

Brandteknisk riskvärdering av
Dunkers Kulturhus
Helsingborg



Mikael Gradén
Joakim Leo
Joakim Liljedahl
Robert Petersson

Anmärkning

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

Avdelning för Brandteknik

Lunds Tekniska Högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

Department of Fire Safety Engineering

Lund Institute of Technology
Lund University
Box 118
S-221 00 Lund
SWEDEN

Titel

Brandteknisk riskvärdering av Dunkers kulturhus, Helsingborg

Title

Fire safety evaluation of Dunkers kulturhus, Helsingborg

Rapport/report

9294

Författare/authors

Mikael Gradén
Joakim Leo
Joakim Liljedahl
Robert Petersson
Brandingenjörsprogrammet, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2006
Fire Safety Engineering Program, Dept of Fire Safety Engineering, Lund University, 2006

Sökord

Dunkers kulturhus Helsingborg, Brandteknisk riskvärdering, brandscenario, utrymning, personsäkerhet, Argos version 4.9.21.174, Simulex version 11.1.3

Keywords

Dunkers kulturhus Helsingborg, Fire safety evaluation, fire scenario, evacuation, human safety, Argos version 4.9.21.174, Simulex version 11.1.3

Abstract

The purpose of this report is to evaluate the fire safety of Dunkers kulturhus, Helsingborg. This report has been carried out as a part of the students' education and does not concern protection of property or environment, but focuses on the safety of people during egress. Dunkers kulturhus, Helsingborg is a commercial four-storey building, which consists of a conserthall, theatre, restaurant, music school, museum, art gallery, and a variety of offices. The bases of this report are five fire scenarios, carefully evaluated and strategically placed inside the building. The scenarios are evaluated using the fire modelling program Argos. This in order to get the time when tenable conditions occur in the rooms. The data produced were then compared with end evacuation times calculated using the software Simulex. The conclusions resulted in a proposal of measures to increase the safety for occupants in case of fire.

Förord

Författarna vill först och främst rikta ett stort tack till följande personer för deras hjälp och stöd under arbetets gång:

Daniel Nilsson – Doktorand, Avdelningen för Brandteknik, LTH
Fredric Hermansson – Brandingenjör, Helsingborgs Brandförsvär
Jonathan Sjöberg – Brandingenjör, Helsingborgs Brandförsvär
Patrik Joelsson – Säkerhetsansvarig, Kulturförvaltningen, Helsingborgs Stad
Daniel Gojkovic – Universitetsadjunkt, Avdelningen för Brandteknik, LTH
Lars Jensen – Professor, Avdelningen för Installationsteknik, LTH

Dessutom riktas ett stort tack och erkännande till de i vår omgivning, vänner, flickvänner och familjer, som har stått ut med att vi suttit många timmar med denna rapport istället för att vara tillgängliga för er.

November 2006

Innehållsförteckning

1. SAMMANFATTNING.....	1
2. INLEDNING.....	3
2.1 BAKGRUND.....	3
2.2 SYFTE OCH MÅL.....	3
2.3 AVGRÄNSNINGAR.....	3
2.4 METOD.....	3
3. OBJEKTSBESKRIVNING.....	5
3.1 LOKALISERING OCH HISTORIK.....	5
3.2 VERKSAMHETSBEKRIVNING.....	6
3.2.1 Plan 0.....	6
3.2.2 Plan 1.....	7
3.2.3 Plan 2.....	7
3.2.4 Plan 3.....	8
3.2.5 Plan 4.....	8
3.3 SÄRSKILDA LOKALER.....	9
3.3.1 Plan 1.....	9
3.3.2 Plan 2.....	9
3.3.3 Plan 3.....	9
3.4 BYGGNADSKONSTRUKTION.....	10
3.5 BEFINTLIGT BYGGNADSTEKNISKT BRANDSKYDD.....	10
3.5.1 Brandteknisk klass.....	10
3.5.2 Skydd mot uppkomst av brand.....	10
3.5.3 Brandspridning inom brandcell.....	10
3.5.4 Brandspridning mellan brandceller.....	10
3.5.5 Brandcellsindelning.....	11
3.5.6 Branddörrar.....	11
3.5.7 Mikrobrytare i nödutgångar.....	11
3.5.8 Yttervägg.....	11
3.5.9 Brandklassade fönster.....	12
3.6 INSTALLATIONER.....	12
3.6.1 Skydd mot brandspridning.....	12
3.6.2 Skydd mot brandgasspridning.....	12
3.6.3 Ventilation.....	12
3.6.4 Övriga funktioner i ventilationssystemet.....	12
3.6.5 Brandgasventilation.....	13
3.7 SPECIFIKA KONSTRUKTIONER OCH UTFÖRANDE.....	13
3.7.1 Kraftförsörjning.....	13
3.7.2 Källarplan.....	13
3.7.3 Utställning samt förråd och magasin på entréplan.....	13
3.7.4 Utställning plan 3.....	13
3.7.5 Restaurang plan 1.....	13
3.7.6 Entréhallar.....	13
3.7.7 Hisschakt och maskinrum.....	14
3.7.8 Trapphus.....	14
3.7.9 Teater.....	14
3.7.10 Konsertsal.....	14
3.8 SPRINKLERSYSTEM.....	14
3.9 BRANDLARM.....	15
3.10 UTRYMNINGSLARM.....	15
3.11 LARMHISTORIK.....	16
3.12 ÖVRIGA SLÄCKANORDNINGAR.....	16
3.13 RÄDDNINGSTJÄNSTEN.....	16
3.14 SYSTEMATISKT BRANDSKYDDSARBETE (SBA).....	16

4.	TEORI OCH BERÄKNINGSMODELLER	17
4.1	MODELLER FÖR DATORBERÄKNINGAR.....	17
4.1.1	<i>Tvåzonsmodellen</i>	17
4.1.2	<i>Begränsningar</i>	17
4.1.3	<i>Giltighet för tvåzonsmodeller</i>	19
4.1.4	<i>För- och nackdelar med tvåzonsmodeller</i>	19
4.2	UTRYMNING	19
4.2.1	<i>Kritiska förhållanden</i>	20
4.2.2	<i>Simulex</i>	20
5.	BRANDSCENARIER – URVAL OCH METOD	21
5.1	ALLMÄNT	21
5.2	REFUSERADE SCENARIER.....	21
5.2.1	<i>Brand i konstateljén</i>	21
5.2.2	<i>Brand i utställningssalarna plan 3</i>	21
5.2.3	<i>Brand i teatersalen</i>	21
5.2.4	<i>Brand i stora garderoben</i>	22
5.2.5	<i>Brand i butiken</i>	22
5.2.6	<i>Brand i restaurangköken</i>	22
5.3	UTVALDA SCENARIER.....	23
5.3.1	<i>Brand i konsertsalen</i>	23
5.3.2	<i>Brand utanför konsertsalen</i>	23
5.3.3	<i>Brand i restauranggarderoben</i>	23
5.3.4	<i>Brand i utställningen "Vikten av vatten"</i>	23
6.	BRAND I KONSERTSALEN.....	25
6.1	BERÄKNINGAR.....	26
6.2	SIMULERING I ARGOS	27
6.3	KÄNSLIGHETSANALYS ARGOS.....	28
6.4	UTRYMNING	28
6.4.1	<i>Utrymningsstrategi</i>	28
6.4.2	<i>Dimensionerande förhållanden</i>	29
6.4.3	<i>Utrymningsscenarier</i>	29
6.4.4	<i>Resultat</i>	29
6.5	SAMMANFATTNING.....	30
6.6	ÅTGÄRDER	30
6.7	VALIDERING AV ÅTGÄRDER.....	30
7.	BRAND UTANFÖR KONSERTSALEN.....	31
7.1	BERÄKNINGAR.....	31
7.2	SIMULERING I ARGOS	32
7.3	KÄNSLIGHETSANALYS - ARGOS.....	32
7.4	UTRYMNING	33
7.4.1	<i>Dimensionerande förhållanden</i>	33
7.5	RESULTAT.....	33
7.6	SAMMANFATTNING.....	33
7.7	ÅTGÄRDER	34
7.8	VALIDERING AV ÅTGÄRDER.....	34

8.	BRAND I RESTAURANGGARDEROBEN	35
8.1	BERÄKNINGAR.....	36
8.2	RESULTAT ARGOS MED KÄNSLIGHETSANALYS	37
8.3	UTRYMNINGSSIMULERING	38
8.3.1	Utrymningsstrategi.....	38
8.3.2	Dimensionerande förhållanden.....	38
8.3.3	Utrymningsscenarier.....	38
8.3.4	Resultat.....	39
8.4	SAMMANFATTNING.....	39
8.5	ÅTGÄRDER	39
8.6	VALIDERING AV ÅTGÄRDER.....	40
9.	BRAND I UTSTÄLLNINGEN "VIKTEN AV VATTEN"	41
9.1	BERÄKNINGAR.....	42
9.2	RESULTAT ARGOS MED KÄNSLIGHETSANALYS	43
9.3	UTRYMNINGSSIMULERING	43
9.3.1	Utrymningsstrategi.....	43
9.3.2	Dimensionerande förhållanden.....	44
9.3.3	Resultat.....	44
9.4	SAMMANFATTNING.....	44
9.5	ÅTGÄRDER	44
9.6	VALIDERING AV ÅTGÄRDER	45
10.	DISKUSSION.....	47
10.1	KONSERTSAL	47
10.2	BRAND I RESTAURANGGARDEROBEN	47
10.3	BRAND I UTSTÄLLNINGSSALEN "VIKTEN AV VATTEN"	48
10.4	BRANDGASSPRIDNING VIA VENTILATIONSSYSTEM.....	48
11.	ÅTGÄRDSFÖRSLAG	49
BILAGA A	– YTSKIKTSKLASSER OCH MATERIAL	53
BILAGA B	– BÄRFÖRMÅGA VID BRAND	55
BILAGA C	– UTDRAG FRÅN RÄDDNINGSTJÄNST I SIFFROR.....	57
BILAGA D	– GILTIGHETSBERÄKNINGAR FÖR TVÅZONSMODELLER.....	59
BILAGA E	– INDATA OCH RESULTAT ARGOS, KONSERTSALEN	63
BILAGA F	– HANDBERÄKNINGAR KONSERTSAL	71
BILAGA G	– INDATA OCH RESULTAT ARGOS, UTANFÖR KONSERTSALEN:.....	75
BILAGA H	– INDATA OCH RESULTAT ARGOS, RESTAURANGEN	89
BILAGA I	– HANDBERÄKNINGAR RESTAURANG.....	101
BILAGA J	– INDATA OCH RESULTAT, ARGOS "VIKTEN AV VATTEN".....	103
BILAGA K	– BRAND I "VIKTEN AV VATTEN" - BERÄKNINGAR.....	107
BILAGA L	– INDATA OCH RESULTAT SIMULEX.....	109
BILAGA M	– BRANDGASSPRIDNING VIA VENTILATIONSSYSTEM	119

1. Sammanfattning

Dunkers kulturhus i Helsingborg är en relativt ny byggnad med byggår 2002. Den verksamhet som bedrivs i byggnaden är bland annat kultur och museiverksamhet, musikskola samt restaurang. Byggnaden är utförd i betong och har ett antal salar för de olika verksamheterna i fyra plan och en källare. Vissa enskilda salar är egna brandceller, i övrigt är byggnaden uppförd som en enda brandcell.

Ett studiebesök har genomförts på Dunkers kulturhus för att identifiera de risker som kan föreligga vid utrymning. Därefter har några scenarier diskuterats fram med hjälp av den litteratur som finns och vägt detta samman med besöket. De dimensionerande scenarier som valts ut för att bedöma brandskyddet med avseende på personsäkerheten är, brand i och utanför konsertsalen, brand i utställningslokalen ”Vikten av vatten”, och brand i restauranggarderoben.

Dessa scenarier har simulerats i Argos och Simulex för att kontrollera om det dimensionerade brandskyddet är tillfredsställande. De brister som har observerats har diskuterats och följden har blivit ett antal åtgärdsförslag. Detta har lett till följande *skall*-åtgärder:

- Alla elinstallationer *skall* vara fasta.
- Brandsäkerhetsansvarig för byggnaden *skall* införa och/eller fortsätta att upprätthålla en god dokumentation av möbleringen och ordningen i byggnaden som ett komplement till befintligt SBA.
- Utrymningsvägarna *skall* göras attraktivare med tydligare skyltning på dörrarna till trapphusen.
- Ljuset och ljudanläggningen i utställningen ”Vikten av vatten” *skall* kopplas till utrymningslarmet så att vid larm tänds ljuset upp helt och ljudet ställs av, i stil med vad som redan finns i konsertsalen.
- I utställningslokalen, ”Vikten av vatten”, på plan 1 *skall* även skyltningen och gångvägarna till utrymningsvägarna skyltas upp bättre. Detta genom att i golvet läggs ljusslingor för att markera gångväg till närmsta utrymningsväg. Den dolda utrymningsvägen *skall* förses med tydligare skyltning i taket som visar vägen till denna dörr, (genomlyst utrymningsskylt).
- En brandklassad skjutdörr av brandklass EI-30 *skall* installeras i garderoben i restaurangen på plan 2.
- För konsertsalen *skall* rutiner tas fram så att ingen som helst förvaring av brännbart material får ske under scenen.
- Mikrobrytare till dörrarna i utställningshallarna *skall* installeras och/eller kopplas in så att vitala funktioner inte går att aktivera så länge som nattlåsen är låsta.

2. Inledning

I följande avsnitt beskrivs kortfattat rapportens bakgrund, syfte och mål.

2.1 Bakgrund

Detta arbete är en del av kursen brandteknisk riskvärdering (BTR). Studenterna indelas i grupper och tilldelas ett objekt för vilket de skall genomföra en brandteknisk riskvärdering. Detta arbete genomförs under höstterminen i årskurs tre på brandingenjörsutbildningen vid Lunds Tekniska Högskola (LTH).

2.2 Syfte och mål

Syftet och målsättningen med rapporten är att genom datorsimuleringar, handberäkningar och besiktning av objektet, kunna fastställa nivån på personskyddet och utrymningsstrategin i händelse av brand i byggnaden. Detta som ett led i att utveckla det ingenjörsmässiga tänkandet och förmågan att angripa olika problemställningar som kan uppstå i det fortsatta yrkeslivet.

2.3 Avgränsningar

De avgränsningar som gjorts i denna rapport är att enbart personskyddet med avseende på utrymning behandlas. Utrymning och personskydd dimensioneras efter olika tänkbara scenarier baserade på dimensionerande bränder i byggnaden. Skador på egendom och miljö beaktas ej i rapporten. Garaget på plan 0 tas ej med i rapporten då rapporten endast behandlar publika utrymmen.

2.4 Metod

Inledningsvis har ett besök på objektet, samt genomgång av ritningar, utförts tillsammans med handledare och kontaktpersoner med kunskap om objektet.

För att beräkna värden som skall ligga till grund för den samlade bedömningen av objektets brandskydd används handberäkningar och datorsimuleringar. För utrymning används datorprogrammet Simulex, och för simulering av brandgasspridning används datorprogrammet Argos.

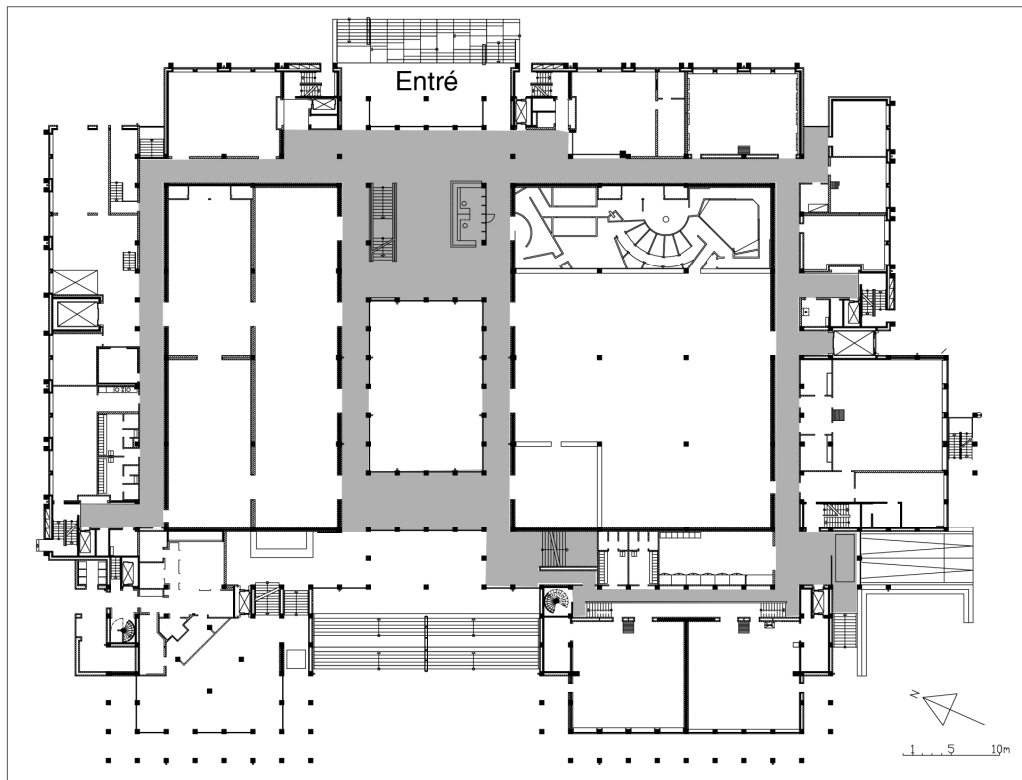
Vidare kontrollberäknas dessa simuleringar med handberäkningar, där formler och metoder hämtas från böckerna, Enclosure Fire Dynamics, (Karlsson, 2002), och Fire Dynamics, (Drysdale, 1998), för att rimligheten i resultaten skall bedömas. Som indata till simuleringar och handberäkningar används framtagna effektkurvor för varje scenario. Dessa är dels baserade på handberäkningar, och dels på experimentella data ur olika publikationer.

3. Objektsbeskrivning

Objektet beskrivs här med en verksamhetsbeskrivning och planlösningar för alla våningar som omfattas av denna rapport. Dessutom ges en övergripande beskrivning av det passiva och aktiva brandskydd som finns installerat i byggnaden.

3.1 Lokalisering och historik

Dunkers kulturhus är beläget i området Norra hamnen i Helsingborg. Huset är uppfört 2002 och ligger intill kajkanten i Norra hamnen. Det är uppfört i 4 våningar, samt ett källarplan med en total byggnadsyta på 12500 m². Arkitektens vision och syfte med byggnaden är att skapa en stad vid vattnet. Tanken är att ytterväggarna bildar en ringmur kring ett atrium som innehåller två fristående ”hus” som symboliserar staden. Denna konstruktion bildar formen av en åtta, se figur 3.1. De två fristående byggnadskropparna inne i åttan är två separata brandceller. Dessa brandceller innehåller utställningshallarna och museets utrymmen.



Figur 3.1. Skiss över arkitektens vision

Trapphus som fungerar som utrymningsvägar finns på ett antal ställen i byggnaden. Två trapphus är belägna innanför östra entrén, därtill kommer tre trapphus på vardera norra och södra långsidan i byggnaden. Samtliga trapphus leder ut ur byggnaden, med undantag de två innanför östra entrén, som leder ut i foajén. Vissa av skyltarna som visar utrymningsväg är små och i vissa fall är de borttagna. Dörrarna har utrymningsskyltar som smälter mer in i omgivningen än vad som kan anses acceptabelt.

Byggnaden innehåller kulturverksamhet på alla plan utom i källarplanet. Dessa omfattar stadsmuseum, konstupställningshallar, teater, konserthall, musikskola, restaurang, dansstudio och kontorslokaler mm.

Möbleringen i byggnaden är väldigt sparsam i publika utrymmen, mestadels bestående av soffor och stolar i flamskyddade material. Det enda som inte är flamskyddat är de papperskorgar som finns utplacerade i byggnaden, dessa består av papp och trä och är löst stående, (ej fastmonterade). Dessutom finns klädhängare för elever och andra besökare i vissa utrymningsvägar, i anslutning till musikskolans övningsrum och utanför vissa studiolokaler,

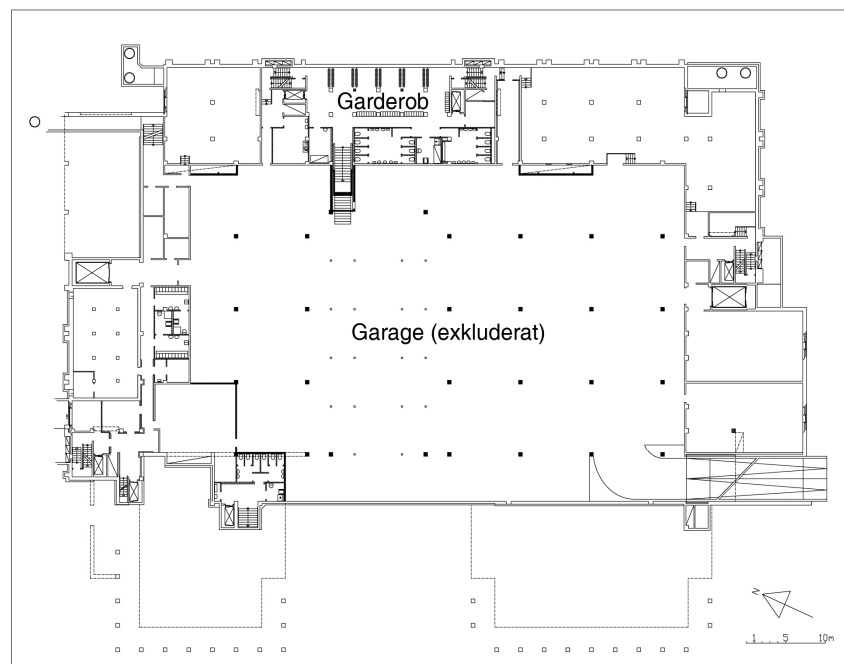
Byggnaden är i huvudsak försedd med sprinklersystem, förutom i teatersalen och konsertsalen.

3.2 Verksamhetsbeskrivning

Verksamheten i husets alla delar bedrivs i huvudsak på dagtid med en del evenemang även på kvällstid.

3.2.1 Plan 0

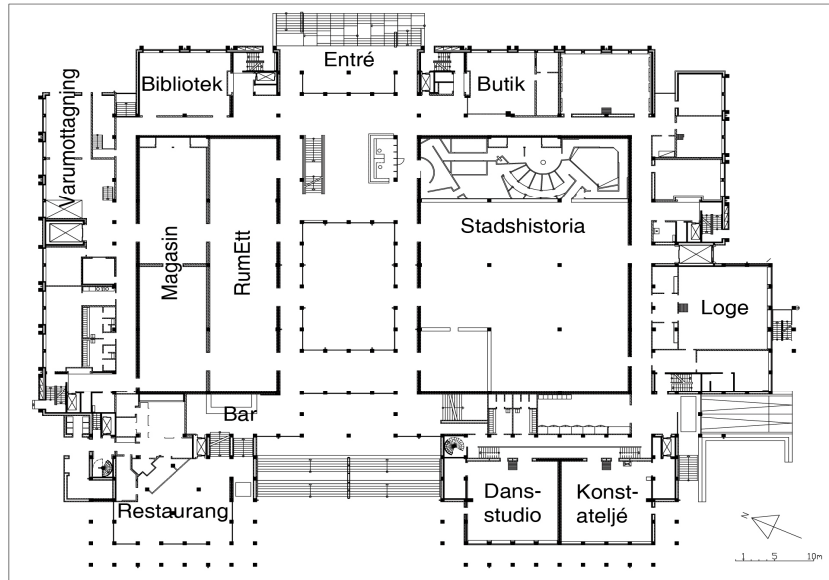
Plan 0 är ett källarplan med parkeringsgarage, teknikutrymmen samt garderob. Planet är inte inräknat i denna rapport, förutom garderoben som inkluderas på grund av de brandskyddsåtgärder som genomförts där, se kapitel 5.2.4.



Figur 3.2. Översikt över plan 0

3.2.2 Plan 1

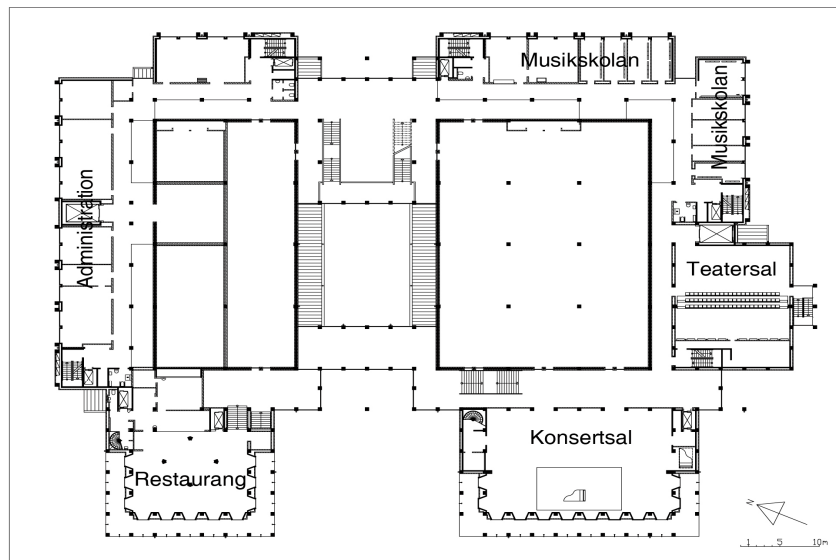
Entréplan innehåller foajé, stadsmuseum, servering, kök, butik, läsesal, samt ett antal kontorslokaler och föreningslokaler.



Figur 3.3. Översikt över plan 1

3.2.3 Plan 2

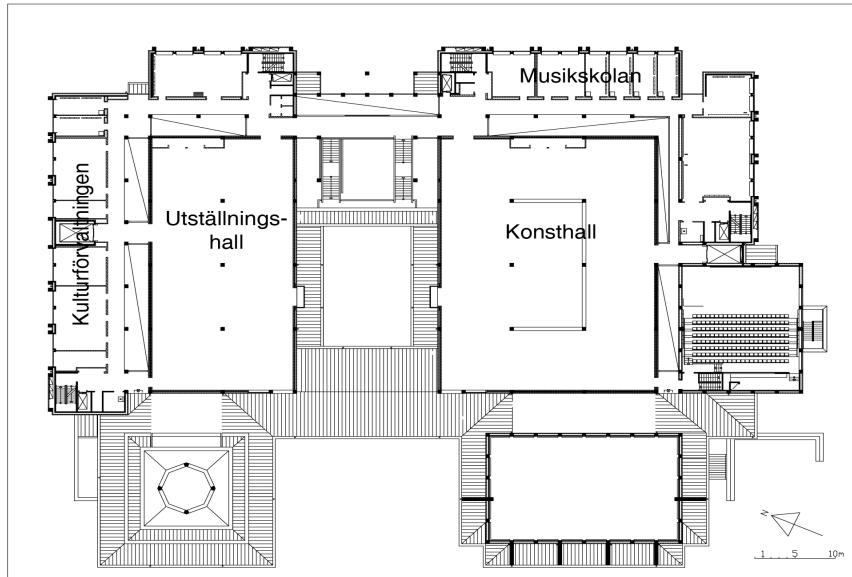
En trappa upp finns teater, konsertsal, restaurang, kök, kommunala musikskolan samt administration.



Figur 3.4. Översikt över plan 2

3.2.4 Plan 3

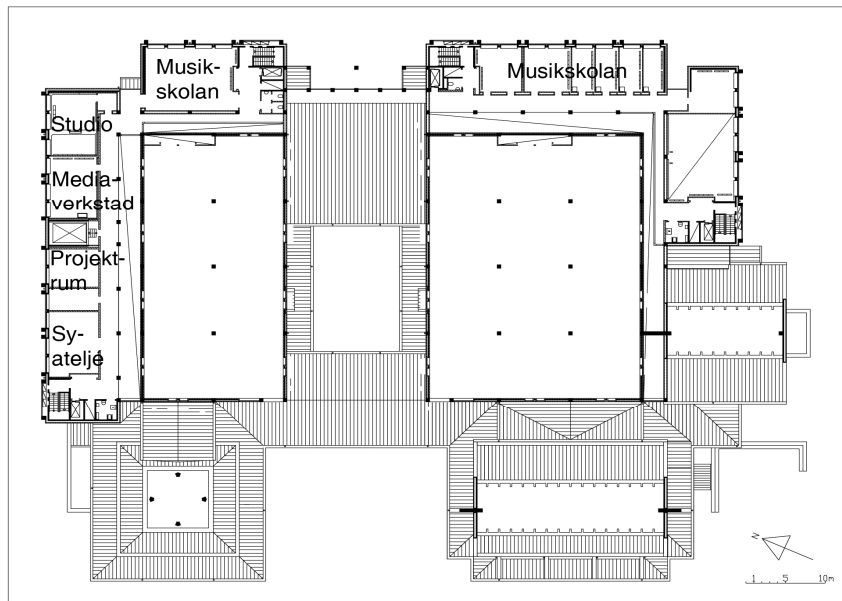
Två trappor upp finns stadsmuseet med kontorslokaler och utställningshallar, samt kommunala musikskolan.



Figur 3.5. Översikt över plan 3

3.2.5 Plan 4

Tre trappor upp finns den kommunala musikskolan, verkstäder, studior och kontorslokaler.



Figur 3.6. Översikt över plan 4

Allmänt för byggnaden är att ju längre upp i byggnaden man befinner sig, desto mindre publika utrymmen finns det.

3.3 Särskilda lokaler

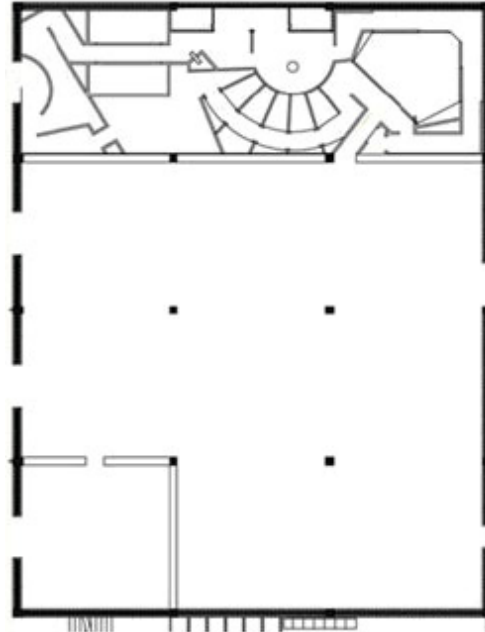
3.3.1 Plan 1

Utrymmet som innehåller stadsmuseet är uppdelade i två lokaler som innehåller permanenta utställningar om Helsingborg.

Den mindre av de två lokalerna är en labyrintliknande upplevelseutställning kallad "Vikten av vatten", där besökare får vandra runt i en slingrande labyrint. Detta utrymme är mörkt och bullrigt så till vida att det spelas upp ljud och filmer under vandringen runt utställningen. Lokalen har två av varandra oberoende utrymningsvägar, där den mindre utrymningsvägen är något dold och dåligt skyltad. Det är tveksamt om det befintliga utrymningslarmet hörs i detta utrymme. Lokalen är totalsprinklad, och på vissa delar finns extra nedsänkta sprinklerhuvuden under nedsänkta tak.

Den större lokalen innehåller en permanent utställning kallad "Helsingborgs Stadshallar" som består av ett antal montrar i glas där historiska föremål från Helsingborgs Stad visas upp.

Dessutom finns en restaurang en halv trappa ner med kök i den norra delen av byggnaden.



Figur 3.7. Utställningen "Vikten av vatten" och Helsingborgs Stadshallar

3.3.2 Plan 2

På plan två finns en teatersal med 150 sittplatser som är utrustad med en skjutbar läktare och teknikrum. Teatersalen är osprinklad, och har tre av varandra oberoende utrymningsvägar. Automatisk brandgasventilation finns installerad.

Det finns även en konsertsal som antingen tar 340 sittande eller 600 stående åskådare, samt maximalt 50 personer på scenen. Totalt ger detta 390-650 personer beroende på aktivitet. Även denna lokal är osprinklad och har automatisk brandgasventilation. Lokalen innehåller en flyttbar scen i plywood, som upptar 50 m², samt 340 stolar av flamskyddat material. Lokalen har golvytan 300 m² och ett klockformat tak.

Övervakningen av restaurangen finns en halv trappa upp. Den består av matsal och kök som båda är sprinklade. Restaurangen har plats för 92 sittande gäster. Brandgasventilation aktiveras manuellt via brandförsvarstablån.

3.3.3 Plan 3

På plan tre finns det två stora utställningssalar. Den ena är avsedd för konst, och den andra för ej fasta utställningar. Båda är sprinklade och saknar automatisk brandgasventilation. Manuell brandgasventilation är möjlig via brandförsvarstablån.

3.4 Byggnadskonstruktion

Byggnaden är uppförd med bjälklag i betong och bärande stomme i huvudsak i betong. Undantaget är konsertsal och teater som har bärande stomme i betong och stål. Fasaden är utförd i tegel med puts ytterst. Taket är till största delen utfört av betong med uppstolpad trästomme och täckande plåttak. Undantaget är dock teatern och konsertsalen som har limträbalkar och plåttak.

3.5 Befintligt byggnadstekniskt brandskydd

Det befintliga brandskyddet i byggnaden är väl dokumenterat i en brandskyddsdokumentation och återges här med ytterligare hänvisning till den relationshandling som redan finns över objektet, (*Brandskyddsdokumentation, 2004*).

3.5.1 Brandteknisk klass

Byggnaden är i brandteknisk klass Br 1. Detta på grund av att byggnaden är uppförd i fem plan samt innehåller ett antal samlingslokaler.

3.5.2 Skydd mot uppkomst av brand

I byggnaden finns inga fasta installationer som genom avgivande av värme eller hög yttemperatur kommer att orsaka brand.

3.5.3 Brandspridning inom brandcell

Den allmänna dimensioneringen i byggnaden är att alla material som förekommer i byggnadsdelarna har sådana egenskaper att de vid brand inte ger upphov till antändning eller snabb brandspridning. Detta gäller alla publika utrymmen i byggnaden, samt utrymningsvägar och korridorer. För specifikationer se bilaga A.

3.5.4 Brandspridning mellan brandceller

Allmänt sett är byggnaden totalsprinklad. Undantag från sprinkler är trapphusen, teatersalen och konsertsalen. Byggnadens yttre skal anses vara en enda gemensam brandcell som röksektionerats våningsvis genom brandklassade bjälklag.

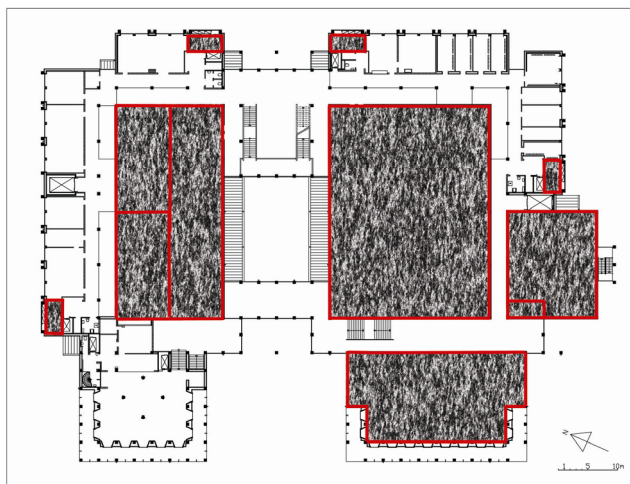
Inuti byggnaden finns flera mindre brandceller som redovisas i kapitel 3.5.5. Brandklassen är normalt E-30 i bjälklag och väggar mellan sprinklade utrymmen, där tätningen är obrännbar och röktät vid brandpåverkan, utan krav på värmeisolering. För bärförmåga se bilaga B.

3.5.5 Brandcellsindelning

Byggnaden är sektionerad mellan våningsplanen i samma klass som omgivande väggar. Sektionering mellan våningsplan utanför nedanstående beskrivning av brandceller är utförd i klass E30, med tätning mot rök. För övrig brandklass se nedanstående tabell.

Tabell 3.1. Brandcellsindelning

Utrymme	Plan	Klass
Utrymningsvägar	0-4	EI60
Garage	0	EI60
El- utrymnen	0	EI60
Foajé och garderob	0	EI30
Intag	1	EI60
Säkerhet	1	EI30
Förråd	1	EI60
Lager	1	EI60
Utställningsdelar	1-2	EI30
Teater	2-4	EI60
Konsertsal	2-4	EI60
Utställning inkl. vind	3-4	EI30



Figur 3.8. Skiss över brandcellsindelning

3.5.6 Branddörrar

Normalt för branddörrar är att de är försedda med dörrstängare, undantaget i detta fall är mindre förråd och teknikutrymnen som sällan används och hålls låsta. I övrigt gäller nedanstående tabell.

Tabell 3.2. Branddörrar

Branddörr	Plan	Klass
Dörr till garage	0	EI-C60
Dörr till utrymningsväg från sprinklad yta	0-4	EI-C30
Dörr mellan utrymningsvägar	0-4	EI-C15
Dörr mellan sprinklad och osprinklad yta	0-4	EI-C60
Dörr mellan utställningsdelar och angränsande ytor	1-2	EI-C30
Dörr mellan teater och angränsande ytor	2-4	EI-C60
Dörr mellan konsertsal och angränsande ytor	2-4	EI-C60

3.5.7 Mikrobrytare i nödutgångar

För att säkerställa att samtliga utrymningsvägar är tillgängliga under tid som verksamhet pågår i aktuella lokaler är, enligt brandskyddsdocumentationen, mikrobrytare installerade som är kopplade till vitala funktioner som omfattar belysning och automatiska entrédörrar. Nattlåsen krävs i vissa lokaler av försäkringstekniska skäl som skydd mot stöld och inbrott. Vid objektsbesöket kunde det konstateras att mikrobrytarna inte var installerade och/eller inkopplade, då säkerhetschefen informerade om detta.

3.5.8 Yttervägg

För yttervägg gäller att fasaden har ytskikt som uppfyller kraven för ytskiktsklass Br 1 byggnad enligt BBR 5:62.

3.5.9 Brandklassade fönster

På plan 2 och 4, finns det brandklassade fönster mellan utställningslokaler för museet, och omgivande gångtytor i klass E 30.

3.6 Installationer

Här redovisas de installationer av ventilation som finns i byggnaden med avseende på skydd mot brand- och brandgasspridning.

