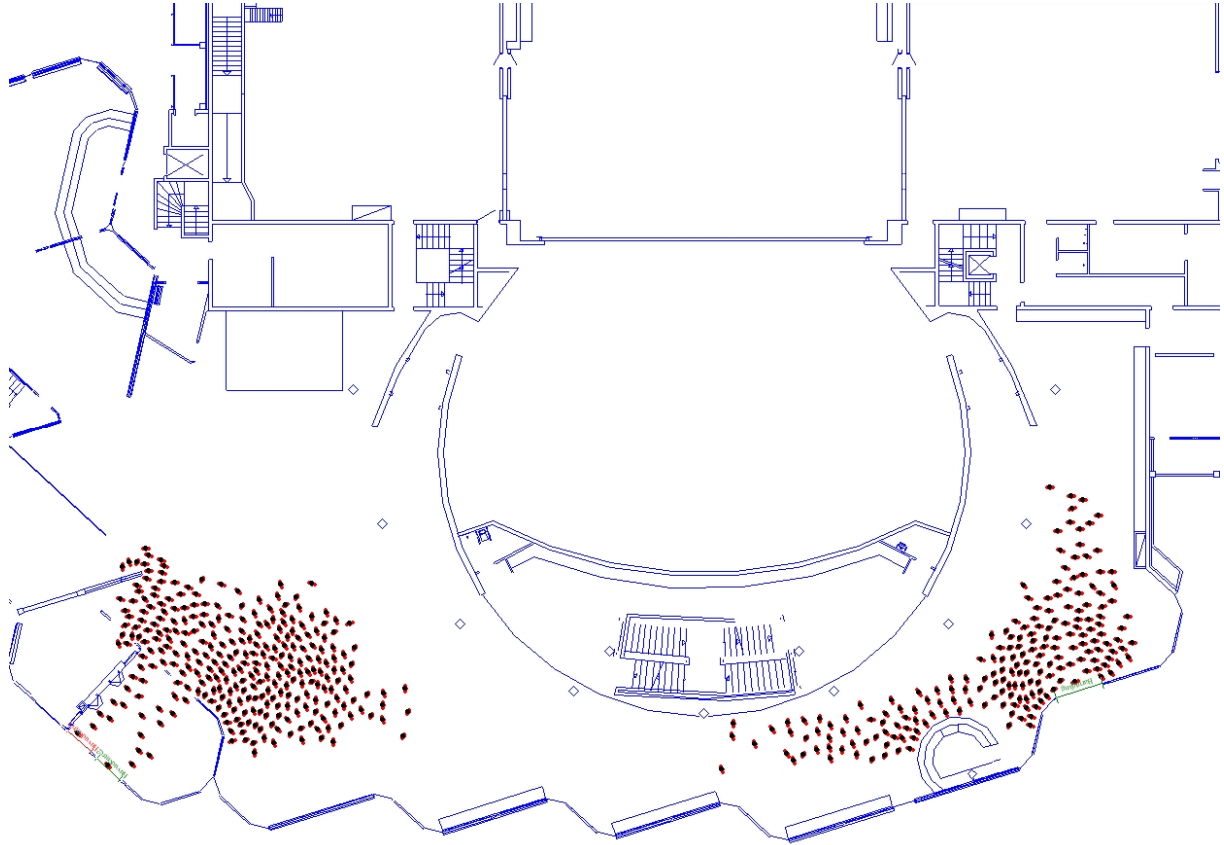
5	0
10	2
15	9
20	8
25	6
30	7
35	9
40	7
45	7
50	9
55	10
60	0
65	4
70	3
75	3
80	1
85	0
90	3
95	1
100	4
105	2
110	2
115	1
120	4
125	1
130	2
135	3
140	4
145	1

Number of people through  
Höger Bak over 5-second periods  
Time(s), N (People)

5	0
10	5
15	10
20	10
25	12
30	12
35	11
40	11
45	12
50	11
55	9
60	8
65	6
70	8
75	5
80	5
85	6
90	5
95	6
100	5
105	6
110	5
115	6
120	6
125	6
130	5
135	7
140	6
145	4

### G.3 Brand i Restaurang

Här syns att människor trängs vid utgångarna och att dörrbredden på utrymningsvägarna är den ytterst begränsande faktorn vad gäller total utrymningstid. Det visar sig att alla inte hinner ut innan kritiska förhållanden uppstår i lokalen och åtgärdsförslag ges.



**Figur G: 3**

Number of Floors = 1  
Number of Staircases = 0  
Number of Exits = 3  
Number of Links = 0  
Number of People = 585

-----  
Plan2 (DXF file: A300102.dxf) (Size: 111.010,50.158 metres)

Number of People Initially in This Floor = 585

Huvudentre1 : (11.70,5.22 m), 46.64 degrees, 1.60 m wide

Huvudentre2 : (13.18,3.81 m), 46.74 degrees, 1.60 m wide

Barutgång : (63.18,7.82 m), 107.61 degrees, 2.50 m wide

-----  
**All people reached the exit in 1:53.2.**

Number of people through all exits  
over 5-second periods

Time(s), N (People)

5	0	65	30
10	7	70	30
15	19	75	30
20	38	80	24
25	47	85	27
30	43	90	21
35	46	95	7
40	44	100	6
45	46	105	7
50	41	110	5
55	33	115	4
60	30		

-----  
Number of people through:

Huvudentre1 over  
5-second periods  
Time(s), N (People)

5	0
10	2
15	5
20	8
25	10
30	9
35	11
40	10
45	10
50	9
55	9
60	10
65	8
70	9
75	10
80	7
85	8
90	5
95	0
100	0
105	0
110	0
115	0

Huvudentre2 over  
5-second periods  
Time(s), N (People)

5	0
10	1
15	3
20	8
25	11
30	11
35	11
40	10
45	13
50	9
55	12
60	10
65	11
70	11
75	11
80	9
85	10
90	11
95	7
100	6
105	7
110	5
115	4

Barutgång over  
5-second periods  
Time(s), N (People)

5	0
10	4
15	11
20	22
25	26
30	23
35	24
40	24
45	23
50	23
55	12
60	10
65	11
70	10
75	9
80	8
85	9
90	5
95	0
100	0
105	0
110	0
115	0



## Bilaga H - Sikt och toxicitet

### H.1 Beräkning av sikt och toxicitet i salongen vid brand på Stora scen

#### Sikt i salongen

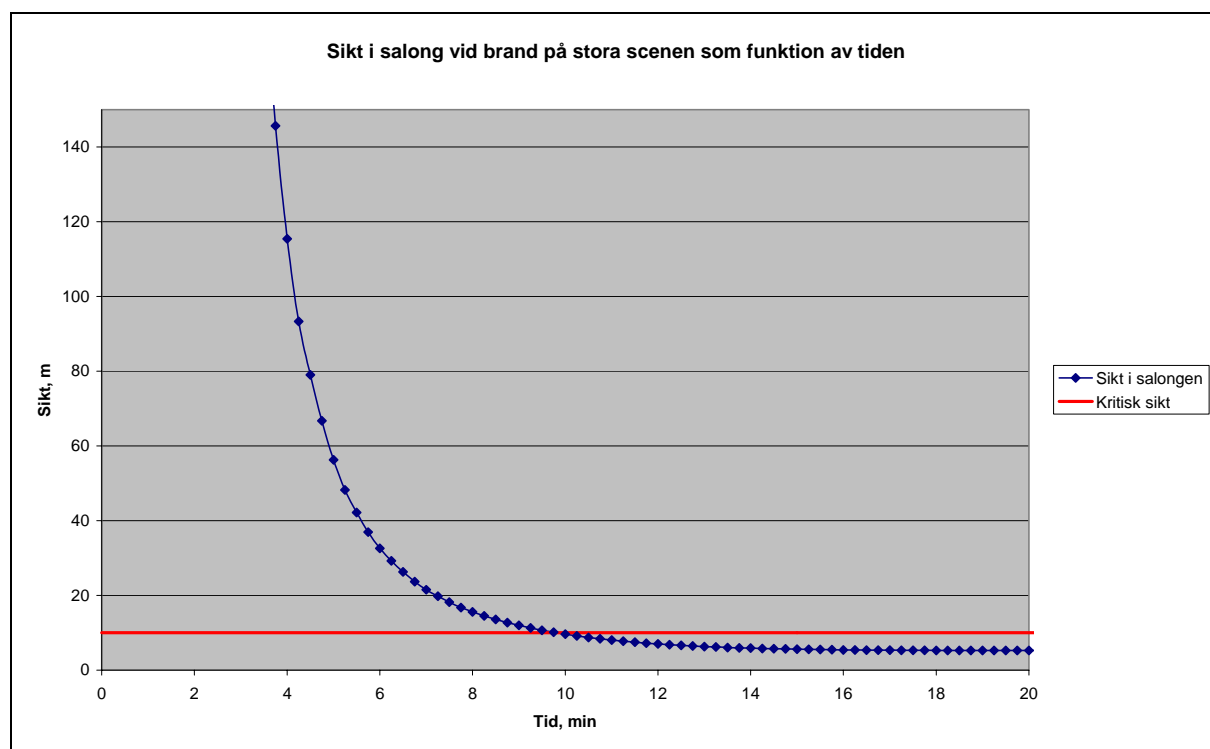
Med experimentell data för branden Y7/15 i Initial Fires (Särdqvist, 1993), där ett värde på rökpotentialen multiplicerat med massflödet,  $\dot{S} = D_0 \cdot \dot{m}$  [ $ob \cdot m^3 / s$ ] ges transient, har sikten i salongen beräknats. Dessa värden har adderats på samma sätt som brandspridningsmodellen och på så sätt gett total  $ob \cdot m^3$  för branden. Sikten gäller även resten av rummen som är inblandade då ett väl omblandat fall antas men endast salongen anses intressant då det är där majoriteten människor befinner sig. Detta är en grov approximation men anses konservativ då röken till en början inte sprids till salongen samt att brandgaserna i salongen håller en sådan låg temperatur en längre tid så att en modell för väl omblandade brandgaser är rimlig.

Total volym,  $V_{total}$ , för salongen, stora scenen samt sidoscener uppgår till  $16000 m^3$ .

Med hjälp av dessa indata har sikten beräknats som funktion av tiden på följande sätt:

$$Sikt(m) = \frac{10}{\frac{1}{V_{total}} \int_0^t \dot{S} \cdot dt}$$

Vilket ger en sikt enligt nedan:



Figur H:1

### Toxicitet i salongen

Enligt uppgift från branden Y7/15 i Initial Fires (Särdqvist, 1993) har tyget som dekoren approximerats med ytdensiteten  $310 \text{ g/m}^3$ . Total area är  $5 \cdot 144 \text{ m}^2$  vilket ger en total vikt på ca 225 kg.

Då yield-värden för bomull ej kunde finnas valdes konservativa värden högre än till exempel för polyuretan (Karlsson & Quintiere, 2000). Dessa värden antas gälla för välventilerade bränder vilket hela brandförloppet är:

$$y_{CO_2} = 2,0 \text{ g/g} \quad y_{CO} = 0,040 \text{ g/g}$$

Kritiska värden i salongen blir enligt kapitel 6.1:

$$m_{CO_2} = \textit{kritisk konc.} \cdot V_{salong} \cdot \rho_{CO_2} = 0,05 \cdot 23 \cdot 23 \cdot 11 \cdot 1,98 = 576,081 \approx 570 \text{ kg}$$

$$m_{CO} = \textit{kritisk konc.} \cdot V_{salong} \cdot \rho_{CO} = 0,002 \cdot 23 \cdot 23 \cdot 11 \cdot 1,145 = 11,638 \approx 11 \text{ kg}$$

Ett väl omblandat fall antas på samma grunder som för sikten, andelen brandgaser som hamnar i salongen blir då:

$$\textit{Andel i salong} = \frac{V_{salong}}{V_{total}} = \frac{23 \cdot 23 \cdot 11}{15917,216} = 0,365579... \approx 0,37$$

Följande mängd toxiska gaser hamnar då i salongen:

$$m_{CO_2} = m_{bränsle} \cdot y_{CO_2} \cdot 0,37 = 225 \cdot 2 = 170 \text{ kg}$$

$$m_{CO} = m_{bränsle} \cdot y_{CO} \cdot 0,37 = 60 \cdot 0,04 = 4 \text{ kg}$$

Båda värden ligger klart under kritisk nivå även då ett ytterst konservativt och förenklat beräkningssätt använts.