3.6.1 Skydd mot brandspridning

Genomföringar av kablage, rör och kanaler som bryter igenom brandcellsgräns är brandskyddstättade med typgodkänt brandtätningssystem. Undantaget är dock installationer som passerar brandsektionering mellan två sprinklade utrymmen.

3.6.2 Skydd mot brandgasspridning

Genomföringar av kablage, rör och kanaler som bryter igenom brandcellsgräns är även här brandskyddstättade med typgodkänt brandtätningssystem.

3.6.3 Ventilation

Ventilationssystemet är ett till- och frånluftssystem kompletterat med brand- och brandgasavskiljande detaljer. Eftersom översiktsritning på ventilationen inte gått att få tillgång till saknas uppgifter på antal aggregat i byggnaden, totalt luftflöde och omsättning på luften. Det bör dock finnas ett aggregat per brandcell.

Systemet är utrustat med rökdetektorstyrda brandgasspjäll mellan brandcellsgränserna så att rökspridning förhindras. Spjällen har en täthet motsvarande typ 4 och brandklassen motsvarar den som gäller för den genombrutna konstruktionen. Spjällen stänger automatiskt med signal från brandlarmsystemet. Spjällen kontrolleras automatiskt var 48:e timme via ett övervakningssystem genom motionering för att säkerställa funktionen vid brand. Alla genomföringar som bryter igenom brandcell är tätade med typgodkänt brandtätningssystem och omfattar kanaler, rör och kablage.

Tilluftsaggregatet är försett med brandgasspjäll av typ 4 monterat på utgående kanal. Vid indikering av rök så stängs spjället och aggregatet ställs av. Spjället motioneras enligt ovanstående system och kanalen närmast spjället har en rökdetektor monterad.

För att kontrollera risken för brandgasspridning via ventilationssystemet har en simulering och beräkning utförts för kontor 3G2 på plan 3. Denna redovisas i sin helhet i bilaga M.

3.6.4 Övriga funktioner i ventilationssystemet

Tilluftssystem av typen deplacerande don i golvnivå fortsätter vid brand att vara i drift för att friskluft i lokaler skall finnas. Omblandande tilluftssystem ställs däremot av vid brandlarm. Frånluftsaggregaten fortsätter att drivas i forcerat läge för att ventilera ut rökgaser. Överluftsaggregat mellan brandceller stängs av vid brandlarm i betjänande brandcell.

Vid manövertablån som är belägen invid brandförsvarstablån finns möjlighet att manuellt manövrera till- och frånluftsfläktar i byggnaden.

3.6.5 Brandgasventilation

Allmänt gäller att för sprinklade lokaler försedda med brandgasventilation, så anses brandgasventilationen vara ett komplement till sprinklern. Frånluftsflödet är således dimensionerat för att ventileras ut rök och brandgaser efter att släckning har utförts. Annars finns risken att sprinklerns funktion försämras om brandgasventilationen startar för tidigt.

3.7 Specifika konstruktioner och utföranden

3.7.1 Kraftförsörjning

De delar av brandgasventilationen som drivs av elkraft matas från separat del i ställverksutrymmet på plan 0. Detta utrymme är EI-60 klassat och övervakat av brandlarm. Dessutom är all elkraft belägen utanför skyddade el-utrymmen försedd med brandklassad kabel.

3.7.2 Källarplan

Den del av källaren som beaktas i rapporten är endast garderoben. Garderoben är försedd med brandgasventilation via forcering av det befintliga ventilationssystemet som startas manuellt från brandförsvarstablån eller alternativt via brandlarmssystemet. Den ersättningsluft som krävs, tas från entréhallen via spalt under brandjalusi.

3.7.3 Utställning samt förråd och magasin på entréplan

Dessa lokaler rökventileras av brandgasfläkt på taket via lokalernas frånluftssystem. Fläktarna startas manuellt vid brandförsvarstablån av räddningstjänsten via omkopplare. Fläktarna är försedda med avstängningsspjäll typ 4, och motioneras på samma sätt som brandgasspjäll. Fläktarna är dimensionerade för 60 minuters drifttid vid 200°C och ett frånluftsflöde på 0,2 m³/s och utställningsmodul. Ersättningsluften tas från omgivande lokaler via dörrarna. För förrådet och magasinet gäller även att brandcellerna är avskiljda via brandgasspjäll EI-60 som motioneras var 48:e timme enligt tidigare angivet förfarande.

3.7.4 Utställning plan 3

Lokalerna rökgasventileras via rökluckor befintliga i spalter under takfönster som manövreras av räddningstjänsten via brandförsvarstablån. Ersättningsluften tas från omgivande lokaler via dörrar och öppningsarean är 0,5 m²/utställningsmodul.

3.7.5 Restaurang plan 1

Restaurangen rökgasventileras via röklucka i tak med arean 1,5 m², som manövreras via brandförsvarstablån, och där ersättningsluften tas från omgivande lokaler.

3.7.6 Entréhallar

Entréhallarna rökgasventileras av brandgasfläktar belägna i vindsutrymmet ovan plan 4. Via frånluftsdon på taket leds rök- och brandgaserna ut i fria luften utanför.

Fläktarna startas manuellt från brandförsvarstablån och är försedda med typ 4 avstängningsspjäll som motioneras enligt tidigare angivet förfarande. Fläktarna är dimensionerade för 60 minuters drifttid vid 70°C och ett frånluftsflöde på 4m³/s, och ersättningsluften tas från entrédörr plan 1.

3.7.7 Hisschakt och maskinrum

Varje utrymme rökventileras via brandgasfläkt i antingen maskinrum eller hisschakt dimensionerade för 350°C i 60 minuter och flödet 20 oms/h. Fläktar startas automatiskt av rökdetektor i hisstopp eller manuellt från brandlarmcentral.

3.7.8 Trapphus

Trapphusen är trycksatta med övertrycksfläktar för att undvika brandgasspridning till trapphusen från omgivande utrymmen. Fläktarna startas av signal från det allmänna brandlarmet eller manuellt via brandförsvarstablån. Tryckavlastning finns i trapphusens tak för att tryckutjämna alltför höga övertryck och differentialtryck över dörrarna till brandcellerna.

Dimensionerande värden är:

Flöden 1500 l/s , och tryck 60 Pa vid -20°C mot det fria.

3.7.9 Teater

Teatern brandgasventileras via två rökluckor i fasaden i taknivå. Luckorna öppnas då minst två rökdetektorer larmar, eller manuellt via brandförsvarstablån. Ersättningsluften tas från automatiskt öppningsbara fönster belägna i fasaden under brandgaslagret, dessa fönster öppnas samtidigt som rökluckorna. Brandgasventileringen är dimensionerad så att kritiska förhållanden inte uppstår för utrymning via utvändig plattform och trapp. Luckorna har en area av 3,5 m²/lucka och öppningarna för ersättningsluften har en sammanlagd area av 7 m².

3.7.10 Konsertsal

Konsertsalen brandgasventileras på samma sätt som teatern, med två rökluckor i fasaden i taknivå. Samma sak gäller här med öppning av luckorna via automatisk öppning som är två-detektorberoende eller manuellt via brandförsvarstablån. Ersättningsluften fås via automatiskt öppnande fönsterdörrar i golvnivå i fasaden som öppnas samtidigt som rökluckorna. Brandgasventileringen är dimensionerad så att kritiska förhållanden ej uppstår för utrymning i salen. Luckorna har en area av 3,5 m²/lucka, och tilluftsöppningarnas area är 8,6 m².

3.8 Sprinklersystem

Byggnaden har ett sprinklersystem installerat som täcker alla delar utom utrymningsvägar, (trapphus), teater, konsertlokal, hissar, hissmaskinrum och el-utrymmen. Systemet är utfört enligt RUS 120:4, och är i huvudsak en våtrörsanläggning, undantaget är utställningshallarna och lagerdelarna som har ett preactionsystem. Preactionsystemet är ett torrörssystem som kräver att två rökdetektorer löser ut innan det aktiveras. Detta för att minimera skador på konstföremål i utställningshallarna och tillhörande förråd.

På grund av den installerade sprinkleranläggningen har en del tekniska byten genomförts:

- Gångavstånd till utrymningsväg har förlängts
- Ytskiktsskrav i avseende på brand har minskats en klass
- Brandcellernas storlek har ökat
- Brandceller utförs i flera plan
- Stomme på bärlighet utformas efter brandbelastning om 200MJ/m² omslutningsarea
- Krav på skydd för brandgasspridning via ventilationssystemet har minskat

Det som gör att avstegen fungerar är att byggnaden är mycket sparsamt möblerad i gångvägarna och att alla ytskikt är brandklassade. Även om sprinklern inte aktiveras klaras en utrymning tillfredsställande.

3.9 Brandlarm

Byggnaden har ett automatiskt brandlarm kopplat direkt till räddningstjänsten i Helsingborg via övervakad larmöverföring. Brandlarmscentralen är placerad i brandklassat EI60 utrymme. Brandförsvarstablån är placerad i trapphus vid huvudentrén tillsammans med manövertablå för brandgasventilationen.

Bevakningspersonal övervakar brandlarmen via ett larmövervakningssystem som återges i grafisk form, och presenteras sektion för sektion med textinformation för åtgärder.

Anläggningen är utförd enligt RUS 110:5, delskydd. Varje detektor och larmknapp har egen adress i systemet. Detektorerna i systemet är i huvudsak av typen optiska rökdetektorer. Undantag är dock två linjerökdetektorer i ariet, konsertsalen, samt teatern.

De ytor som är övervakade är:

- Utrymningsvägar
- Gångstråk till utrymningsvägar
- Osprinklade utrymmen
- El-utrymmen
- Utställningssalar
- Lager och förråd
- Garage

Larmknappar är monterade vid:

- Utrymningsvägar
- Utgångar från samlingsalar
- Reception
- Bevakningsrum
- Kontrollrum till teatern, konsertsalen och studion

3.10 Utrymningslarm

Talat utrymningslarm, på både svenska och engelska, finns i hela byggnaden med undantag av personal- och teknikutrymmen. Det talade meddelandet föregås av en akustisk signal och ljudnivån skall vara anpassad till ordinarie verksamhet. Möjlighet finns för räddningstjänst att framföra meddelanden via mikrofon vid brandförsvarstablån.

Utrymningslarmet styrs av brandlarmssystemet och vid larm aktiveras samtliga sektioner i byggnaden. I vissa lokaler är det 2-detektorberoende, medan det i andra aktiveras samtidigt som första detektor. Manuell styrning av utrymningslarmet kan ske från brandförsvarstablån. För fullständig översikt hänvisas till befintlig brandskyddsdocumentation (*Brandskyddsdocumentation, 2004*).

3.11 Larmhistorik

Byggnaden är och dess system kan i praktiken räknas som nybyggda. Inga larm från byggnaden till räddningstjänsten har förekommit. Således finns ingen statistik över antalet verkliga larm eller falsklarm.

3.12 Övriga släckanordningar

Komplement till brandskyddet och sprinklersystemet finns i form av handbrandsläckare utplacerade i byggnaden. Dessa är framför allt placerade i utrymmen där sprinkler inte får finnas, och huvudsakligen i el-installationer. Dessutom är de utplacerade i kontorsdelar och utställningslokaler för att verka som en första insats innan sprinkler löser ut.

Det finns även vattenbrandposter installerade i lager och förråd som tillhör museet samt i anslutning till de osprinklade delarna i konsertsalen och teatern. De är försedda med slang med tillräcklig längd för att säkra åtkomst till alla delar.

3.13 Räddningstjänsten

Brandstationen i Gåsebäck ligger på ett avstånd så att en första styrka kan vara på plats inom sju minuter. Är den stationen upptagen med annat larm så finns det två stationer till i Helsingborg som kan vara på plats inom tio minuter från larm.

3.14 Systematiskt brandskyddsarbete (SBA)

Systematiskt brandskyddsarbete (SBA) finns att tillgå hos Kärnfastigheter, som är ägare och driftsansvariga för fastigheten.

4. Teori och beräkningsmodeller

För att beskriva ett brandförlopp i en byggnad behövs en beskrivning av de verktyg och gränsvärden som används som riktlinjer ifall utrymning kan ske. Detta kapitel behandlar bara de delar som berör tvåzonsmodeller, deras beskaffenhet och grundteori, samt de resultat som framkommit genom simuleringar och handberäkningar. För gränsvärden och kritiska förhållanden gällande utrymning hänvisas till kapitel 4.2.1.

4.1 Modeller för datorberäkningar

De modeller som används mest för tvåzons-beräkningar är datorprogrammen Argos och CFAST. Argos är utvecklat av Danish Institute of Fire and Security Technology (DIFT) i samarbete med försäkringsbolag och myndigheter. CFAST är ett program utvecklat för att simulera bränder i en- och flerfamiljshus, av Building and fire research, Nist, (USA).

4.1.1 Tvåzonsmodellen

Tvåzonsmodellen är uppbyggd så att ett rum delas in i två brandgaszoner. Den övre brandgaszonen består av varma brandgaser, och den undre zonen av kall luft utan brandgaser. För att modellen ska fungera antas temperaturerna i de båda zonerna vara enhetlig, det vill säga att temperaturen i den övre varma brandgaszonen är densamma överallt, och samma gäller för den undre zonen. Brandgaserna antas också vara väl omblandade, liksom att det existerar en skarp gräns mellan den övre och undre brandgaszonen.

Ekvationerna för massa och energi löses per tidsenhet för de båda zonerna. Här antas att ett övre varmt brandgaslager bildas momentant i det ögonblick branden startas, detta gör att inga transporttider beräknas för masstransporten mellan zonerna som sker via brandgasplymen.

De indata som kan anges för dessa simuleringar är:

Byggnaden

Geometrin och utformningen för rummen. Det vill säga öppningar, ventilation, temperatur, lufttryck, luftfuktighet, startplats för branden samt material på väggar, golv och tak. Där rummet/rummen antas vara lådformade.

Branden

Här kan en färdig effektkurva som redan existerar i programmet väljas. Dessutom går det att plotta in en egen effektkurva som antingen är handberäknad eller hämtas från annan källa.

Omgivningen

Det som behövs som indata från omgivningen är utelufttemperatur, luftfuktighet för uteluften samt de vindförhållanden som råder ute.

4.1.2 Begränsningar

Är byggnaden i två eller flera plan fungerar en tvåzonsmodell inte lika bra som för en byggnad i ett enda plan. Detta beror på att brandgasspridningen till ovanliggande delar inte sker på ett sådant sätt att en tvåzonsskiktning nödvändigtvis inträffar. Exempel på detta är spridning via ventilation, otätheter i byggnaden och via trapphus. Det är således inte lämpligt att lägga till ytterligare våningsplan ovanpå det som beräkningar utförs på, då dessa ovanliggande våningar kan anses som hinder för ett bra resultat. Dessutom är inte modellerna giltiga med fler än 5-6 rum i modellen. Detta beroende på att beräkningarna i angränsande rum baseras på att en ny plym bildas innanför dörren eller öppningen i det angränsande rummet. Denna plym blir naturligtvis svagare ju längre från startrummet man kommer och detta förfarande är inte validerat.

Brandgasernas termiska stigningskraft kan vid en liten brand vara så pass svag att ett brandgaslager inte bildas, vilket i sin tur leder till att en tvåzonsindelning inte nödvändigtvis kommer att inträffa. Vid stor turbulens behöver en stor brand inte bilda tvåzonskikt, då blandas brandgaserna i hela rummet och en enda stor välblandad brandgaszon kan uppstå, (Brandskyddshandboken, 2005).

Rummens geometriska förhållanden och förhållandet till effektutvecklingen för branden sätter också gränser för tvåzonsmodellerna. Detta ges av följande värden och parametrar tagna från (ISO/WD13390, 1995).

$$\dot{Q} \geq 5 \cdot A \cdot \sqrt{H} \quad (\text{kW})$$

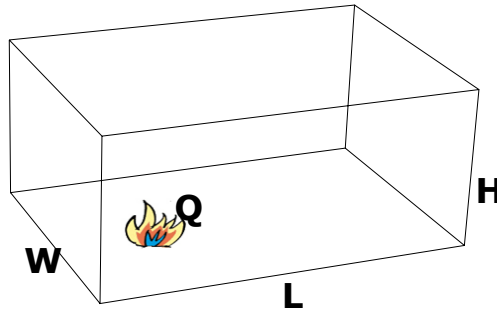
Där:

$$A = L \cdot W \quad (\text{m}^2)$$

L är längden på rummet

H är höjden på rummet

W är bredden på rummet



Figur 4.1 Skiss över brandrummet

Tabell 4.1. Validerande värden

	Acceptabelt	Speciella överväganden krävs	Speciella förhållanden för korridor
$(L/W)_{\max}$	$L/W < 3$	$3 < L/W < 5$	$L/W > 5$
$(L/H)_{\max}$	$L/H < 3$	$3 < L/H < 6$	$L/H > 6$
$(W/H)_{\min}$	$W/H > 0.4$	$0.2 < W/H < 0.4$	$W/H < 0.2$
\dot{Q}	$\dot{Q} \geq 5 \cdot A \cdot \sqrt{H}$		$\dot{Q} \leq 1000$

4.1.3 Giltighet för tvåzonsmodeller

Tillförlitligheten för tvåzonsmodeller har visat sig vara relativt hög baserat på ett antal försök som genomförts av till exempel Hägglund (1986), Hägglund m.fl. (2000), Lundin (1997 & 1999), Särndkvist (1993), samt Yamana m.fl. (1985).

Försöken har utförts med ett flertal olika uppsättningar rum, med varierande angränsande rumstyper. Både stora som små rum har testats och även antalet har varierats. Resultatet har visat sig stämma bra för brandrummet och angränsande rum i samma våningsplan.

De osäkerheter som dock finns i tvåzonsmodeller kommer ur att modellerna bygger på ett antal förenklingar och antaganden. Med en känslighetsanalys behandlas de osäkerheter som finns. Däremot är tvåzonsmodeller ett bra redskap då en analytisk dimensionering ska genomföras.

4.1.4 För- och nackdelar med tvåzonsmodeller

De fördelar som finns är att simuleringstiderna är relativt korta, jämför med CFD-simuleringar som tar mycket lång tid. Tvåzonsmodeller är dessutom lätta att använda och lära sig snabbt. Resultaten man får ur dessa modeller är lätta att överblicka då mängden data är hanterbar. Dessutom är det lätt att bygga på reda existerande scenarier i dessa modeller.

Nackdelarna som finns är att det är svårt att simulera för utrymmen som är geometriskt avvikande och komplicerade. Modellerna tar ej heller hänsyn till eventuell mekanisk påverkan av konstruktioner i byggnaden och dess olika delar. Dessutom används bara en plymmodell för beräkningarna, (McCaffrey's). Det bör poängteras att tvåzonsmodeller inte modellerar branden i sig, utan vad som blir effekterna av branden.

4.2 Utrymning

En byggnad skall utformas så att en tillfredställande utrymning kan ske vid brand. Med tillfredställande menas att en fullständig utrymning skall kunna ske innan kritiska förhållanden uppstår (*Boverket, 2002*). Detta brukar betecknas med:

$$t_{kritiskt} > t_{varseblivning} + t_{beslut \& \ reaktion} + t_{förflyttning}$$

Varseblivningstid

Varseblivningstiden är den tid det tar för personerna i byggnaden att nås av information att något onormalt har inträffat, antingen att personen ser branden, eller att en brandlarmsanläggning aktiveras. Används det senare kan den teoretiska aktiveringstiden för aktuell detektionstyp användas som varseblivningstid. Detta gäller om larmlagring ej finns inbyggt i larmanläggningen.

Besluts- och reaktionstid

Besluts- och reaktionstid är den tid det tar för personen från det att den har fått information om att det skall utrymmas till dess att förflyttningen påbörjas. Denna tid är svår att uppskatta, men det finns en del undersökningar som har gjorts där man ser hur personer reagerar på olika platser. Ett bra sätt att minska ned denna tid är att ge tydliga instruktioner genom exempelvis talade utrymningsmeddelanden eller att personal visar var närmsta nödutgång ligger.

Förflyttningstid

Förflyttningstid är den tid det tar för personen att förflytta sig ut ur byggnaden. Denna tid påverkas av bland annat ålder, kön, funktionsnedsättning, och lokalkännedom.

Gånghastigheten påverkas dessutom av faktorer som sikt (belysning) och ansamlingar av människor vid smala dörrar (dörrbredd), (Boverket, 2006).

4.2.1 Kritiska förhållanden

De dimensionerande förutsättningarna för att en utrymning skall kunna ske anges enligt tabell 4.2

Tabell 4.2. Gränsvärden kritiska förhållanden

Temperatur	Personer under utrymning bör inte utsättas för temperaturer över 80°C
Strålning	Personer under utrymning bör maximalt utsättas för en strålning på 2,5kW/m ² under en tid om max 10 minuter. Under några få sekunder kan en strålningsnivå på upp till 10kW/m ² accepteras.
Brandgaslagrets höjd	Brandgaslagret bör lägst sjunka till en höjd av $1,6 + 0,1 \cdot H$ meter över golvnivån där H är takhöjden i aktuell lokal.
Sikt	Sikten bör inte understiga 5 meter i brandrummet, och 10 meter i utrymningsvägarna

(Brandskyddshandboken, 2005)

4.2.2 Simulex

Simulex är ett datorprogram som simulerar personers förflyttningstid under en utrymning i en byggnad baserat på deras beteende. Till grund i Simulex används en vanlig CAD-ritning där utgångar definieras och personer placeras ut. Personerna kan ges olika egenskaper som ålder, kroppsstorlek och gånghastighet, beroende på vilken verksamhet som simuleras. Simulex ger en bra bild av ett utrymningsscenario, där identifiering av flaskhalsar kan möjliggöras. Dock bör en viss försiktighet råda över resultaten, då simuleringen endast ger ett ungefärligt resultat av utrymningstiden.

Slutresultatet i Simulex kan sedan användas för att se om kritiska förhållanden har uppnåtts innan- eller efter att utrymningen är slutförd, (www.iesve.com).

För indata, beräkningsgång och resultat för alla scenarier i Simulex hänvisas till bilaga L.

5. Brandscenarier – urval och metod

5.1 Allmänt

Givetvis finns det ett oändligt antal tänkbara situationer där man kan tänka sig att det börjar brinna. Men då den här rapporten har som huvudsyfte att titta på personsäkerheten, kommer bara initialskedet av branden att diskuteras. Den intressanta tiden i varje enskilt fall bestäms till tid till fullständig utrymning.

Urvalet av brandscenarier kommer även att utformas så att enbart de bränder som kan anses dimensionerade för brandskyddet kommer att behandlas vidare. Vid objektsbesöket identifierades eventuella risker som sedan har värderats. Utifrån detta har de scenarier som inte anses vara dimensionerande refuserats, medan andra vars konsekvenser kan utgöra ett ”Worst Case scenario” har undersökts noggrannare.

5.2 Refuserade scenarier

5.2.1 Brand i konstateljén

På bottenplanet finns ett större rum som används som skaparverkstad. Här förvaras en hel del papper, stafflin och annat konstnärsmaterial. Det är mycket lättantändligt och har en snabb effektutveckling.

Antalet personer i lokalen är dock liten, och personerna kan antas ha en god lokalkännedom i den lätt överblickbara lokalen.

5.2.2 Brand i utställningssalarna plan 3

I den ena av de två utställningssalarna på plan tre är, i skrivande stund, brandbelastningen i rummet hög och provisoriska innertak är uppbyggda, vilka skulle kunna ”skydda” en brand från sprinklerna. Det innebär i sin tur att en eventuell brand skulle kunna tillväxa relativt mycket innan den slås ner av sprinklern.

Ventilationen i lokalerna är dock mycket god så ingen brandgasansamling kommer att ske innan utrymningen är klar. Dessutom finns det gott om nödutgångar så utrymningstiden kommer att vara kort. Utöver det fasta skydd som finns är dessutom lokalerna ständigt under uppsikt av personal under den tid som de är öppna för allmänheten och därmed kan en tidig upptäckt av brand ske.

5.2.3 Brand i teatersalen

Risken för brand i teatersalen på plan två är starkt kopplad till föreställningen och aktiviteten i rummet, vilket gör det svårt att bedöma hur ett scenario skulle utveckla sig. Dock är samlingslokaler kraftigt representerade i statistiken (se bilaga C), så man bör överväga vad som skulle kunna hända vid en brand. Det troligaste är att det skulle börja brinna i ett scenbygge, kanske på grund av ett elfel.

Lokalen är automatiskt brandgasventilerad genom luckor i takhöjd varvid brandgaslagret inte kommer att sjunka till en kritisk nivå. Dessutom finns det tre stycken väl markerade nödutgångar. Alltså kan lokalen antas säker.

5.2.4 Brand i stora garderoben

En garderobsbrand har en väldigt snabb effektutveckling och utvecklar dessutom mycket rök, (Johansson, 2004), därför kan det snabbt skapas kritiska förhållanden i en sådan lokal även om den har ganska stora mått. En varm tändare eller dåligt släckt cigarett nerstoppad i en jackficka är dessutom troliga tändkällor.

Brandskyddet i garderoben på plan noll är mycket väl utfört och består av en brandjalusi mot trappan som leder upp till foajén, samt att varje jacka har ett eget plåtskåp. Brandspridning kan ej ske mellan olika jackor, utan ett plagg som fattar eld kommer att självslockna ganska fort. Dessutom finns det två av varandra oberoende utrymningsvägar ut ur lokalen. Problemet kan vara att den mest attraktiva utgången stängs av med jalusiet men då en snabb och stor brand inte kan uppstå så anses utrymning kunna ske säkert i alla fall.

5.2.5 Brand i butiken

Direkt innanför entrén finns en butik som säljer material relaterat till de utställningar som för tillfället finns i lokalerna. Här inne finns det gott om böcker, tidskrifter och annat som ger en relativt hög brandbelastning. Den troligaste orsaken till en brand är anlagd brand. Ett exempel kan vara att någon avsiktligt sätter eld på något i en hylla, varvid branden sprider sig. Får man en kraftig rökutveckling skulle rök ta sig ut i den stora brandcell som omfattar större delen av byggnaden och det är svårt att förutsäga hur den röken skulle bete sig.

Eftersom butiken både är bemannad under öppethållande och lättöverskådlig är möjligheten för en snabb upptäckt och släckförsök goda, därav anses konsekvenserna bli begränsade i detta scenario. Butiken är dessutom helsprinklad.

5.2.6 Brand i restaurangköken

Restaurangen är uppdelad i två plan med kök både uppe och nere, och eftersom så mycket som var femte brand i allmän byggnad startar i köket (se bilaga C) får det anses troligt att det skulle kunna utbryta en brand här. Här kan antingen branden själv, eller röken som produceras i branden, sprida sig till lokalen där gästerna sitter.

Den nedre delen av restaurangen har två stora attraktiva nödutgångar, och personerna i lokalen bör hinna utrymma innan kritiska förhållanden inträffar. Speciellt om personalen i köket slår larm fort när branden utbryter.

I restaurangens övre del är nödutgångarna inte lika tydliga, och en brand i köket skulle dessutom kunna komma att blockera den ena av de två utrymningsvägarna, eftersom den passerar genom köket. Här finns alltså större problem, men en brand i köket kommer inte att vara den dimensionerade för lokalen, utan en brand i garderoben skulle ge ett värre scenario (se kapitel 9).

5.3 Utvalda scenarier

Följande brandscenarion har betraktats som troliga, och så pass allvarliga att brandskyddet bör dimensioneras för att klara av dem. Dessa har först validerats med avseende på rumsgeometrin innan simuleringarna har genomförts i Argos, och återges i bilaga D.

5.3.1 Brand i konsertsalen

Konsertsalen på plan två är den lokal i byggnaden där personantalet kan väntas vara högst (som mest 650 personer). Därför ställs relativt höga krav på utrymningsmöjligheterna från denna lokal. Brandbelastningen är inte särskilt hög relativt lokalens storlek, men eftersom det enda aktiva brandskyddssystemet i lokalen är brandgasventilationen gäller det att denna är korrekt dimensionerad.

En brandstart är troligast att vänta under scenen där det under besök har observerats ligga flertalet kartonger samt annan lättantändlig bråte. Att en tillfällig elinstallation ger upphov till överdriven värmeutveckling eller gnistor är fullt rimligt, och sedan sprider sig elden fort i kartongerna för att sedan ta sig i scengolvets undersida.

5.3.2 Brand utanför konsertsalen

Korridoren utanför konsertsalen är sparsamt möblerad och folk vistas sällan längre stunder i lokalen. I och med dess läge utgör den dock en del av väg till utrymningsväg från konsertsalen där det, enligt ovan, kan vistas ganska mycket folk.

Inga direkta tändkällor finns i lokalen men en mordbrännare kan använda den soffa som står placerad mellan dörrarna till konsertsalen för att starta en brand. Branden kommer troligtvis inte att sprida sig vidare, men om brand uppstår kommer korridoren inte att kunna användas för utrymning.

5.3.3 Brand i restauranggarderoben

På restaurangens övre våning finns en garderob belägen direkt intill den trappa som leder upp till och ut ur lokalen. Brandbelastningen här inne kan antas väldigt hög, och dessutom kommer branden troligtvis få ett intensivt förlopp. Eftersom rökförbud råder inne i restaurangen är det troligt att någon stoppar ner en osläckt cigarett i sin jackficka precis innan de gått in, vilken sedan fungerar som tändkälla.

Eftersom branden troligtvis har ett hastigt förlopp kommer personerna i lokalen att märka den i ett tidigt skede. Men då kan branden i garderoben redan vara fullt utvecklad och utrymningsvägen via trappan spärrad på grund av strålningsvärme och brandgaser.

5.3.4 Brand i utställningen "Vikten av vatten"

I lokalen där utställningen "Vikten av vatten" är förlagd finns gott om dolda utrymmen skapade av den labyrint man har byggt upp här inne. Denna labyrint är uppbyggd av trä i olika former, och det finns dessutom diverse elutrustning utplacerad för att bidra till den upplevelse utställningen vill skapa. Om överhettning i en apparat, eller ett allmänt elfel uppstår, kan branden ta sig under det uppbyggda golvet och hinna fortskrida ganska länge innan upptäckt kommer att ske.

Utrymning ur denna lokal kan komma att bli mycket invecklad eftersom det är omöjligt att få någon direkt överblick av lokalen. Enbart någon som känner utrymmet mycket väl vet hela tiden var närmsta utrymningsväg befinner sig. Skyltingen som finns i lokalen är dessutom bristfällig, och de ljud- och ljuseffekter som spelas upp kontinuerligt, kan mycket väl bidra till en förlängd varseblivningstid.

6. Brand i konsertsalen

Konsertsalen på plan två har två olika möbleringar beroende på om publiken står eller sitter. Detta ger olika högsta tillåtna personantal, 340 respektive 600, beroende på den aktuella möbleringen, därtill 50 personer på scenen. Därför kommer utrymningen att gå olika fort i de två fallen.

Oberoende av vilken möblering som är aktuell är en brand i själva scenen troligast, där det kan tänkas att ett elfel eller en överhettning i utrustning under scenen skulle kunna starta förloppet som sedan sprider sig via kartonger och dylikt som förvaras där. Efter ett tag bör sedan branden sprida sig till den huvudsakliga brandkällan, scengolvet. Scengolvet består av plywoodskivor som hålls ihop av en metallkonstruktion.



Figur 6.1. Bild under scenen.



Figur 6.2 Bild på scenen.

Stolarna i salen är flamskyddade både i stoppning och beklädnad och anses inte delta i brandens initiala skede. Förr eller senare kommer de dock att antändas, men i detta fall förutsätts detta ske sent i brandförloppet.

Eftersom linjerökdetektorerna i salen sitter placerade högst upp under taket är det fullt rimligt att initialbranden under scenen hinner växa till sig. Detta utan att upptäckas innan den har uppnått en ganska hög effekt. Detta eftersom det krävs en hög effektutveckling för att ge brandgaserna en tillräcklig termisk stigningskraft för att nå upp till rummets högsta punkt. Därmed är det inte troligt att man har någon möjlighet att bekämpa branden med handbrandsläckare eller dylikt, utan måste utrymma.



Figur 6.3. Taket i konsertsalen



Figur 6.4. Linjedetektorns placering i taket

Det intressanta i detta utrymme är dels den höga personbelastningen, dels att utrymningen är helt dimensionerad efter brandgasventilationens kapacitet att hålla förhållandena under en kritisk nivå.

6.1 Beräkningar

Brandspridning ovanpå scengolvet skulle tillväxa väldigt långsamt. Men eftersom det troligaste scenariot är att det tar sig i bråten under scenen först och att det dessutom står instrument eller dylikt ovanpå scenen kan branden bäst simuleras enligt en så kallad, α^2 -kurva, med medium tillväxt eftersom det i huvudsak är trä som är bränslet.

$$\left. \begin{aligned} \dot{Q} &= \alpha \cdot t^2, (kW) \\ \alpha &= 0,012 \end{aligned} \right\} (\text{Karlsson, 2002})$$

Det faktum att stolarna är flamskyddade gör att de inte tas med i de initiala beräkningarna. Förvisso kommer de att börja brinna förr eller senare, de är bara flamskyddade inte obrännbara. Men startbranden i scenen kommer att dominera det tidiga brandförloppet så mycket att de kan försummas. Maxeffekten på branden uppnås när halva scenen står i brand, vilket ger $A_f = 25 \text{ m}^2$ då hela scenen är 50 m^2 . Visserligen antas instrument med mera att stå på scenen och delta i förloppet. Men eftersom det inte finns några standardutformningar för detta, utan det kan vara allt från helt tomt till flyglar, trumset, med mera, görs beräkningarna på själva scenen.

Scenen som består av trä antas ha följande egenskaper:

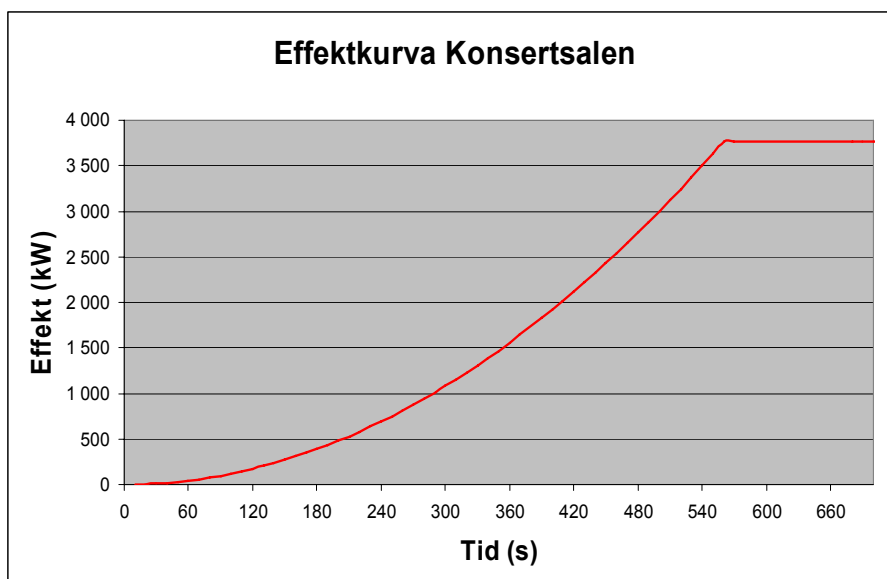
$$\left. \begin{aligned} \rho &= 600 \text{ kg} / \text{m}^3 \\ \Delta H_c &= 16,09 \text{ kJ} / \text{g} \\ \dot{m}_{ideal}'' &= 13 \text{ g} / (\text{m}^2 \cdot \text{s}) \\ \chi &= 0,7 \\ A_f &= \frac{50}{2} = 25 \text{ m}^2 \end{aligned} \right\} (\text{Drysedale, 1998})$$

Detta ger en maxeffekt enligt följande:

$$\left. \begin{aligned} \dot{Q} &= \Delta H_c \cdot \chi \cdot \dot{m} \cdot A_f, (kW) \\ \dot{Q} &= 16,09 \cdot 0,7 \cdot 13 \cdot 25 \approx 3660 \text{ kW} \end{aligned} \right\} (\text{Karlsson, 2002})$$

Kontroll med öppningsfaktorn ger att branden aldrig kommer att bli ventilationskontrollerad.

$$\left. \begin{aligned} \dot{Q} &= 1500 \cdot A_v \cdot \sqrt{H_v}, (kW) \\ \dot{Q} &= 1500 \cdot 13,44 \cdot \sqrt{2,1} = 29215 \text{ kW} \end{aligned} \right\} (\text{Karlsson, 2002})$$



Figur 6.5. Effektkurva konsertsalen

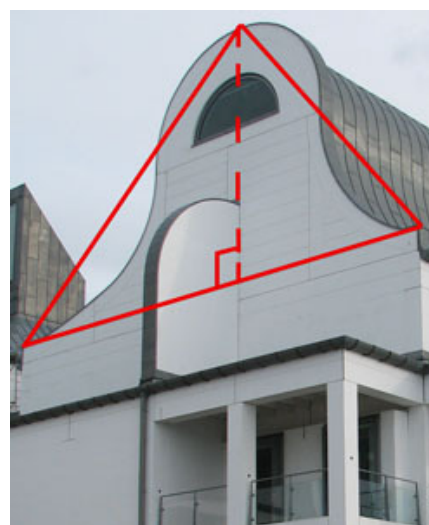
6.2 Simulering i Argos

För att kunna simulera en brand i konsertsalen med datorprogrammet Argos har vissa förenklingar gjorts. Rummets komplexa geometri går inte att mata in i Argos direkt, utan måste approximeras med ett rätblock. Takets ”klockform” är det som ställer till störst problem. För att kunna få fram en geometri som kan matas in i Argos liknades först takprofilen med en triangel, med klockans bredd- och höjdmått, sedan räknades medelhöjden i denna triangel ut vilket gav en medeltakhöjd på nio meter.

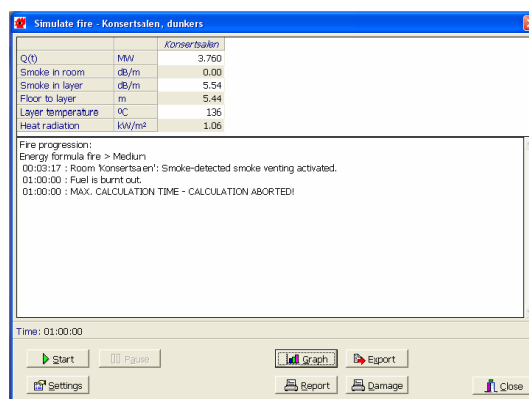
Rummets stora volym gör att simuleringen har körts i 60 minuter för att säkert kontrollera när kritiska förhållanden kan uppstå, dock kommer enbart den tid under vilken utrymning kommer att ske att analyseras djupare.

I konsertsalens tak finns två linjerökdetektorer. Larmgränsen på dessa har inte gått att få fram därför har den, i Argos, minst känsliga fördefinierade rökdetektorn valts för att få ett konservativt värde. Denna detekterade branden efter drygt tre minuter varvid brandgasventilationen aktiverades vid samma tidpunkt

Simuleringen visar att det befintliga brandskyddet i lokalen är tillräckligt, och att kritiska förhållanden aldrig kommer att uppstå, utan utrymningen kan ske under den tid som krävs. För indata och resultat se bilaga E.



Figur 6.6. Förenklingen av geometrin på konsertsalens tak.



Figur 6.7. Resultat från Argos

6.3 Känslighetsanalys Argos

Scenariot i konsertsalen är helt beroende av den brandgasventilation som finns i lokalen, därför har det även simulerats vad som händer om denna fallerar. Med bibehållen effektkurva kommer brandgaslagret inte att kunna hållas på samma konstanta nivå som om brandgasventilationen är igång, utan kritiska förhållanden kommer att uppstå efter ca sju minuter. För indata och resultat se bilaga E.

Placeringen av linjerökdetektorerna, samt utförmningen av lokalen, gör det svårt att uppskatta när detektorn kommer att larma och starta ventilationen. Därför har simuleringar med olika detektorkänslighet utförts, och resultaten visar att detektionstiden inte spelar någon större roll för att brandgasventilationen ska fungera tillfredsställande.

Brandgaslagrets höjd i konsertsalen uppges till 5,4 m ovan golvet i Argos. Efter kontroll med handberäkningar, som utförts med både Thomas plymmodell och McCaffrey's plymmodell, så visar det sig att med Thomas plymmodell hamnar brandgaslagret på 3 m, och för McCaffrey's modell på 4,8 m. Här dras slutsatsen att höjden på brandgaslagret hamnar någonstans mellan 3 och 5 meter i verkligheten. Skillnaderna i resultat beror på valet av plymmodell, där Thomasplymen är en stark modell och McCaffrey's, som Argos räknar med, är en svag modell. Därmed antas det mest konservativa resultatet vara 3 m. Då kriteriet kritiska förhållanden är 2,5 meter, så klarar dimensioneringen av lokalen denna typ av brand. För resultat, beräkningsgång och indata hänvisas till bilaga F.

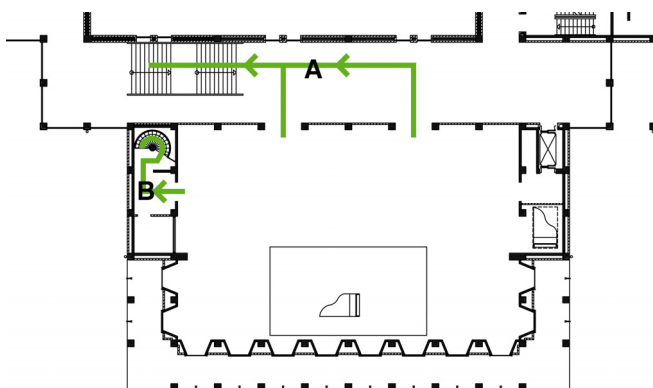
6.4 Utrymning

6.4.1 Utrymningsstrategi

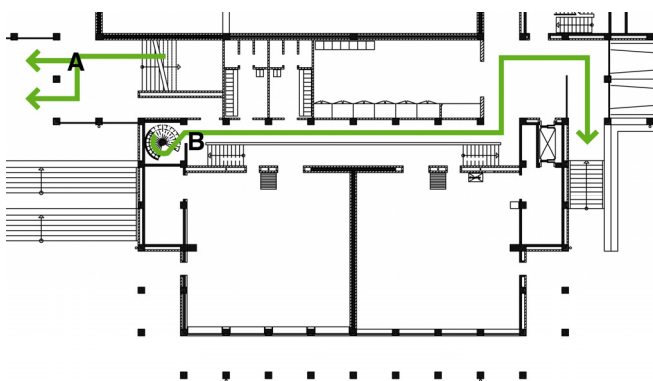
Enligt brandskyddsdokumentationen skall utrymning från konserthallen ske enligt figur 6.8 och 6.9.

Utrymningsvägarna är märkta A och B.

Utanför konsertsalen finns en utrymningsplan anslagen, och på denna finns ytterligare en utrymningsväg utritad. Enligt den skall utrymning då kunna ske via det sydvästra trapphuset som är beläget till höger om man kommer ut från konserthallen via de två huvudingångarna. Denna utrymningsväg är inte uppskyldad, och ansluter på underliggande våning till samma utrymningsväg som används när utrymning sker via spiraltrappan.



Figur 6.8. Utrymningsvägar från konsertsalen, plan 2



Figur 6.9. Utrymningsvägar från konsertsalen, plan 1

6.4.2 Dimensionerande förhållanden

Enligt brandskyddsdocumentationen är maximalt tillåtna personantal i konsertsalen enligt tabell 6.1. För indata och beräkningsgång hänvisas till bilaga L.

Tabell 6.1. Maximalt antal personer i konsertsalen

Möblering	Publik	På scen	Totalt
Sittande	340 pers	50 pers	390 pers
Stående	600 pers	50 pers	650 pers

Eftersom branden kommer att vara i anslutning till scenen, där publikens uppmärksamhet är riktad, så sätts varseblivnings- besluts- och reaktionstiden till 60 ± 15 sekunder. Detta med utgångspunkt från, ”Tid för utrymning vid brand”, (Frantzich, 2001).

6.4.3 Utrymningsscenarioer

De scenarier som simulerats redovisas enligt tabell 6.2.

Tabell 6.2. Simuleringsuppställning

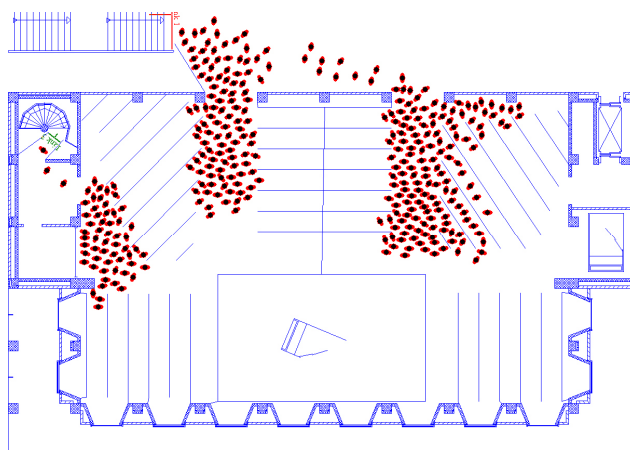
Nr			
1	Sittande publik	390 pers	Alla går till närmsta tillgängliga utgång
2	Sittande publik	390 pers	Alla går ut genom samma väg de kom in
3	Stående publik	650 pers	Alla går till närmsta tillgängliga utgång
4	Stående publik	650 pers	Alla går ut genom samma väg de kom in

6.4.4 Resultat

Köbildning uppstår vid samtliga utrymningssimuleringar vid de två stora portarna. Även ute i foajén kan en viss köbildning antydans vid trappan (figur 6.10). På grund av den låga utrymningskapaciteten via spiraltrappan, kan enbart mindre skillnader påvisas då den används.

Tabell 6.3. Resultat simuleringar

Utrymning	Tid till fullständig utrymning (min:sek)
1	5:00
2	5:00
3	7:00
4	7:00



Figur 6.10. Köbildning vid portar från konsertsalen

6.5 Sammanfattning

Följande resultat har sammanställts för en jämförelse i tabell 6.4.

Tabell 6.4. Jämförande värden

	Tid till kritiska förhållanden [min]	Tid för utrymning 390 personer [min]	Tid för utrymning 650 personer [min]
Utan fungerande brandgasventilation	7	5	7
Med fungerande brandgasventilation	Inträffar ej	5	7

Resultaten visar att med fungerande brandgasventilation är personskyddet tillfredställande. Om brandgasventilationen inte fungerar blir det ett gränsfall för att klara en utrymning. Här klarar man att utrymma 390 personer med marginal, men 650 klaras inte.

6.6 Åtgärder

Eftersom säkerheten i konsertsalen hänger på att brandgasventilationen fungerar rekommenderas att denna kopplas även till de larmknappar som finns i lokalen. Vidare bör ett samplande system installeras istället för de linjerökdetektorer som finns idag.

6.7 Validering av åtgärder

Tidigare simuleringar visar att om brandgasventilationen fungerar kommer utrymning kunna ske utan problem oavsett hur många som befinner sig i lokalen. Om ändringar görs enligt ovan där brandgasventilationen kopplas till larmknapparna och de detektorer, som finns idag, byts ut anses aktivering av brandgasventilationen kunna säkerställas. Dessa åtgärder förutsätter givetvis att tvådetektorberoendet av brandgasventilationen tas bort. Även om en ovan föreslagen lösning skulle riskera att öka antalet felutlösningar av brandgasventilationen anses vinsten i säkerhet vida överstiga detta problem.

7. Brand utanför konsertsalen

Syftet med detta scenario är att spärra utrymningsvägarna för att kontrollera om utrymning av konsertsalen enbart via spiraltrappan är möjligt. Direkt utanför konsertsalen står en soffa samt en papperskorg. Det är inte otänkbart att någon, i syfte att förstöra, skulle sätta eld på papperskorgen. Branden skulle kunna sprida sig till soffan och utvecklas ganska fort om ingen upptäcker initialbranden. Vidare spridning kommer dock inte att ske eftersom samtliga ytor är brandklassade.



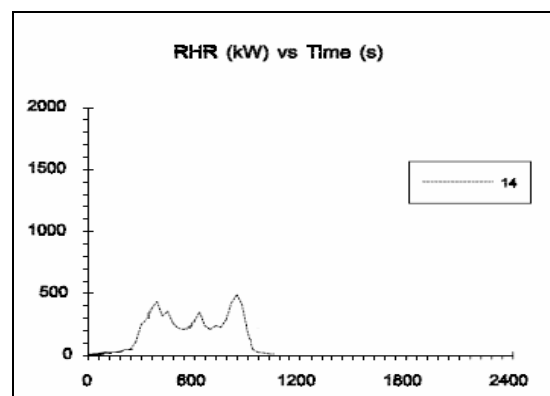
Figur 7.1. Soffa utanför konsertsalen

Soffan är skyddad likvärdigt som stolarna inne i själva konsertsalen, men planer finns på att byta ut de nuvarande möblerna. Om man sätter in, ur ett brandskyddsperspektiv sett, sämre soffor kan branden få ett intensivt förlopp.

Omgivande ytor samt sprinklerna i lokalen gör att det troligtvis inte kommer att bli några större egendomsskador, men placeringen gör att en brand där troligtvis skulle spärra av de två största nödutgångarna från konsertsalen. Detta skulle tvinga fram en fullständig utrymning via den smala spiraltrappan till plan 1.

7.1 Beräkningar

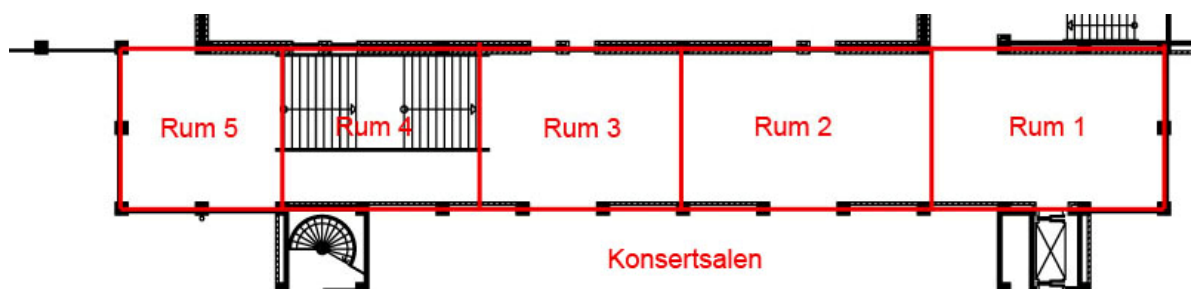
Det är svårt att göra beräkningar på vilken effektutveckling soffan kommer att följa under ett brandförlopp. I Initial Fires, (Särdqvist, 1993), har det testats många olika soffor och även varierats antändningsmetod. Det som antas stämma bäst överrens är en soffa man testat med flamskyddsmedel, och som antänts med hjälp av en träribbstapel, (se fig. 7.2), därför har denna effektutveckling använts i simuleringarna.



Figur 7.2. Effektkurva för flamskyddad soffa. (Särdqvist, 1993)

7.2 Simulering i Argos

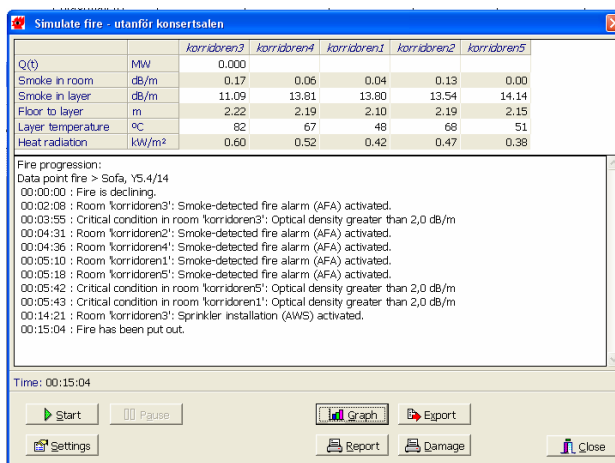
Korridoren utanför konsertsalen har en geometri som ger mycket osäkra resultat i Argos eftersom längd- breddförhållandena faller utanför ramen för giltighet. Detta har kompenenserats genom att dela upp korridoren i mindre rum som har dimensioner som uppfyller giltighetskraven. För indata och beräkningar se bilaga G, för valideringsberäkningar av rumsindelning se bilaga D.



Figur 7.3. Rumsindelning av korridoren utanför konsertsalen

Soffan kommer att brinna ut snabbt och inte orsaka någon större rökspridning. Förhållandena utanför dörrarna till konsertsalen kommer att vara oacceptabla efter ca: fyra minuter, och därför spärra av utrymningsvägarna som går här. Även innan kritiska förhållanden uppnås kommer folk troligtvis inte att vilja använda dörrarna för utrymning p.g.a. rök och strålningsvärme.

Simuleringen visar att kritiska förhållanden kommer att uppstå i den del av korridoren som branden pågår (rum 2 och 3), samt i ”rummen” 1 och 5, längst ut, men inte i rum 4 där emellan. Detta beror troligtvis på att brandgaserna förlorar sin termiska stigningskraft och blandas runt i denna del av korridoren. Det anses rimligt att sprinklern släcker branden och inte bara begränsar den eftersom det är en relativt liten brand med mycket begränsad yta.



Figur 7.4. Utdata från Argos

7.3 Känslighetsanalys - Argos

Enligt nuvarande möblering och korridorens uppdelning av rum borde branden placeras i skarven mellan rum 2 och 3. Detta är tyvärr inte möjligt att göra i Argos utan istället har simuleringar gjorts där branden förlagts i både rum 2 och 3, med övriga förutsättningar identiska. Resultaten visar att det inte spelar någon roll i vilket av de båda rummen branden startar, utan förhållandena kommer att bli likvärdiga i de båda fallen. Därför anses resultatet vara fullt giltigt även för en brand som är belägen i skarven mellan de två rummen.

7.4 Utrymning

7.4.1 Dimensionerande förhållanden

I detta scenario befinner sig personerna som skall utrymmas i lokalen innanför dörrarna som spärras av branden i korridoren. Väggar och dörrar är utförda i brandteknisk klass EI-60. Scenariot visas nedan i tabell 7.1, och för övriga indata och beräkningsgång hänvisas till bilaga L.

Tabell 7.1. Simuleringsuppställning

Nr			
5	Sittande publik	390 pers	Alla utrymmer via spiraltrappan då de stora dörrarna in är blockerade
6	Stående publik	650 pers	Alla utrymmer via spiraltrappan då de stora dörrarna in är blockerade

7.5 Resultat

I tabell 7.2 presenteras de resultat som simuleringarna gav.

Tabell 7.2. Tid för utrymning

Utrymning	Tid till fullständig utrymning (min:sek)
5	12:00
6	19:00

7.6 Sammanfattning

Kritiska förhållanden i korridoren uppstår redan efter ca: 4 minuter vilket gör att den blir oanvändbar som utrymningsväg. Utrymning via den smala spiraltrappan som enda utrymningsalternativ kommer då att pågå i ända upp till 20 minuter.

Vid utrymning via spiraltrappan, som bara har en breddkapacitet för en person i taget, blir köbildningen stor. Spiraltrappan är dessutom brant, vilket gör att en utrymning kommer att ske långsamt. Förutsättningarna i detta scenario är att de två stora portarna inte kan användas på grund av den rökfyllda korridoren utanför konsertsalen. Men eftersom konsertsalen är uppförd som en brandcell i klass EI-60 kan det anses som säkert ur brand- och rök-spridningssynpunkt att utrymma enbart via spiraltrappan.

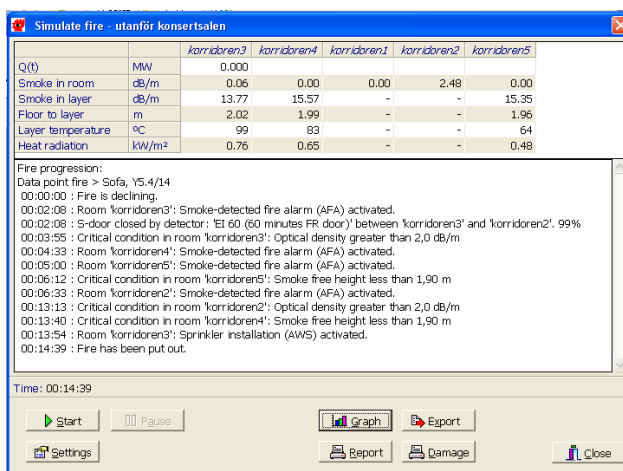
Det faktum att en fullständig utrymning via spiraltrappan tar nästan 20 minuter är ändå inte acceptabelt, oavsett om brandklassningen på 60 minuter tillåter detta. Då blir inte branden det skadegivande kriteriet, utan istället trängsel, klämskador och olustkänslor hos personerna.

7.7 Åtgärder

För att undvika att få kritiska förhållanden i hela korridoren, och därmed kunna möjliggöra utrymning genom minst en av de två stora portarna ut från konsertsalen, har simuleringar gjorts med en rökavskiljande jalousi mellan rum 2 och 3. Detta simulerades som en brandklassad EI-60 dörr som aktiveras av rökdetektorerna i korridoren. Jalousiet har samma dimensioner som öppningen och antas hålla en täthet på 99%.

7.8 Validering av åtgärder

Jalousiet kommer inte att påverka själva branden och kritiska förhållanden kommer fortfarande att uppstå i den del av korridoren där det brinner efter ca: fyra minuter. Däremot kommer den del av korridoren som blir avskärmd av jalousiet att ha acceptabla förhållanden i över tretton minuter. Vilket är en klar förbättring jämfört med de dryga fem minuter som gäller utan jalousi. För indata och resultat se bilaga G.



Figur 7.5. Utdata från Argos med brandjalousi installerat

8. Brand i restauranggarderoben

I restaurangen på plan två är en garderob placerad direkt ovanför trappan som är enda ingång till, och även den mest attraktiva utrymningsvägen, ut ur lokalen. Garderoben har enbart en öppning rakt ut till restaurangen och trappan, vilket gör att både värmestrålning och brandgaser kan strömma fritt ut till dessa lokaler.

Garderoben används aktivt och man förvarar även material till restaurangens verksamhet där när garderoben är tom. Detta innebär att brandbelastningen i rummet alltid är hög, speciellt vintertid då där kan hänga vinterjackor till de 92 gäster som får vistas i restaurangen.

Troligaste startkälla är en varm tändare eller en dåligt släckt cigarett som blivit tillbakastoppad i sitt paket och sedan nerlagd i en jackficka. Där kan den antända jackan den ligger i och sedan sprider branden sig snabbt till omkringvarande kläder. Tester visar att flamspridning i garderober tillväxer väldigt fort, (Särdqvist, 1993), och har en hög maxeffekt.

Både rökdetektor samt en sprinkler finns placerade i garderoben men denna kommer troligtvis inte släcka en eventuell brand utan bara begränsa den. Detta bland annat på grund av att lampan delvis täcker sprinklernas verkningsyta.

Restaurangen serverar både mat och alkohol som båda bidrar till försämrade varseblivningstider vid utrymning. Trots detta så antas varseblivningen i detta scenario bli relativt kort på grund av att brandutvecklingen är snabb, med stor rökutveckling, där faran anses uppenbar för alla.



Figur 8.1. Garderobens placering invid nödutgång.



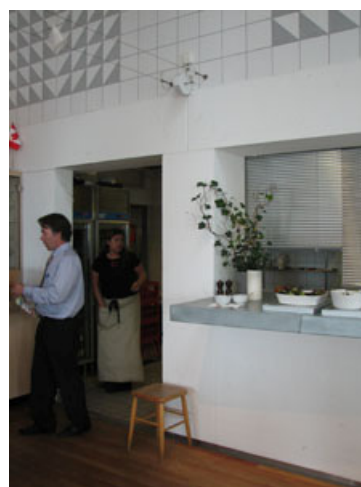
Figur 8.2. Bild in i garderoben.



Figur 8.3. Placering av rökdetektor och sprinklerhuvud.



Figur 8.4. Utrymningsväg via köket.



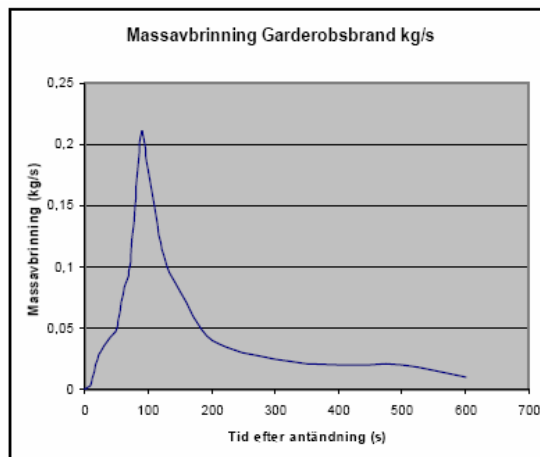
Figur 8.5. Samma utrymningsväg sedd från sidan. Skylt skymd.

Den utrymningsväg som inte hindras av strålningen från branden är dåligt uppmärkt, och kan inte uppfattas från hela lokalen. Vid upprepade tillfällen har dessutom observerats hinder uppställda i utrymningsvägen via köket, vilket kommer att öka utrymningstiderna ytterligare.

8.1 Beräkningar

I garderoben är det självklart de jackor som förväntas hänga där som står för brandförloppet. Det finns få dokumenterade och reviderade data för just bränder i garderober, men för att kunna göra en ingenjörsmässig bedömning har resultaten i Björn Johanssons projektarbete från 2004 studerats, (Johansson, 2004).

Johansson kommer fram till att genomsnittsjackan har ett ΔH_c -värde på 21MJ/kg och en garderob med 100 jackor har en massavbrinning enligt fig. 8.6.



Figur 8.6. Massavbrinning (Johansson, 2004)

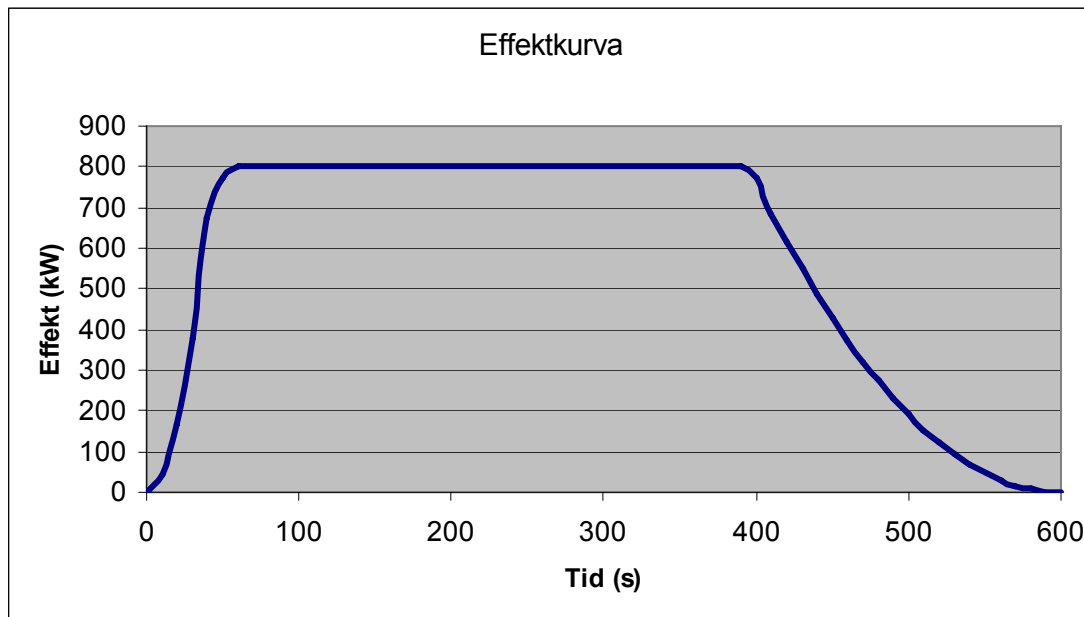
Eftersom antalet sittande gäster i restaurangen kan uppgå till 92 anses det relevant att anta att den garderoben skulle bete sig ungefär likadant under en brand. Följande värden har beräknats med ovan nämnda data som utgångsvärden:

$$\begin{aligned} \dot{m}_{\max} &\approx 0,2 \text{ kg / s} \\ \dot{Q}_{\max} &= \dot{m}_{\max} \cdot \Delta H_c \\ \dot{Q}_{\max} &= 0,2 \cdot 21 \cdot 10^3 = 4,2 \cdot 10^3 \text{ kW} \\ t_{\max} &\approx 100 \text{ s} \\ \alpha &= \frac{\dot{Q}}{t^2} \\ \alpha &= \frac{4,2 \cdot 10^3}{100^2} = 0,42 \end{aligned} \quad (\text{Karlsson, 2002})$$

Detta ger en αt^2 -tillväxt med ett α -värde på 0,42 under de första 100 sekunderna vilket är snabbare än den normala Ultrafast-branden.

En sprinkler simuleras i Argos som sedan får beräkna när den löser ut, efter ca: en minut. Förvisso är Argos inte ett program som är avsett för dessa beräkningar, men eftersom det gängse program som finns för detta (DetactT2) förutsätter ett obegränsat stort rum och garderoben dimensioner är ganska små antas Argos ge ett bättre värde. Sedan sätts ett övre värde när sprinklern går igång enligt samma resonemang som i scenariot med brand i utställningssalen på plan ett.

Efter en tid, när större delen av jackorna har brunnit upp, antas de jackor som finns kvar ramla ner på golvet eftersom de brunnit sönder. Effekttutvecklingen kommer då att avta eftersom den brännbara ytan minskar radikalt.



Figur 8.7. Effektkurva garderob

8.2 Resultat Argos med känslighetsanalys

Med en effekttutveckling anpassad efter försök på en garderob (ett α på 0,42) blir det kritiska förhållanden i matsalen efter 2,5 minuter enligt Argos. Ändrades branden till en med Ultrafast utveckling och bibehållen maxeffekt på 800kW tar det 3 minuter till kritiska förhållanden. Eftersom utrymningen tar minst tre minuter enligt simuleringarna är det inte troligt att alla hinner utrymma på ett säkert sätt. För indata i Argos se bilaga H.

Handberäkningar på rökfyllnad, med samma antagna effekttutveckling som tidigare, utfördes också och gav att efter drygt 2,5 minuter är brandgaslagret en meter ovanför golvet. Detta stämmer bra med att dessa handberäkningar inte tar hänsyn till värmen som leds bort genom väggar och tak. Då värmen sjunker, minskar även brandgasvolymen. För beräkningsgång och indata, se bilaga I.

8.3 Utrymningssimulering

I detta kapitel redovisas utrymningssimuleringarna för scenariot.

8.3.1 Utrymningsstrategi

Enligt brandskyddsdokumentationen skall utrymningen från restaurangens övervåning ske enligt figur 9.8 och 9.9.

8.3.2 Dimensionerande förhållanden

Enligt uppgift från restaurangpersonal har man upp till 92 gäster och en personalstyrka på 20 man som max.

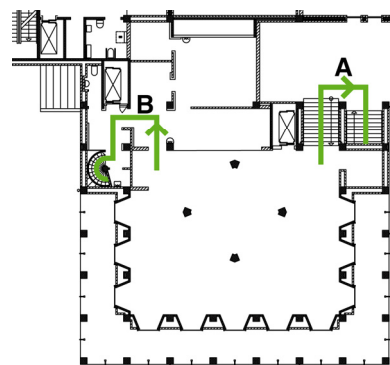
Varseblivnings- besluts- och reaktionstiden sätts till 30±10 sekunder. Detta är ett rätt lågt värde, men rök och eld kommer att synas snabbt i matsalen vid brand i garderoben.

8.3.3 Utrymningsscenarier

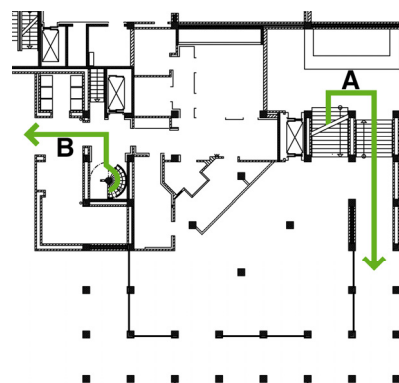
De scenarier som simulerats redovisas i nedanstående tabell.

Tabell 8.1. Utrymningsscenarier

Nr			
1	Fullsatt	112 pers	Alla nödutgångar fria, alla utrymmer via närmsta utrymningsväg
2	Fullsatt	112 pers	Alla nödutgångar fria, alla utrymmer via baren
3	Fullsatt	112 pers	Nödutgång vid baren är blockerad, alla utrymmer via intern kökstrappa



Figur 8.8. Utrymningsvägar från restaurangen, plan 2



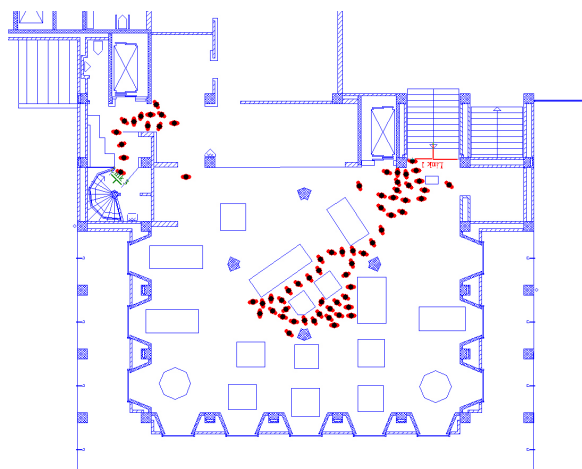
Figur 8.9. Utrymningsvägar från restaurangen, plan 1

8.3.4 Resultat

Tabell 8.2. Resultat utrymningsimuleringar

Utrymning	Tid till fullständig utrymning (min:sek)
1	2:00
2	2:00
3	3:00

Även i detta scenario är skillnaderna enbart mindre om utrymning sker med hjälp av spiraltrappan i köket eller inte. Vid utrymning 1 och 2 kan ingen större köbildning synas då trappan till höger har stor kapacitet, och att persontätheten i restaurangen inte är särskilt hög. Vid utrymning 3, kan en mindre köbildning antydans i köket på grund av spiraltrappans låga kapacitet.



Figur 8.10. Köbildning vid utrymning från restaurang.

8.4 Sammanfattning

Nedan redovisas en jämförelse mellan kritiska förhållanden och utrymningstider i tabell 8.3.

Tabell 8.3. Jämförelse av resultat

Tid till kritiska förhållanden [min]	Tid till fullständig utrymning [min]
2,5	3

Slutsatsen blir att en säker utrymning inte kan ske i lokalen utan åtgärder.

8.5 Åtgärder

För att säkerställa utrymning från lokalen skall en brandklassad skjutdörr sättas in mellan garderoben och matsalen. Detta för att förhindra spridning av brandgaser ut till restaurangen och motverka att strålning från branden blockerar den mest attraktiva utrymningsvägen. Skjutdörren skall vara i minst klass EI-30 och ha magnetstängare som aktiverar på signal från rökdetektorerna i lokalen.

8.6 Validering av åtgärder

Simuleringar i Argos där den brandklassade skjutdörren lades in och antas ha en 2 cm bred springa (läckage) runt ramen visar att brandgaserna inte kommer att sprida sig i någon större utsträckning till matsalsdelen med skjutdörren stängd. Dessutom kommer branden troligtvis att självslockna eftersom tillgången på syre inne i garderoben kommer bli mycket dålig när öppningen till matsalen blockeras. Med dessa förutsättningar kommer utrymning då att vara möjlig genom den större ingången, (se bilaga H).

Om skjutdörren monteras antas det dimensionerande scenariot bli en brand i fritösen i köket. Argos visar dock att det inte blir brandgasspridning till resten av restaurangen, (se bilaga H). Därigenom anses personsäkerheten klaras med god marginal då utrymning kan ske genom den största av utrymningsvägarna.

9. Brand i utställningen "Vikten av vatten"

I en del av utställningslokalen på första våningen har man en fast utställning som är uppbyggd av MDF-skivor och träreglar med stor lufttillgång. Detta gör att en brand som startar i ett utrymme längst ner i rummet kan bli ganska stor innan upptäckt kan ske.

I denna labyrintformade konstellation är chassilösa datorer, bildmonitörer samt projektorer utplacerade. Det är inte orimligt att anta att en av dessa kan bli överhettad och starta en brand. Det förekommer dessutom skynken som det projiceras ljus på och dessa får antas vara relativt lättantändliga.

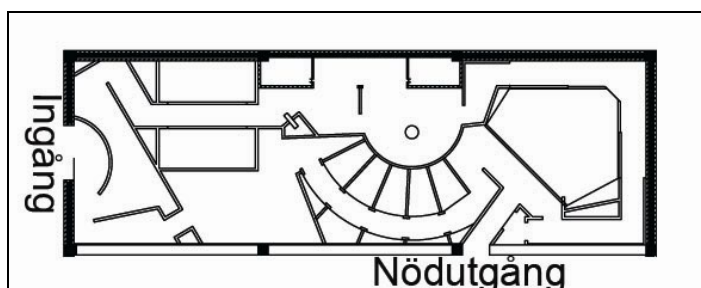
I lokalen finns rökdetektorer och sprinklers, både ordinarie i taket, samt extra installerade i de delar av utställningen där man har bedömt att utställningens utformning skulle begränsa de ordinarie sprinklernas verkan. Precis som i den ovan diskuterade garderobsbranden kommer de dock inte släcka, utan enbart begränsa ett brandförlopp.

I den aktuella utställningen är ljuset svagt och man spelar kontinuerligt upp ljudeffekter för att förbättra upplevelsen. På

grund av detta försämras troligtvis folks varseblivning för ett utrymningslarm, och därför ökas utrymningstiderna. Den nödutgång som finns inne i lokalen, d.v.s. den som inte fungerar som ingång till utställningen, är dåligt utmärkt och man har ingen aning om var den är förrän tidigast när man har passerat den. Därför är det mycket troligt att man inte kommer att välja den snabbaste vägen ut. Istället kommer personen att försöka ta sig ut till den dörr där den kom in.



Figur 9.1. Extra insatt sprinklerhuvud.



Figur 9.2. Översiktsbild över utställningen



Figur 9.3. Nödutgången mitt i slingan.

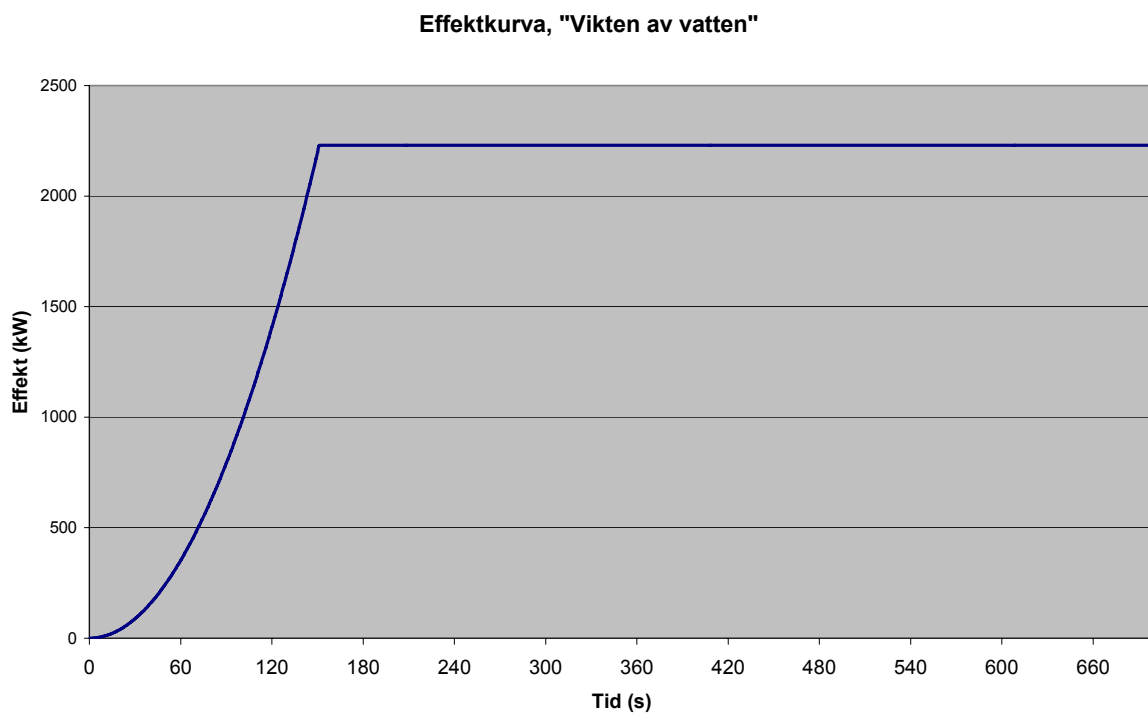
9.1 Beräkningar

Den permanenta utställningen är uppbyggd av MDF-skivor och träreglar med stor lufttillströmning. Geometrin i utställningen gör att flamspridning troligtvis kommer ske både horisontellt och vertikalt. I Initial fires, (Särdqvist, 1993), finns resultat från försök där man har eldat MDF-skivor med placering i väggar och tak, vilket anses likvärdigt med den utformning som finns i denna lokal.