### H.2 Beräkning av sikt och toxicitet i salongen vid brand i stolsförrådet

Problemet vid beräkning av sikt/toxicitet i salongen är att temperaturen på brandgaserna blir så låg att de anses sakna lyftkraft helt. Detta leder till att brandgaserna är väl omblandade i salongen och inget brandgaslager bildas. Istället har en kritisk massa PU som fiktivt får förbrännas i salongen räknats ut och jämförts med nedanstående approximationer av hur mycket som verkligen hamnar i salongen.

Dessa två modeller är väldigt grova och antaganden har varit ytterst konservativa och dessutom beräknas endast fallet då sprinkler ej aktiverar.

Vid beräkningarna har endast tiden fram till att branden blir ventilationsbegränsad använts då Yield- samt  $D_0$ -värden ändras då ekvivalenskvoten blir större än ett (ventilationskontrollerad brand) och data för detta saknas.

### Sikt i salongen

Utrymning antas kunna äga rum tills dess att sikten är 10 m i salongen.

Den optiska densiteten per meter är då:

$$D_L = \frac{\ln 10}{\text{Sikt}(m)} = \frac{\ln 10}{10} = 0,2303 m^{-1}$$

Rökpotentialen för PU (flexible polyurethane) antas vara  $D_0 = 0,33 m^2 / g$  (Karlsson & Quintiere, 2000).

Med hjälp av detta kan den maximala massa PU som skulle kunna brinna i salongen (för fri sikt på 10 m) räknas fram:

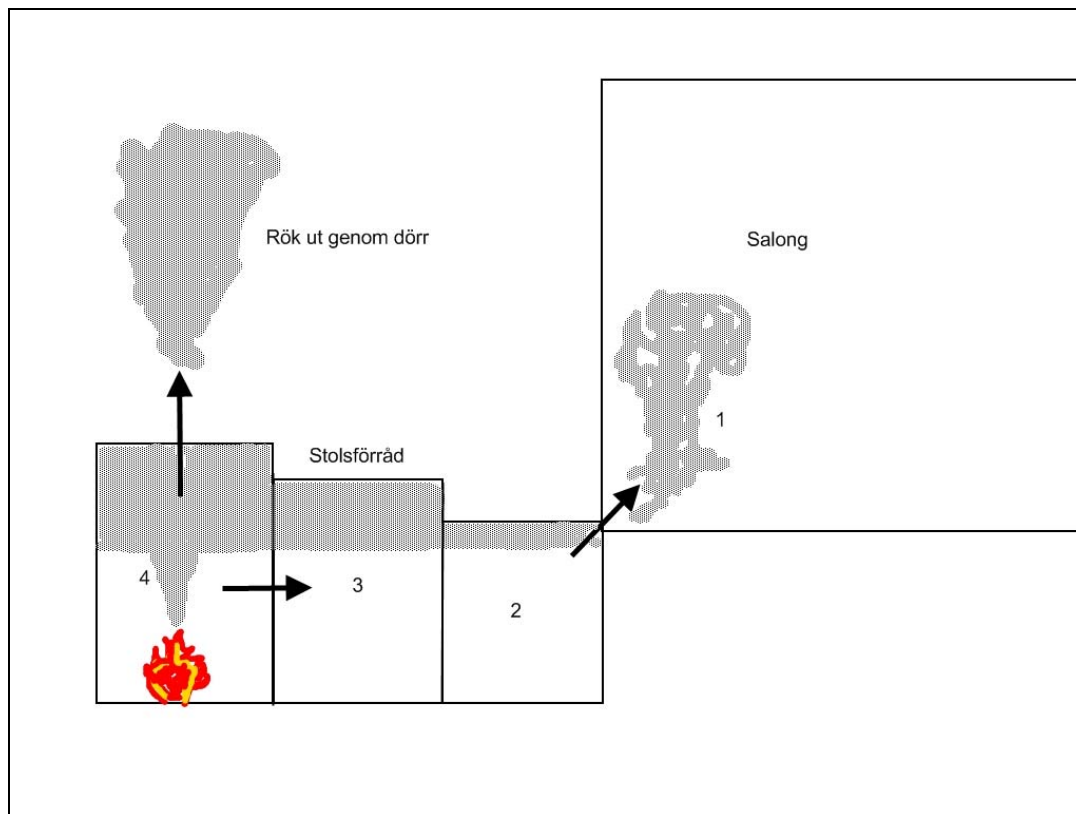
$$m_{kritisk} = D_L \cdot \frac{V_{salong}}{D_0} = 0,2303 \cdot \frac{23 \cdot 23 \cdot 11}{0,33} = 4060,9566... g \approx 4 kg$$

För att få en grov uppskattning om hur stor massa PU (som är i brandgaserna) som strömmar upp genom springorna till salongen används följande flöden:

$\dot{m}_{2-1}$  = Flödet ut från ”Stolsförråd Hiss” till ”Salong”

$\dot{m}_{4-3}$  = Flödet ut från ”Stolsförråd Bak” till ”Stolsförråd Mitten”

$\dot{m}_{4-ut}$  = Flödet ut ifrån ”Stolsförråd Bak” till intilliggande rum som ej är med i beräkningarna (Outside i CFAST)



Figur H:2 Skiss på flöden av brandgaser

Med hjälp av dessa flöden kan man uppskatta andelen förbränd massa PU som läcker in i salongen med denna kvot:

$$\dot{\Phi} = \frac{\dot{m}_{2-1}}{(\dot{m}_{4-3} + \dot{m}_{4-ut})}$$

Här förutsätts att röken som väller upp till salongen har samma sammansättning, dvs massa förbränd PU, som den i brandrummet som läcker ut genom dörren samt vidare till ”Stolsförråd Mitten”. Detta är betydligt mer konservativt än det sätt som CFAST räknar på då det vid spridning mellan rum ansätts en ny brandplym (brand) och blandar då in mer luft från omgivningen.

En massavbrinningshastighet krävs för att göra om kvoten mellan flödena till en faktisk mängd PU som läcker upp. Detta ger mängden PU som brunnit totalt och bildat brandgaser.

$$\dot{m}_{PU} [kg / s] = \frac{\dot{Q} \left[ \frac{J}{s} \right]}{\Delta H_{eff} \left[ \frac{J}{kg} \right]}$$

Där  $\Delta H_{eff} = 19 \text{ MJ/kg}$  (Karlsson & Quintiere, 2000).

Total mängd PU som läcker upp till salongen blir nu (t är tid i sekunder):

$$m_{PU, salong} = \int_0^t \dot{m}_{PU} \cdot \Phi \cdot dt$$

Denna beräkning görs i Excel med transienta värden tagna från CFASTs utdata.

Då vårt  $D_0$  endast är giltigt vid välventilerade bränder sattes  $t$  till 470 sekunder.

Vid integrering blir massan vid denna tidpunkt,  $m_{PU, salong}$ , cirka 180 g, vilket med mycket god marginal understiger massa för kritisk sikt på 10 m, det vill säga cirka 4 kg.

### Toxicitet i salongen

Integrering av branden Armchair Y5.2/52 i Initial Fires (Särdqvist, 1993) ger att runt 43 MJ frigörs då en stol brinner upp. Det som brinner i stolarna består till allra största del polyuretan och i beräkningarna antas endast polyuretan delta.

För att få ut massan polyuretan som brinner används följande formel:

$$\frac{Q}{\Delta H_{eff}} = \frac{43 MJ}{19 MJ / kg} = 2,2631... \approx 2,3 kg$$

Då det finns 160 stolar blir den totala massan cirka 360 kg.

Yield-värden för PU (polyuretan) är följande för välventilerade bränder:

$$y_{CO_2} = 1,5 g / g \quad y_{CO} = 0,031 g / g \quad (\text{Karlsson \& Quintiere, 2000})$$

Kritiska värden i Salongen blir enligt kapitel 6.1:

$$m_{CO_2} = \text{kritisk konc.} \cdot V_{salong} \cdot \rho_{CO_2} = 0,05 \cdot 23 \cdot 23 \cdot 11 \cdot 1,98 = 576,081 \approx 570 kg$$

$$m_{CO} = \text{kritisk konc.} \cdot V_{salong} \cdot \rho_{CO} = 0,002 \cdot 23 \cdot 23 \cdot 11 \cdot 1,145 = 11,638 \approx 11 kg$$

Fram till  $t = 470$  sekunder är branden väl ventilerad och total frigjord energi uppgår då till 1126,6 MJ. Efter denna tid anses även alla personer hunnit utrymma.

Massa PU som brunnit är då:

$$\frac{Q}{\Delta H_{eff}} = \frac{1126,6 MJ}{19 MJ / kg} = 59,2950... \approx 60 kg$$

Om hela denna mängd PU skulle placeras i salongen och brinna (vilket är en kraftig överdimensionering och förenkling) skulle följande mängd toxiska gaser bildas:

$$m_{CO_2} = m_{bränsle} \cdot y_{CO_2} = 60 \cdot 1,5 \approx 90 kg$$

$$m_{CO} = m_{bränsle} \cdot y_{CO} = 60 \cdot 0,031 \approx 2 kg$$

Båda värden ligger klart under kritisk nivå även då ett ytterst konservativt och förenklat beräkningssätt använts.

### H.3 Beräkning av sikt och toxicitet vid restaurangbrand

#### Sikt i Foajén

Branden antas som innan vara välventilerad för hela förloppet samt att soffan består av 70 mass-% trä och 30 mass-% PU. Även att brandgaserna är väl omblandade antas.

Detta ger följande värde för rökpotentialen (Karlsson & Quintiere, 2000):

$$D_{0,PU+Trä} = 0,3 \cdot D_{0,PU} + 0,7 \cdot D_{0,Trä} = 0,3 \cdot 0,33 + 0,7 \cdot 0,037 = 0,1249 \text{ m}^2 / \text{g}$$

Massan som då får brinna och bilda brandgaser för att uppnå kritisk sikt blir följande:

$$D_L = \frac{\ln 10}{Sikt(m)} = \frac{\ln 10}{10} = 0,2303 \text{ m}^{-1}$$

$$m_{kritisk} = D_L \cdot \frac{V_{total}}{D_0} = 0,2303 \cdot \frac{3275,752}{0,1249} = 4541,0955 \dots \text{g} \approx 4 \text{ kg}$$

Tiden  $t_{krit}$  då denna massa har förbränts blir då:

$$\frac{1}{\Delta H_{eff,PU+Trä}} \int_0^{t_{krit}} \dot{Q} \cdot dt = 4,541 \text{ kg} \Rightarrow t_{krit} \approx 170 \text{ s}$$