Dessa indata ger att brandförloppet kan approximeras med en αt^2 -kurva som ligger mellan ett fast och Ultrafast förlopp.

$$\begin{array}{l} \dot{Q} = \alpha \cdot t^2, (kW) \\ \alpha = 0,0977 \end{array} \quad (\text{Karlsson, 2002})$$

Efter ca: 4 minuter, en tid som ges av simulering i Argos, sätts sprinklers igång. Tillväxten avstannar då och lägger sig på en konstant nivå, sprinklern räknas endast som begränsande, ej släckande.

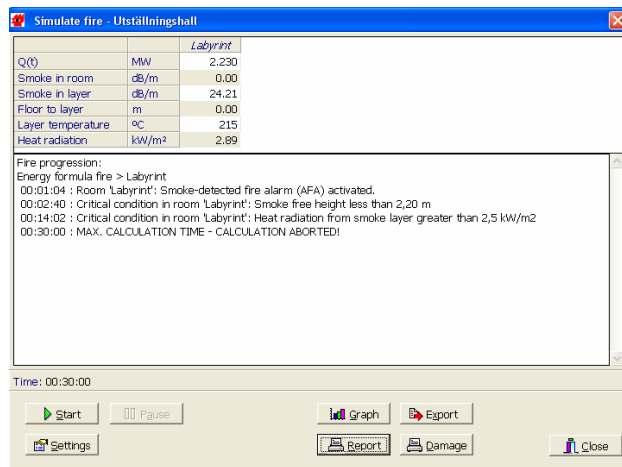


Figur 9.4. Effektkurva Utställningssalen "Vikten av vatten"

9.2 Resultat Argos med känslighetsanalys

Med Argos blir det kritiska förhållanden i rummet efter 2 minuter 40 sekunder. Handberäkningar på sikten, under förutsättningen att röken omblandas väl, blir sikten en obscura efter 2 minuter 15 sekunder. Beräkningarna är gjorda med en fastkurva som utgångspunkt.

Resultaten från Argos och handberäkningarna pekar åt samma håll. Ingen av dem kan anses som ett säkert resultat men den samlade bedömningen blir att kritiska förhållanden kommer att uppstå efter ca: 2min. För indata till Argos hänvisas till bilaga J, och för beräkninggång handberäkningar hänvisas till bilaga K. Resultaten från Argos visas i figur 9.5.



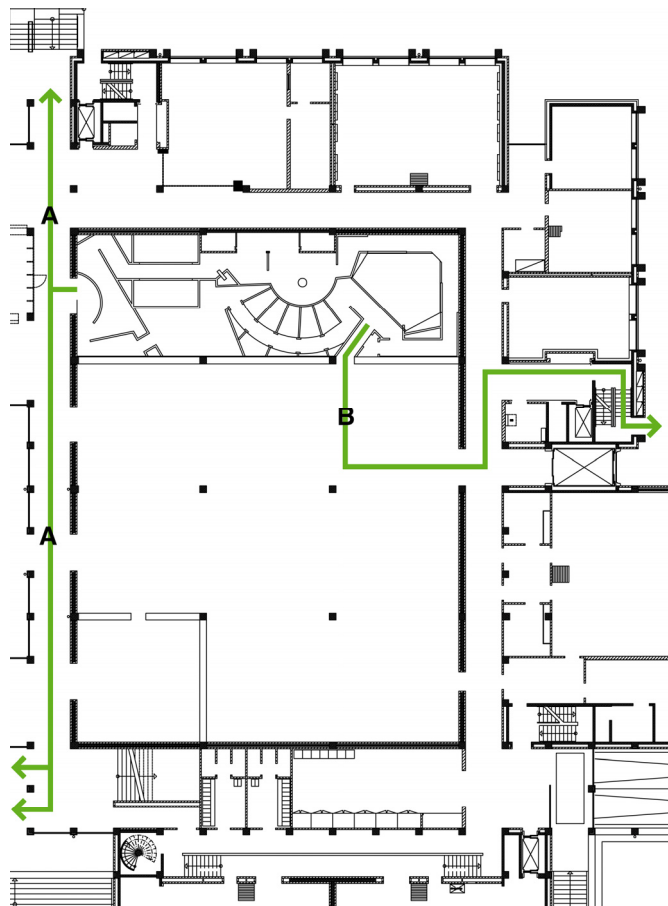
Figur 9.5. Resultat från Argos.

9.3 Utrymningssimulering

I detta kapitel beskrivs och redovisas utrymningssimuleringarna för "Vikten av vatten".

9.3.1 Utrymningsstrategi

Slingan är omkring 90 m lång, och en nödutgång finns placerad efter cirka 55 m. Utrymning sker enligt figur 9.6.



Figur 9.6. Utrymningsvägar från utställningen.

9.3.2 Dimensionerande förhållanden

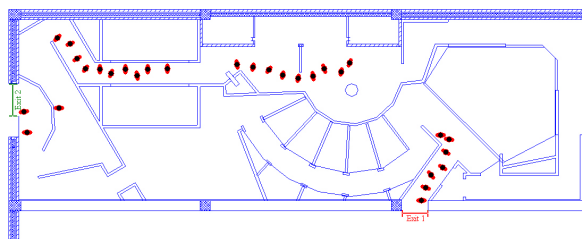
I utställningen får maximalt 50 personer vistas samtidigt. På grund av utställningens komplicerade geometri ger Simulex ett inte särskilt tillförlitligt resultat, då programmet inte tar någon hänsyn till att golvet lutar och att det är mörkt i rummet. Dessutom så vet man inte den extra nödutgångens placering förrän man står vid den eftersom vägledande markering till den saknas.

9.3.3 Resultat

Resultat från Simulex presenteras i tabell 9.1.

Tabell 9.1 Utrymningsscenario

Utrymning	Tid till fullständig utrymning (min:sek)
1	1:32



Figur 9.7. Bild av utrymningssimuleringen

Det resultat som Simulex ger är en för kort tid för utrymning. Ingen hänsyn har tagits till nivåskillnader i slingan. Dessutom konstaterades vid objektsbesöket att det tar omkring en minut att gå runt för en person som är insatt i utställningens uppbyggnad. Därför dras slutsatsen att en fullständig utrymning av 50 personer tar minst 2 minuter.

9.4 Sammanfattning

De resultat som framkommit i Simulex kan inte antas gälla fullt ut då programmet inte klarar av det faktum att den inre utrymningsvägen är dold. Simuleringarna i Argos innehåller för många osäkerheter för att kunna tas som en sanning. Detta gör att en ingenjörsmässig bedömning gjorts av scenariot, och dessa resultat diskuteras nedan.

Då både handberäkningar och Argosresultaten pekar åt samma håll så bör utrymningstiden understiga 1 minut. I nuläget klaras inte en utrymning inom denna tidsram, enligt den ingenjörsmässiga bedömningen, då en person som hittar i lokalen går runt utställningen på en minut.

9.5 Åtgärder

De problem som behöver komma till rätta med i utställningslokalen är att utrymningstiderna måste kortas. Detta bör uppnås genom att skyltningen fram till den utrymningsväg som befinner sig längst in i rummet skall bli tydligare. Skyltningen ska vara sådan att besökarna hela tiden vet vilken utrymningsväg som är närmst, även om man inte passerat den, vilket gör att de troligtvis kommer att gå rätt redan från början och inte behöver leta efter rätt väg. Vidare skall utrymningslarmet kopplas så att lokalen tänds upp helt, samtliga ljud- och ljuseffekter stängs av och ett talat meddelande som klart instruerar personerna i lokalen att utrymma spelas upp.

9.6 Validering av åtgärder

Lokalens komplexa geometri och speciella utförande gör det omöjligt att genom beräkningar visa på de effekter de föreslagna åtgärderna skulle resultera i. Resonemang förs istället om att varje åtgärd som bidrar till att avsevärt korta ner utrymningstiderna i lokalen rekommenderas.

De ovan nämnda åtgärderna anses uppfylla dessa kriterier. En tydlig skyltning kommer att hålla nere förflyttningstiden i och med att personerna i lokalen troligtvis använder den kortaste vägen ut. Att koppla utrymningslarmet till ljud- och ljussystemet enligt ovan kommer bidra till förkortade varseblivnings-, besluts- och reaktionstider eftersom besökarna fort kommer att upptäcka att något är fel och därmed troligtvis söka sig ut ur lokalen.

10. Diskussion

Det övergripande brandskyddet och nivån på personsäkerheten i byggnaden är bra och genomtänkt redan från början. Det märks tydligt att brandkonsulter varit med initialt i projekteringen och att stor möda har lagts ner på att få ett mycket bra brandskydd i byggnaden med avseende på både personsäkerhet och egendomsskydd. Det finns ett antal mycket väl genomtänkta lösningar som anger ambitionen att uppnå en hög brandskyddsnivå.

Likväl har några saker observerats under besöken på objektet som bör eller skall åtgärdas för att förbättra brandskyddet ytterligare. Dessa scenarier som tas upp i rapporten, har utretts och nya förslag på förbättringar har tagits fram.

10.1 Konsertsal

Det första scenariot som granskades är konsertsalen, där persontätheten är störst vid ett evenemang. Problemet där är utrymning via en spiraltrappa av upp till 650 personer om den andra utrymningsvägen blockeras. Spiraltrappan är väldigt trång och utrymningen tar lång tid, visserligen klaras en utrymning inom tidsramen för om en brand skulle ha utbrutit i korridoren utanför konsertsalen, då brandcellen klarar 60 minuter.

Här blir problemet inte själva branden, utan beteendet hos människor vid en utrymning det som avgör hur en dimensionering skall utföras. Därför föreslås en brandjalusi i korridoren utanför konsertsalen som har till uppgift att förhindra brandgasspridning. Detta för att dela en av utrymningsvägarna så att istället för två, så skapas tre av varandra oberoende utrymningsvägar. Jalusiet går dessutom att dölja bakom takbalkar så att det inte syns och stör den vision om öppna publika ytor som fastighetsägaren och arkitekten tänkt sig för byggnadens planlösning.

Vid en brand inne i konsertsalen hinner utrymning ske i det scenario som kan antas gälla, då kritiska förhållanden aldrig hinner uppstå innan utrymningen är genomförd. Detta under förutsättning att ingen utrymningsväg är blockerad och att brandgasventilationen fungerar. Här har resultaten från Argos kontrollerats med handberäkningar och resultaten pekar på att brandgaslagret kommer att ligga på en nivå på mellan 3 och 5 meter. Detta anses vara säkert för att utrymma lokalen tillfredsställande för de installationer som redan finns. Således föreslås ingen åtgärd för detta scenario.

I detta scenario bygger utrymningsstrategin på att brandgasventilationen verkligen fungerar. För att få en säkrare funktion av brandgasventilationen bör denna kopplas till brandlarmknapparna i lokalen. Därigenom kan den som så önskar ställa av rökdetektorerna vid en konsert som använder pyrotekniska effekter och rökmaskiner. Detta ställer dock krav på att personalen som arbetar vid evenemanget är införstådda med, och utbildade på, att larma via larmknapp istället för att lita på rökdetektorerna.

10.2 Brand i restauranggarderoben

Restaurangen visade sig ha den lägsta nivån på brandsäkerheten med avseende på utrymning i byggnaden. Där blockeras som regel alternativa utrymningsvägar av personalen som belamrar utgången med diverse bråte som hör till restaurangen. Detta kan tyda på att personalen inte är informerad, eller har förståelse för, den allmänna strävan att hålla en hög brandsäkerhetsnivå i byggnaden. Detta kan vara en produkt av att restaurangen drivs på entreprenad av ett externt företag som har en annan syn på brandsäkerhet.

Gällande scenariot med en brand i garderoben i den övre matsalen så visade det sig att den gick att bygga bort med en brandklassad skjutdörr med magnetstängare. Vid installation av en sådan skjutdörr kan garderoben användas för sitt ändamål även i fortsättningen utan att blockera en av utrymningsvägarna i restaurangen. Efter att ha byggt bort detta problem så kontrollerades nästa dimensionerande brand. Här simulerades en brand i köket med initialbranden i en fritös. Det konstaterades att kritiska förhållanden aldrig uppstod och dimensioneringen således klarade sig från vidare åtgärder.

10.3 Brand i utställningssalen "Vikten av vatten"

En brand i utställningssalen, "Vikten av vatten", är ett scenario som inte gick att enkelt simulera i Argos och Simulex. Detta löstes så att resultaten från simuleringarna fick ange en riktning som kompletterades med handberäkningar och ingenjörsmässiga bedömningar. Då dessa beräkningar, simuleringar och bedömningar pekade åt samma håll så framkom följande resonemang för åtgärder i lokalen.

Resultaten blev att detta utrymme måste åtgärdas om det ska fortsätta ha samma funktion som utställningslokal med nuvarande utförande. Den utställning som finns i lokalen nu antas vara en fast utställning eftersom den funnits sedan huset byggdes, och inga planer finns på att ersätta den med något annat i dagsläget. För att få en fungerande utrymning ifrån denna lokal föreslås ett antal åtgärder så att personsäkerheten förbättras. Däribland att skyltningen för utrymningsvägar måste förstärkas. Ljud- och ljusanläggningarna skall även åtgärdas så att ljuset tänds och ljudet slås av vid utrymningslarm. I dagsläget är det oklart vad som gäller för ljud- och ljus anläggningarna, det råder delade meningar om ljuset tänds och om ljudet stängs av. Dessutom rekommenderas att ett talat meddelande används vid utrymningslarm.

Följs dessa rekommendationer så antas rummet bli säkrare för besökare och personal vid brand.

10.4 Brandgasspridning via ventilationssystem

Om de beräkningar och simuleringar som genomförts med avseende på brandgasspridningen via ventilationssystemet kan kort sägas att.

För den del av byggnaden som beräknats kommer en viss del av brandgaserna att spridas via ventilationssystemet. Dock är detta inte dimensionerande, då risken för brandgasspridning är betydligt större och troligare med en öppen dörr. Detta även med tanke på att dessa utrymnen är sprinklade, och därigenom kyls även brandgaserna, som då mister sin termiska stigningsförmåga.

Innan spridning sker kommer en säker utrymning att kunna ske från dessa kontor, då effektutvecklingskurvan är långsam med avseende på tiden. Detta gör att inga vidare åtgärder föreslås gällande ventilationssystemet.

11. Åtgärdsförslag

Nedan följer en lista på de åtgärdsförslag som uppkommit under arbetets gång. Dessa förslag knyts till de scenarier som är framtagna för objektet. För vissa fall är dock inte åtgärdsförslagen knutna till specifika scenarier, utan gäller allmänt för hela byggnaden och dess verksamhet. De förslag som omnämns med ordet *skall* är högst prioriterat utan hänsyn till den ordning förslagen kommer i texten.

- Alla elinstallationer *skall* vara fasta. Vid tillfälliga installationer skall dessa utföras på ett sådant sätt att de är lätta att avlägsna efter utfört arbete. Detta för att undvika att tillfälliga installationer blir kvar och övergår till en illa utförd ”fast” installation.
- Brandsäkerhetsansvarig för byggnaden *skall* införa och/eller fortsätta att upprätthålla en god dokumentation av möbleringen och ordningen i byggnaden som ett komplement till befintligt SBA. Detta gäller för materialval i möbler och för underhåll av tekniska installationer, samt att hålla byggnaden sparsamt möblerad i allmänna utrymmen och utrymningsvägar. Dokumentationen skall kunna användas för att informera och utbilda eventuella efterträdare på den tjänsten, samt gälla för restaurangen då denna ligger på extern entreprenad. Detta för att det höga och omsorgsfulla brandsäkerhetstänkandet och nivån på brandskyddet i byggnaden, som dimensioneringen av brandskyddet bygger på, upprätthålls även i framtiden.
- Utrymningsvägarna *skall* göras attraktivare med tydligare skyltning på dörrarna till trapphusen. I nuläget är det inte tydligt skyltat, eller i vissa fall för små skyltar.
- Ljuset och ljudanläggningen i utställningen ”Vikten av vatten” *skall* kopplas till utrymningslarmet så att vid larm tänds ljuset upp helt och ljudet ställs av, i stil med vad som redan finns i konsertsalen. Detta för att utrymningslarmet skall uppmärksammas bättre och att utrymning sker säkrare med avseende på sikten. I annat fall *skall* det säkerställas att det redan fungerar på det angivna sättet så att inga tvivel finns kvar om funktionen.
- I utställningslokalen, ”Vikten av vatten”, på plan 1 så *skall* även skyltningen och gångvägarna till utrymningsvägarna skyltas upp bättre. Detta genom att i golvet läggs ljusslingor för att markera gångväg till närmsta utrymningsväg. Den dolda utrymningsvägen skall förses med tydligare skyltning i taket som visar vägen till denna dörr, (genomlyst utrymningsskylt).
- En skjutdörr av lägst brandklass EI-30 *skall* installeras i garderoben i restaurangen på plan 2. Skjutdörren hålls öppen av magneter och stänger automatiskt vid brandlarm. Detta för att minska risken för att nödutgången blockeras och strålningsvärmens minskas.
- För konsertsalen *skall* rutiner tas fram så att ingen som helst förvaring av brännbart material får ske under scenen. Detta på grund av den ökade brandrisken. Brännbart material och dylikt bör förvaras i det flygelförråd som tillhör lokalen.

- Mikrobrytare till dörrarna i utställningshallarna *skall* installeras och/eller kopplas in så att vitala funktioner inte går att aktivera så länge som nattlåsen är låsta. Förslag på vitala funktioner är att allmänbelysning inte går att tända eller att automatiska dörrar inte fungerar. Detta för att utrymningsvägarna skall ha rätt funktion vid en eventuell brand i byggnaden.
- Papperskorgarna i papp och trä *bör* bytas ut mot papperskorgar i metall för att försvåra anlagd brand.
- Papperskorgarna *bör* även fastmonteras i vägg eller golv för att förhindra att de används som dörrstopp av branddörrar.
- Klädhängare i utrymningsvägar *bör* tas bort för att minska en eventuell brandbelastning i dessa utrymmen, samt undvika att vägen blockeras av tunga vinterjackor. Enligt platsansvarig används de ändå inte i en sådan utsträckning att det motiverar placeringen.
- Linjerökdetektorerna i konsertsalen och teatern *bör* bytas mot ett samplande system. Detta för att underlätta underhåll av detektorerna, då de är otympligt placerade i taknivå med ett udda utformat tak. Samt för att detektering sker snabbare i lokalerna. Detta system bör placeras så att detektorn sitter på ett lättåtkomligt ställe i lokalen, och rören täcker in högsta och lägsta punkterna i taket i första hand. Rören bör vara placerade så att de följer taket i längdled för att täcka in största möjliga sträcka i lokalen.
- Ett rökavskiljande jalusi, som rullar ner vid detektorlarm, *bör* installeras i korridoren mellan dörrarna ut från konsertsalen. Detta för att skapa två av varandra oberoende utrymningsvägar utöver spiraltrappan. Då lättar trycket på spiraltrappan vid utrymning och utrymningen sker snabbare. Om denna jalusi installeras *skall* skyltningen utanför konsertsalen uppdateras så att den stämmer överens med de ”nya” gångvägarna. Jalusiet *skall* dessutom vara försett med en öppning (dörr eller liknande) så att passage kan underlättas genom jalusiet. Dessutom *skall* jalusiet vara kopplat till rökdetektorerna så att det bara aktiveras av de detektorer som finns i korridoren. Detta för att jalusiet inte skall aktiveras om rökdetektorer larmar i andra delar av byggnaden.
- Taklampan i restauranggarderober på plan två *bör* bytas ut eller placeras på annat sätt så att den inte täcker delar av sprinklerns verkningsyta. Även om detta utförs, så *skall* skjutdörren monteras enligt ovan angivna förslag.
- Brandgasventilationen i konsertsalen *bör* kopplas till larmknapparna. Detta för att systemet även skall kunna aktiveras vid visuell detektering, som ett komplement till detektoraktivering.

Referenser

Boverket, *Boverkets byggregler, BBR*, Boverket, Karlskrona, 2002

Boverket, *Utrymmesdimensionering*, Boverket, Karlskrona, 2006, ISBN; 91-7147-948-1

Brandskyddsdocumentation Kv. Museet 1, Helsingborg Dunkers Kulturhus, CLC Installationsconsult AB, Helsingborg 2004

Brandskyddshandboken. Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

DiNunno, P. J., *Handbook of fire protection engineering second Edition*, SFPE, USA, 1995

Drysdale Dougal, *An introduction to fire dynamics second edition*, Wiley & Sons, Chichester, 1998, ISBN; 0-471-97290-8

Frantzich Håkan, *Tid för utrymning vid brand*, SRV rapport P21-365/01. Statens räddningsverk, Karlstad, 2001

Jensen Lars, *Brandgasspridning via ventilationssystem*, Institutionen för byggnadskonstruktionslära, Lunds tekniska högskola, Lund 1998, ISRN LUTAD/TABK-7050-SE

Johansson Björn, *Analys av utrymningssäkerheten vid brand hos nattklubben Underbar i Skellefteå*, LTH, Lund 2004

Karlsson Björn, Quintiere James G. *Enclosure fire dynamics*, USA, 2002, ISBN; 0-8493-1300-7

Rapport ISO/WD13390 (1995)

RUS 120:4, *Regler för automatisk vattensprinkleranläggning*, 1993

Räddningsverket, *Räddningstjänst I siffror*, Räddningsverket Karlstad 2005, ISBN; 91-7253-274-2

Särdqvist Stefan, *Initial fires*, BRANDFORSK, Lund 1993, ISSN; 1102-8246

Internetreferenser:

<http://www.zeta.nu/>, 2006-10-31

http://www.iesve.com/content/default.asp?page=s1_2_1

Bilaga A – Ytskiktsskisser och material

Sprinklade ytor

De takytor som är sprinklade är utförda i minst ytskiktsskiss C-s2, d0, (klass II).

Väggytor som är sprinklade är utförda i minst ytskiktsskiss D-s2, d0, (klass III).

Korridorer (gångytor)

Taket i korridorerna är utfört i brandimpregnerad träpanel, utfört på fabrik med typgodkänt material, och ovanliggande obrännbar isolering.

Golvet är utfört i massivt trä, stående med ändträet som slityta.

Storkök

Väggarna i köken är försedda med obrännbart material.

Osprinklade ytor

Takytorna i de osprinklade utrymmena är utförda i ytskiktsskiss B-s1, d0, (klass I).

Väggytor i de osprinklade utrymmena är utförda i ytskiktsskiss C-s2, d0, (klass II).

Samlingslokaler

De lokaler som är samlingslokaler är teatersalen och konsertsalen. Där är taket utfört med brandskyddsimpregnerad träpanel och ovanliggande obrännbar isolering.

Golvet är utfört i obrännbart material.

Utrymningsvägar

Taket och väggytorna i utrymningsvägarna är utfört i ytskiktsskiss B-s1, d0, (klass I).

Ytskikten är i sin tur fästade på obrännbart material.

Golven är utförda i obrännbara material.

Övriga ytor

I kontoren och restaurangerna är taken utförda i obrännbara material och golven likaså.

Bilaga B – Bärförmåga vid brand

De bärande konstruktionerna i byggnaden är utformade så att föreskriven last och säkerhet vid brand är betryggande. Detta med avseende på att byggnaden är en Br 1 byggnad.

Detta ges av nedanstående tabeller.

Vertikalt bärverk samt stomstabiliserande horisontellt bärverk

Ej sprinklade delar	Klass
Bjälklag	R60
Övriga bärverk	R90
Horisontellt ej stomstabiliserande bärverk	R60
Trapplopp och trapplan i trapphus	R30

Sprinklade delar	Klass
Bjälklag	R60
Övriga bärverk	R60
Horisontellt ej stomstabiliserande bärverk	R60
Trapplopp och trapplan i trapphus	R30

Bilaga C – Utdrag från Räddningstjänst i siffror

Tabell 114

Brand i byggnad per objektstyp och startutrymme, 2004

Tabellen visar i vilka utrymmen bränder uppstår för respektive typ av byggnad.

Riket

Startutrymme ¹	Allmän byggnad	Bostad	Industri	Annan byggnad (specifiserad)	Annan byggnad (specifiserad)	Ej angiven/ det fria	Totalt	
							Antal	Andel ²
Ej angivet	6	5	4	1	5		21	0,2%
Utomhus	113	116	36	25	42	21	353	3,6%
Fristående förråd/uthus	48	81	14	66	204	37	450	4,6%
Förråd	33	79	15	18	53	2	200	2,1%
Fristående garage	2	35	15	63	50	3	168	1,7%
Inbyggt garage	7	37	10	39	21		114	1,2%
Radgarage	2	3		29	7		41	0,4%
Kök	340	1 380	8	3	24	4	1 759	18,2%
Skorsten	8	1 028	20	11	17	2	1 086	11,2%
Pannrum	24	225	43	46	20		358	3,7%
Luftbehandlingsutrymme	15	1	28	2	2		48	0,5%
Soprum/sopnedkast	19	219	1	60	50	4	353	3,6%
Trapphus/korridor	110	196	4	3	7		320	3,3%
Tvättstuga	27	178	6	2	8		221	2,3%
Badrum/toalett/bastu	110	113	5	1	43	1	273	2,8%
Vardagsrum	56	492	1	6	2		557	5,8%
Sovrum/sovsal	124	278	1		4		407	4,2%
Hall	34	99		3	2		138	1,4%
Verkstad/hobbyrum	16	12	55	8	5		96	1,0%
Vind	16	105	3	3	5		132	1,4%
Källare (ej boyta)	25	187	11	2	8		233	2,4%
Balkong/loftgång	8	164					172	1,8%
Elcentral	51	28	48	17	7	2	153	1,6%
Produktionslokal	8	2	481	14	9		514	5,3%
Försäljningslokal	67	4	4	4	2	2	83	0,9%
Samlingslokal	120	3			9	1	133	1,4%
Personalutrymme	52	4	13	4	4		77	0,8%
Kontor	35	1	10	4	3		53	0,5%
Datacentral	1	1	3				5	0,1%
Lastbrygga	9		5	3	3		20	0,2%
Lager	21	1	50	10	6	1	89	0,9%
Upplag	2	1	6	9	5	2	25	0,3%
Djurstall	2			31	1	1	35	0,4%
Höupplag/loge/lada	1	2	4	73	16	2	98	1,0%
Cistem		1	7	4	1		13	0,1%
Silo	1		31	8	8		48	0,5%
Okänd	20	228	18	26	28	8	328	3,4%
Annat	221	225	154	99	143	25	867	9,0%
Totalt antal bränder	1 681	5 359	1 081	675	775	113	9 684	

1) En brand kan ha flera startutrymmen.

2) Andel beräknas på totalt antal bränder.

(Räddningsverket, 2005)

Bilaga D – Giltighetsberäkningar för tvåzonsmodeller

De scenarier som ingår i denna rapport har kontrollerats med avseende på giltigheten för tvåzonsmodeller. För att Argos skall kunna användas måste scenarierna uppfylla kriterierna för två-zonsmodeller. Således har beräkningar utifrån rummets geometri utförts.

De förutsättningar som gäller för giltigheten av två-zonsmodeller anges nedan. Beräkningarna är utförda enligt nedanstående formler. För värden på effekterna hänvisas till respektive scenario.

$$\dot{Q} \geq 5 \cdot A \cdot \sqrt{H} \quad (\text{kW})$$

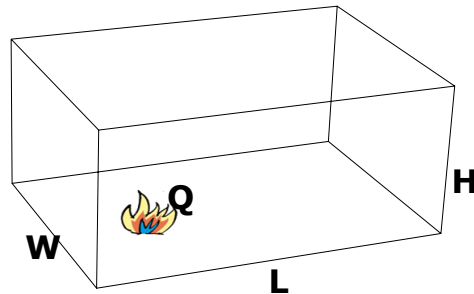
Där:

$$A = L \cdot W \quad (\text{m}^2)$$

L är längden på rummet

H är höjden på rummet

W är bredden på rummet



Skiss över brandrummet

	Acceptabelt	Speciella överväganden krävs	Speciella förhållanden för korridor
$(L/W)_{\max}$	$L/W < 3$	$3 < L/W < 5$	$L/W > 5$
$(L/H)_{\max}$	$L/H < 3$	$3 < L/H < 6$	$L/H > 6$
$(W/H)_{\min}$	$W/H > 0.4$	$0.2 < W/H < 0.4$	$W/H < 0.2$
\dot{Q}	$\dot{Q} \geq 5 \cdot A \cdot \sqrt{H}$		$\dot{Q} \leq 1000$

Indata

I nedanstående tabell återfinns de indata som används för giltighetsberäkningarna för tvåzonsmodeller.

Utrymme	L (m)	W (m)	H (m)	\dot{Q} (kW)
Konserteral	21,0	14,2	9,0	3800
Korridor utanför konsertsal	38,6	5,4	3,0	300
Korridor utanför konsertsal korrigerad med rumsindelning				
Rum 1	6,0	5,4	3,0	
Rum 2	6,0	5,4	3,0	
Rum 3	9,0	5,4	3,0	300
Rum 4	9,0	5,4	3,0	300
Rum 5	8,6	5,4	3,0	
Utställning vikten av vatten	27,0	8,6	6,0	2200
Restaurang				
Garderob	2,6	2,6	4,5	800
Matsal	14,6	13,1	7,5	
Kök	5,6	4,8	2,4	200

Resultat

Resultaten av beräkningarna anges i tabellen nedan.

Utrymmen	$(L/W)_{\max}$	$(L/H)_{\max}$	$(W/H)_{\min}$	\dot{Q} (kW)
Konserteral	1,5	2,3	1,6	$\dot{Q} > 2835$
Korridor utanför konsertsal	7,1 Ej giltig	12,9 Ej giltig	1,8	$\dot{Q} > 1002$
Korridor utanför konsertsal korrigerad med rumsindelning				
Rum 1	1,1	2,0	1,8	
Rum 2	1,1	2,0	1,8	
Rum 3	1,7	3,0	1,8	$\dot{Q} > 234$
Rum 4	1,7	3,0	1,8	$\dot{Q} > 234$
Rum 5	1,6	2,9	1,8	
Utställning Vikten av vatten	3,1 Godkänt gränsfall	4,5 Ej giltig	1,4	$\dot{Q} > 2000$
Restaurang				
Garderob	1,0	0,6	0,6	$\dot{Q} > 124$
Matsal	1,1	1,9	1,7	$\dot{Q} > 1500$
Kök	1,2	2,3	2,0	$\dot{Q} > 104$

Kommentar

Giltigheten för utställningslokalen ”Vikten av vatten”, är inte riktigt validerad. Rummets utställning ger en mycket komplicerad geometri med inbyggda låga tak och upphöjda golvnivåer, som förändrar rökutvecklingsprofilen så att en två-zonsskiktning inte nödvändigtvis uppstår. Trots detta används simulering i Argos för att få ett värde att utgå från. Denna simulering kompletteras med handberäkningar för att kontrollera om resultaten pekar åt samma håll. Därefter görs en ingenjörsmässig bedömning av scenariot i lokalen.

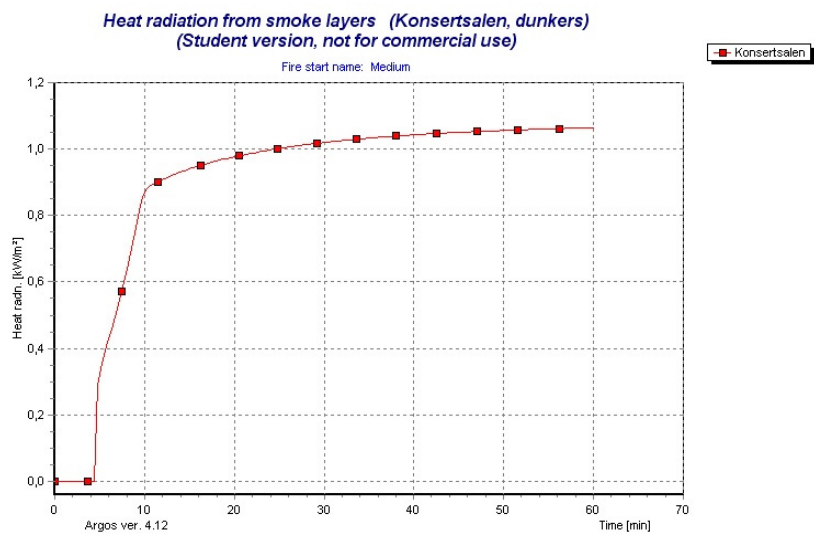
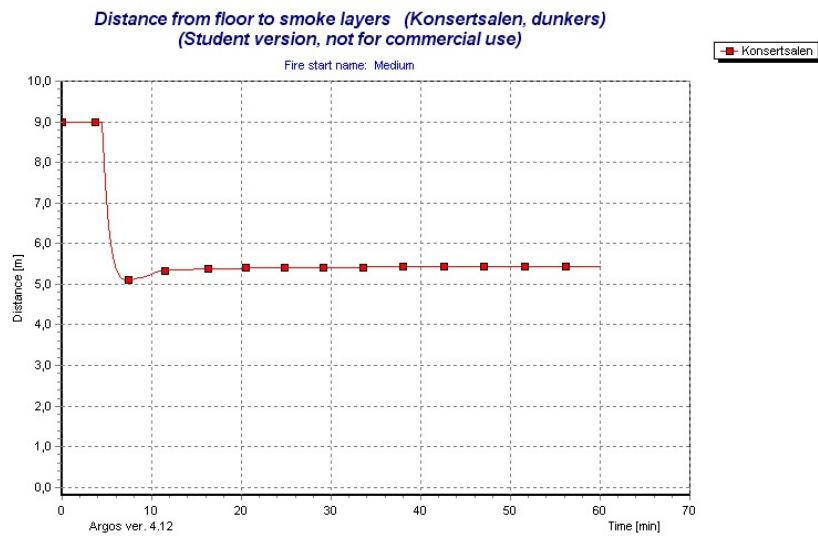
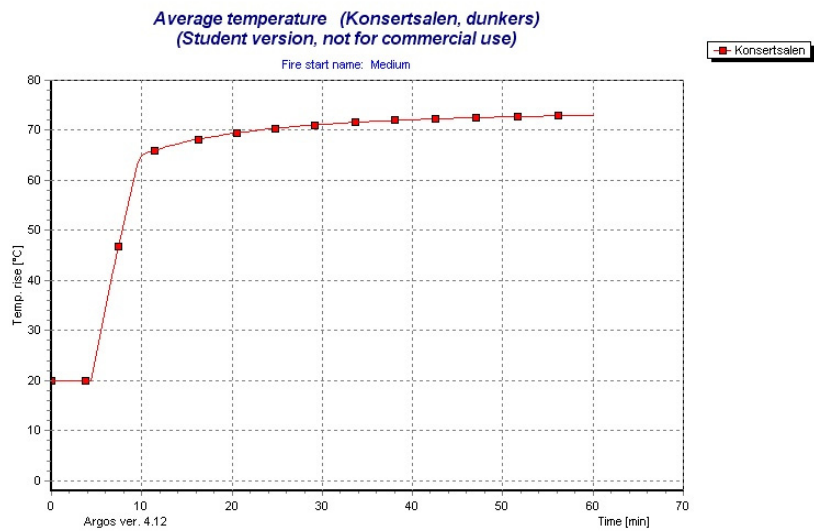
Bilaga E – Indata och resultat Argos, Konsertsalen

Konsertsalen med befintligt skydd:

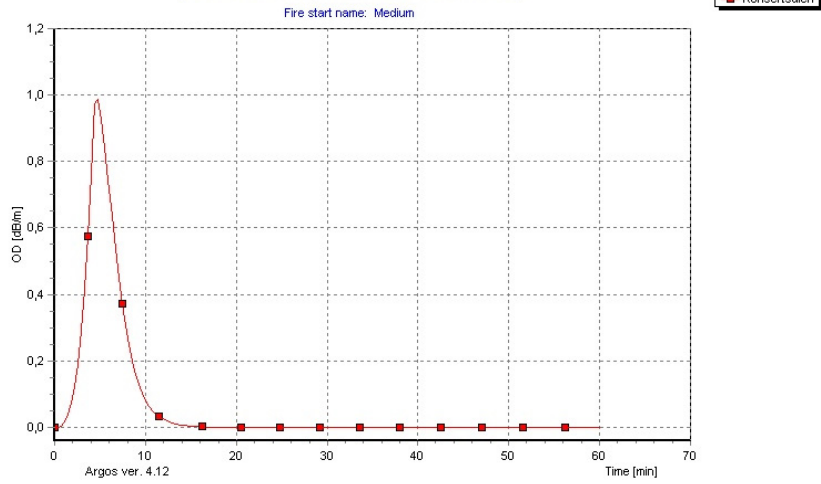
Antal rum: 1

Rummets dimensioner:	
Area	298,2 m ²
Medelhöjd	9 m
Max avstånd (halva diagonalen)	12,68 m
Golv	Trägolv
Dörrar	4st (öppna)
Dörrhöjd	2,10 m
Dörrbredd	1,60 m
Brandlarm	Nej
Detektorer	Rökdetektorer
Larmgräns detektorer	0,4 dB/m (konservativt värde)
Brandgasventilation	Ja
Brandgasventilationens öppningsarea	7 m ²
Aktivering av brandgasventilaion	Rökdetektorer
Brandgasventilationens placering	9 m över golv
Typ av brand	α^2
Tillväxthastighet	0,0432 MW/min ²
Maxeffekt	3,76 MW

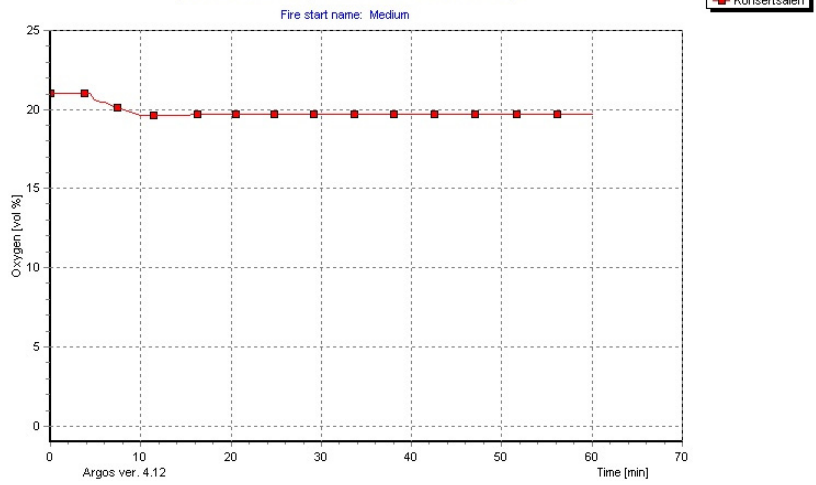
Resultat:



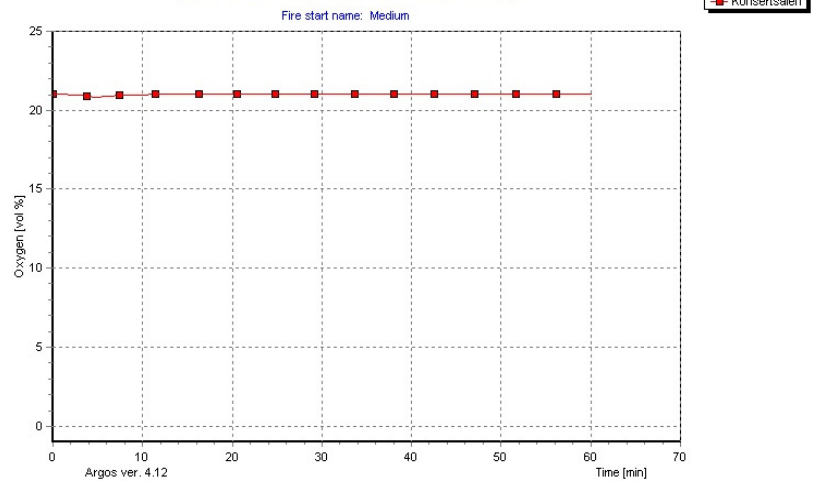
Optical smoke density in rooms (Konsertsalen, dunkers)
(Student version, not for commercial use)



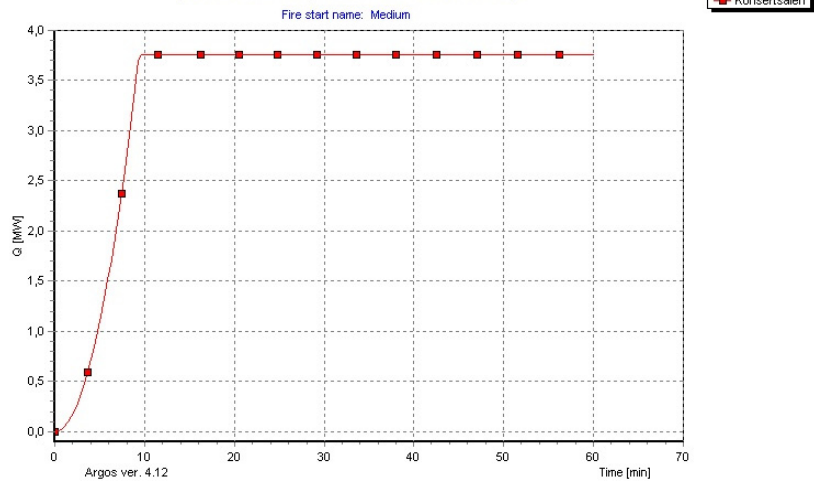
Oxygen in layers (Konsertsalen, dunkers)
(Student version, not for commercial use)



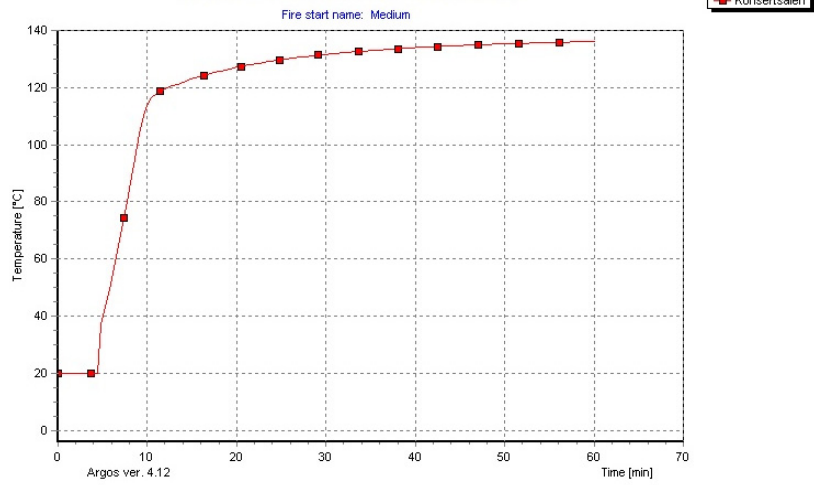
Oxygen in rooms (Konsertsalen, dunkers)
(Student version, not for commercial use)



Rate of heat release from fire (Konsertsalen, dunkers)
(Student version, not for commercial use)

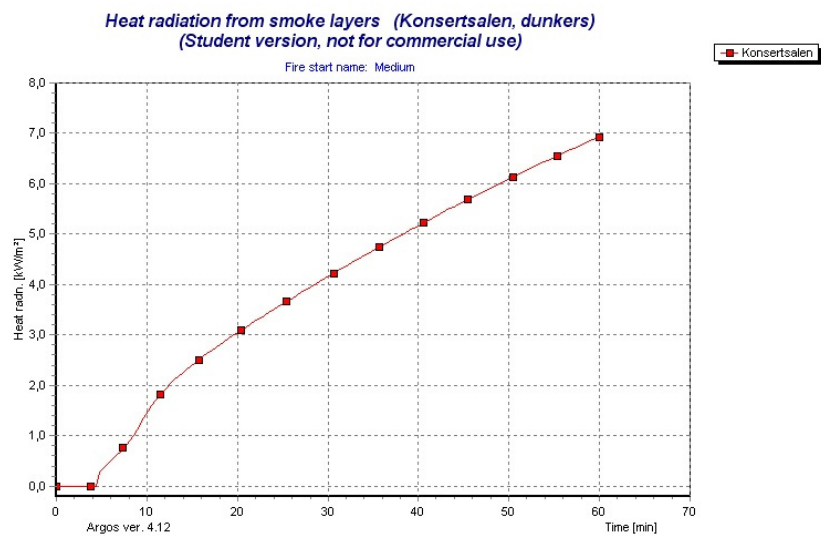
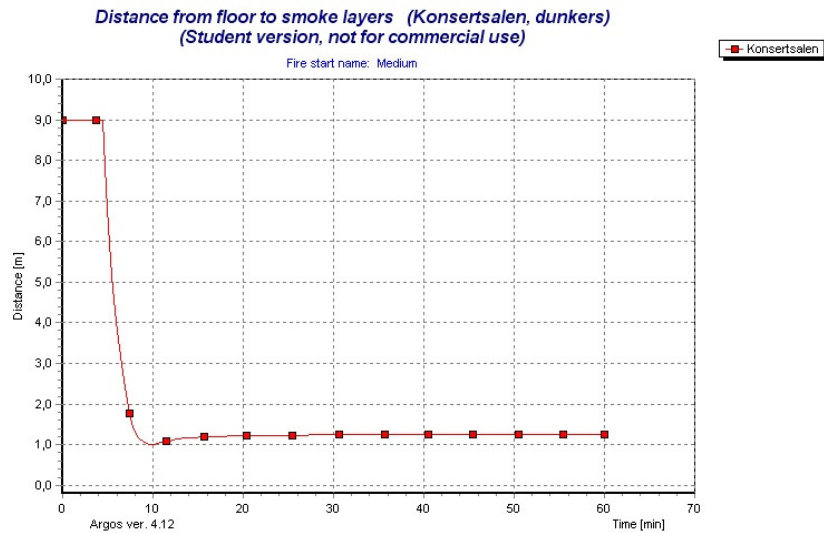
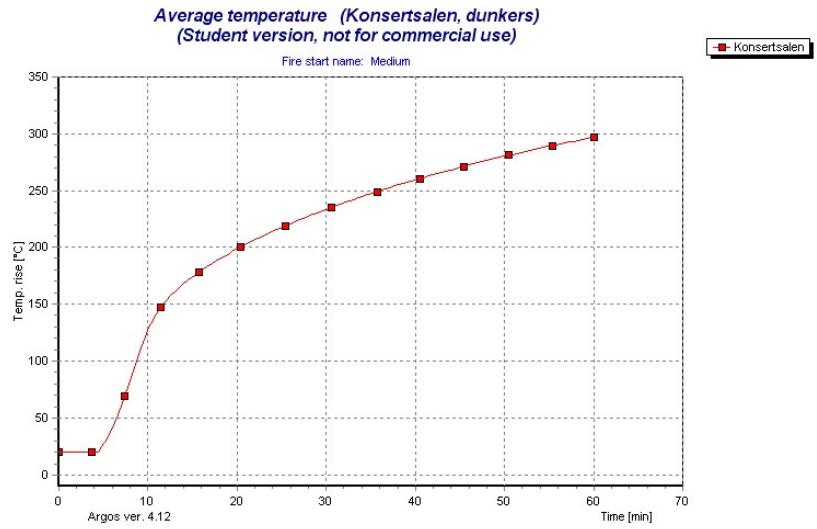


Temperature in smoke layer (Konsertsalen, dunkers)
(Student version, not for commercial use)

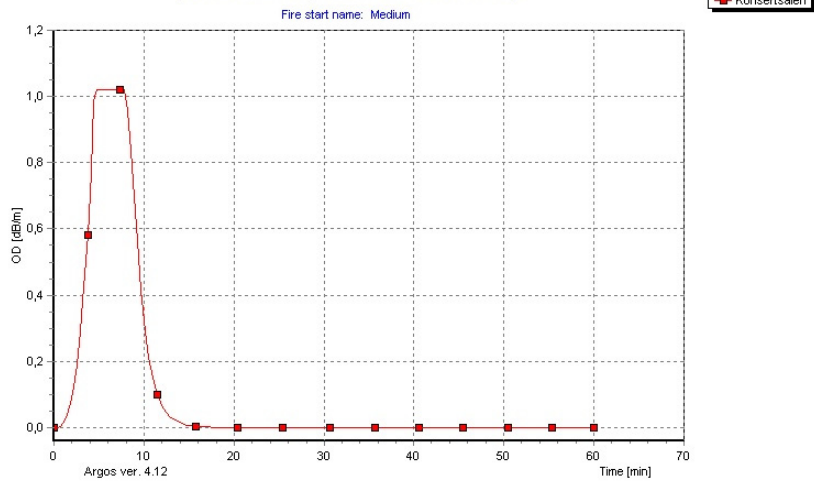


Indata som ovan fast utan ventilation

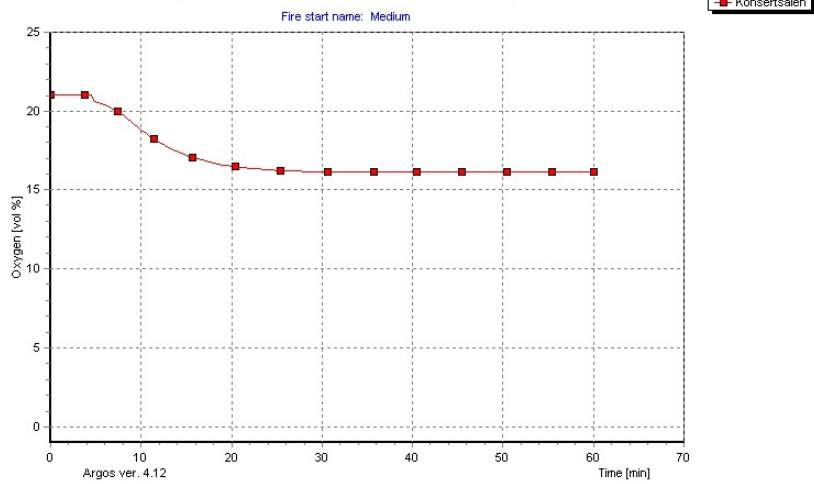
Resultat



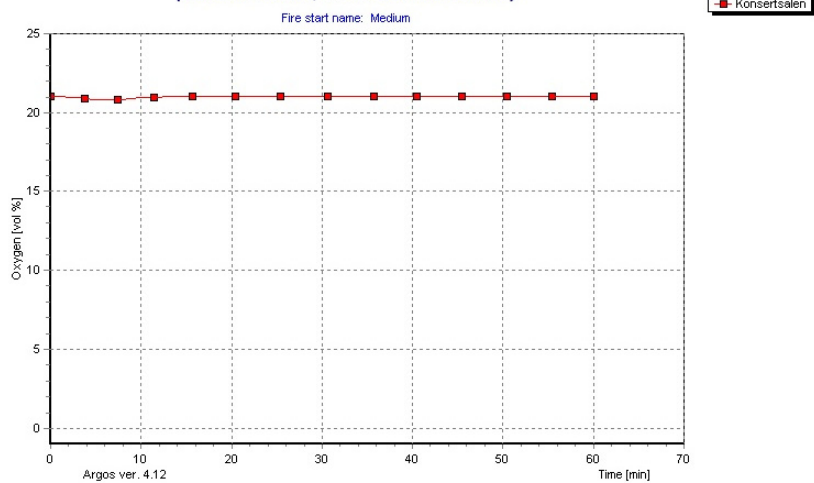
Optical smoke density in rooms (Konsertsalen, dunkers)
(Student version, not for commercial use)



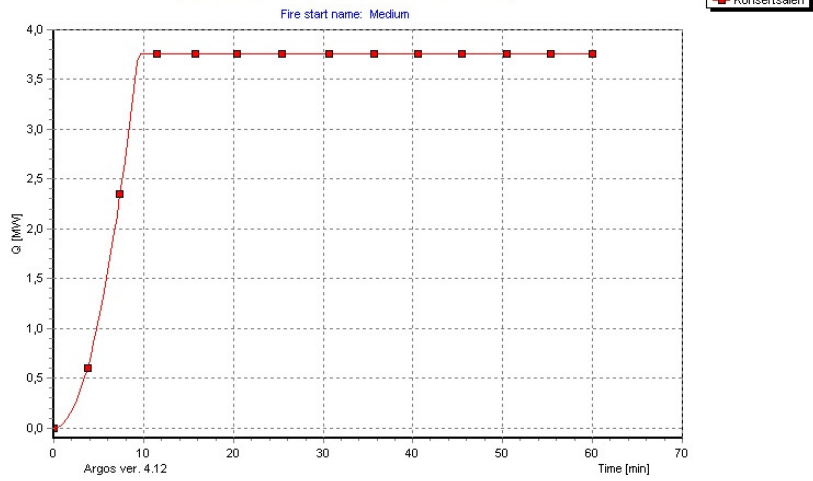
Oxygen in layers (Konsertsalen, dunkers)
(Student version, not for commercial use)



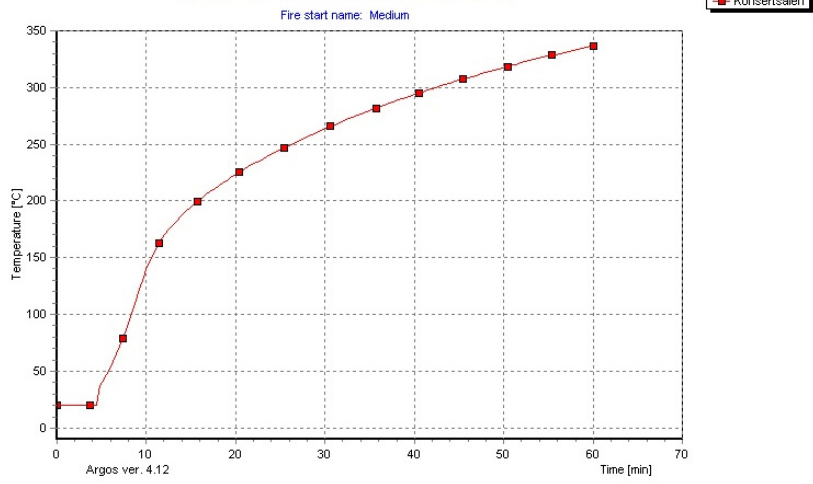
Oxygen in rooms (Konsertsalen, dunkers)
(Student version, not for commercial use)



Rate of heat release from fire (Konsertsalen, dunkers)
(Student version, not for commercial use)



Temperature in smoke layer (Konsertsalen, dunkers)
(Student version, not for commercial use)



Bilaga F – Handberäkningar konsertsal

För konsertsalen har handberäkningar utförts med både Thomas plymmodell och McCaffrey's plymmodell. Detta för att jämföra med resultaten från Argos, som baserar sina beräkningar på McCaffrey's plymmodell. Resultaten redovisas nedan. Alla ekvationer är hämtade från Enclosure Fire Dynamics, (EFD), (Karlsson, 2002).

Thomas plymmodell:

$$\dot{m}_p = 0,188 \times P \times z^{2/3} \quad (\text{ekv. 4.31 EFD})$$

Där, \dot{m}_p är massflödet i plymen $\left[\frac{kg}{s}\right]$, P är perimetern på bränslet $[m]$, och z är höjden till brandgaslagret $[m]$.

P beräknas enligt:

$$P = \pi \times D$$

Där D , diametern på bränslet $[m]$, beräknas genom följande:

$$D = 2\sqrt{\frac{A_f}{\pi}}$$

Där A_f är arean på bränslet $[m^2]$.

McCaffrey's plymmodell:

$$\dot{m}_p = 0,21 \times \left(\frac{\rho_a^2 g}{C_p T_a}\right)^{1/3} \times \dot{Q}^{1/3} \times z^{5/3} \quad (\text{ekv. 4.21 EFD})$$

Där \dot{m}_p är massflödet i plymen $\left[\frac{kg}{s}\right]$, ρ_a är luftens densitet $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$, g är gravitationskonstanten, C_p är specifika värmets vid konstant tryck $\left[\frac{kJ}{kgK}\right]$, T_a är luftens temperatur, $[K]$, \dot{Q} är effektutvecklingen $[kW]$, och z är höjden till brandgaslagret $[m]$.

Beräkningsgång

1. Gissa ett värde på z .
2. Beräkna med vald plymmodell \dot{m}_p , här med Thomas plymmodell och med McCaffrey's plymmodell.
3. Beräkna $\Delta P_l = \frac{\dot{m}_p^2}{2\rho_a(C_d A_D)}$, där ΔP_l är tryckskillnaden i den nedre tilluftsöppningen, $[Pa]$, C_d är flödeskoefficienten, (enhetslös), och A_D är totala öppningsarean på tilluften, $[m^2]$.
4. Beräkna sedan $T_g = T_a + \frac{\dot{Q}}{C_p \dot{m}_e + h A_w}$, (ekv. 8.62 EFD), där T_g är temperaturen i brandgaserna, $[K]$, h är värmeövergångskoefficienten för omgivande material, $[kW/m^2K]$, och A_w är den totala omslutningsarean, $[m^2]$.
5. Beräkna $\rho_g = \frac{353}{T_g}$, (ekv. 5.9 EFD), där ρ_g är brandgasernas densitet, $[kg/m^3]$.
6. Beräkna till sist $\dot{m}_e = C_d A_E \sqrt{2\rho_g(-\Delta P_l + (\rho_a - \rho_g)g(H_E - z))}$, (ekv. 8.67 EFD), där A_E är totala arean på frånluften, $[m^2]$, och H_E är takhöjden, $[m]$.
7. Om nu $\dot{m}_p = \dot{m}_e$ så är beräkningarna klara, om inte så börjar man om med steg 1 och gissar ett nytt z .

Indata och antaganden

Antagandet är att det råder stationära förhållanden i rummet.

$$H_E = 9m$$

$$A_w = 1200m^2$$

$$A_E = 7,0m^2$$

$$A_D = 13,44m^2$$

$$\rho_a = 1,2kg/m^3$$

$$C_p = 1,0kJ/kgK$$

$$C_d = 0,6$$

$$\dot{Q} = 3660kW$$

$$T_a = 293K$$

$$h = 0,033kW/m^2K$$

$$g = 9,81m/s^2$$

$$P = 17,72m$$

Resultat

Thomas plymmodell:

$z = 5,44m$, värdet är resultatet från Argos.

Med ovanstående givna indata:

$$\dot{m}_p = 0,188 \times P \times z^{2/3} \Rightarrow \dot{m}_p = 42,27 \text{ kg / s}$$

$$\Delta P_l = \frac{\dot{m}_p^2}{2\rho_a(C_d A_D)} \Rightarrow \Delta P_l = 11,45 \text{ Pa}$$

$$T_g = T_a + \frac{\dot{Q}}{C_p \dot{m}_e + hA_w} \Rightarrow T_g = 337,7 \text{ K}$$

$$\rho_g = \frac{353}{T_g} \Rightarrow \rho_g = 1,05 \text{ kg / m}^3$$

$\dot{m}_e = C_d A_E \sqrt{2\rho_g(-\Delta P_l + (\rho_a - \rho_g)g(H_E - z))} \Rightarrow \dot{m}_e = ?$, går ej att lösa då det blir ett negativt tal under rottecknet.

Iterering och ett nytt värde på z ger:

$$z = 3,1m$$

$$\dot{m}_p = 0,188 \times P \times z^{2/3} \Rightarrow \dot{m}_p = 18,2 \text{ kg / s}$$

$$\Delta P_l = \frac{\dot{m}_p^2}{2\rho_a(C_d A_D)} \Rightarrow \Delta P_l = 11,45 \text{ Pa}$$

$$T_g = T_a + \frac{\dot{Q}}{C_p \dot{m}_e + hA_w} \Rightarrow T_g = 356,3 \text{ K}$$

$$\rho_g = \frac{353}{T_g} \Rightarrow \rho_g = 0,99 \text{ kg / m}^3$$

$$\dot{m}_e = C_d A_E \sqrt{2\rho_g(-\Delta P_l + (\rho_a - \rho_g)g(H_E - z))} \Rightarrow \dot{m}_e = 18,7 \text{ kg / s}$$

$\dot{m}_p \approx \dot{m}_e$, alltså ligger brandgaslagret på 3,1m, vilket avrundas till 3m.

McCaffrey's plymmodell:

$z = 5,44m$, värdet är resultatet från Argos.

Med ovanstående givna indata:

$$\dot{m}_p = 0,21 \times \left(\frac{\rho_a^2 g}{C_p T_a} \right)^{1/3} \times \dot{Q}^{1/3} \times z^{5/3} \Rightarrow \dot{m}_p = 19,82 \text{ kg/s}$$

$$\Delta P_l = \frac{\dot{m}_p^2}{2\rho_a (C_d A_D)} \Rightarrow \Delta P_l = 2,52 \text{ Pa}$$

$$T_g = T_a + \frac{\dot{Q}}{C_p \dot{m}_e + hA_w} \Rightarrow T_g = 354,6 \text{ K}$$

$$\rho_g = \frac{353}{T_g} \Rightarrow \rho_g = 0,99 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m}_e = C_d A_E \sqrt{2\rho_g (-\Delta P_l + (\rho_a - \rho_g)g(H_E - z))} \Rightarrow \dot{m}_e = 12,75 \text{ kg/s}$$

$\dot{m}_p \neq \dot{m}_e$, ny beräkning krävs.

Ny gissning av z :

$$z = 4,8m$$

$$\dot{m}_p = 0,21 \times \left(\frac{\rho_a^2 g}{C_p T_a} \right)^{1/3} \times \dot{Q}^{1/3} \times z^{5/3} \Rightarrow \dot{m}_p = 16,1 \text{ kg/s}$$

$$\Delta P_l = \frac{\dot{m}_p^2}{2\rho_a (C_d A_D)} \Rightarrow \Delta P_l = 1,66 \text{ Pa}$$

$$T_g = T_a + \frac{\dot{Q}}{C_p \dot{m}_e + hA_w} \Rightarrow T_g = 358,7 \text{ K}$$

$$\rho_g = \frac{353}{T_g} \Rightarrow \rho_g = 0,98 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m}_e = C_d A_E \sqrt{2\rho_g (-\Delta P_l + (\rho_a - \rho_g)g(H_E - z))} \Rightarrow \dot{m}_e = 15,8 \text{ kg/s}$$

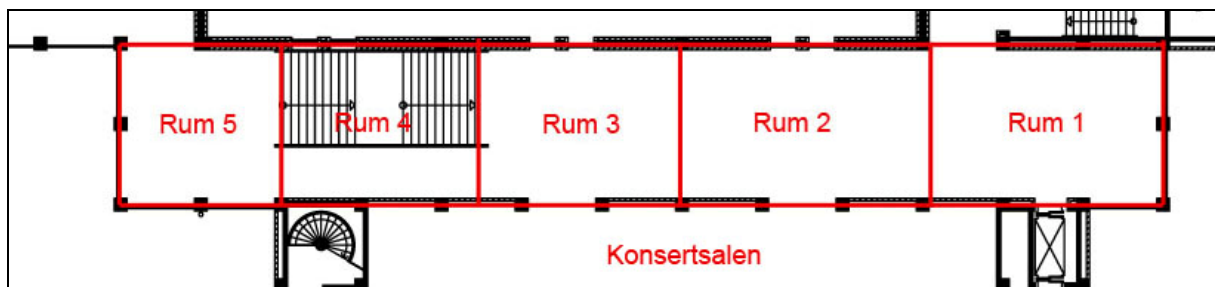
$\dot{m}_p \approx \dot{m}_e$, vilket ger brandgaslagrets höjd till 4,8m.

Bilaga G – Indata och resultat Argos, utanför konsertsalen:

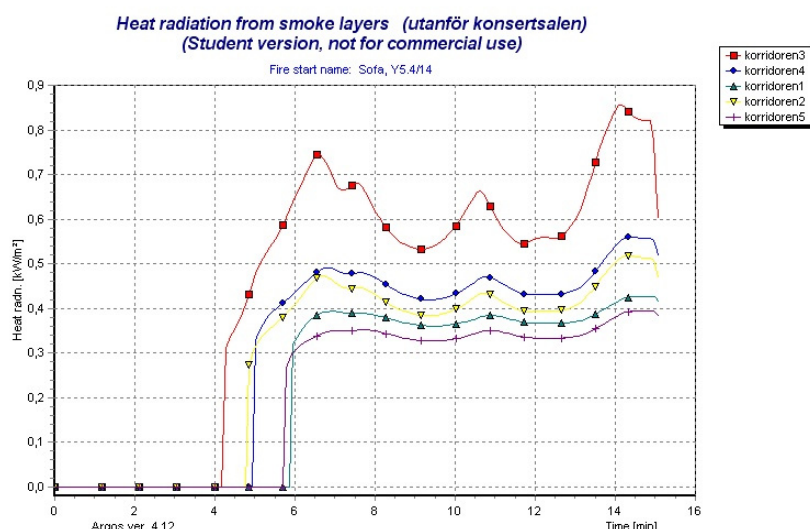
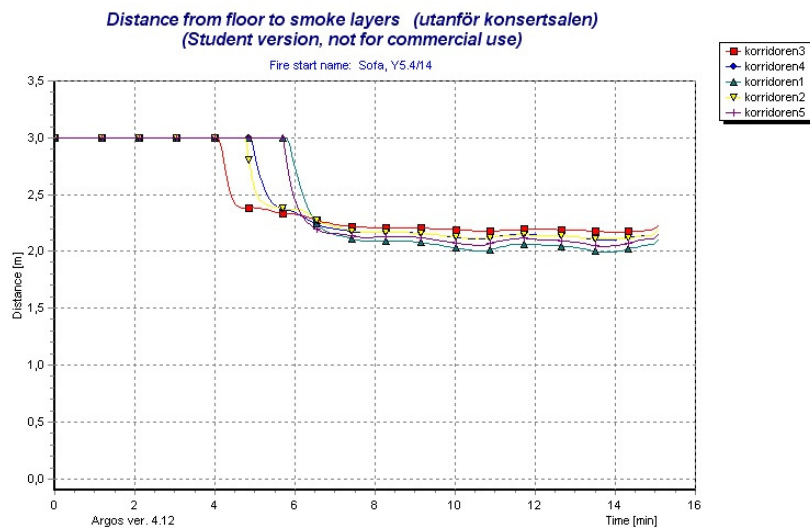
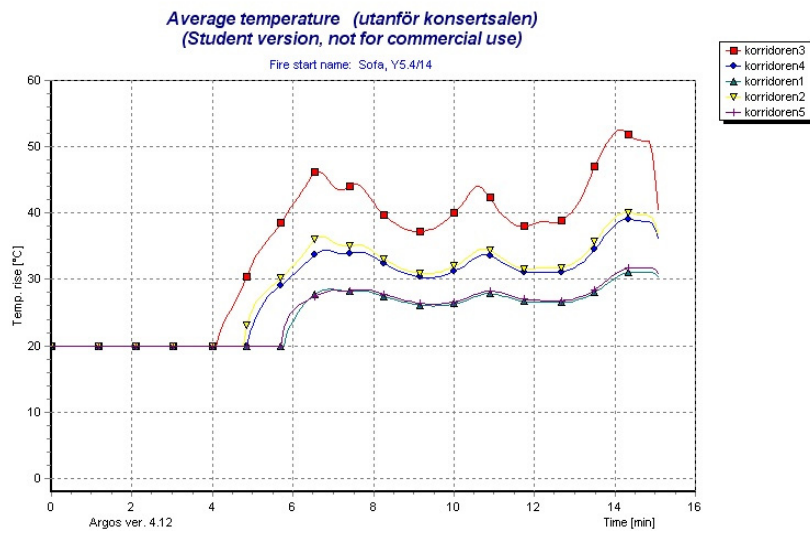
Utanför konsertsalen med befintligt brandskydd:

Antal rum: 5

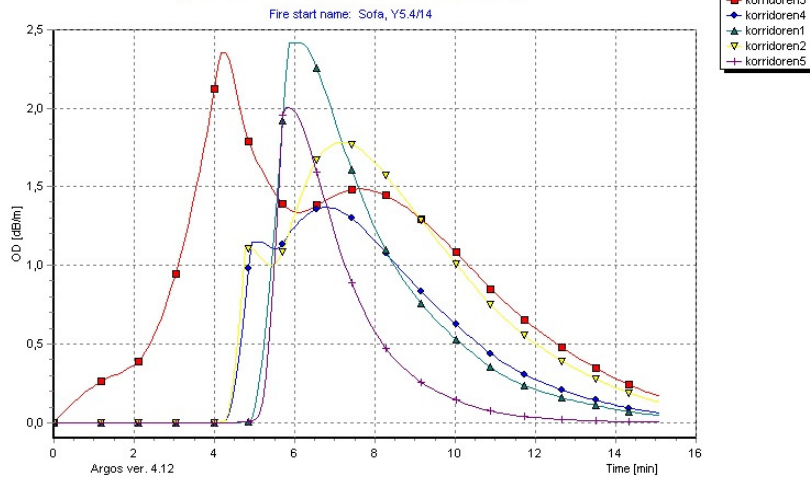
	Rum1	Rum2	Rum3	Rum4	Rum5
Area	46,44 m ²	48,6 m ²	48,6 m ²	32,4 m ²	32,4 m ²
Medelhöjd	3 m	3 m	3 m	3 m	3 m
Max avstånd (halva diagonalen)	5,08 m	5,25 m	5,25 m	4,04 m	4,04 m
Golv	Trägolv	Trägolv	Trägolv	Trägolv	Trägolv
Öppningar till	1st till omgivningen & 1st till Rum 2	1st till Rum 1 & 1st till Rum 3	1st till Rum 2 & 1st till Rum 4	1st till Rum 3 & 1st till Rum 5	1st till omgivningen & 1st till Rum 4
Öppningarnas höjd	2,8 m	2,8 m	2,8 m	2,8 m	2,8 m
Öppningarnas bredd	2,6 m till omgivningen & 5,4 m till Rum 2	5,4 m	5,4 m	5,4 m	3 m till omgivningen & 5,4 m till Rum4
Brandlarm	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Sprinkler	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Sprinklernas RTI	50	50	50	50	50
Sprinklernas aktiveringstemp.	68°C	68°C	68°C	68°C	68°C
Brandtyp	-	-	Soffa Y5.4/14 (ur Initial Fires)	-	-



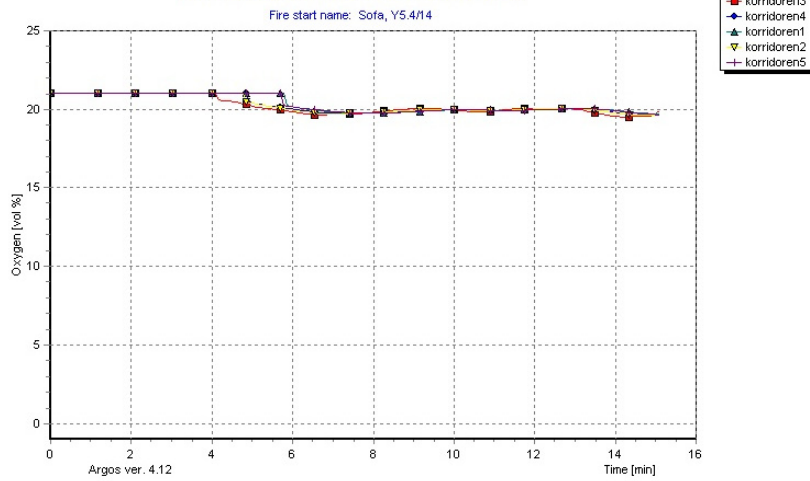
Resultat:



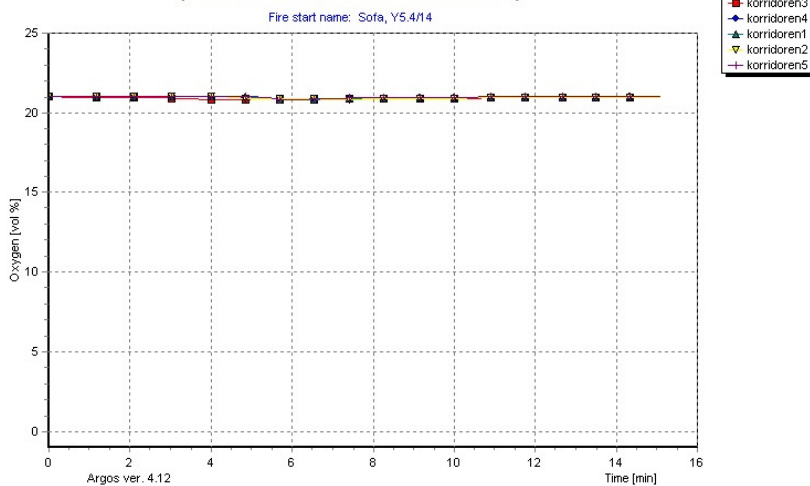
Optical smoke density in rooms (utanför konsertsalen)
(Student version, not for commercial use)



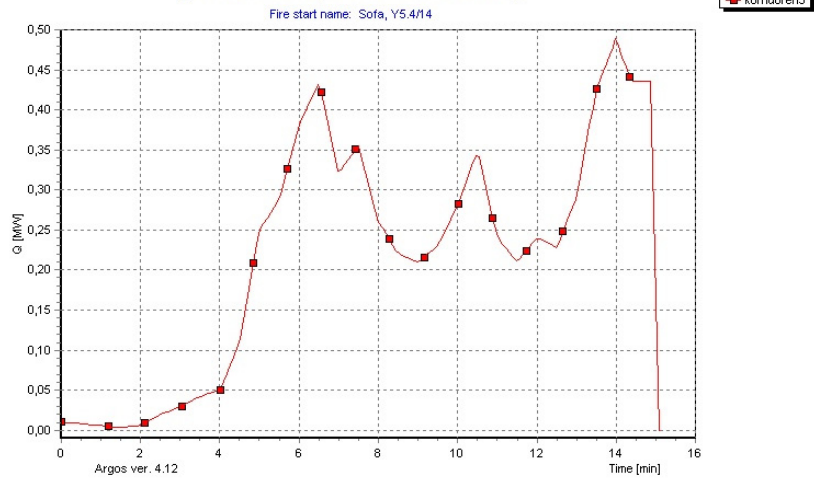
Oxygen in layers (utanför konsertsalen)
(Student version, not for commercial use)



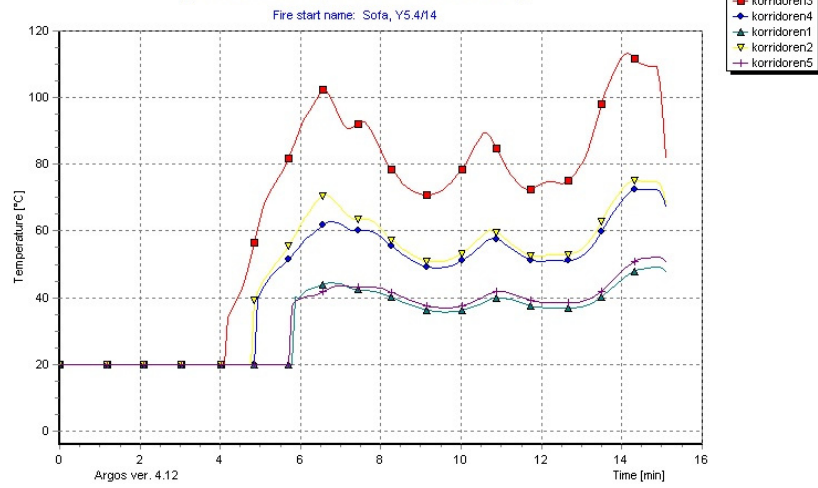
Oxygen in rooms (utanför konsertsalen)
(Student version, not for commercial use)



Rate of heat release from fire (utanför konsertsalen)
(Student version, not for commercial use)