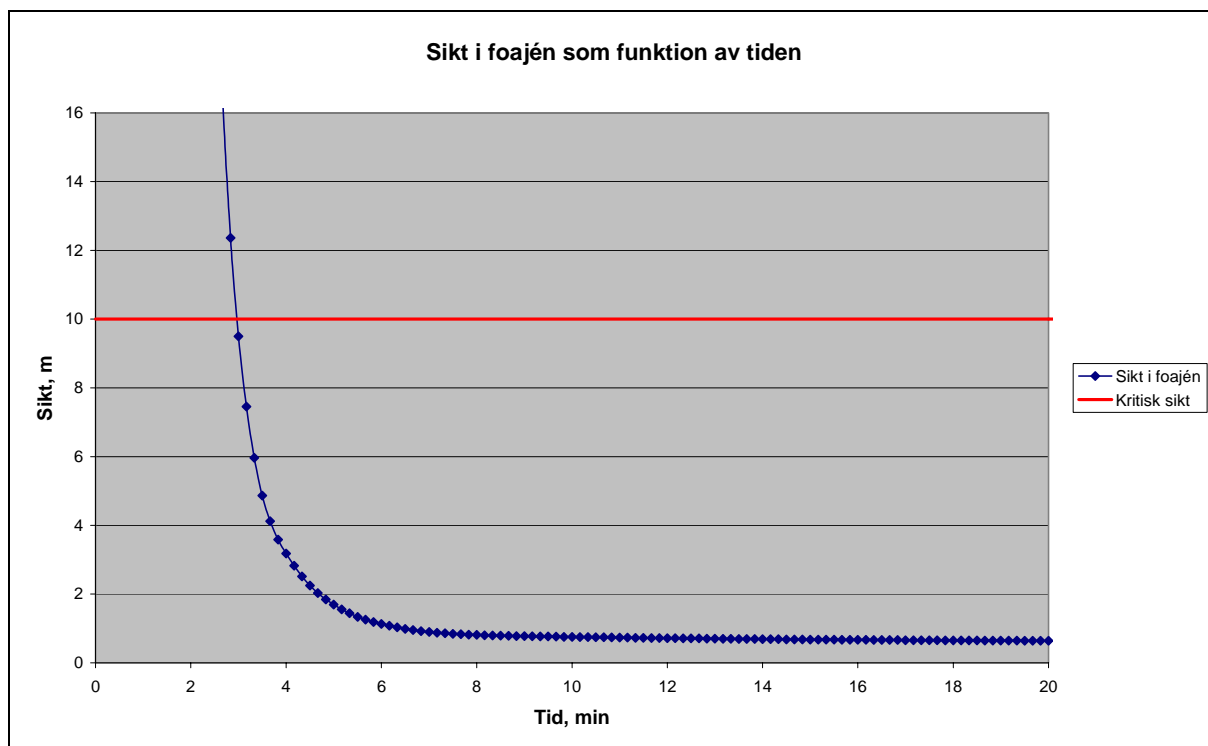
Där  $\Delta H_{eff,PU+Trä} = 0,3 \cdot \Delta H_{eff,PU} + 0,7 \cdot \Delta H_{eff,Trä} = 14,1 \text{ MJ/kg}$  (Karlsson & Quintiere, 2000)

Antagandet för väl omblandade brandgaser visar sig stämma bra då temperaturen endast uppgår till 25 – 58 °C i de olika delarna av foajén vid denna tidpunkt. Detta är därmed det kritiska värde för utrymning som först inträffar och denna tid är den som bestämmer maximalt tillgänglig tid för utrymning.

På samma sätt kan sedan värden för sikten räknas ut för varje tidsintervall:

$$Sikt(m) = \frac{\ln 10}{\left( \frac{\left( \frac{1}{\Delta H_{eff,PU+Trä}} \int_0^t \dot{Q} \cdot dt \right) \cdot D_{0,PU+Trä}}{V_{total}} \right)}$$

Detta ger följande siktförhållanden i foajén som funktion av tiden:



Figur H:3 Sikt i Foajé vid brand i Restaurang

Tid då utrymning beräknats ske,  $t=263$  sekunder, ger en sikt på cirka 2,5 meter vilket inte är acceptabelt.

### Toxicitet i Foajén

Branden antas starta i en soffa i restaurangen för att sedan antända ytterligare en soffa. Dessa soffor har approximerats med Sofa Y5.4/21 i Initial Fires (Särdqvist, 1993). Materialen i soffan antas med ledning från Initial Fires bestå av 70 mass-% trä samt 30 mass-% PU.

För att få massan polyuretan och trä som brinner under hela brandbeloppet används följande formel:

$$\frac{1}{\Delta H_{eff, PU+Trä}} \int_0^{2250} \dot{Q} \cdot dt = 102,11038... \approx 102 \text{ kg}$$

Detta visar att antagandet 30% PU och 70% trä stämmer väl överens med försöken gjorda för branden Y5.4/21 där vikten anges vara 51,5 kg per soffa vilket totalt blir 103 kg.

Yield-värden för PU (polyuretan) kombinerat med trä blir följande för välventilerade bränder (Karlsson & Quintiere, 2000):

$$y_{CO_2} = (1,5 \cdot 0,3 + 1,33 \cdot 0,7) \approx 1,38 \text{ g / g} \quad y_{CO} = (0,031 \cdot 0,3 + 0,005 \cdot 0,7) \approx 0,013 \text{ g / g}$$

Total volym i foajén samt restaurang uppgår till:

$$V_{total} = V_{foaje} + V_{restaurang} = 3,8(8 \cdot 16 + 13 \cdot 25,4 + 26,2 \cdot 8,2 + 9 \cdot 21) = 3275,752 \approx 3300 \text{ m}^3$$

Kritiska värden i Salongen blir då enligt kapitel 6.1 om det väl omblandande fallet antas:

$$m_{CO_2} = \textit{kritisk konc.} \cdot V_{total} \cdot \rho_{CO_2} = 0,05 \cdot 3275,752 \cdot 1,98 = 324,299... \approx 320 \textit{ kg}$$

$$m_{CO} = \textit{kritisk konc.} \cdot V_{total} \cdot \rho_{CO} = 0,002 \cdot 23 \cdot 23 \cdot 11 \cdot 1,145 = 7,5014... \approx 7 \textit{ kg}$$

Den maximala mängden toxiska gaser som kan bildas i vårt fall blir:

$$m_{CO_2} = m_{bränsle} \cdot y_{CO_2} = 102,11038 \cdot 1,381 \approx 141 \textit{ kg}$$

$$m_{CO} = m_{bränsle} \cdot y_{CO} = 102,11038 \cdot 0,0128 = 1,3 \textit{ kg}$$

Detta är i brandens slutskede då utrymning enligt beräkningar redan skett. Kritiska värden på toxicitet äger därmed aldrig rum och håller sig på klart lägre nivåer än av Boverket uppsatta kritiska nivåer.



## Bilaga I - Upptäckta brister vid återbesök 2007-11-14

Stolssförråd:

- Branddörr mot klädförvaring stängs inte fullständigt.
- Branddörr mot scenkällare var uppställd med kil.



Figur I:1 Uppställd dörr

- Lastpallar med diverse brännbart material förvarades intill stolsssektionerna.



Figur I:2 Brännbart material i Stolssförråd

- Salongsstolar med trasig klädsel förekom.



**Figur I:3** Trasig stolklädsel

#### Klädförvaring:

- Branddörr mot södra trapphuset stängs inte fullständigt.
- Brännbart material förvaras i form av lådor längs utrymningsväg från nedre foajé till södra trapphuset.

#### Stora scenens salong:

- Färg på träribbor utefter salongens väggar är sliten och eventuell brandskyddande förmåga kan ifrågasättas.
- Trasig klädsel på salongsstolar förekommer.

#### Scenkällare:

- Förvaring av brännbar materiel, vilket enligt teaterns fastighetschef ej borde ske.

#### Foajé:

- Brandcellsgräns mellan foajé och restaurang består av öppningsbart glasparti som i stängt läge har springor (ca 1 cm) mellan respektive sektion.
- Levande ljus fanns lämnade utan uppsikt.
- Scenmateriel (brännbar materiel) förvaras så att norra nödutgången delvis blockeras. Se figur I:4.

- Bord med tillhörande fåtöljer står i förflyttningsstråk mellan salongen och norra nödutgången.



**Figur I:4 Hinder framför nödutgång**

- Teatervärdar var ej införstådda i var släckutrustning fanns (vore lämpligt med handbrandsläckare i anslutning till värdarnas uppehållsplats).
- ”Lättmanövrerat trycke” i form av panikregel saknas på utrymningsvägarna. (BBR 5:342, BFS 1995:17)

#### Snickeriverkstad

- Branddörr mot kontorsdel och en av branddörrarna vid sluss till Lillan var uppställda med kedja respektive rep runt dörrarnas handtag.



**Figur I:5 Uppställd dörr**



**Figur I:6 Uppställd dörr**

- På den andra branddörren vid sluss till Lillan var dörrstängare trasig och dörren uppställd.



**Figur I:7** Trasig dörrstängare

Lilla scen:

- I utrymmet mellan den så kallade "black boxen" och utrymningsväg via sluss till det fria, blockerades större del av vägen av ett bord.



**Figur I:8** Trång utrymningsväg

Kontorsdel:

- Branddörr till det östra trapphuset på plan 2 stängs inte fullständigt.
- Branddörr mellan lillans reception och kopiatorrum var uppställd.
- Ovanför ovan nämnda dörr finns ett överluftsgaller (brandcellsavskiljande vägg!).



**Figur I:9 Uppställd dörr samt felplacerat överluftsgaller**



## Bilaga J - Beräkning detektion åtgärdsförslag

---

ENTER: 1 FOR ENGLISH UNIT INPUT  
2 FOR METRIC UNIT INPUT

2

ENTER THE AMBIENT TEMPERATURE IN DEGREES C.

20

ENTER THE DETECTOR RESPONSE TIME INDEX (RTI) IN (M-SEC)\*\*1/2.

0.1

ENTER THE DETECTOR ACTIATION TEMPERATURE IN DEGREES C.

33

ENTER A DETECTOR RATE OF RISE IN DEGREES C/MINUTE.

10

ENTER THE CEILING HEIGHT IN METERS.

3.8

ENTER THE DETECTOR SPACING IN METERS.

5

ENTER: S FOR SLOW FIRE GROWTH RATE  
M FOR MEDIUM FIRE GROWTH RATE  
F FOR FAST FIRE GROWTH RATE  
U FOR ULTRAFAST FIRE GROWTH RATE OR  
O FOR OTHER

0

ENTER THE FIRE GROWTH RATE CONSTANT (ALPHA) IN WATTS/SECSEC.

41.5

RESULTS:

CEILING HEIGHT = 3.80 METERS ( 12.47 FEET)

DETECTOR SPACING = 5.00 METERS ( 16.40 FEET)

DETECTOR RTI = .1 (M-SEC)\*\*1/2 ( .2 (FT-SEC)\*\*1/2)

FIRE GROWTH CONSTANT = .4150E+02 JOULES/(SEC\*\*3)  
( .3934E-01 BTU/SEC\*\*3)

<RETURN> TO CONTINUE

FOR TEMPERATURE ACTUATED DETECTOR:

ACTIATION TEMPERATURE = 33.0 DEGREES C ( 91.4 DEGREES F)

TIME TO ACTIATION = 1.35 MINUTES

HEAT RELEASE RATE = .2731E+03 KILOJOULES/SEC  
( .2589E+03 BTU/SEC)

<RETURN> TO CONTINUE

FOR RATE OF RISE ACTUATED DETECTOR:

ACTIATION RATE OF RISE = 10.00 DEGREES C/MIN ( 18.00 DEGREES F/MIN)

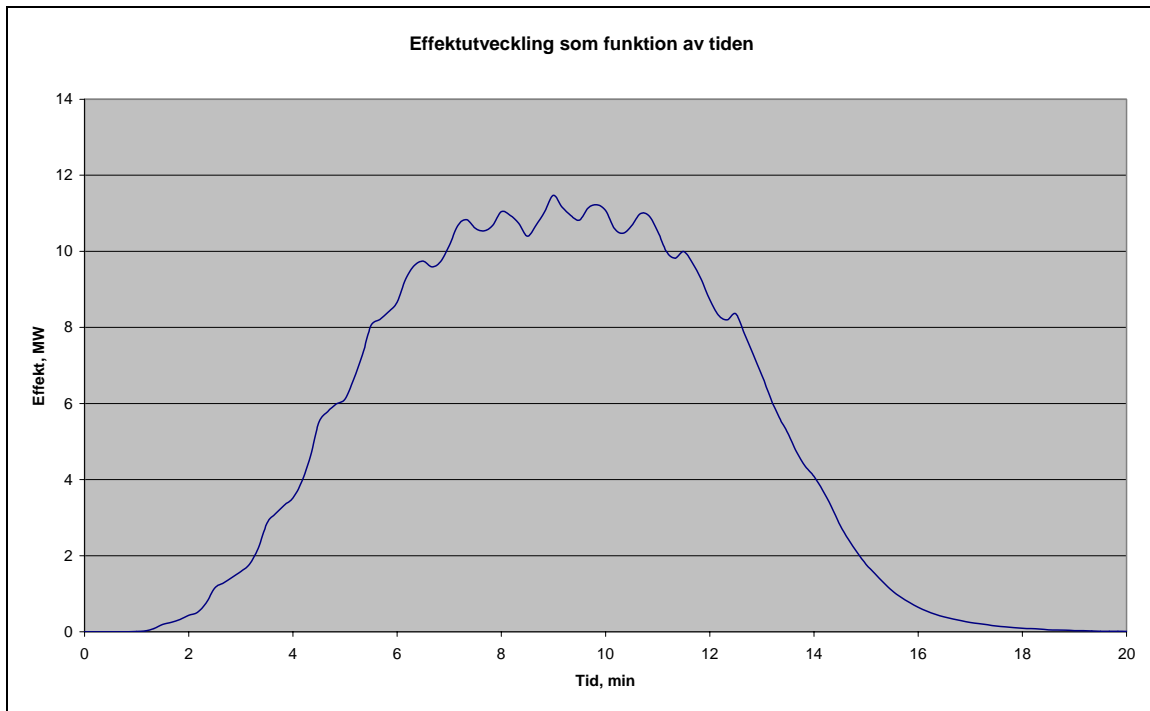
TIME TO ACTIATION = .80 MINUTES

Figur J:1 Beräkning av detektionstid i DetactT2



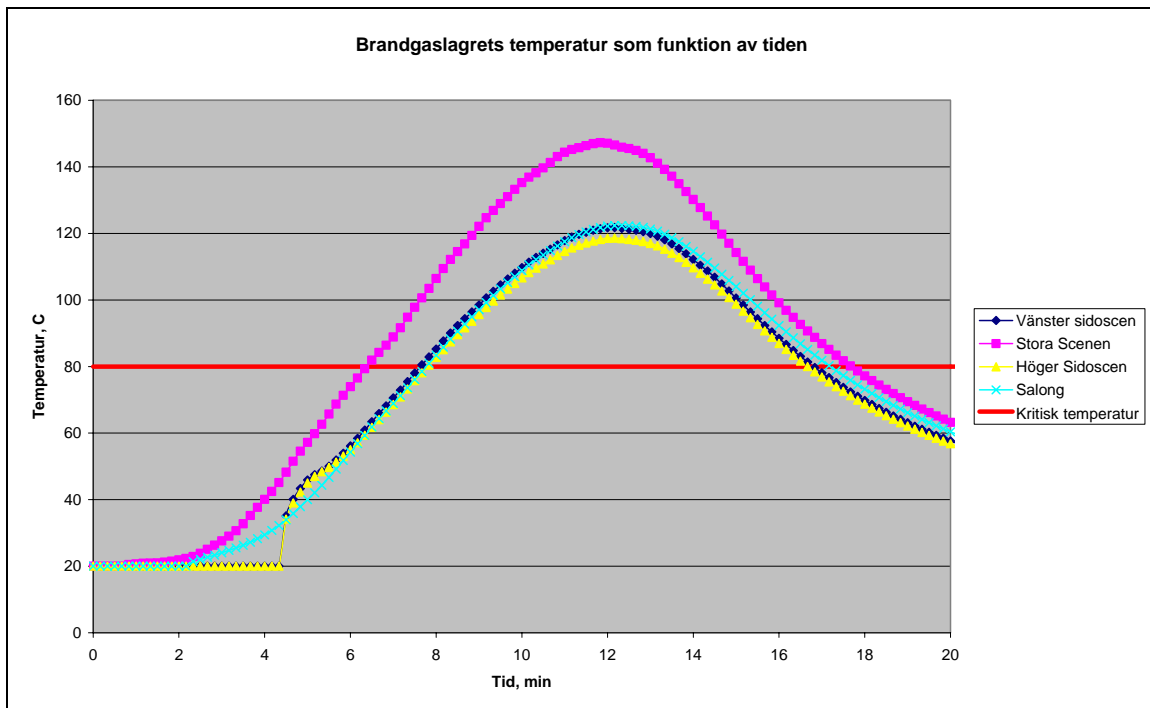


## Bilaga K - CFAST



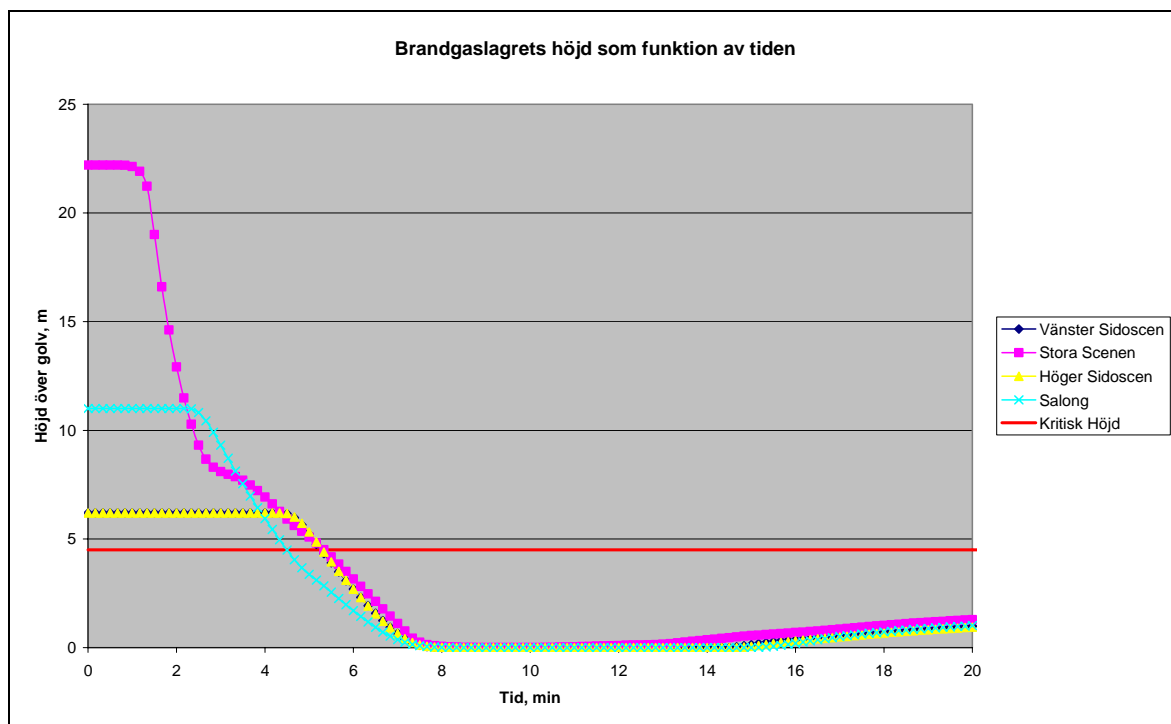
Figur K:1 Effektutveckling brand på Stora scen, utan sprinkler och brandgasventilation

På scenen finns det en sådan mängd med syre att effekten aldrig kommer att begränsas av syremängden. Då sprinklerna ej aktiveras kommer den maximala effekten 11,5 MW att uppnås efter 9 minuter. Denna begränsas bara av mängden brännbart material.



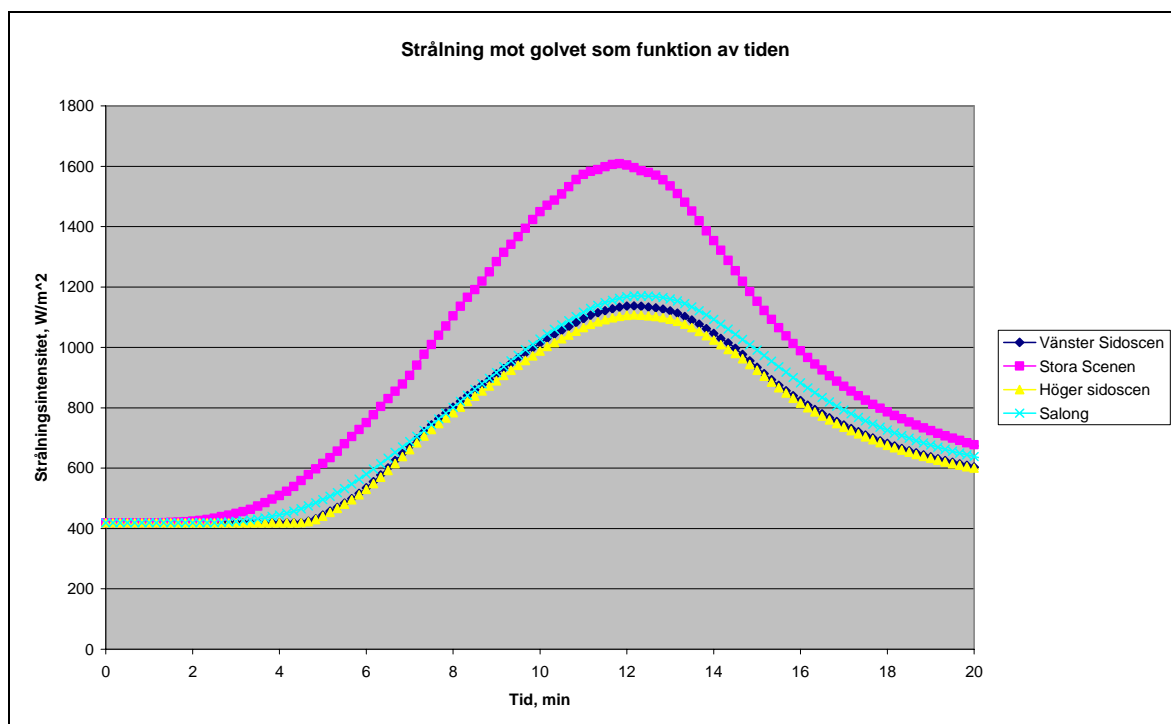
Figur K:2 Brandgaslagrets temperatur vid brand på Stora scen i olika rummen

Brandgaslagret uppnår kritiska temperaturen 80 °C i salongen efter 7 minuter och 40 sekunder.



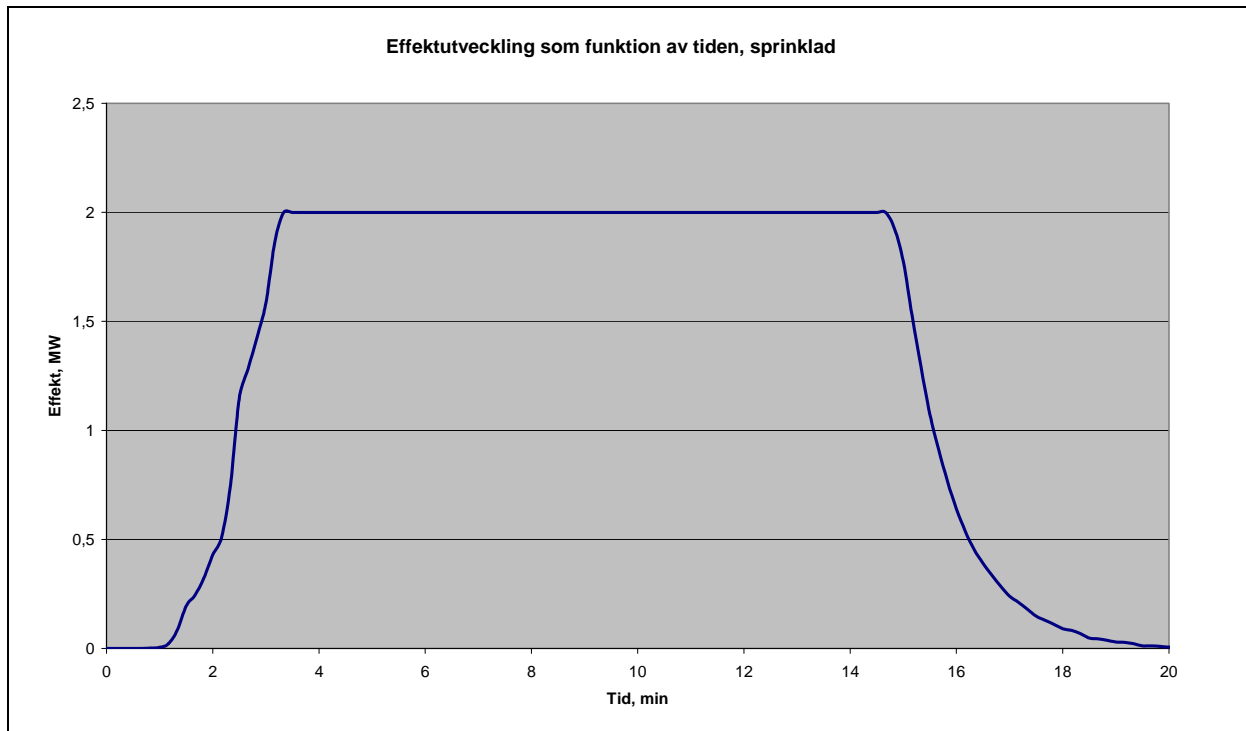
Figur K:3 Brandgaslagrets höjd vid brand på Stora scen i olika rummen

Brandgaslagrets höjd blir kritisk i salongen efter 4 minuter och 30 sekunder.