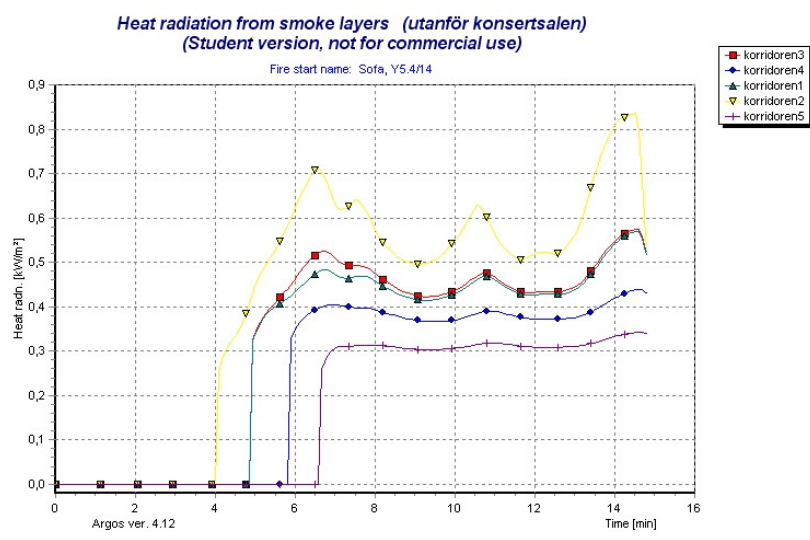
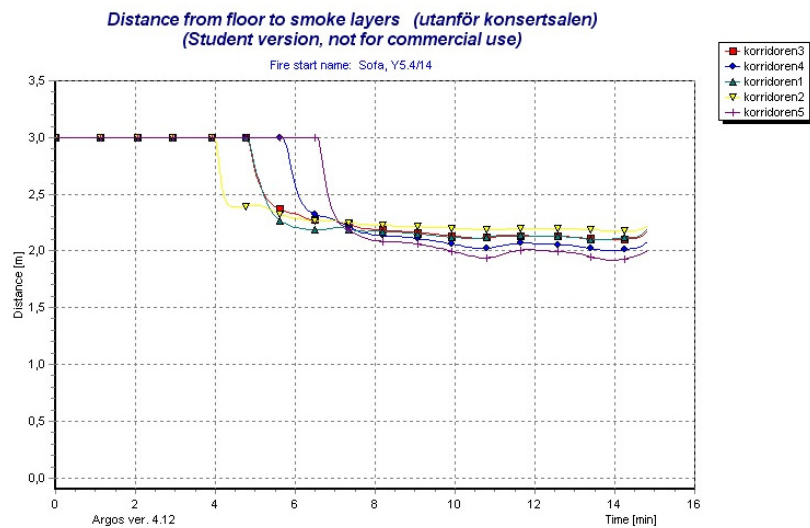
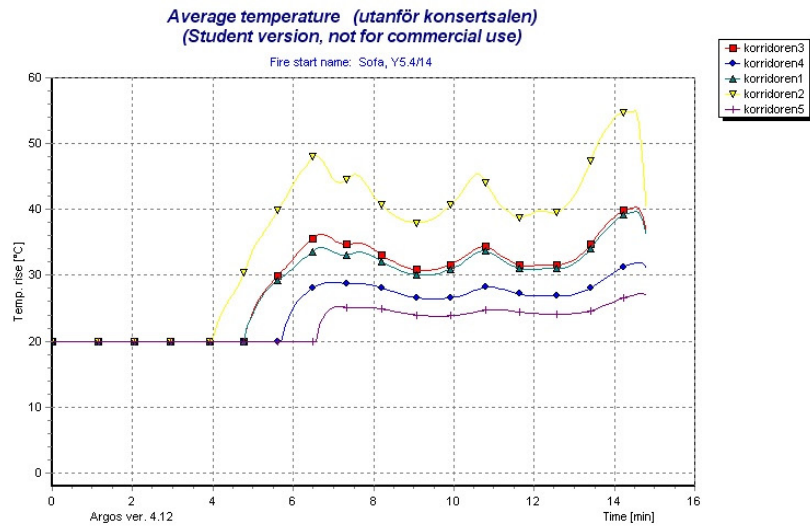


Temperature in smoke layer (utanför konsertsalen)
(Student version, not for commercial use)

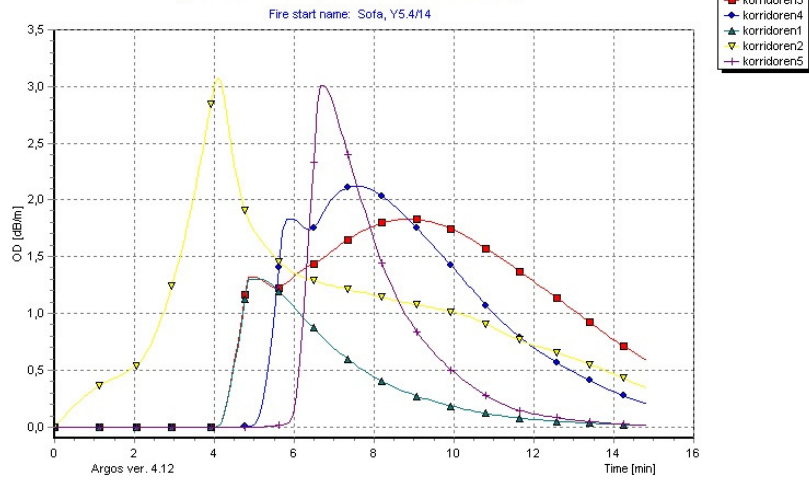


Indata som ovan men branden är förlagd i "rum 2"

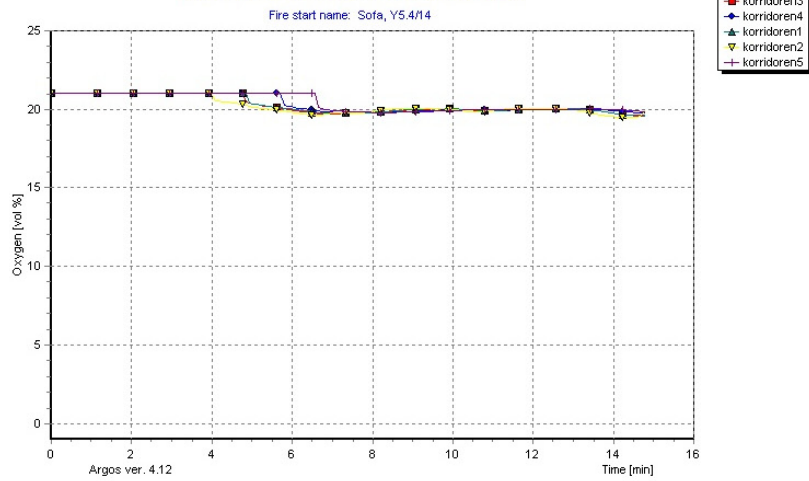
Resultat



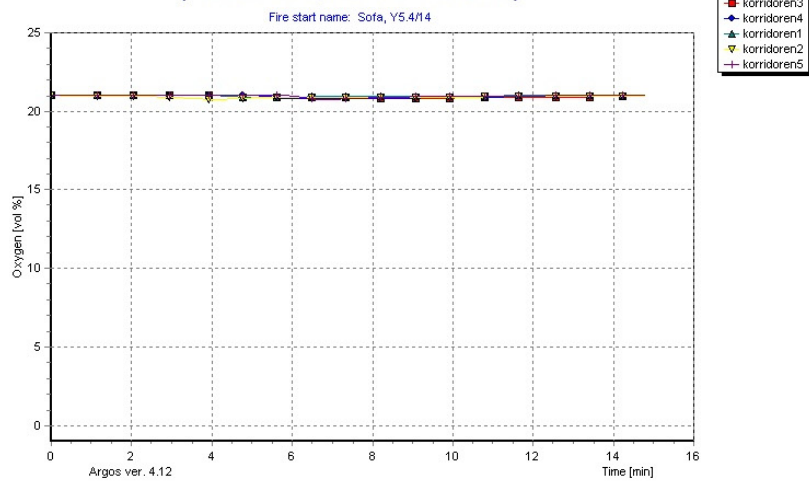
Optical smoke density in rooms (utanför konsertsalen)
(Student version, not for commercial use)



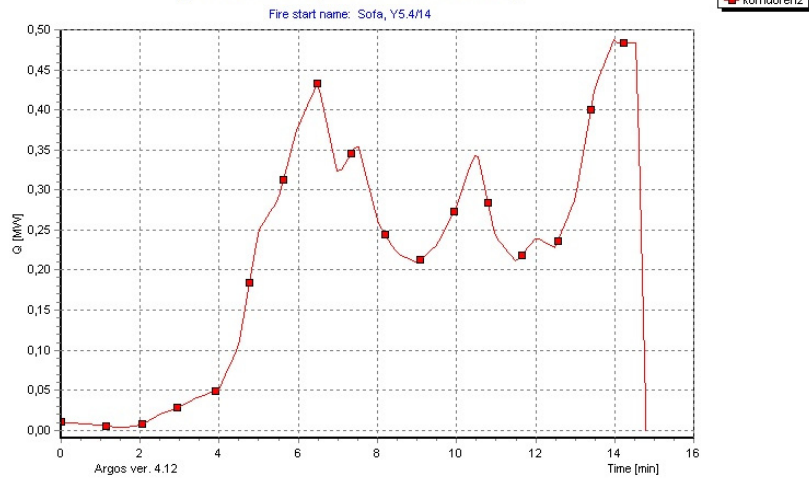
Oxygen in layers (utanför konsertsalen)
(Student version, not for commercial use)



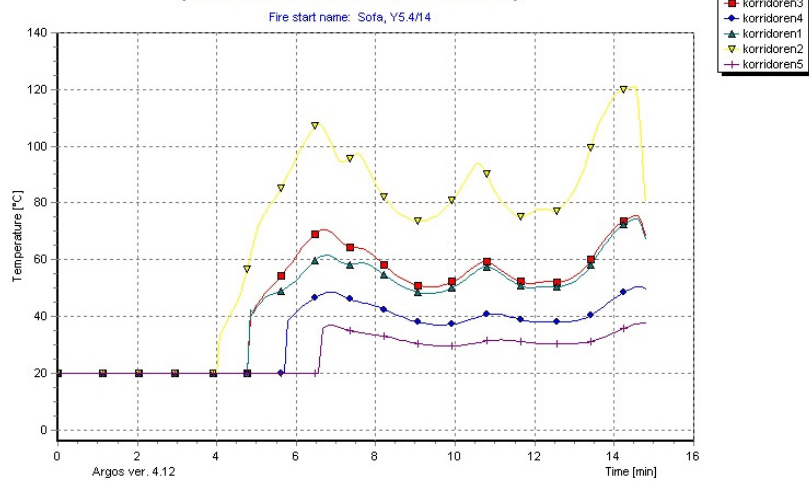
Oxygen in rooms (utanför konsertsalen)
(Student version, not for commercial use)



Rate of heat release from fire (utanför konsertsalen)
(Student version, not for commercial use)



Temperature in smoke layer (utanför konsertsalen)
(Student version, not for commercial use)



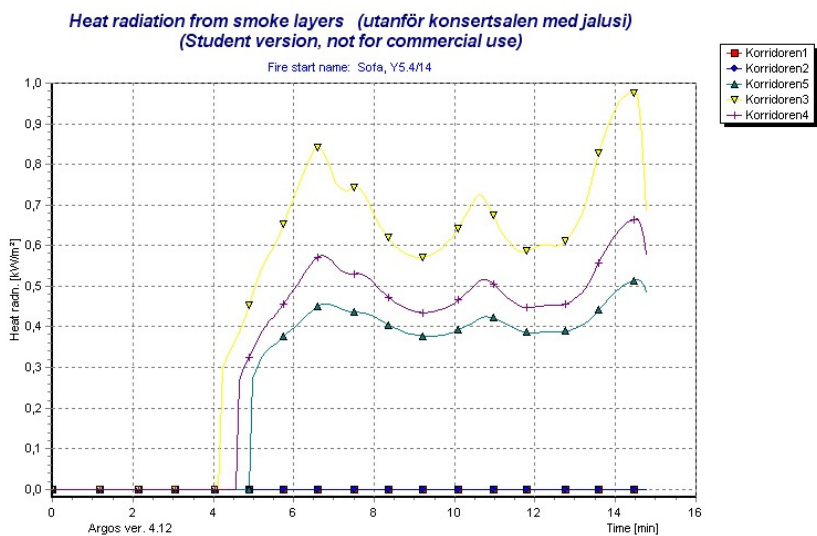
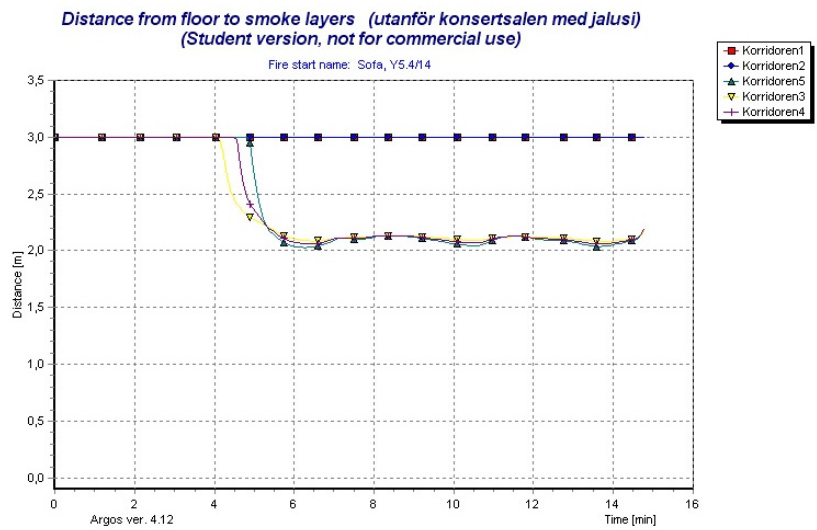
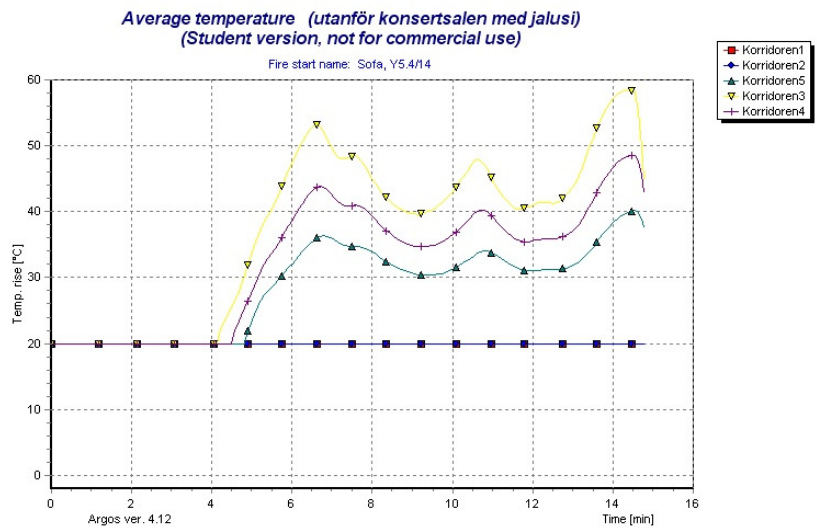
Indata:

Utanför konsertsalen med befintligt brandskydd och brandjalusi:

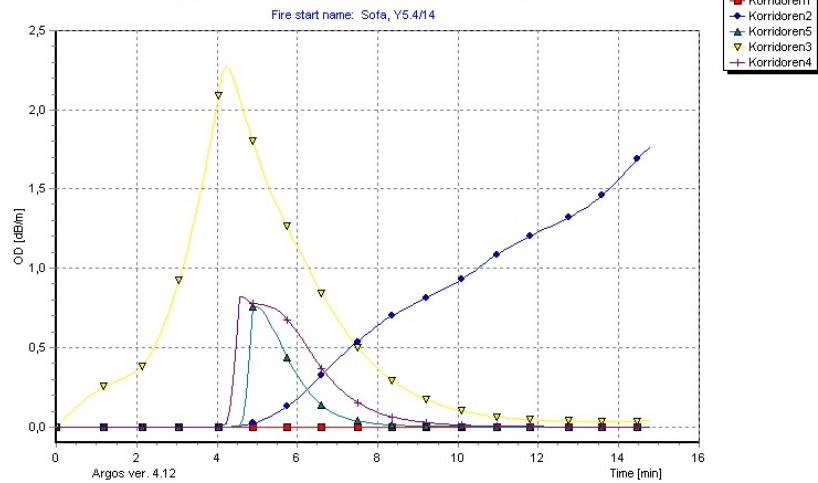
Antal rum: 5

	Rum1	Rum2	Rum3	Rum4	Rum5
Area	46,44 m ²	48,6 m ²	48,6 m ²	32,4 m ²	32,4 m ²
Medelhöjd	3 m	3 m	3 m	3 m	3 m
Max avstånd (halva diagonalen)	5,08 m	5,25 m	5,25 m	4,04 m	4,04 m
Golv	Trägol	Trägol	Trägol	Trägol	Trägol
Öppningar till	1st till omgivning & 1st till Rum 2	1st till Rum 1 & 1st till Rum 3	1st till Rum 2 & 1st till Rum 4	1st till Rum 3 & 1st till Rum 5	1st till omgivning & 1st till Rum 4
Öppningarnas höjd	2,8 m	2,8 m	2,8 m	2,8 m	2,8 m
Öppningarnas bredd	2,6 m till omgivningen & 5,4 m till Rum 2	5,4 m	5,4 m	5,4 m	4 m till omgivningen & 5,4 m till Rum4
Dörr	Nej	Till Rum3 (samma dimensioner som öppningen)	Till Rum 2 (samma dimensioner som öppningen)	Nej	Nej
Typ av dörr	-	EI-60 självstängande med 99% täthet	EI-60 självstängande med 99% täthet	-	-
Aktivering av självstängare av brandjalusi	-	Brandlarmet	Brandlarmet	-	-
Brandlarm	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Brandlarmet aktiveras av	Rökdetektor	Rökdetektor	Rökdetektor	Rökdetektor	Rökdetektor
Rökdetektorns larmnivå	0,4 dB/m	0,4 dB/m	0,4 dB/m	0,4 dB/m	0,4 dB/m
Sprinkler	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Sprinklernas RTI	50	50	50	50	50
Sprinklernas Aktiverings-temperatur	68°C	68°C	68°C	68°C	68°C
Brandtyp	-	-	Soffa Y5.4/14 (ur Initial Fires)	-	-

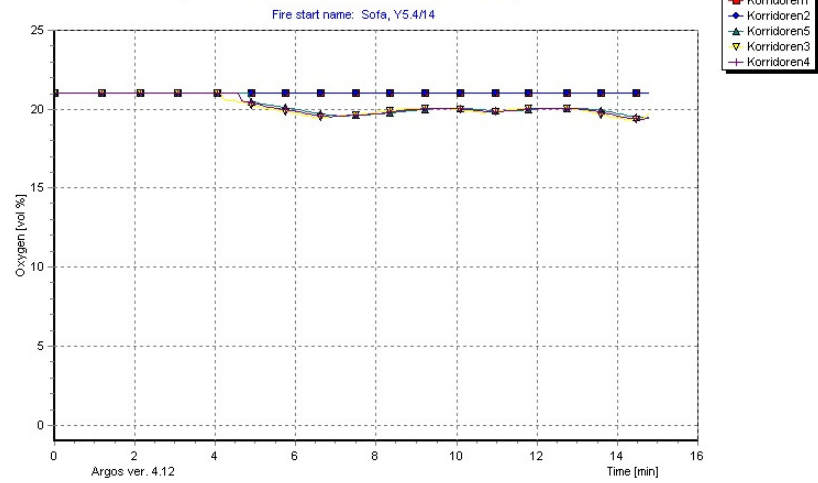
Resultat:



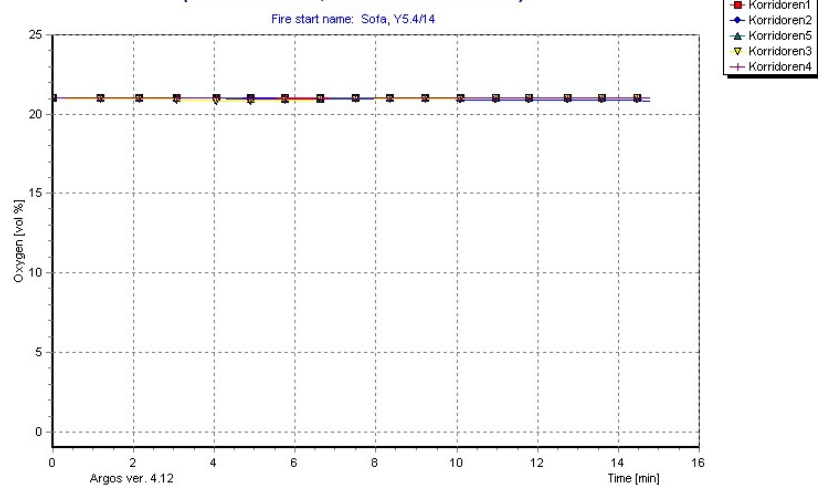
Optical smoke density in rooms (utanför konsertsalen med jalusi)
(Student version, not for commercial use)

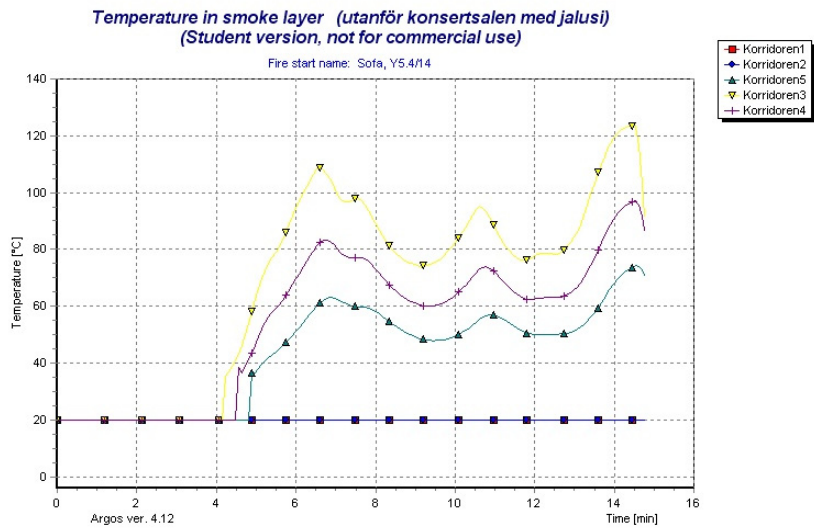
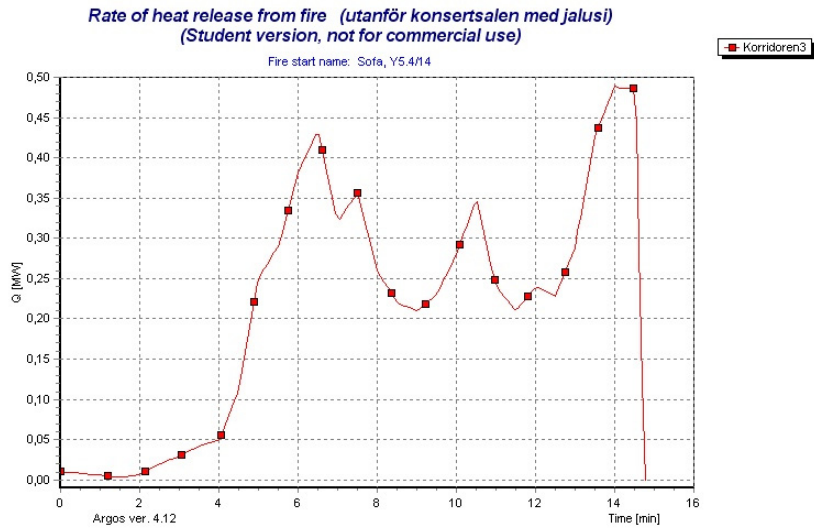


Oxygen in layers (utanför konsertsalen med jalusi)
(Student version, not for commercial use)



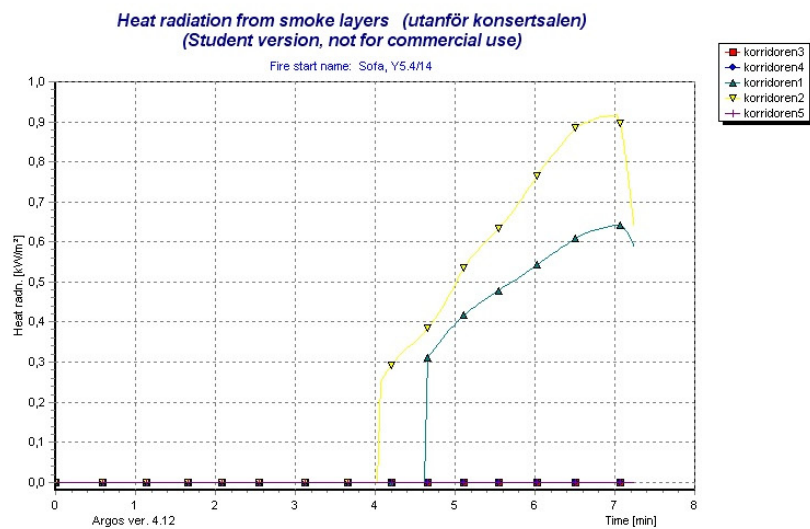
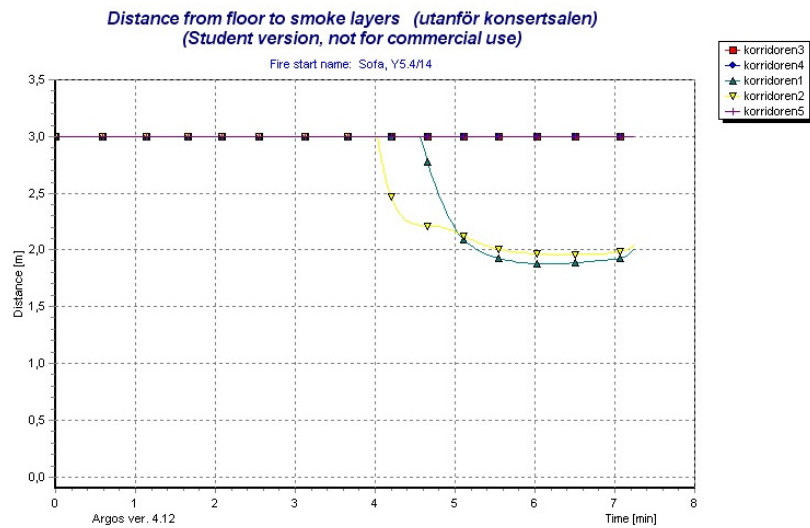
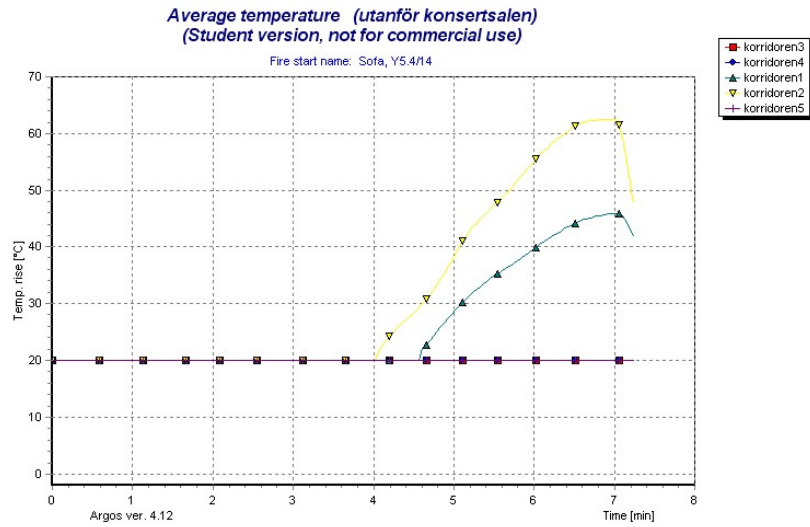
Oxygen in rooms (utanför konsertsalen med jalusi)
(Student version, not for commercial use)



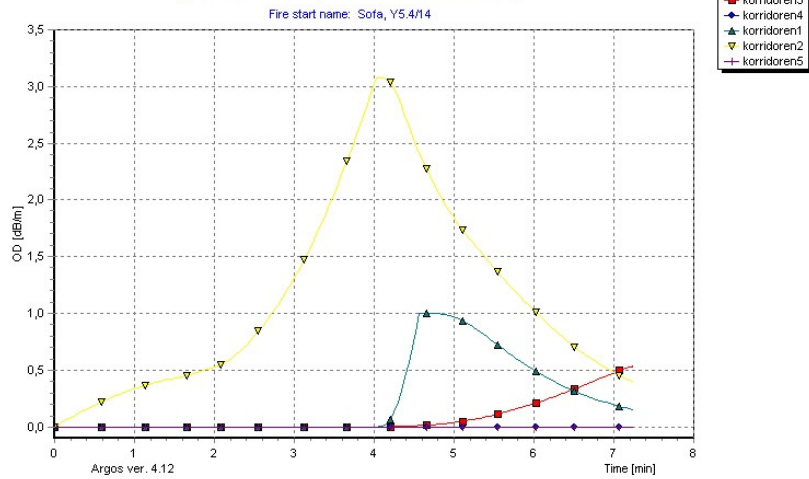


Indata som ovan men branden är förlagd i "rum 2"

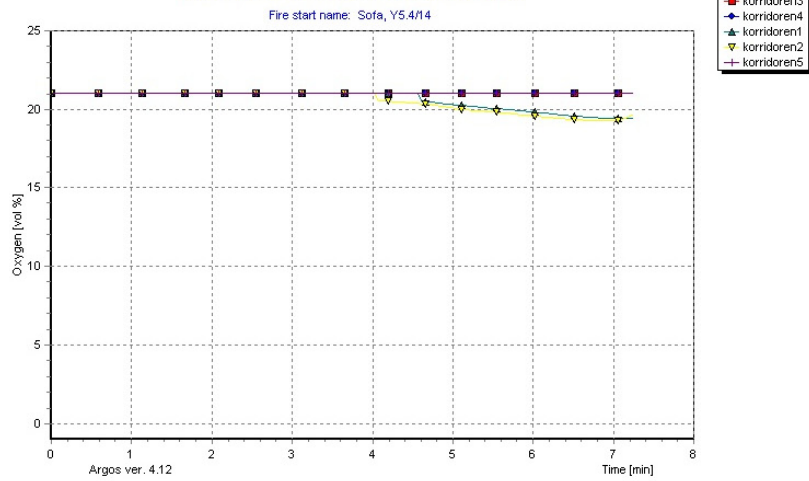
Resultat



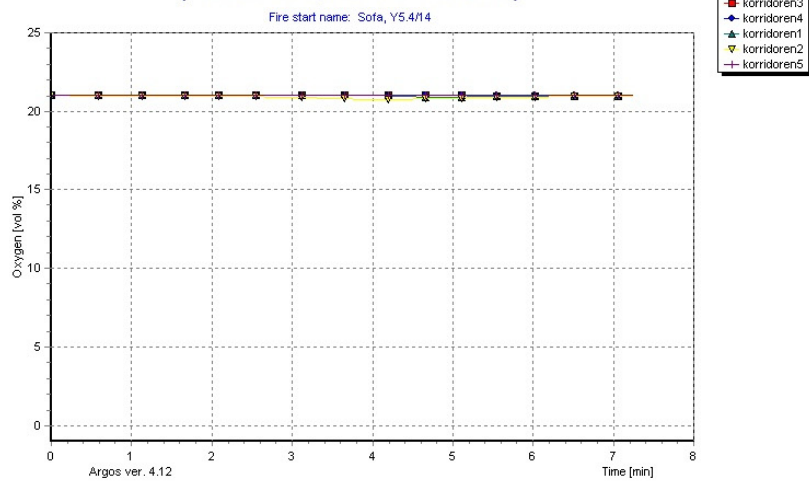
Optical smoke density in rooms (utanför konsertsalen)
(Student version, not for commercial use)



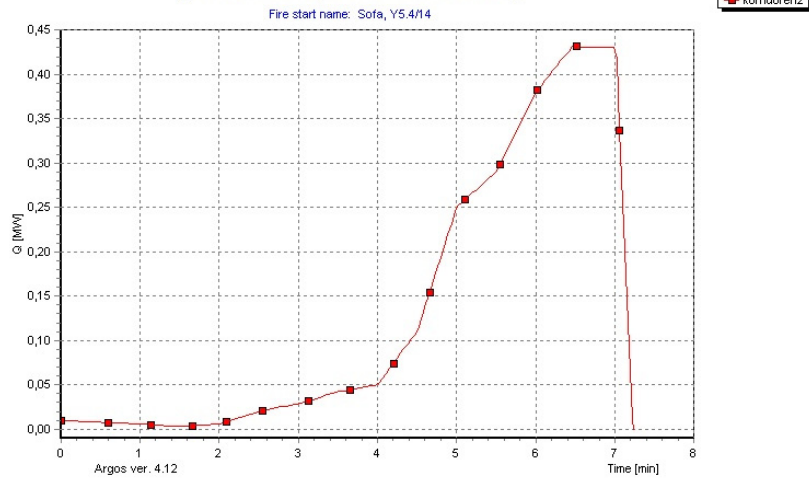
Oxygen in layers (utanför konsertsalen)
(Student version, not for commercial use)



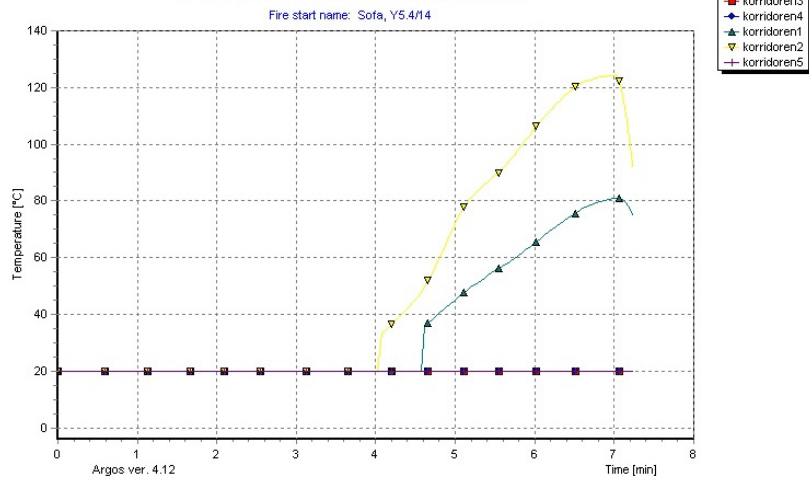
Oxygen in rooms (utanför konsertsalen)
(Student version, not for commercial use)



Rate of heat release from fire (utanför konsertsalen)
(Student version, not for commercial use)



Temperature in smoke layer (utanför konsertsalen)
(Student version, not for commercial use)



Bilaga H – Indata och Resultat Argos, Restaurangen

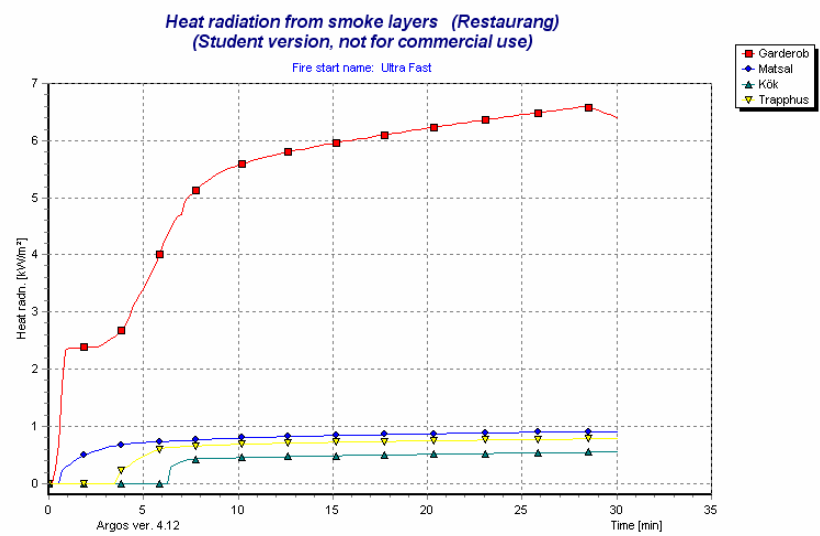
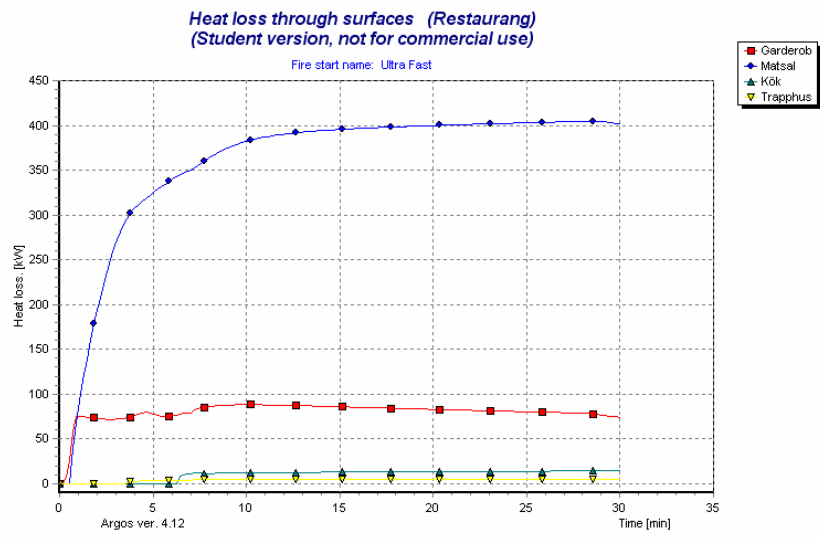
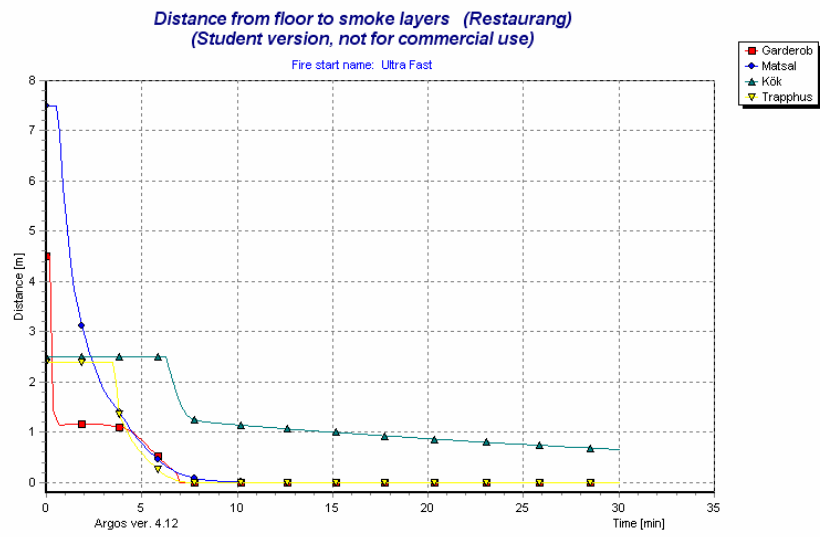
Brand: energy formula fire: 0,42kW/s² max 0,8MW