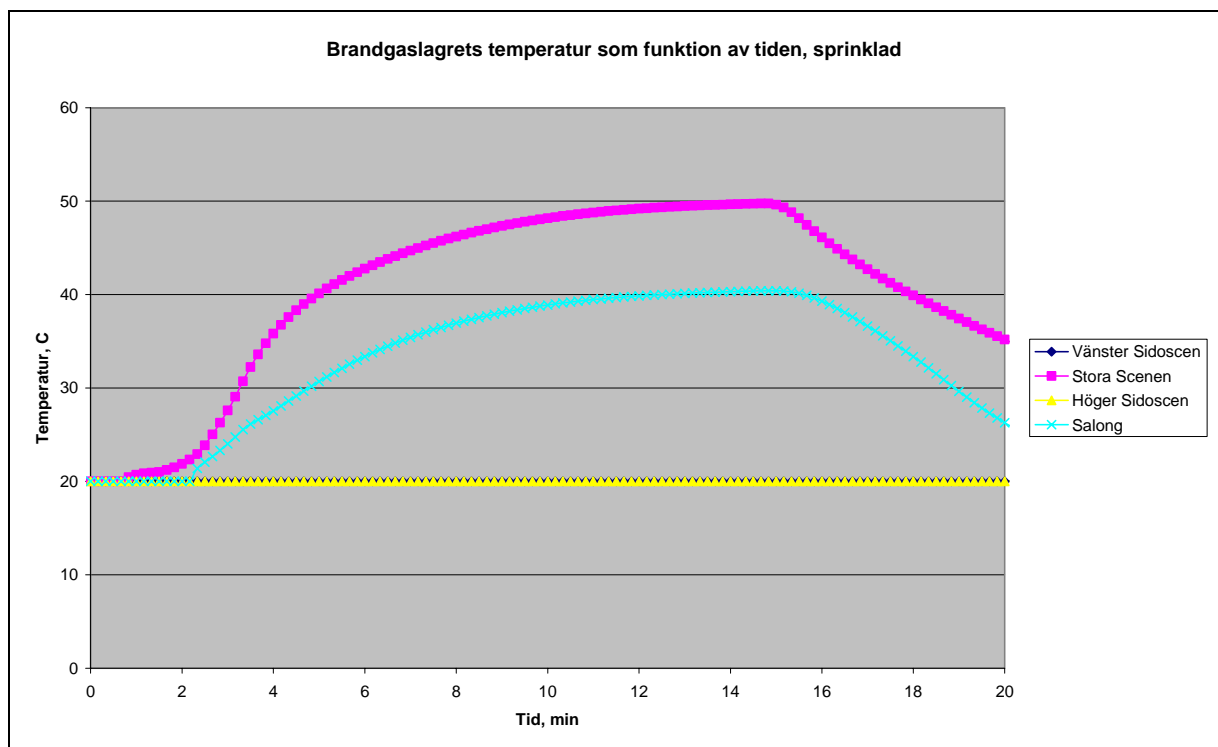
Figur K:4 Strålning mot golvet vid brand på Stora scen i olika rummen

Strålningen i salongen uppnår aldrig kritiska förhållanden.



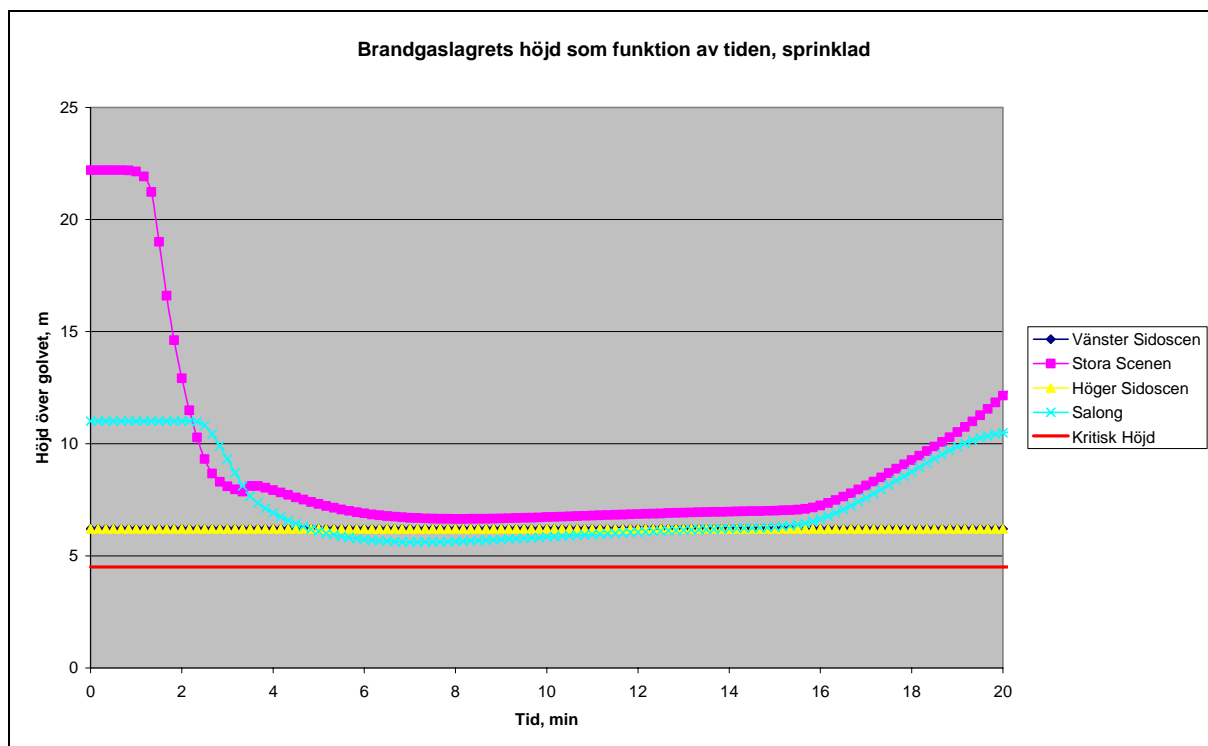
**Figur K:5 Effektutveckling vid brand på Stora scen i, sprinkler och brandgasventilation aktiverad**

Maximala effekten begränsas till 2 MW efter 3 minuter och 20 sekunder då sprinkler utlöser.



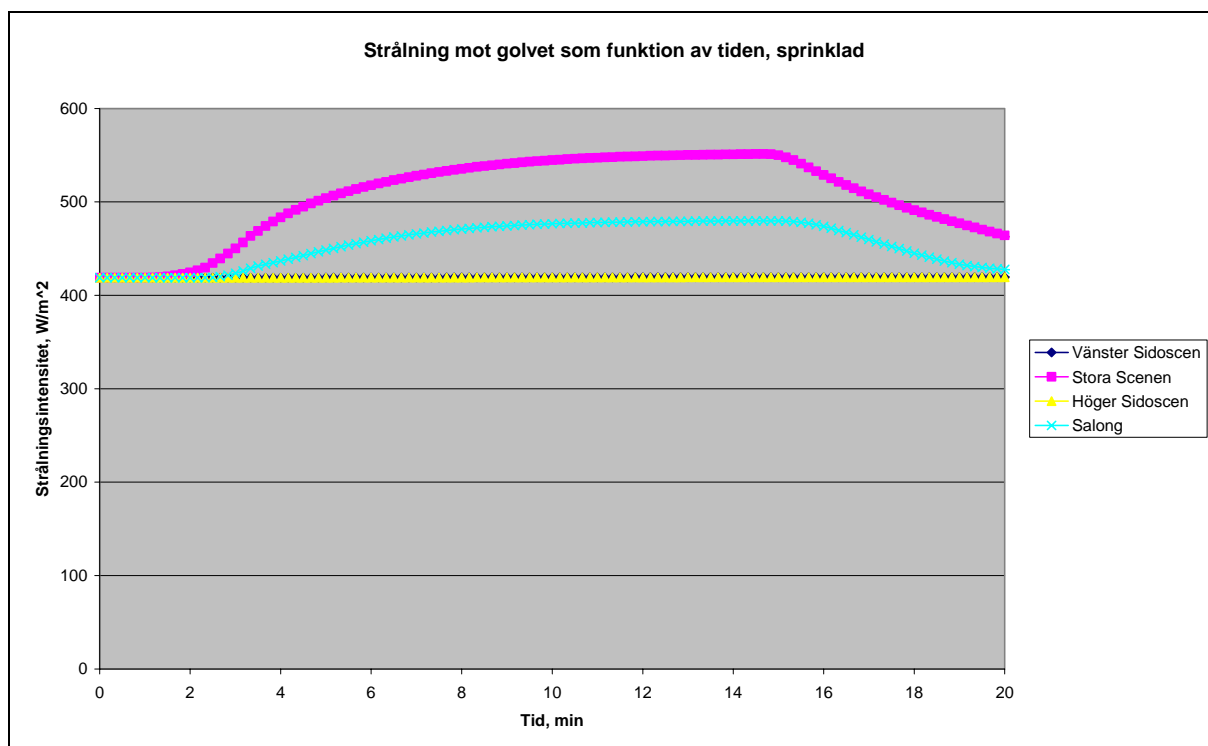
**Figur K:6 Brandgaslagrets temperatur vid brand på Stora scen i olika rummen, sprinkler och brandgasventilation aktiverad**

Temperaturen uppnår ej kritiska värden i salongen



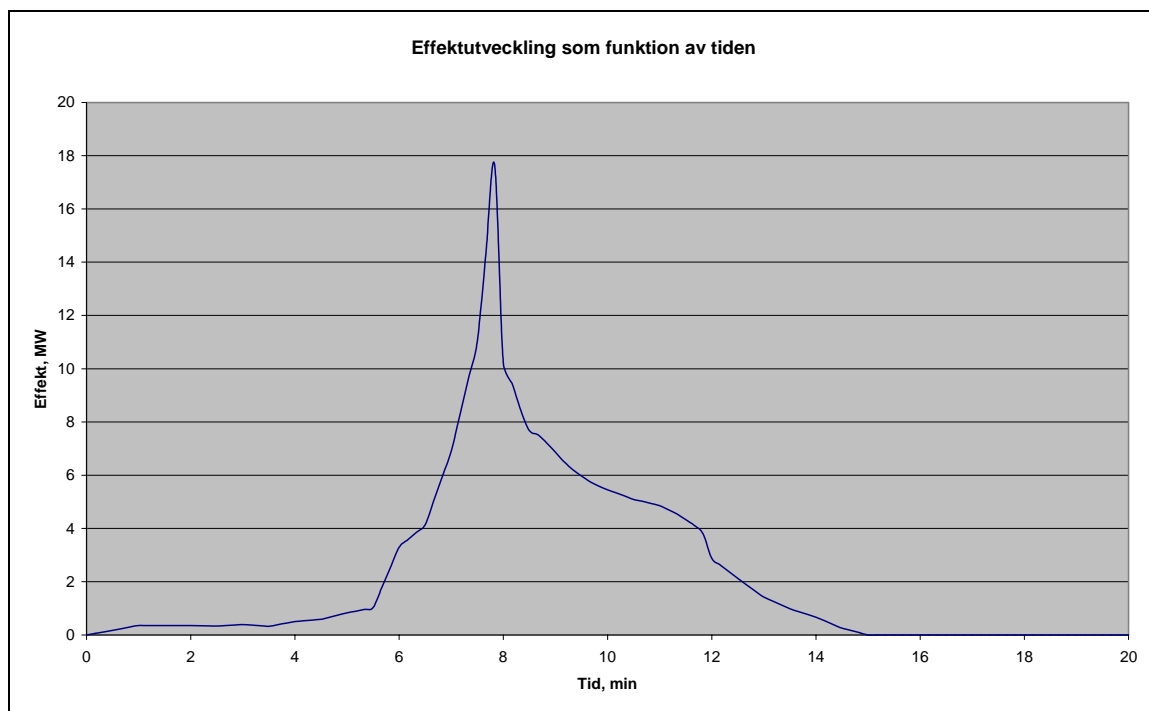
Figur K:7 Brandgaslagrets höjd vid brand på Stora scen i olika rummen, sprinkler och brandgasventilation aktiverad

Brandgaslagrets höjd uppnår aldrig kritiska förhållanden i salongen.



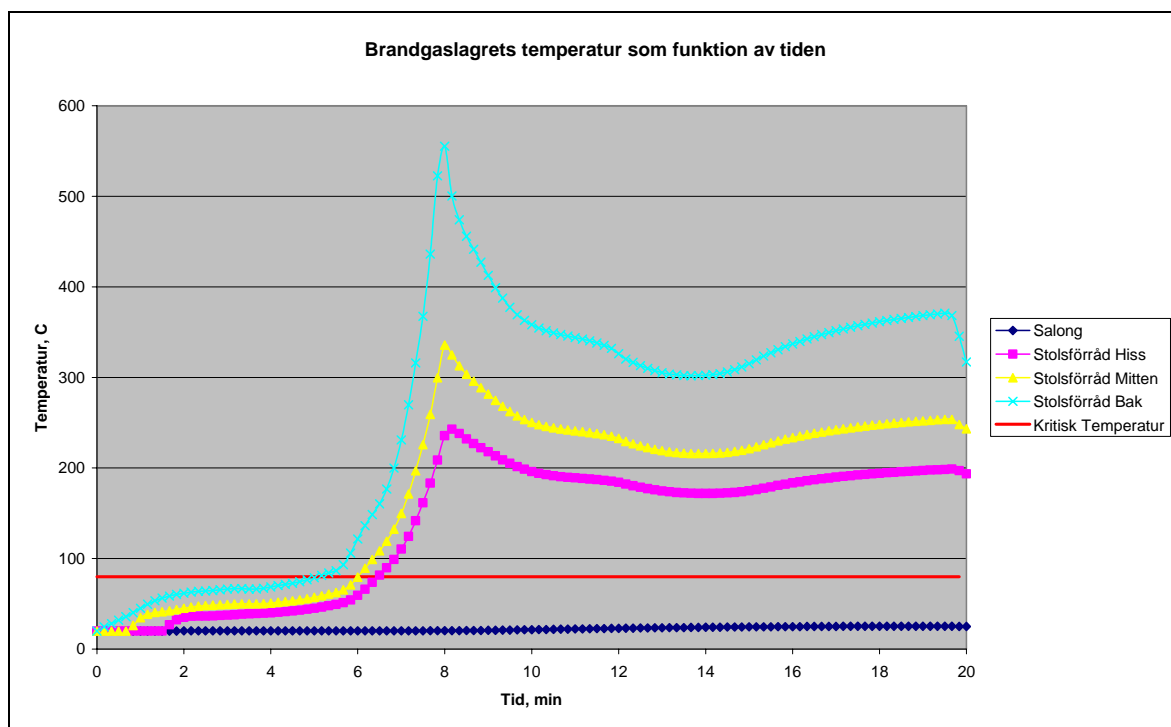
Figur K:8 Strålning mot golvet vid brand på Stora scen i olika rummen, sprinkler och brandgasventilation aktiverad

Strålningen i salongen uppnår aldrig kritiska förhållanden.



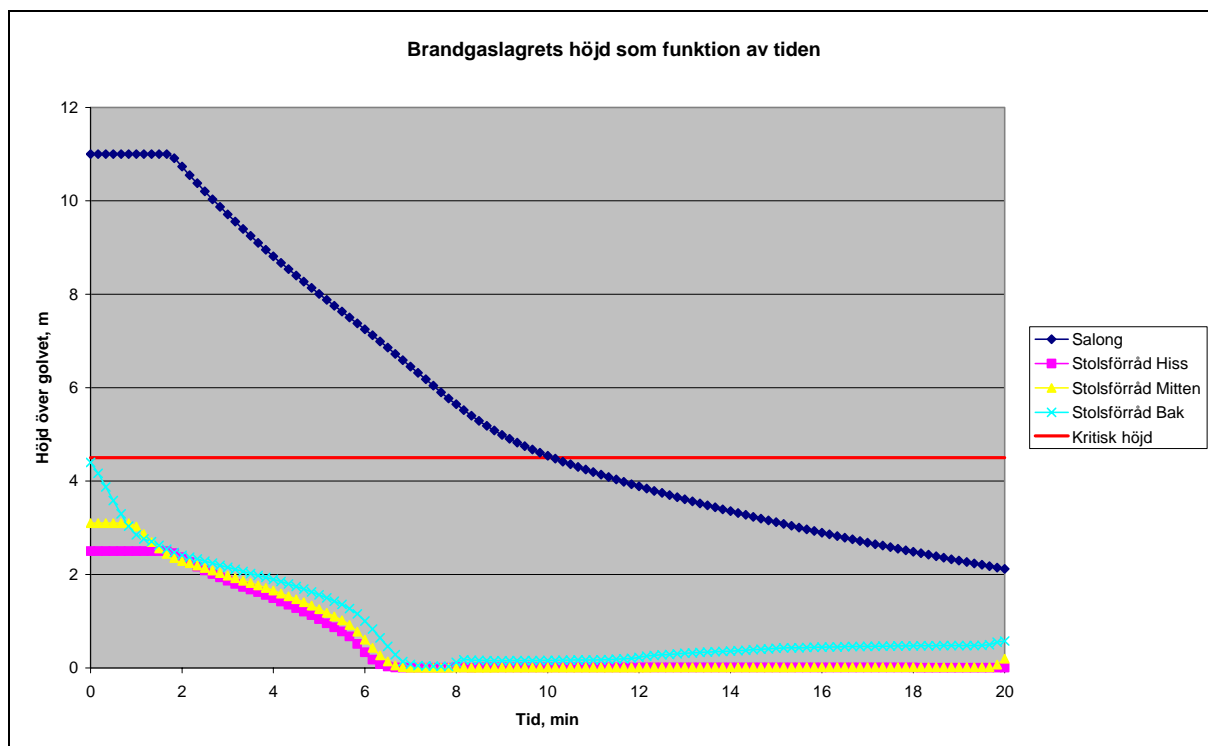
Figur K:9 Effektutveckling vid brand i Stolsförråd i, ej sprinkleraktivering

Effekten i stolsförrådet kommer att få en maximal effekt på 17,9 MW efter 7 minuter och 50 sekunder vilket är den effekt som ges av CFAST. Effekten begränsas beroende på mängden syre som finns tillgänglig. Inledningsvis finns det syre i rummet och branden kommer då inte påverkas. Senare kommer branden att begränsas med hänsyn till den mängd syre som kan ta sig in genom den öppna dörren.



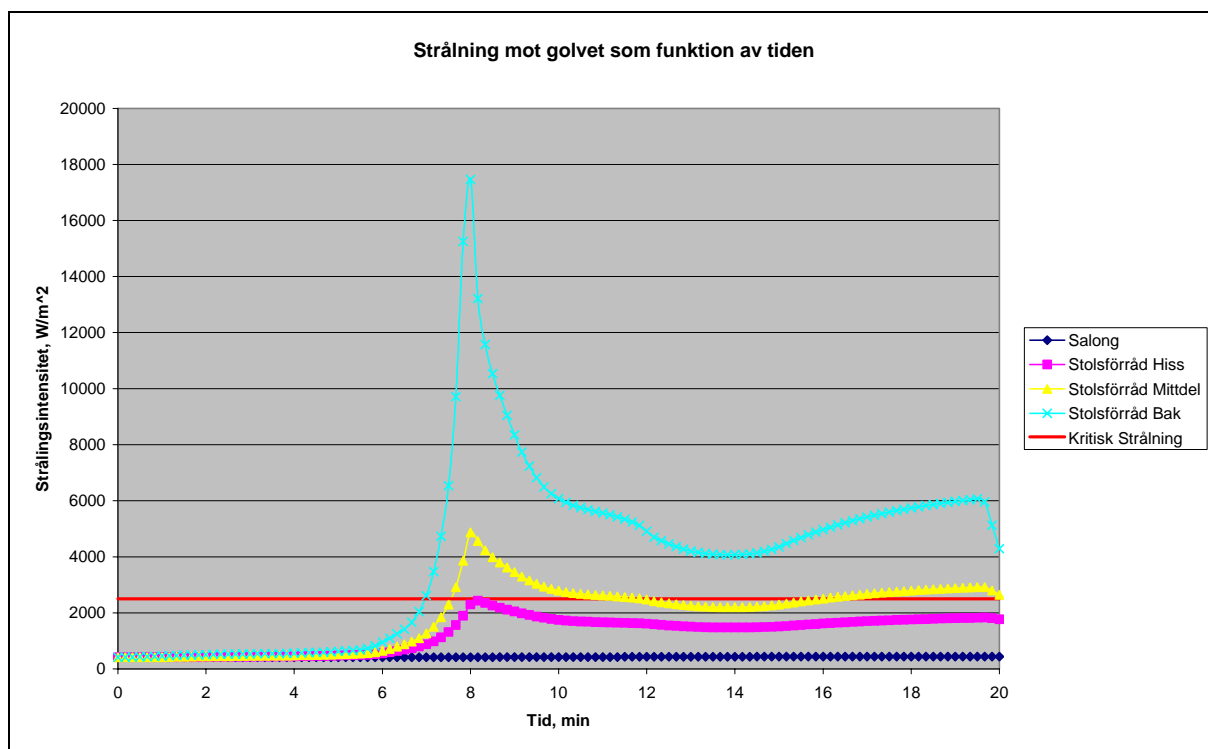
Figur K:10 Brandgaslagrets temperatur vid brand i Stolsförråd i de olika rummen, ej sprinkler

Brandgaslagrets temperatur uppnår aldrig kritisk temperatur i salongen.



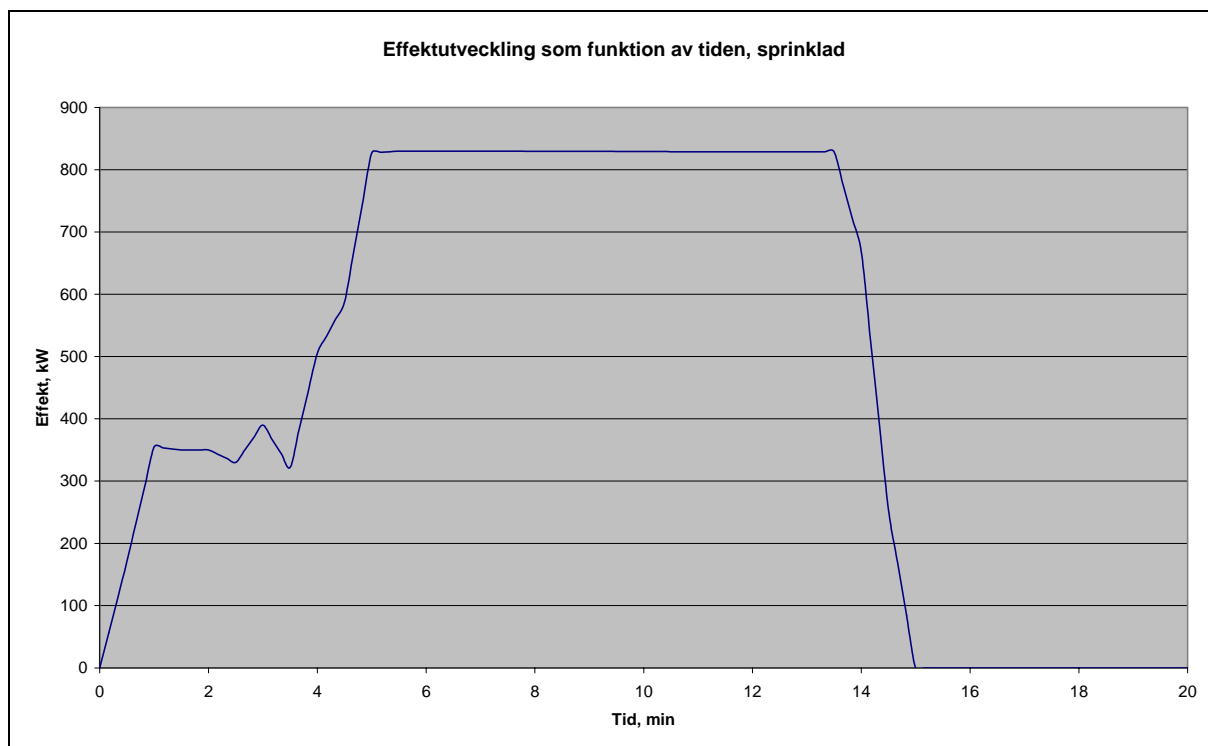
Figur K:11 Brandgaslagrets höjd vid brand i Stolsförråd i de olika rummen, ej sprinkler

Brandgaslagrets höjd blir aldrig kritiskt då det inte bildas något brandgaslager i salongen. Detta eftersom brandgasernas temperatur är i princip densamma som omgivningens och då finns knappt någon stigkraft. I stället kommer brandgaserna att bli väl ombländade i salongen.