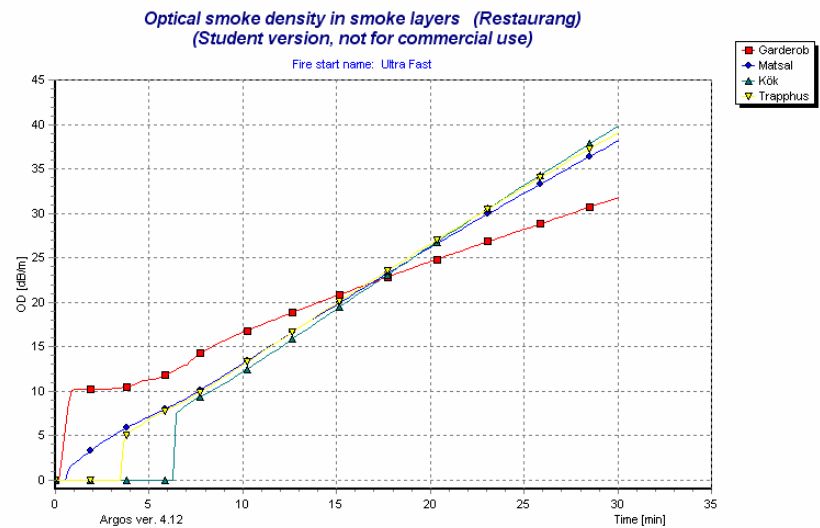
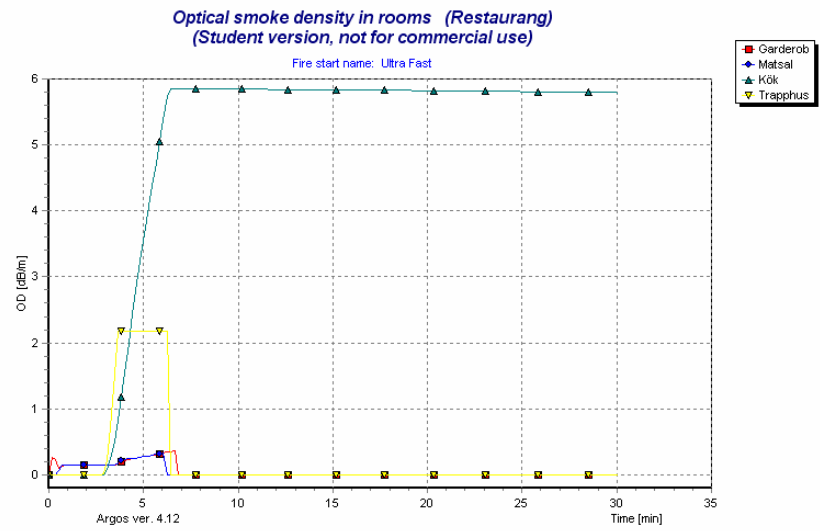
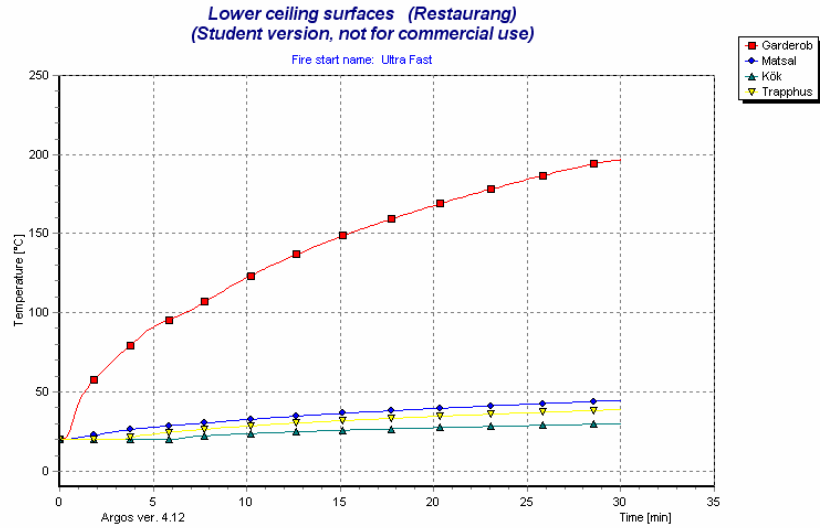
Material: betong (samtliga väggar)

Samtliga rum är tomma

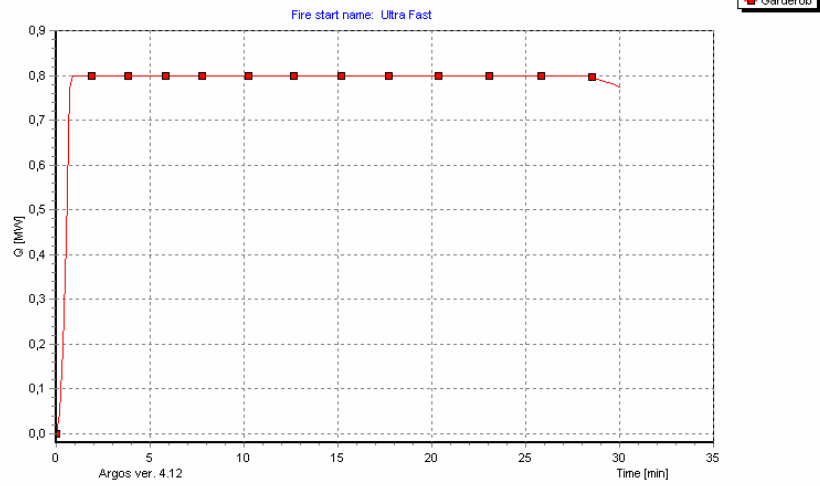
Rum	Golvarea (m ²)	Medelhöjd (m)	Max distans (m)	Öppningar
Garderob	4,8	4,5	2	Garderob till matsal: hål, 1,3x2,4m
Kök	25	2,5	4	Matsal till kök: hål: 1,0x2,4 + 0,8x2,0 vid 1,2 meters höjd
Trapphus	4	2,4	2	Matsal till trapphus: hål: 0,9x2,0
Matsal	143	7,5	8,5	Matsal till omgivning: 11xdubbelglas som är 0,8x2,4m

Resultat:

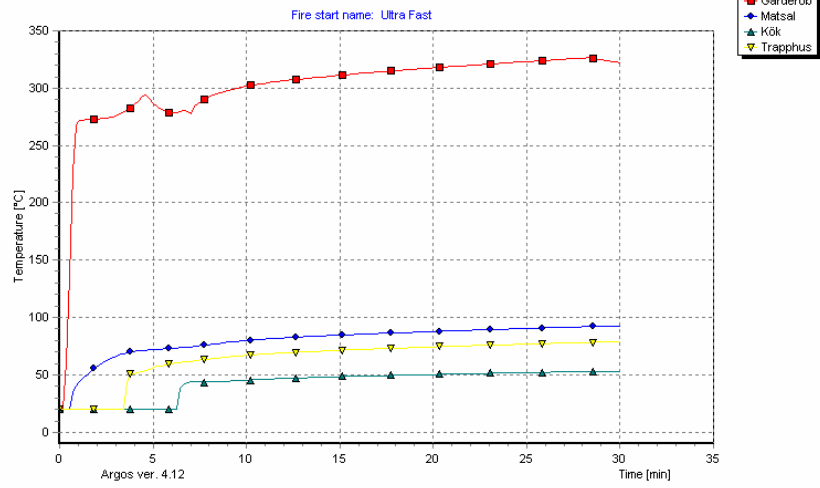




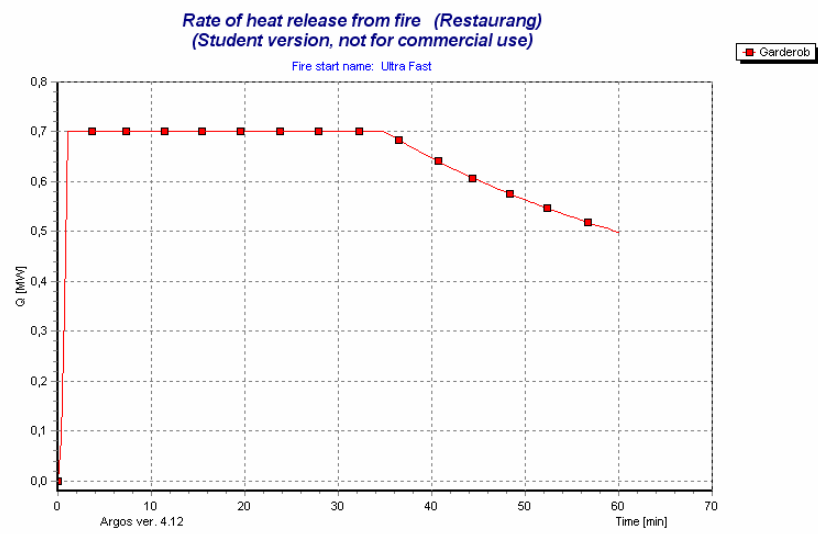
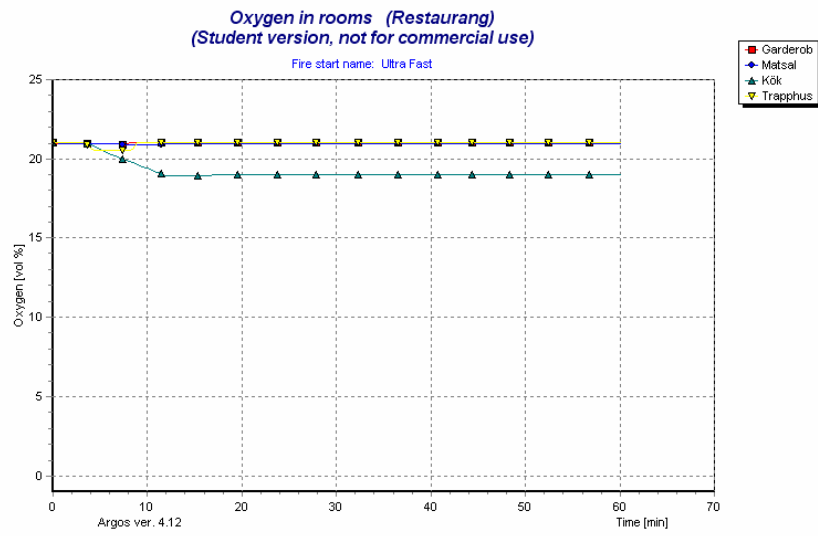
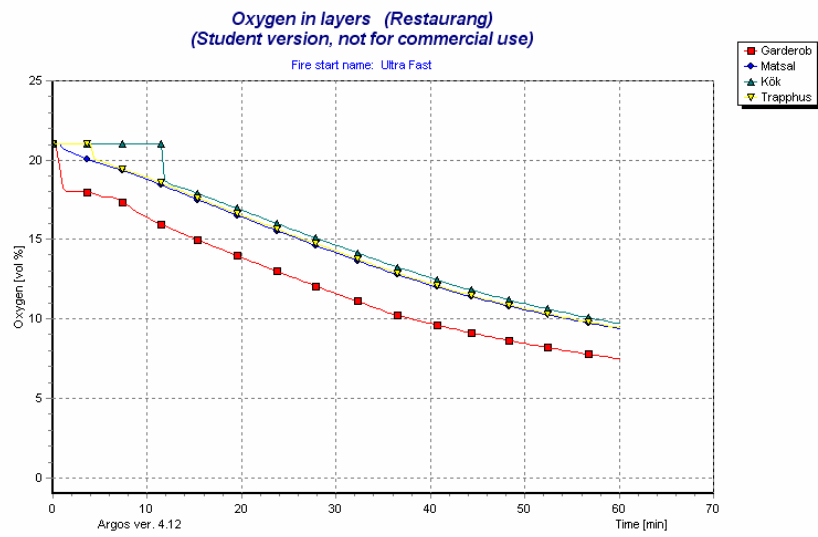
Rate of heat release from fire (Restaurang)
(Student version, not for commercial use)

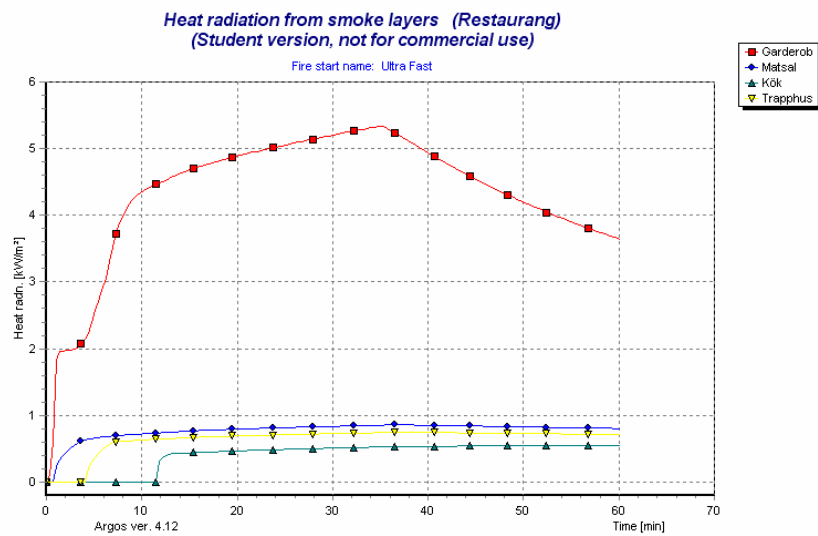
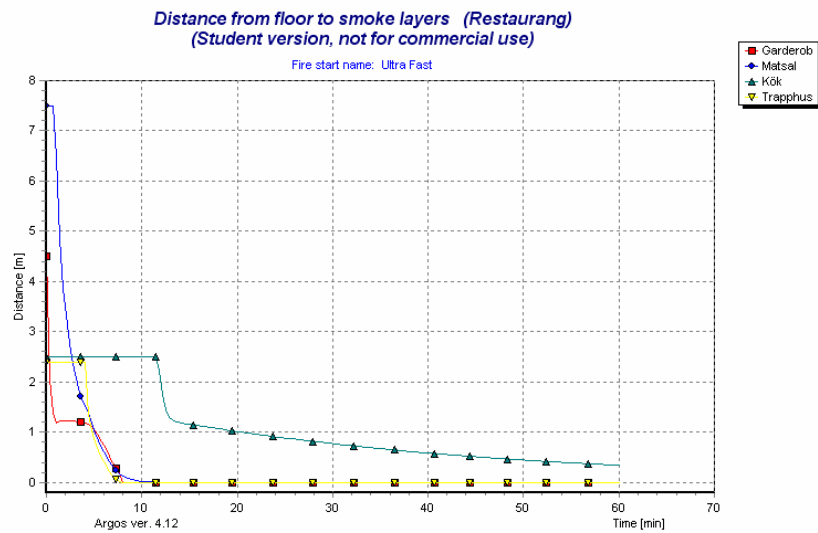
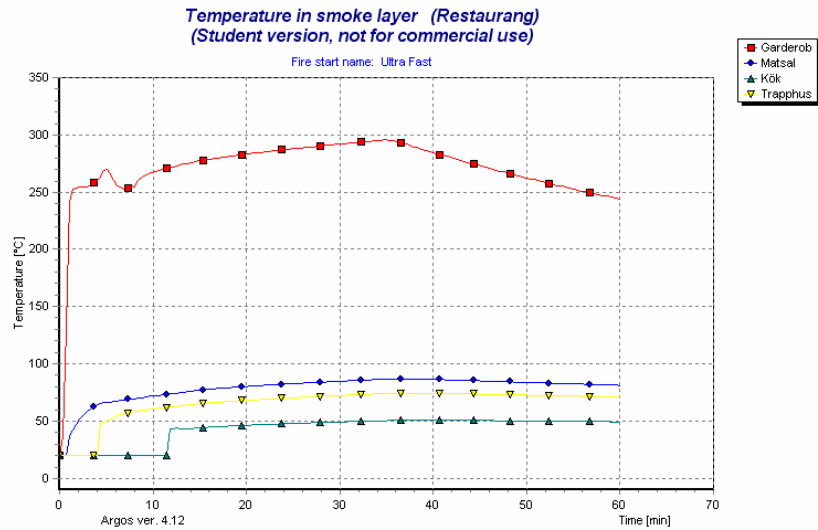


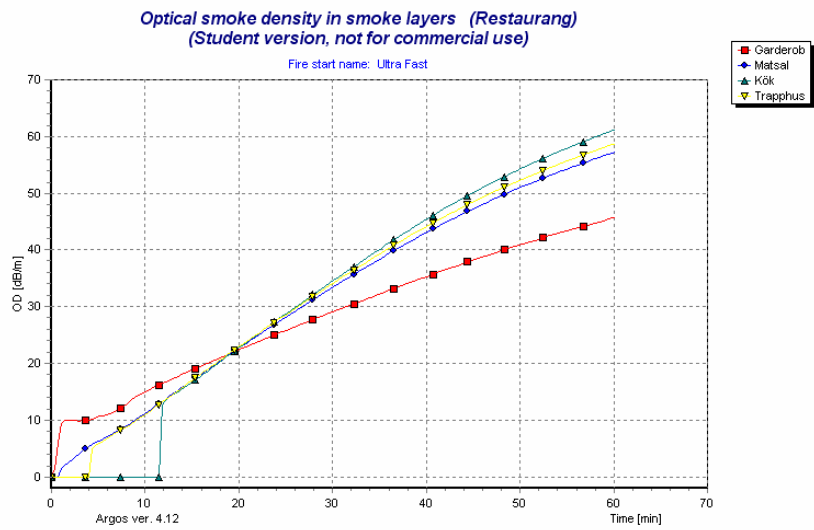
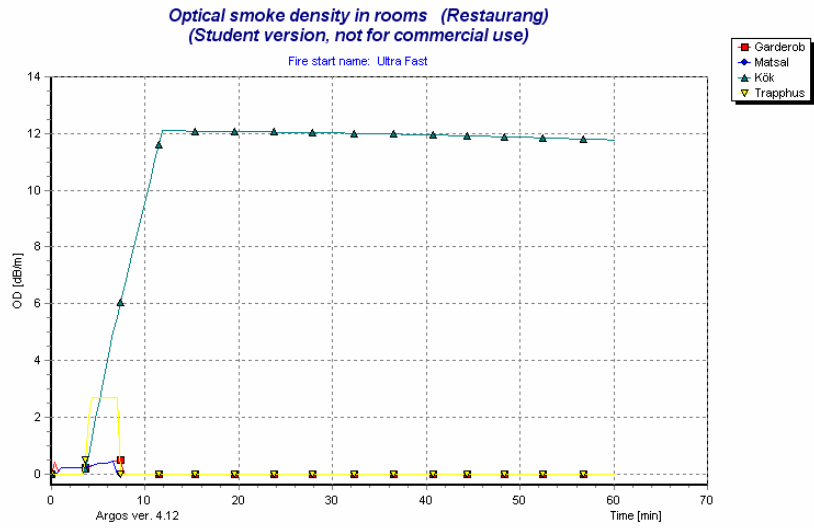
Temperature in smoke layer (Restaurang)
(Student version, not for commercial use)



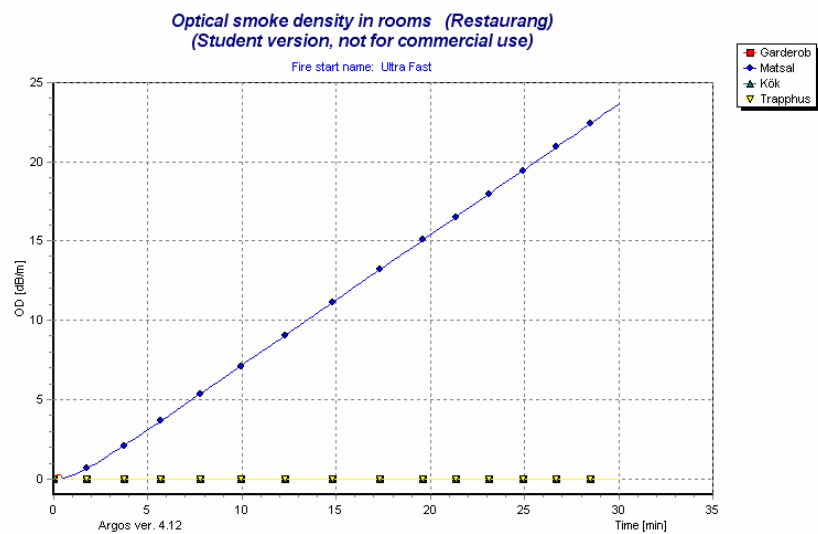
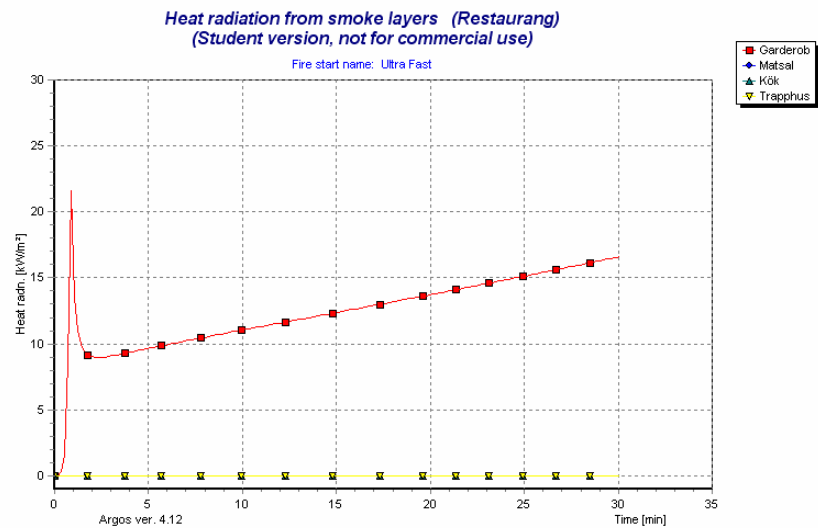
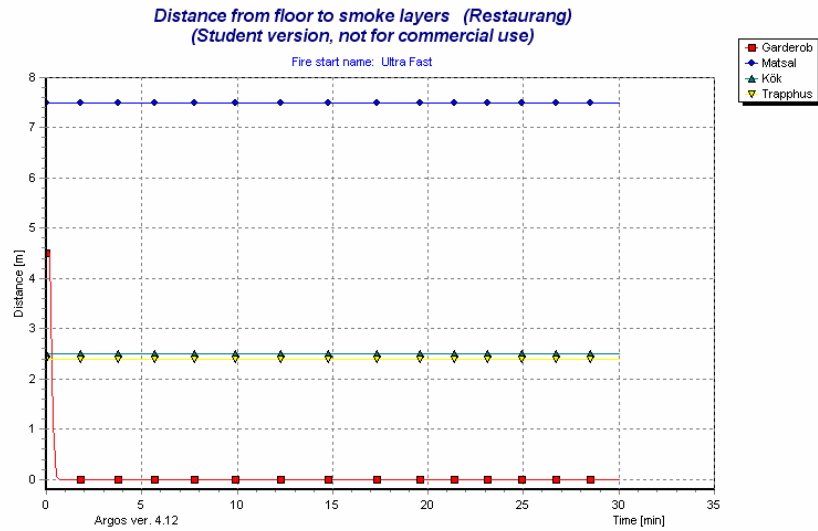
Resultat Simulering 2: Indata som ovan men med Fast-kurva

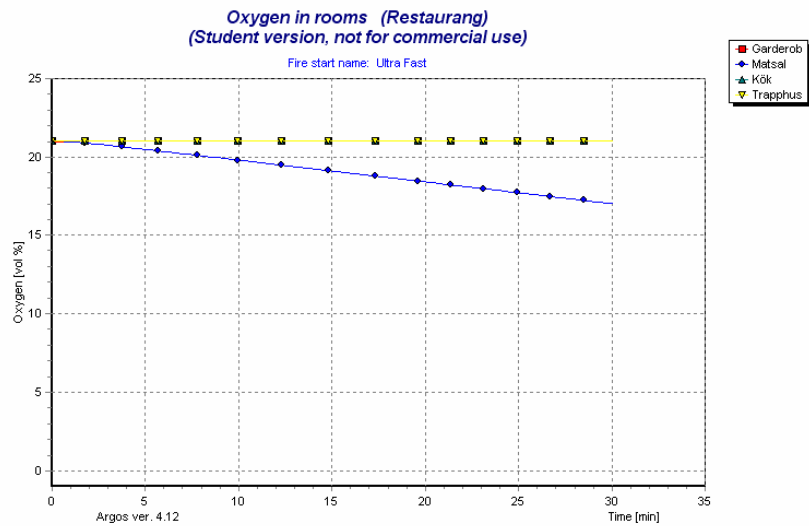
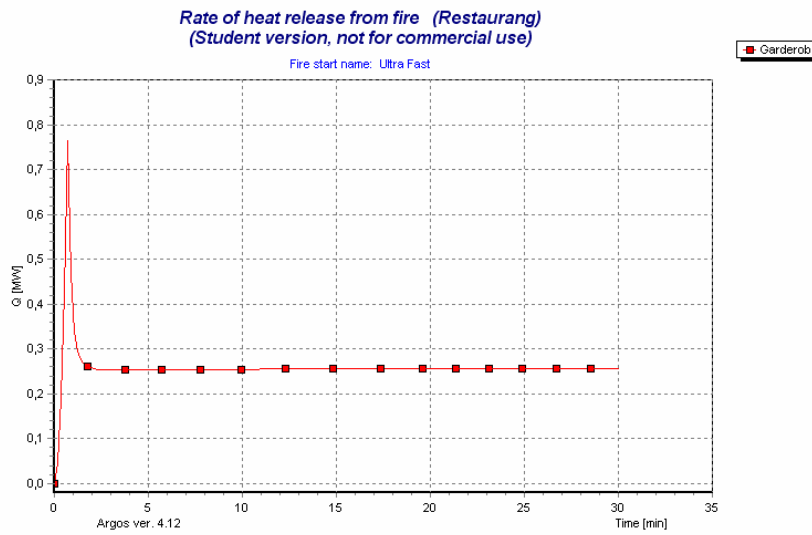
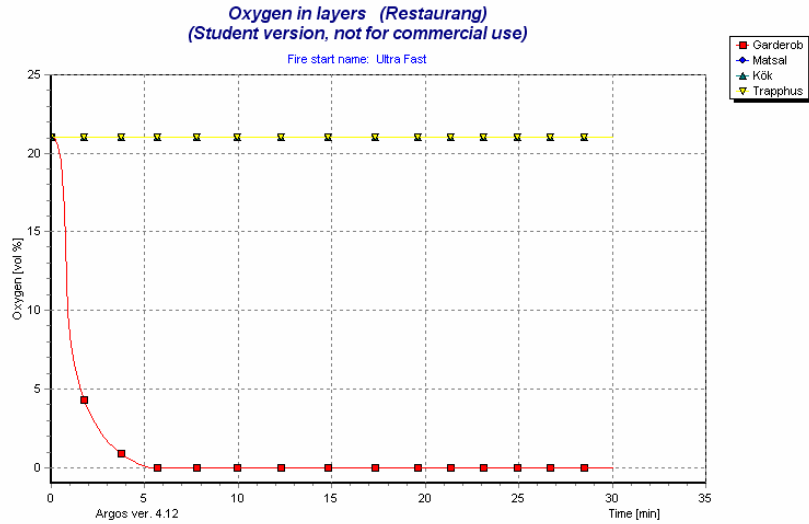


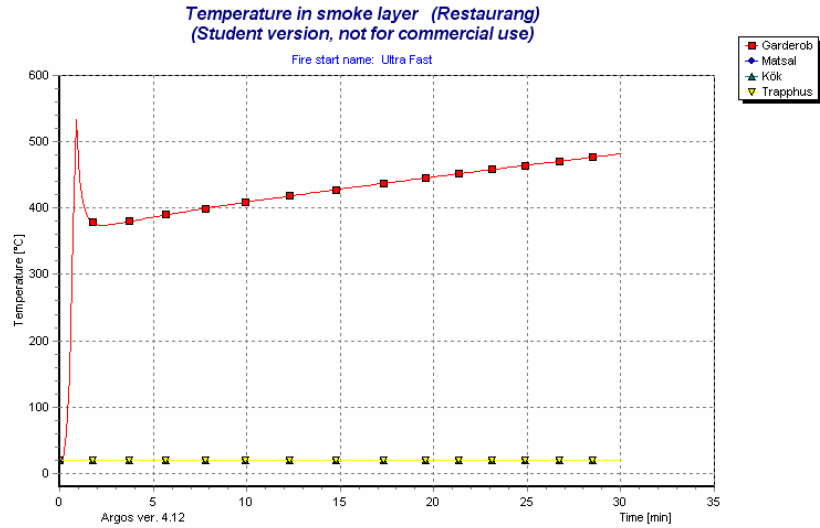




Resultat, simulering Restaurangen med branddörr till garderoben:
 Branddörren antas vara stängd under hela förloppet, antas p.g.a. snabb detektering och antas ha en runtgående luftspalt som är 2 cm bred.



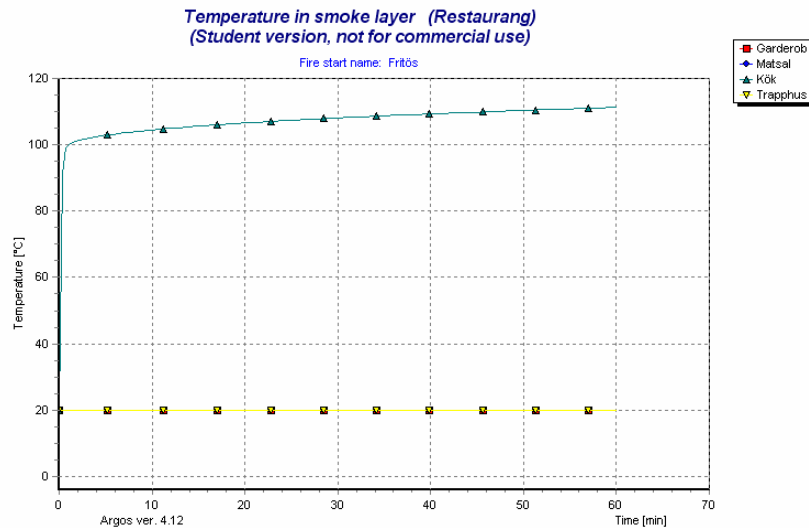


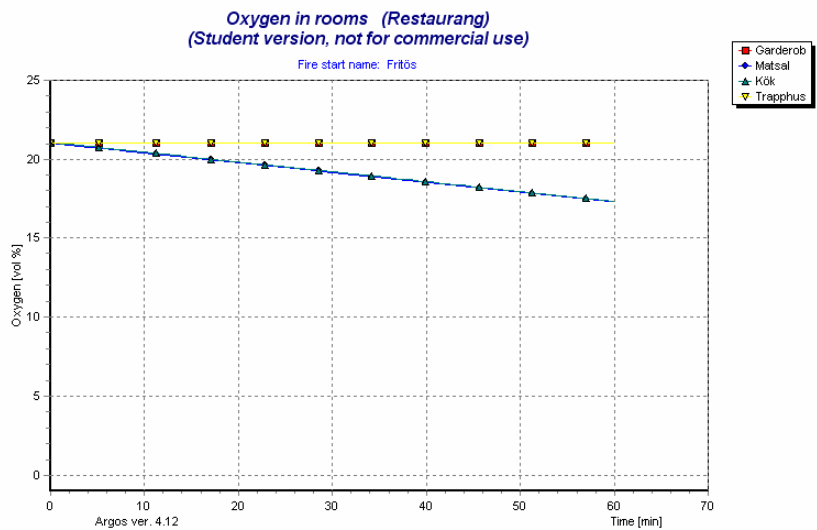
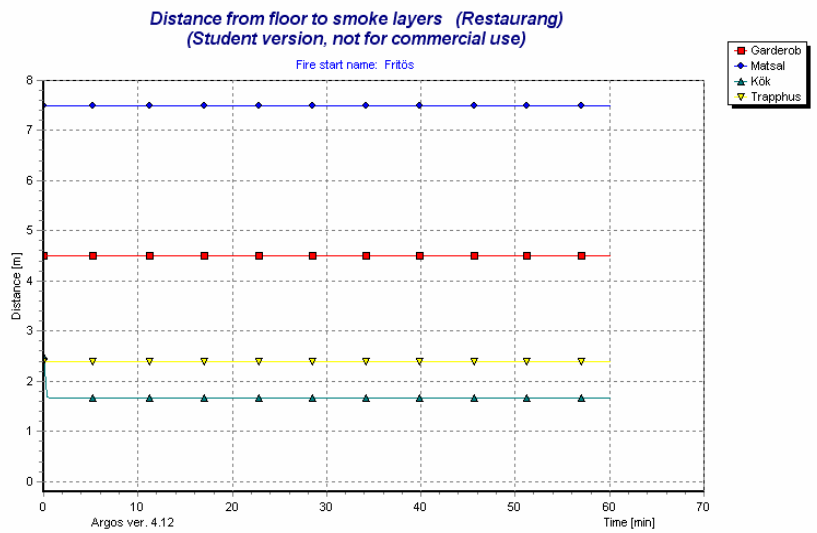
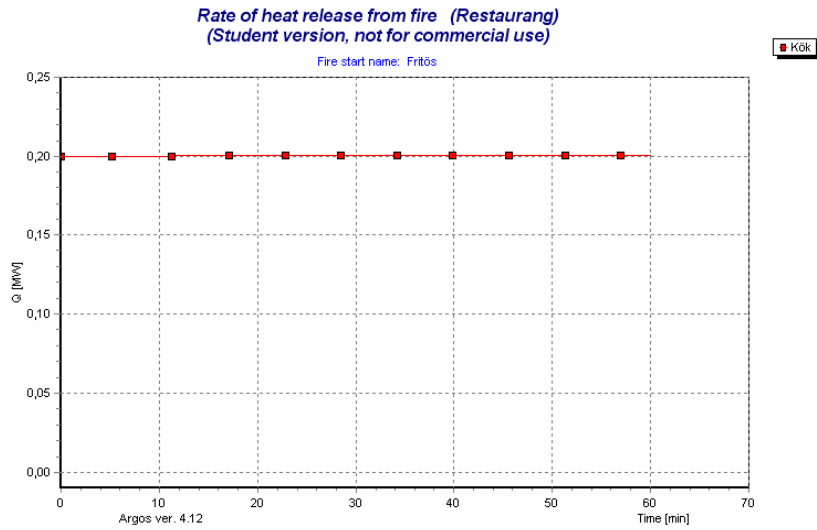


Resultat simulering av brand i fritös i köket:

Förutsättningar och Indata: Frityrolja består av 75% solrosolja, (www.zeta.nu), DH_c för frityrolja antas därför vara densamma som för solrosolja, 41,2 MJ/kg, (*SFPE, 1995*).

Massavbrinningen är för olja ungefär lika oavsett sort, den antas vara densamma som för transformatorolja, 0,03 kg/m²s, (*Karlsson, 2002*). Då fritösen är ca 0,6 x 0,4 m² blir effekten ca 200 kW. Branden antas utveckla till maxvärde momentant. Annars är förutsättningarna som överst nämnda simulering.





Bilaga I – Handberäkningar restaurang

Formler hämtade från Enclosure fire dynamics, (EFD), (Karlsson, 2002).
Restaurangen har inga öppningar i tak, och beräknas enligt dessa formler:

$$k = \frac{0.21}{\rho_g} \left(\frac{\rho_a^2 g}{c_p T_a} \right)^{1/3} \quad (\text{ekv. 8.50 EFD})$$

$$z = \left(k \frac{\alpha^{1/3}}{S} \frac{2t^{(1+n/3)}}{n+3} + \frac{1}{H^{2/3}} \right)^{-3/2} \quad (\text{ekv. 8.52 EFD})$$

$$\rho_g = \rho_a \left(1 - \frac{\alpha t^{n+1}}{(n+1)(H-z)S c_p 353} \right) \quad (\text{ekv. 8.55 EFD})$$

Beräkningsgång:

1. Gissa ett ρ_g
2. Använd ρ_g för att räkna ut k
3. Använd k för att räkna ut z (brandgaslagrets höjd från golvet)
4. Räkna ut nytt ρ_g
5. Använd det nya ρ_g osv.

Indata

$$S = 144 \text{ m}^2$$

$$t = 160 \text{ s}$$

$$H = 7,5 \text{ m}$$

$$\alpha = 0,45 \text{ kW} / \text{s}^2$$

$$c_p = 1,0 \text{ kJ/kgK}$$

Resultat

Det som skiljer från Argossimuleringarna är att dessa formler inte räknar med temperaturförluster till väggar samt att branden är i matsalsdelen. I beräkningarna antas även att brandgaslagret kan spridas fritt under hela taket.

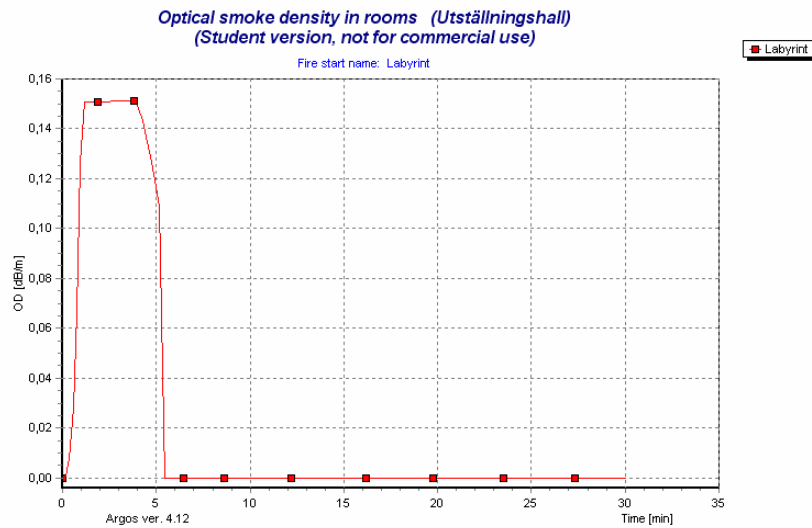
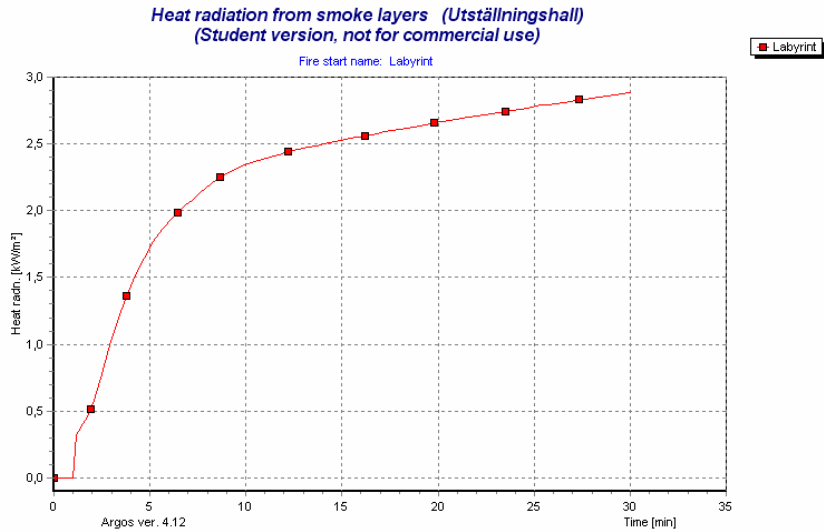
Efter 160 sekunder är höjden till brandgaslagret 1 m i restaurangen enligt handberäkningarna.