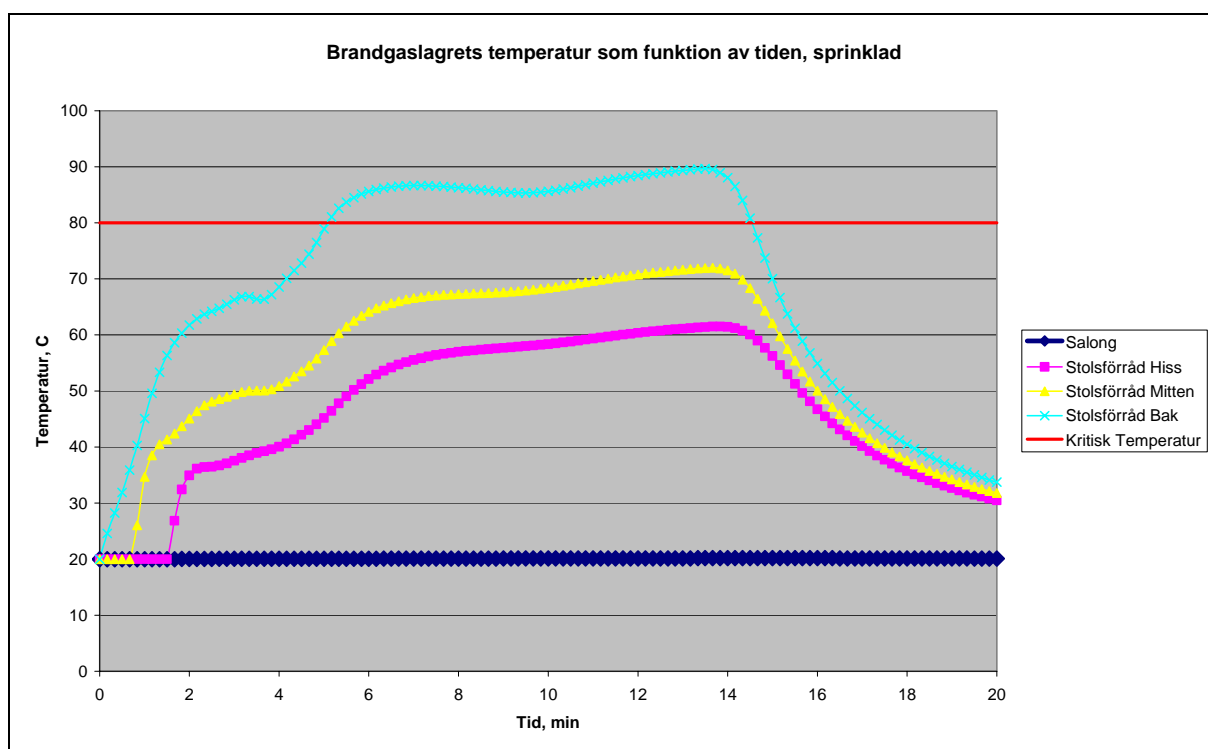
Figur K:12 Strålning mot golvet vid brand i Stolsförråd i de olika rummen, ej sprinkler

Strålningen i salongen uppnår aldrig kritiska värden.



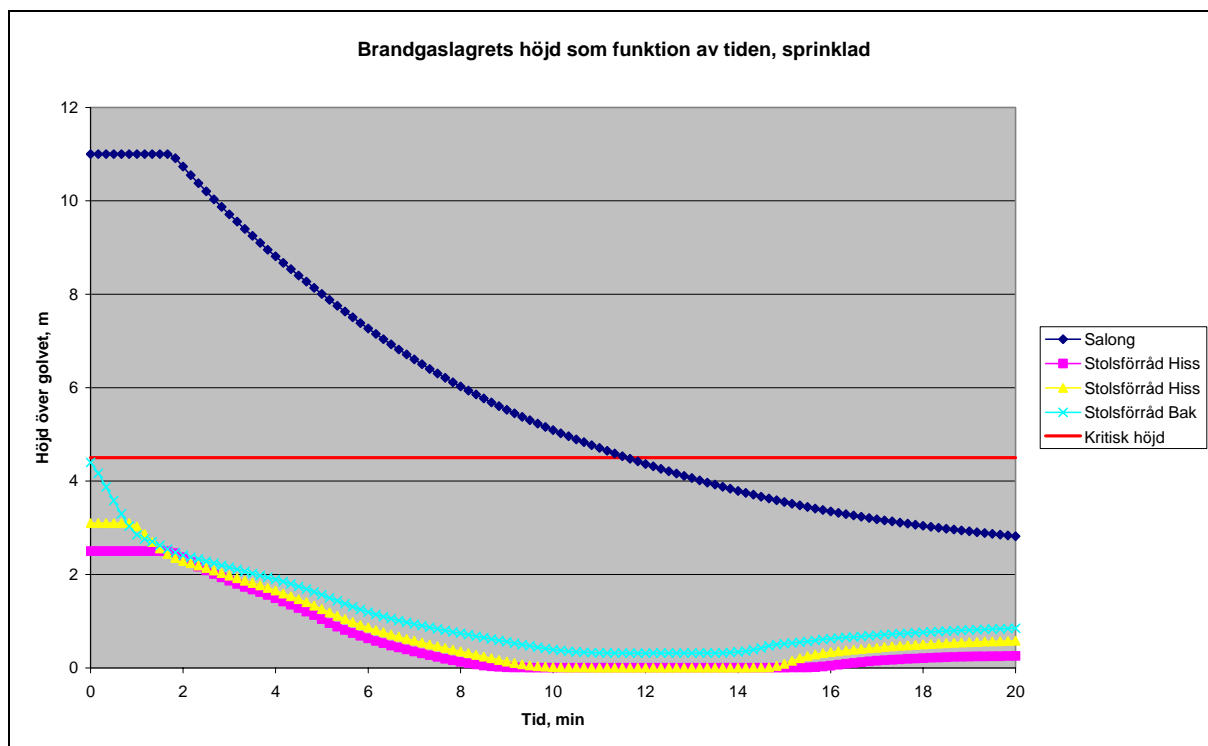
Figur K:13 Effektutveckling vid brand i Stolsförråd, sprinkler aktiverad

Aktivering av sprinkler sker efter cirka 5 minuter och begränsar därefter brandens tillväxt till effekten cirka 830 kW.



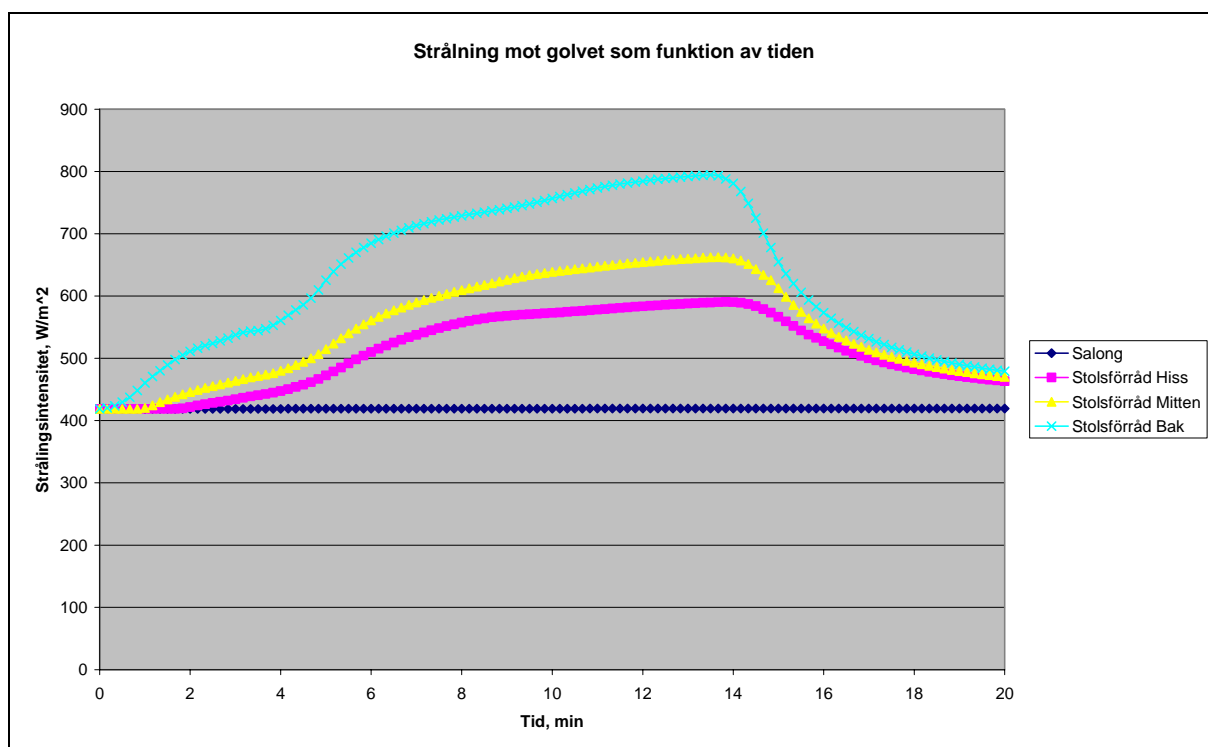
Figur K:14 Brandgaslagrets temperatur vid brand i Stolsförråd i de olika rummen, sprinkler aktiverad

Brandgaslagrets temperatur uppnår aldrig kritiska värden i salongen.