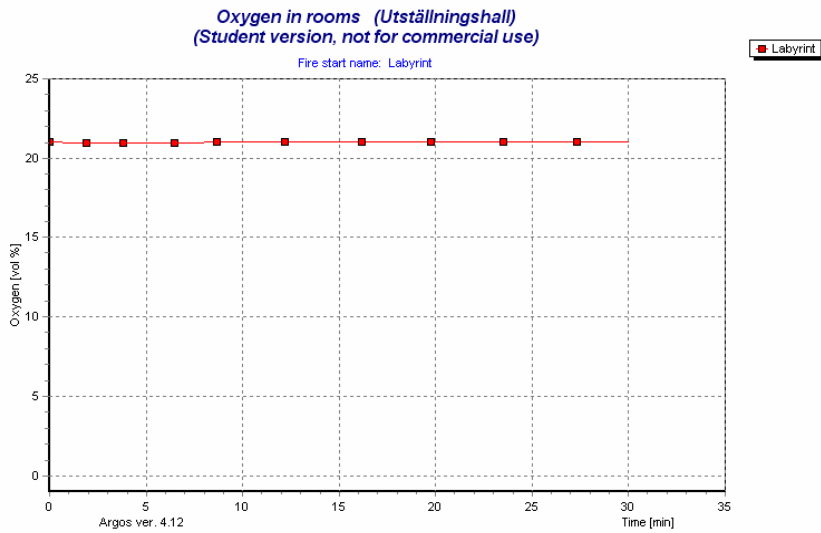
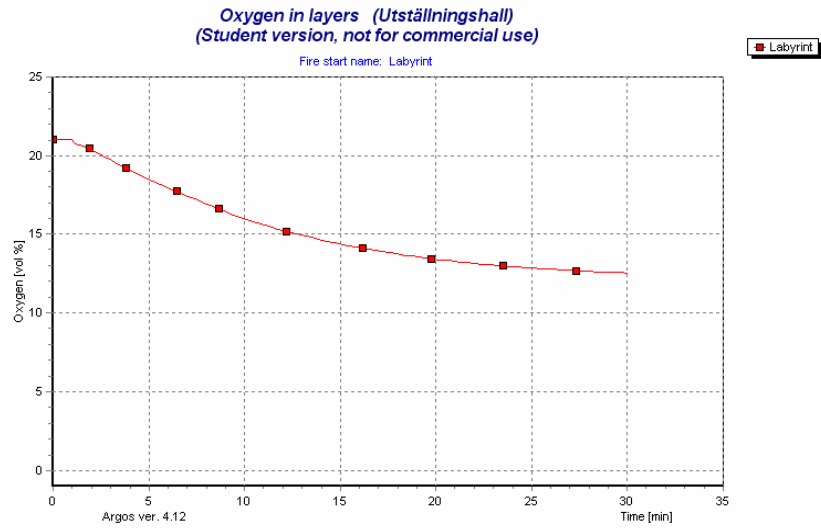
Bilaga J – Indata och resultat, Argos ”Vikten av Vatten”

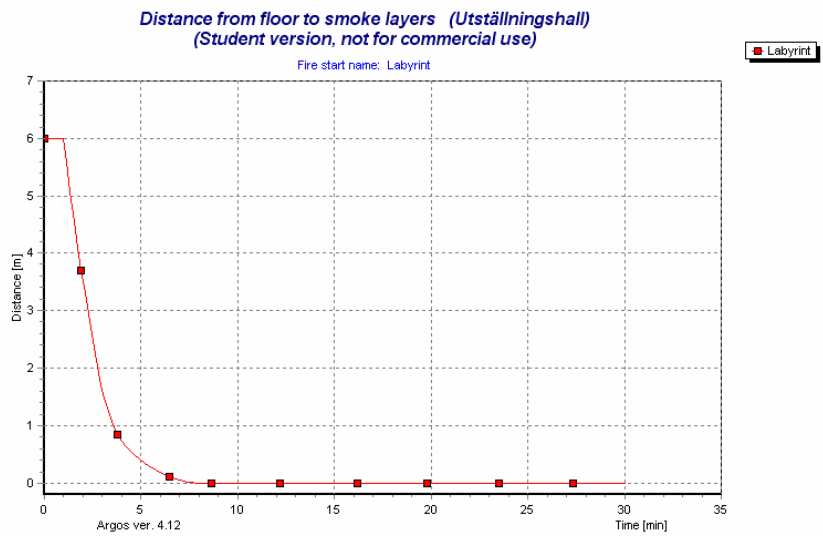
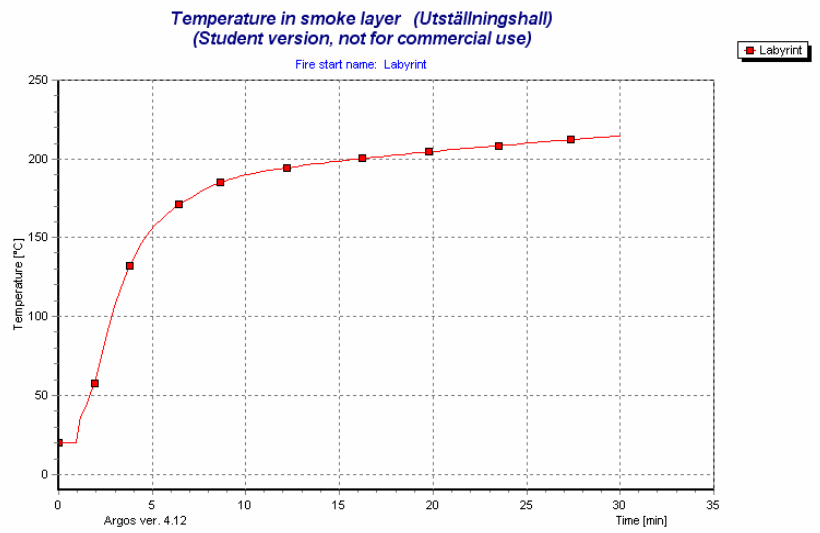
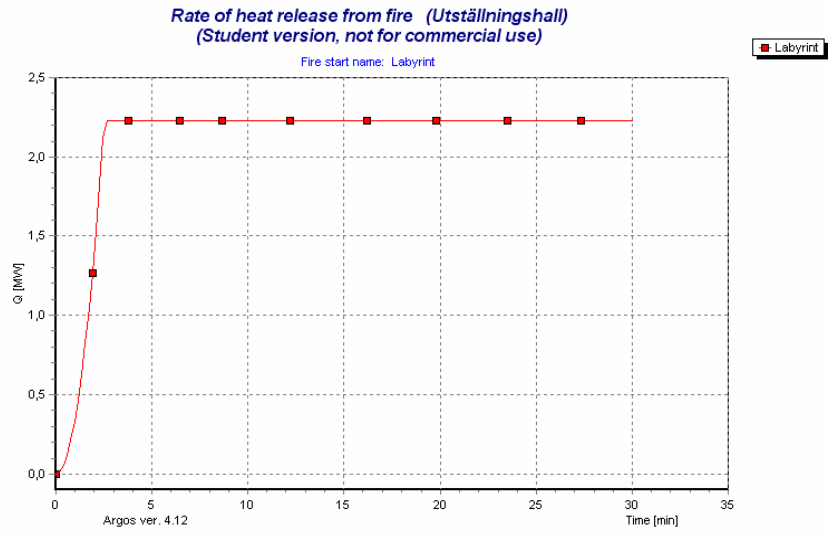
Rum	Golvytta (m ²)	Medeltakhöjd (m)	Max distans (m)	Öppningar
Utställningssal	230	6	10	Hål: 1,2x2,1m

Brand: energy formula fire 0,0977kW/s² max 2,23MW
 Material: betong

Resultat:







Bilaga K – Brand i ”Vikten av vatten” - beräkningar

Denna bilaga är för att handberäkna tiden till kritiskt förhållande; sikt. Eftersom det i stort sett bara är MDFskivor som brännbart material används cellulosa som grund i beräkningarna. Beräkningar görs med antagandet att röken blandas om helt i rummet. Siktberäkningarna görs på förutsättningen att man ska se 10m.

Rökpotential för cellulosabrand är 0,051 för flambrand (*Drysdale, 1998*). Volymen är ca 1100m^3 i utställningshallen. $23*8*6 = 1104\text{ m}^3$

Formler för Siktberäkningar: $D_L = \ln 10/\text{sikt (m)} \Rightarrow 0,2303$

Massan som fås fram multipliceras med ΔH_C (16,09 kJ/g) för cellulosa och totala energin fås fram. α^2 -kurvan integreras, totala energin för en fastkurva är $0,09t^3/3$. Tiden löses ut och beräknas. 135 s.

Bilaga L – Indata och resultat Simulex

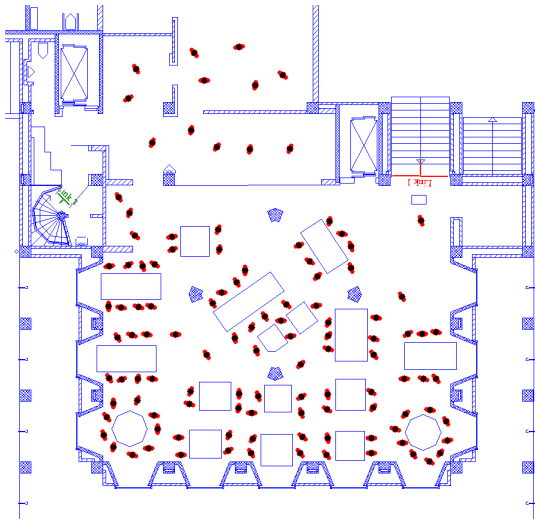
Indata Restaurangen:

Personplacering för simuleringar i Simulex

Utrymning 1

112 personer

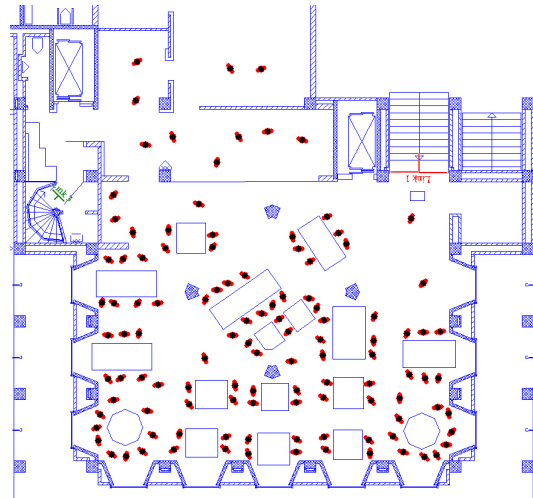
Alla utrymmer till närmsta nödutgång



Utrymning 2

112 personer

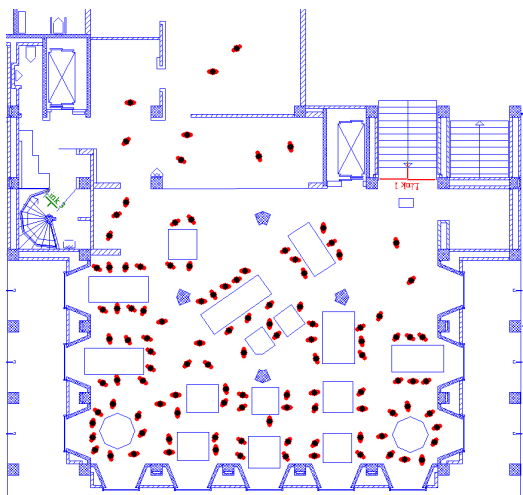
Alla utrymmer via stora trappan (Link 1)



Utrymning 3

112 personer

Alla utrymmer via kökstrappan (Link 3)



Resultat Restaurangen

Utrymning 1

Number of Floors = 2
Number of Staircases = 2
Number of Exits = 2
Number of Links = 4
Number of People = 112

Plan 1 (DXF file: plan 1.dxf) (Size: 101.139,77.885 metres)
Number of People Initially in This Floor = 0
Link 2 : (29.93,14.68 m), 90.00 degrees, 2.30 m wide, connected to Trappa
Link 4 : (12.10,14.68 m), -54.46 degrees, 0.70 m wide, connected to Kökstrappa
Exit 1 : (29.93,9.50 m), 90.00 degrees, 2.40 m wide
Exit 2 : (6.97,16.93 m), 0.00 degrees, 2.30 m wide

Plan 2 (DXF file: plan 2.dxf) (Size: 96.950,73.155 metres)
Number of People Initially in This Floor = 112
Link 1 : (23.20,15.60 m), 88.60 degrees, 2.30 m wide, connected to Trappa
Link 3 : (8.31,14.64 m), -135.00 degrees, 0.70 m wide, connected to Kökstrappa

Trappa (Size: 2.400,12.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 1 : (1.20,12.00 m), 90.00 degrees, 2.30 m wide, connected to Plan 2
Link 2 : (1.15,0.00 m), 270.00 degrees, 2.30 m wide, connected to Plan 1

Kökstrappa (Size: 0.800,10.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 3 : (0.40,10.00 m), 90.00 degrees, 0.70 m wide, connected to Plan 2
Link 4 : (0.40,0.00 m), 270.00 degrees, 0.70 m wide, connected to Plan 1

All people reached the exit in **1:58.5**.

Utrymning 2

Number of Floors = 2
Number of Staircases = 2
Number of Exits = 2
Number of Links = 4
Number of People = 112

Plan 1 (DXF file: plan 1.dxf) (Size: 101.139,77.885 metres)
Number of People Initially in This Floor = 0
Link 2 : (29.93,14.68 m), 90.00 degrees, 2.30 m wide, connected to Trappa
Link 4 : (12.10,14.68 m), -54.46 degrees, 0.70 m wide, connected to Kökstrappa
Exit 1 : (29.93,9.50 m), 90.00 degrees, 2.40 m wide
Exit 2 : (6.97,16.93 m), 0.00 degrees, 2.30 m wide

Plan 2 (DXF file: plan 2.dxf) (Size: 96.950,73.155 metres)
Number of People Initially in This Floor = 112
Link 1 : (23.20,15.60 m), 88.60 degrees, 2.30 m wide, connected to Trappa
Link 3 : (8.31,14.64 m), -135.00 degrees, 0.70 m wide, connected to Kökstrappa

Trappa (Size: 2.400,12.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 1 : (1.20,12.00 m), 90.00 degrees, 2.30 m wide, connected to Plan 2
Link 2 : (1.15,0.00 m), 270.00 degrees, 2.30 m wide, connected to Plan 1

Kökstrappa (Size: 0.800,10.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 3 : (0.40,10.00 m), 90.00 degrees, 0.70 m wide, connected to Plan 2
Link 4 : (0.40,0.00 m), 270.00 degrees, 0.70 m wide, connected to Plan 1

All people reached the exit in **2:04.7**.

Utrymning 3

Number of Floors = 2
Number of Staircases = 2
Number of Exits = 2
Number of Links = 4
Number of People = 112

Plan 1 (DXF file: plan 1.dxf) (Size: 101.139,77.885 metres)
Number of People Initially in This Floor = 0
Link 2 : (29.93,14.68 m), 90.00 degrees, 2.30 m wide, connected to Trappa
Link 4 : (12.10,14.68 m), -54.46 degrees, 0.70 m wide, connected to Kökstrappa
Exit 1 : (29.93,9.50 m), 90.00 degrees, 2.40 m wide
Exit 2 : (6.97,16.93 m), 0.00 degrees, 2.30 m wide

Plan 2 (DXF file: plan 2.dxf) (Size: 96.950,73.155 metres)
Number of People Initially in This Floor = 112
Link 1 : (23.20,15.60 m), 88.60 degrees, 2.30 m wide, connected to Trappa
Link 3 : (8.31,14.64 m), -135.00 degrees, 0.70 m wide, connected to Kökstrappa

Trappa (Size: 2.400,12.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 1 : (1.20,12.00 m), 90.00 degrees, 2.30 m wide, connected to Plan 2
Link 2 : (1.15,0.00 m), 270.00 degrees, 2.30 m wide, connected to Plan 1

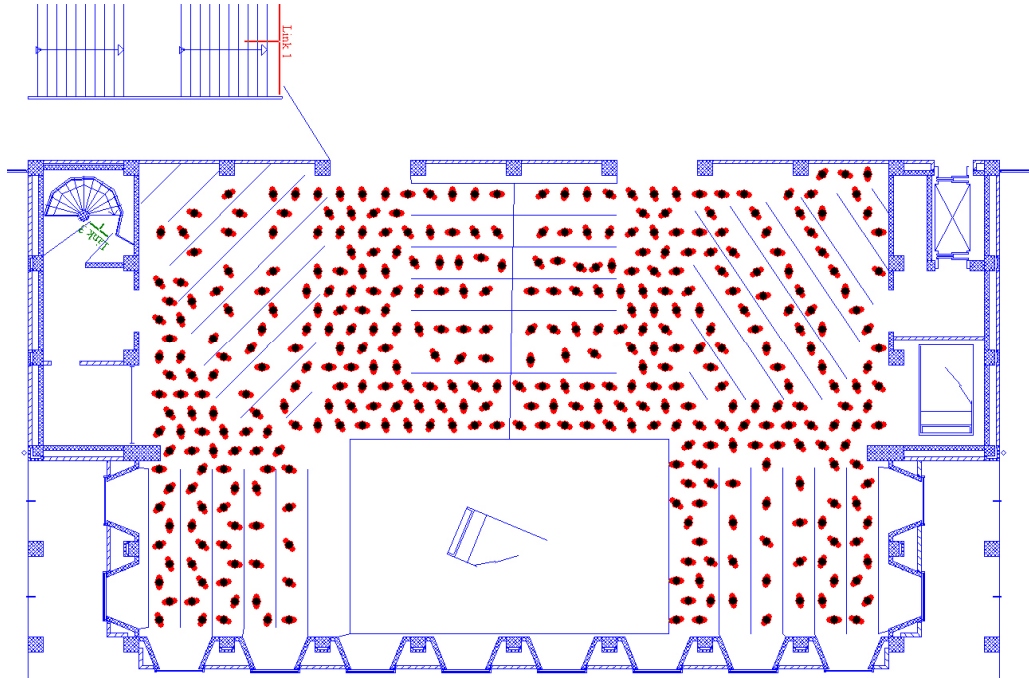
Kökstrappa (Size: 0.800,10.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 3 : (0.40,10.00 m), 90.00 degrees, 0.70 m wide, connected to Plan 2
Link 4 : (0.40,0.00 m), 270.00 degrees, 0.70 m wide, connected to Plan 1

All people reached the exit in **3:00.0**.

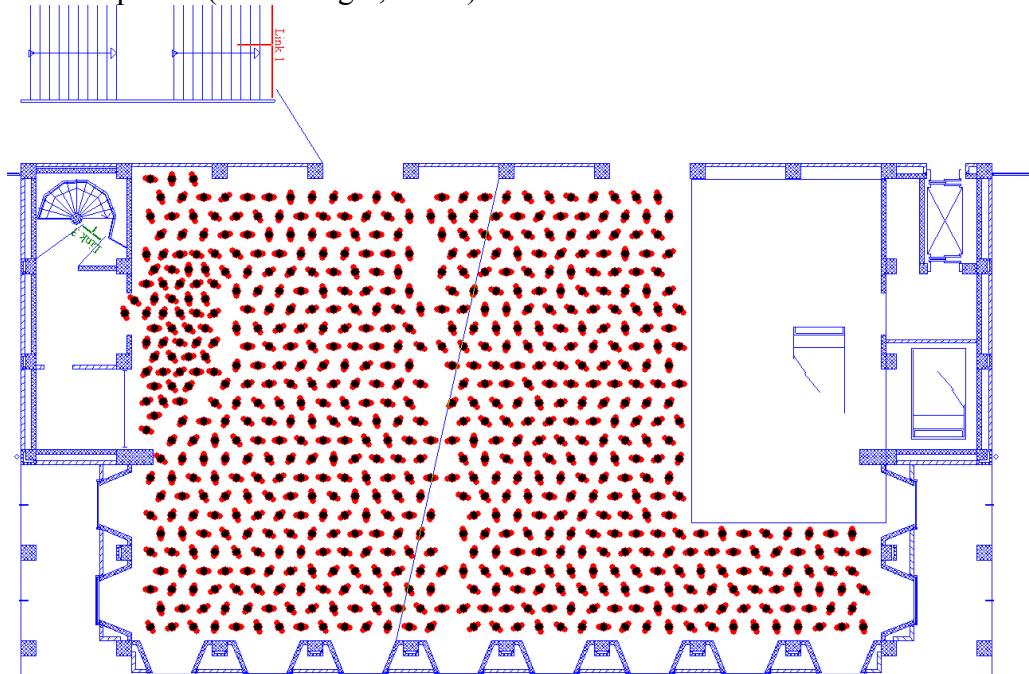
Indata Konsertsalen:

Personplacering för simuleringar i Simulex

Sittande publik (simulering 1, 2 & 5):



Stående publik (simulering 3, 4 & 6):



Resultat Konsertsalen:

Utrymning 1

Number of Floors = 2
Number of Staircases = 2
Number of Exits = 3
Number of Links = 4
Number of People = 390

Plan 1 (DXF file: plan 1.dxf) (Size: 101.139,77.885 metres)
Number of People Initially in This Floor = 0
Link 2 : (55.20,22.40 m), 0.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Stor trappa
Link 4 : (58.58,17.54 m), -175.49 degrees, 0.80 m wide, connected to Spiraltrappa
Exit 1 : (49.25,22.93 m), 0.00 degrees, 2.40 m wide
Exit 2 : (49.23,19.93 m), 0.00 degrees, 2.40 m wide
Exit 3 : (86.95,18.40 m), 91.17 degrees, 2.40 m wide

Plan 2 (DXF file: plan 2 - mobil...dxf) (Size: 96.950,73.155 metres)
Number of People Initially in This Floor = 390
Link 1 : (59.38,22.40 m), 180.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Stor trappa
Link 3 : (53.71,16.49 m), 52.31 degrees, 0.70 m wide, connected to Spiraltrappa

Stor trappa (Size: 3.300,16.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 1 : (1.70,16.00 m), 90.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Plan 2
Link 2 : (1.60,0.00 m), 270.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Plan 1

Spiraltrappa (Size: 0.800,10.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 3 : (0.41,10.00 m), 90.00 degrees, 0.70 m wide, connected to Plan 2
Link 4 : (0.40,0.00 m), 270.00 degrees, 0.80 m wide, connected to Plan 1

All people reached the exit in **4:45.0**.

Utrymning 2

Number of Floors = 2
Number of Staircases = 2
Number of Exits = 3
Number of Links = 4
Number of People = 390

Plan 1 (DXF file: plan 1.dxf) (Size: 101.139,77.885 metres)
Number of People Initially in This Floor = 0
Link 2 : (55.20,22.40 m), 0.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Stor trappa
Link 4 : (58.58,17.54 m), -175.49 degrees, 0.80 m wide, connected to Spiraltrappa
Exit 1 : (49.25,22.93 m), 0.00 degrees, 2.40 m wide
Exit 2 : (49.23,19.93 m), 0.00 degrees, 2.40 m wide
Exit 3 : (86.95,18.40 m), 91.17 degrees, 2.40 m wide

Plan 2 (DXF file: plan 2 - mobil...dxf) (Size: 96.950,73.155 metres)
Number of People Initially in This Floor = 390
Link 1 : (59.38,22.40 m), 180.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Stor trappa
Link 3 : (53.71,16.49 m), 52.31 degrees, 0.70 m wide, connected to Spiraltrappa

Stor trappa (Size: 3.300,16.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 1 : (1.70,16.00 m), 90.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Plan 2
Link 2 : (1.60,0.00 m), 270.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Plan 1

Spiraltrappa (Size: 0.800,10.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 3 : (0.41,10.00 m), 90.00 degrees, 0.70 m wide, connected to Plan 2
Link 4 : (0.40,0.00 m), 270.00 degrees, 0.80 m wide, connected to Plan 1

All people reached the exit in **5:07.4**.

Utrymning 3

Number of Floors = 2
Number of Staircases = 2
Number of Exits = 3
Number of Links = 4
Number of People = 650

Plan 1 (DXF file: plan 1.dxf) (Size: 101.139,77.885 metres)
Number of People Initially in This Floor = 0
Link 2 : (55.20,22.40 m), 0.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Stor trappa
Link 4 : (57.25,17.50 m), 0.00 degrees, 0.80 m wide, connected to Spiraltrappa
Exit 1 : (49.25,22.93 m), 0.00 degrees, 2.40 m wide
Exit 2 : (49.23,19.93 m), 0.00 degrees, 2.40 m wide
Exit 3 : (86.95,18.40 m), 91.17 degrees, 2.40 m wide

Plan 2 (DXF file: plan 2.dxf) (Size: 96.950,73.155 metres)
Number of People Initially in This Floor = 650
Link 1 : (59.38,22.40 m), 180.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Stor trappa
Link 3 : (53.71,16.49 m), 52.31 degrees, 0.70 m wide, connected to Spiraltrappa

Stor trappa (Size: 3.300,16.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 1 : (1.70,16.00 m), 90.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Plan 2
Link 2 : (1.60,0.00 m), 270.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Plan 1

Spiraltrappa (Size: 0.800,10.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 3 : (0.41,10.00 m), 90.00 degrees, 0.70 m wide, connected to Plan 2
Link 4 : (0.40,0.00 m), 270.00 degrees, 0.80 m wide, connected to Plan 1

All people reached the exit in **6:54.6**.

Utrymning 4

Number of Floors = 2
Number of Staircases = 2
Number of Exits = 3
Number of Links = 4
Number of People = 645

Plan 1 (DXF file: plan 1.dxf) (Size: 101.139,77.885 metres)
Number of People Initially in This Floor = 0
Link 2 : (55.20,22.40 m), 0.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Stor trappa
Link 4 : (58.58,17.54 m), -175.49 degrees, 0.80 m wide, connected to Spiraltrappa
Exit 1 : (49.25,22.93 m), 0.00 degrees, 2.40 m wide
Exit 2 : (49.23,19.93 m), 0.00 degrees, 2.40 m wide
Exit 3 : (86.95,18.40 m), 91.17 degrees, 2.40 m wide

Plan 2 (DXF file: plan 2.dxf) (Size: 96.950,73.155 metres)
Number of People Initially in This Floor = 645
Link 1 : (59.38,22.40 m), 180.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Stor trappa
Link 3 : (53.71,16.49 m), 52.31 degrees, 0.70 m wide, connected to Spiraltrappa

Stor trappa (Size: 3.300,16.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 1 : (1.70,16.00 m), 90.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Plan 2
Link 2 : (1.60,0.00 m), 270.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Plan 1

Spiraltrappa (Size: 0.800,10.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 3 : (0.41,10.00 m), 90.00 degrees, 0.70 m wide, connected to Plan 2
Link 4 : (0.40,0.00 m), 270.00 degrees, 0.80 m wide, connected to Plan 1

All people reached the exit in **7:11.0**.

Utrymning 5

Number of Floors = 2
Number of Staircases = 2
Number of Exits = 3
Number of Links = 4
Number of People = 390

Plan 1 (DXF file: plan 1.dxf) (Size: 101.139,77.885 metres)
Number of People Initially in This Floor = 0
Link 2 : (55.20,22.40 m), 0.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Stor trappa
Link 4 : (58.58,17.54 m), -175.49 degrees, 0.80 m wide, connected to Spiraltrappa
Exit 1 : (49.25,22.93 m), 0.00 degrees, 2.40 m wide
Exit 2 : (49.23,19.93 m), 0.00 degrees, 2.40 m wide
Exit 3 : (86.95,18.40 m), 91.17 degrees, 2.40 m wide

Plan 2 (DXF file: plan 2 - mobil...dxf) (Size: 96.950,73.155 metres)
Number of People Initially in This Floor = 390
Link 1 : (59.38,22.40 m), 180.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Stor trappa
Link 3 : (53.71,16.49 m), 52.31 degrees, 0.70 m wide, connected to Spiraltrappa

Stor trappa (Size: 3.300,16.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 1 : (1.70,16.00 m), 90.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Plan 2
Link 2 : (1.60,0.00 m), 270.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Plan 1

Spiraltrappa (Size: 0.800,10.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 3 : (0.41,10.00 m), 90.00 degrees, 0.70 m wide, connected to Plan 2
Link 4 : (0.40,0.00 m), 270.00 degrees, 0.80 m wide, connected to Plan 1

All people reached the exit in **12:01.7**.

Utrymning 6

Number of Floors = 2
Number of Staircases = 2
Number of Exits = 3
Number of Links = 4
Number of People = 650

Plan 1 (DXF file: plan 1.dxf) (Size: 101.139,77.885 metres)

Number of People Initially in This Floor = 0

Link 2 : (55.20,22.40 m), 0.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Stor trappa

Link 4 : (58.58,17.54 m), -175.49 degrees, 0.80 m wide, connected to Spiraltrappa

Exit 1 : (49.25,22.93 m), 0.00 degrees, 2.40 m wide

Exit 2 : (49.23,19.93 m), 0.00 degrees, 2.40 m wide

Exit 3 : (86.95,18.40 m), 91.17 degrees, 2.40 m wide

Plan 2 (DXF file: plan 2.dxf) (Size: 96.950,73.155 metres)

Number of People Initially in This Floor = 650

Link 1 : (59.38,22.40 m), 180.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Stor trappa

Link 3 : (53.71,16.49 m), 52.31 degrees, 0.70 m wide, connected to Spiraltrappa

Stor trappa (Size: 3.300,16.000 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link 1 : (1.70,16.00 m), 90.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Plan 2

Link 2 : (1.60,0.00 m), 270.00 degrees, 3.30 m wide, connected to Plan 1

Spiraltrappa (Size: 0.800,10.000 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

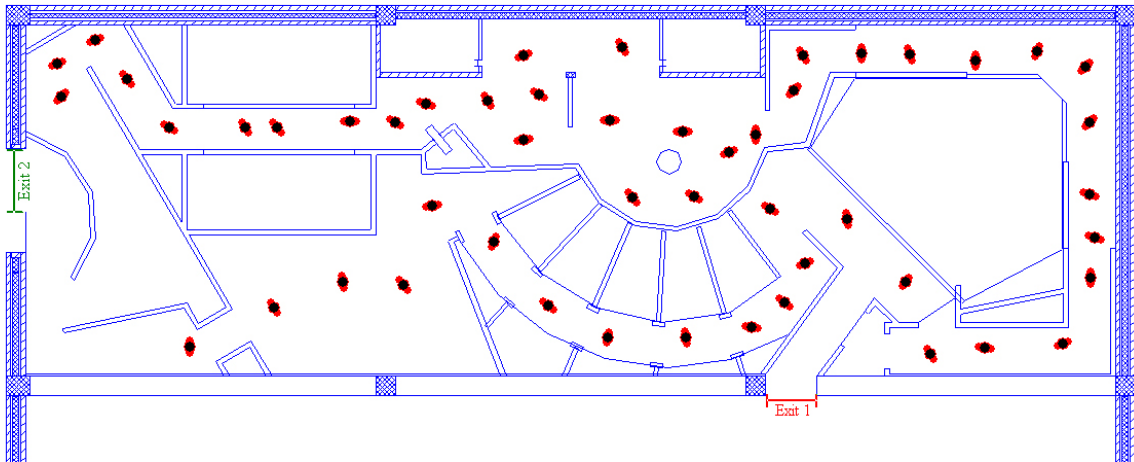
Link 3 : (0.41,10.00 m), 90.00 degrees, 0.70 m wide, connected to Plan 2

Link 4 : (0.40,0.00 m), 270.00 degrees, 0.80 m wide, connected to Plan 1

All people reached the exit in **18:57.5**.

Indata "Vikten av vatten"

Personplacering för simulering i Simulex:



Resultat "Vikten av vatten"

Utrymning 1

Number of Floors = 1
Number of Staircases = 0
Number of Exits = 2
Number of Links = 0
Number of People = 50

Plan 1 (DXF file: plan 1.dxf) (Size: 101.139,77.885 metres)
Number of People Initially in This Floor = 50
Exit 1 : (71.40,53.23 m), -90.00 degrees, 1.20 m wide
Exit 2 : (52.48,58.55 m), 0.00 degrees, 1.50 m wide

All people reached the exit in **1:32.1**.

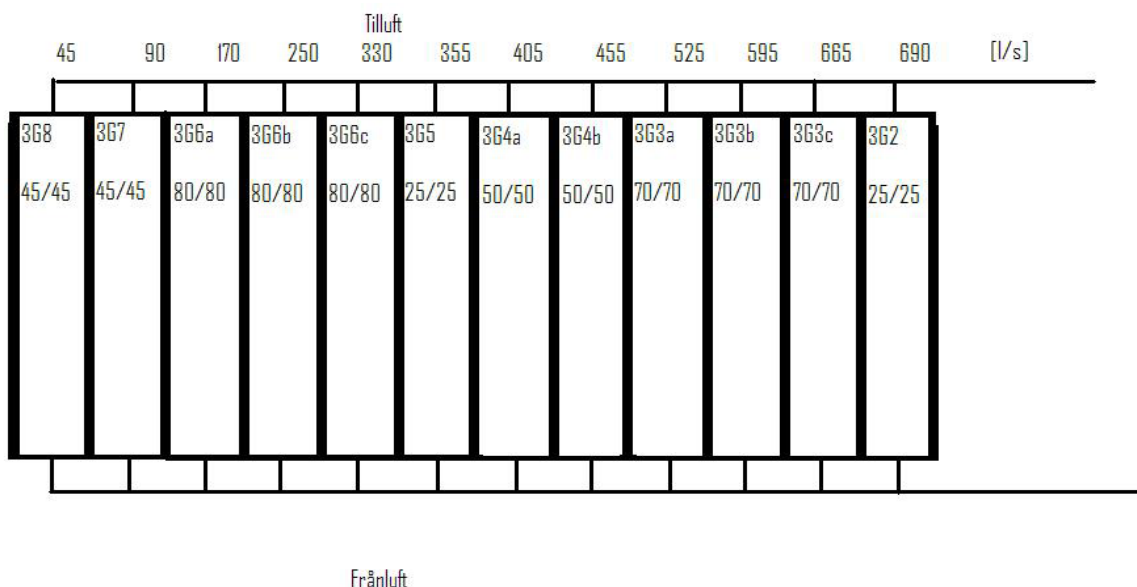
Bilaga M – Brandgasspridning via ventilationssystem

Denna bilaga behandlar brandgasspridning via ventilationssystem.

Brand i kontor

Det mest troliga scenariot för brandgasspridning genom ventilationssystemet är spridning mellan de små kontor som finns på plan 3. Kontoret 3G2 valdes eftersom det ligger först i systemet med avseende på tilluften, därmed kan brandgaser spridas till de övriga 11 kontoren via tilluftskanalen. I den här delen av huset består ventilationen av ett överluftssystem med ett totalt tilluftflöde på 690 l/s. I 3G2 är tilluften och frånluften 25 l/s. Frånluften går via ett överluftssystem ut i atriet. En schematisk bild av systemet i denna sektion ses nedan.

Frånluften i bilden är starkt förenklad då det i själva verket är överluft ut till atriet, som i sin tur sugts ut via atriet till fria luften utanför byggnaden.



Skiss över kontoren och luftflöden

Eftersom uppgifter på tryckfallen saknas, antas en tryckförlust på 10 Pa i överluftdonet i samråd med Lars Jensen (installationsteknik, LTH). På samma sätt antas 100 Pa tryckskillnad över tilluftsdonet. Dessutom antas kontoret inte ha några övriga läckage.

Enligt tumregeln beräknas gränsvärdet för brandgasspridning i ett TF-system med uttrycket

$$q_{bi} = q_n(1 + P_t/P_f)^{0,5} \text{ (Jensen, 1998).}$$

$$q_n = 25 \text{ l/s}$$

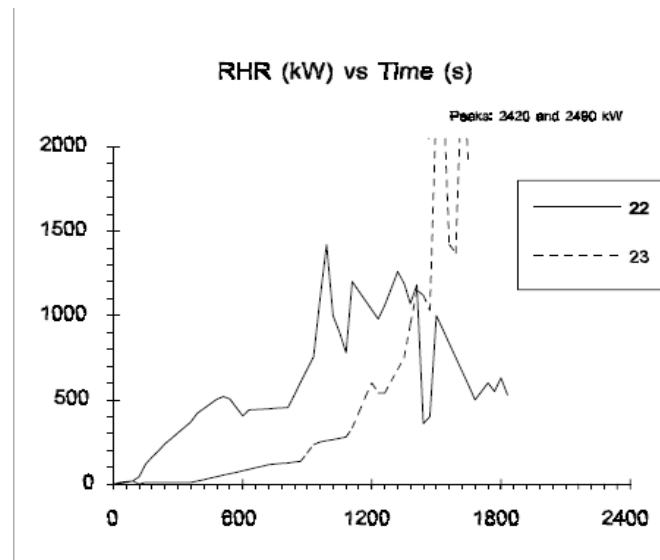
$$P_t = 100 \text{ Pa}$$

$$P_f = 10 \text{ Pa.}$$

Kanalbrandflödet, q_{bi} blir 83 l/s.

Enligt tumregeln motsvarar detta en brand på 83 kW, (Jensen, 1998).

Rummet simulerades i Argos med en standardkontorsbrand Y0/23, Initial fires, (Särdqvist, 1993), där rök-detektorn i Argos utlöser efter ca en minut. Effekten når 83 kW efter ca 10 minuter. Alltså har personerna troligtvis 9 minuter på sig att utrymma. Även om resultaten inte är validerade fullt ut visar de dock att det finns viss marginal att utrymma.



Figur 10.2. Effektutveckling kontorsbrand

Resultat

Slutsatsen blir att det kommer att ske en brandgasspridning via tilluften i relativt liten mängd. Det mesta av brandgaserna kommer att spridas ut till det omgivande atriet. Dessutom kommer sprinklern att kyla dessa brandgaser när den löser ut. Detta är beräknat för stängd dörr. Är dörren däremot öppen, kommer brandgaserna att spridas ut genom dörröppningen i hela sin producerade mängd, vilket gör att risken för brandgasspridning är störst med dörren öppen och inte via ventilationssystemet.