Figur K:15 Brandgaslagrets höjd vid brand i Stolsförråd i de olika rummen, sprinkler aktiverad

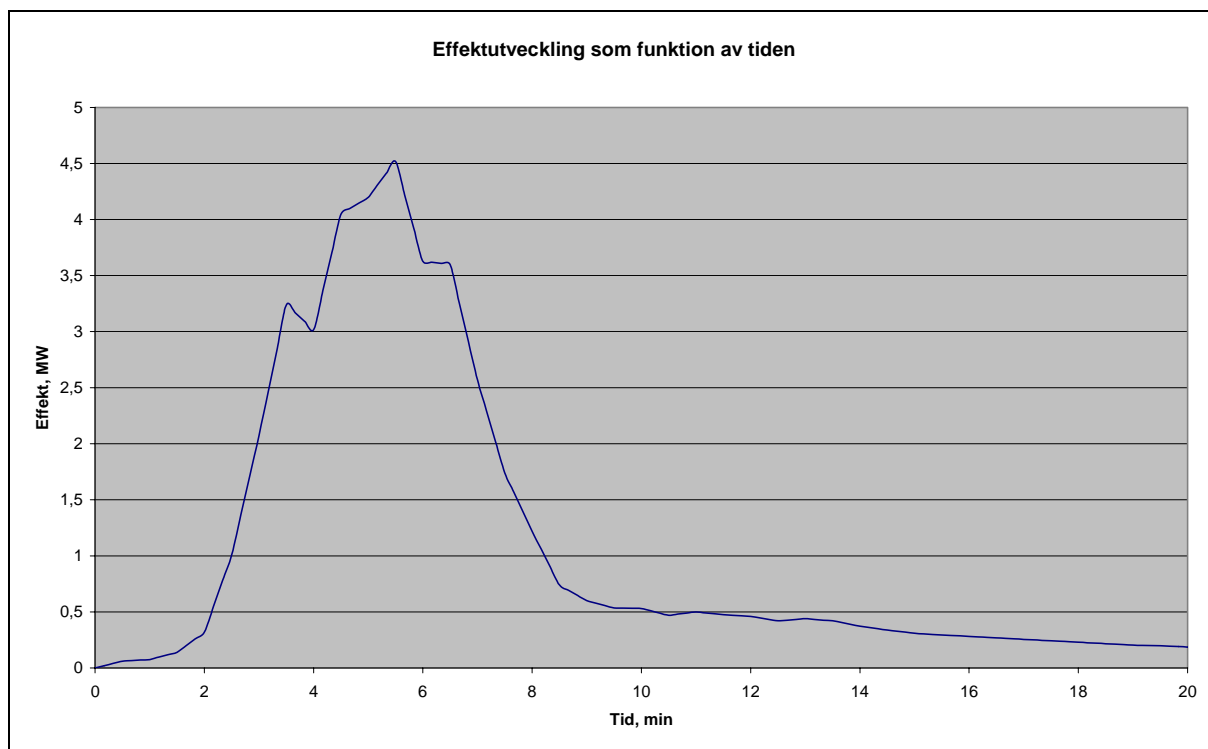
Brandgaslagrets höjd blir aldrig kritiskt i salongen då det inte bildas något brandgaslager. Detta eftersom brandgasernas temperatur är i princip densamma som omgivningens och därmed inte har någon stigkraft. Istället kommer brandgaserna att bli väl ombländade i salongen.



Figur K:16 Strålning mot golvet vid brand i Stolsförråd i de olika rummen, sprinkler aktiverad

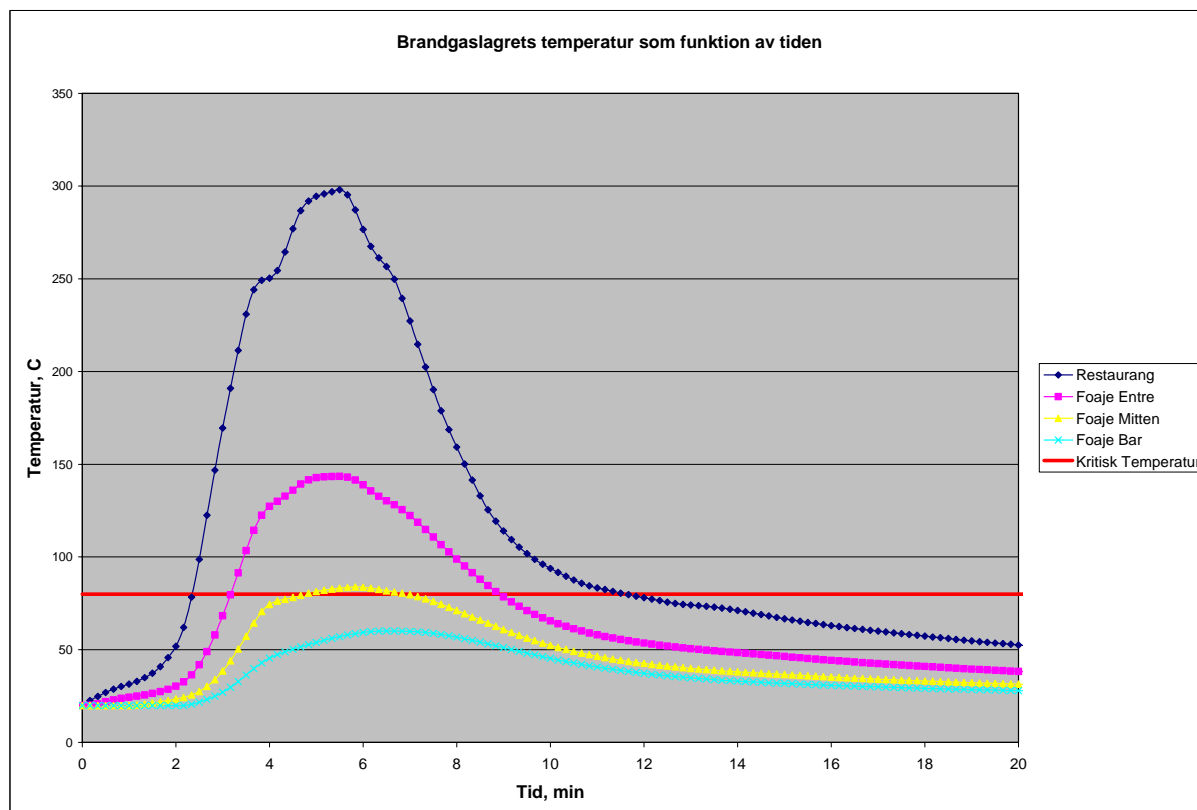
Strålningen uppnår aldrig kritiska värden i salongen.





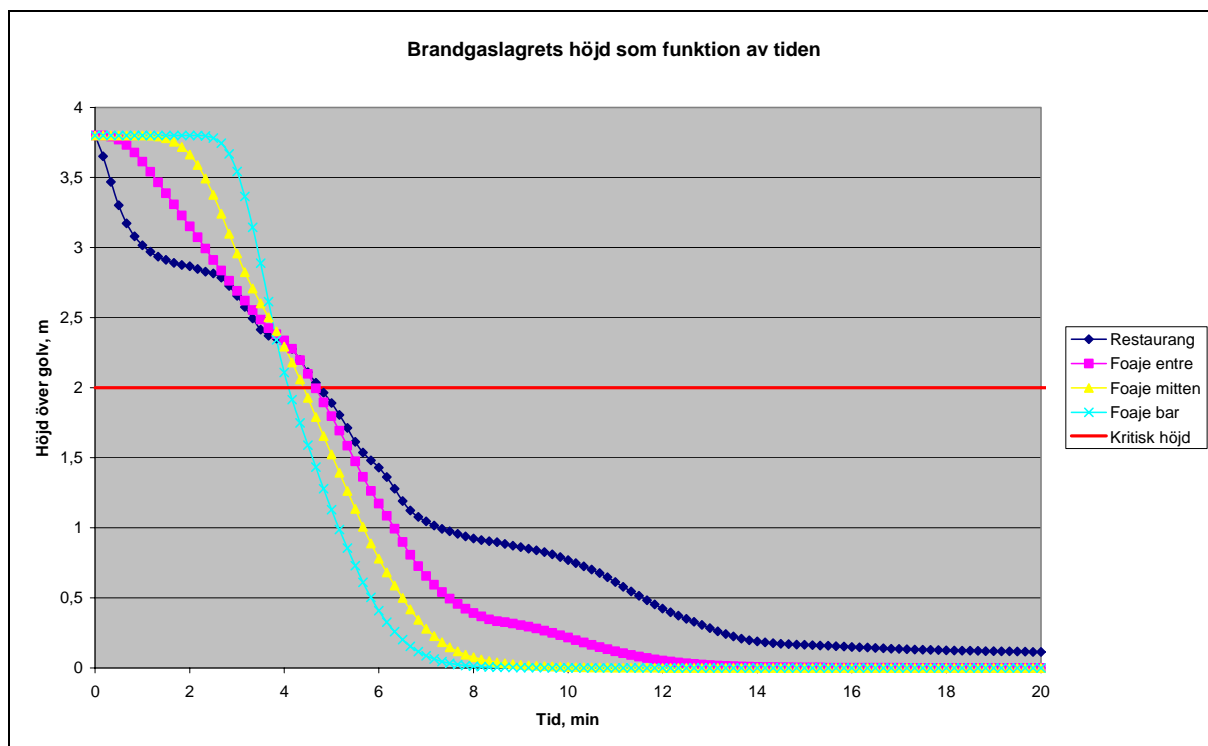
Figur K:17 Effektutveckling vid brand i Restaurang

Maximal effekt 4,5 MW uppnås efter 5 minuter och 30 sekunder.



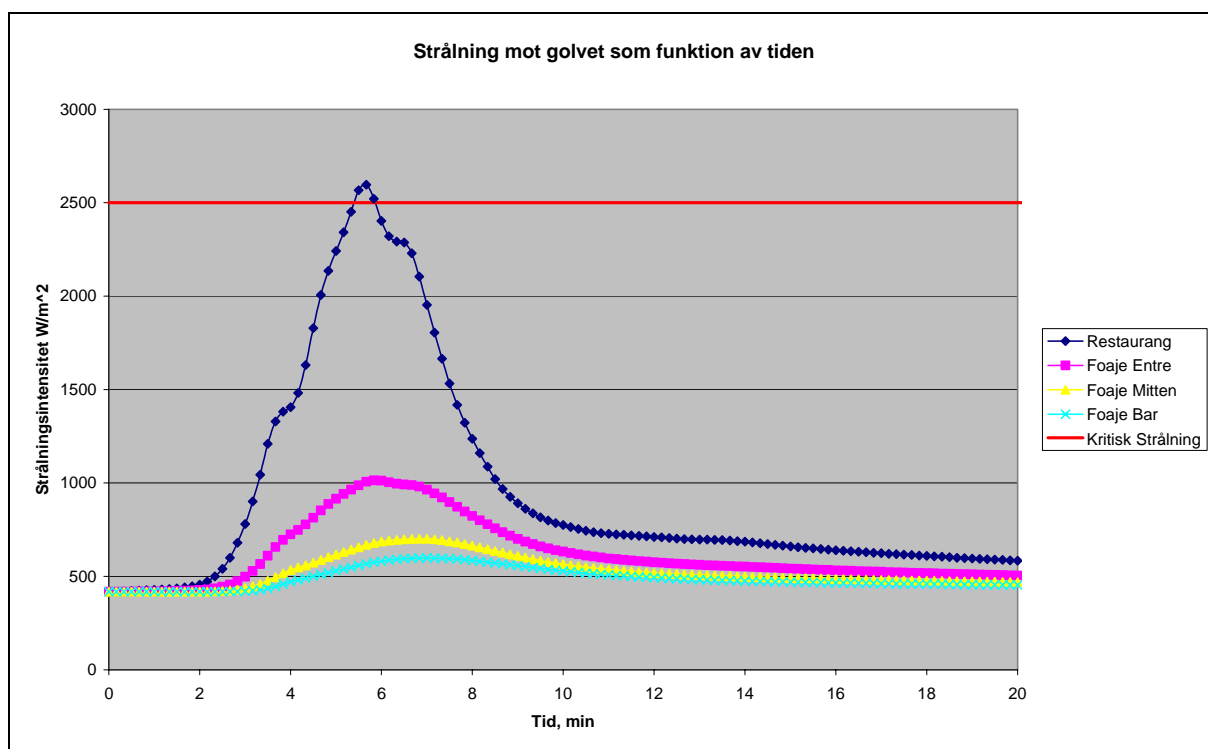
Figur K:18 Brandgaslagrets temperatur vid brand i Restaurang i de olika delarna

Kritiska värden för temperatur uppnås i restaurangen efter 2 minuter och 20 sekunder, i foajé entré efter 3 minuter och 10 sekunder samt i foajé mitt efter 4 minuter och 50 sekunder.



Figur K:19 Brandgaslagrets höjd vid brand i Restaurang i de olika delarna

Kritiska värden för brandgaslagrets höjd uppnås i foajé bar efter 4 minuter, i foajé mitt efter 4 minuter och 30 sekunder, i foajé entré efter 4 minuter och 40 sekunder samt i restaurangen efter 4 minuter 50 sekunder.



Figur K:20 Strålning mot golvet vid brand i Restaurang i de olika delarna

Kritiskt värde för strålning uppnås efter 5 minuter och 20 sekunder i restaurangen, i övriga delar uppnås aldrig kritiska förhållande gällande strålning.

