

# Brandteknisk Riskvärdering av Östergötlands Länsmuseum



**Erol Ceylan**  
**Tobias Gustafsson**  
**Egzon Haliti**  
**Tore Klarström**

*Department of Fire Safety  
Engineering and Systems Safety  
Lund University, Sweden*

*Avdelningen för Brandteknik och  
Riskhantering, Lunds Tekniska  
Högskola*

*Lund 2012*



**LUNDS  
UNIVERSITET**  
Lunds Tekniska Högskola



# **Brandteknisk Riskvärdering av Östergötlands Länsmuseum**



**Erol Ceylan  
Tobias Gustafsson  
Egzon Haliti  
Tore Klarström**

**Lund 2012**

**Rapport 9411**

**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.**



## **Titel/Title**

Brandteknisk Riskvärdering av Östergötlands Länsmuseum/Fire Safety Evaluation of Östergötlands Länsmuseum

## **Rapport/Report**

9411

## **Författare/Authors**

Erol Ceylan, Tobias Gustafsson, Egzon Haliti, Tore Klarström

Brandingenjörprogrammet, Lunds Tekniska Högskola, 2012

Fire Protection Engineering Program, Faculty of Engineering, Lund University, 2012

© Copyright Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet, 2012

## **Handledare/Mentors**

Håkan Frantzich, Viktor Willhager

## **Antal sidor/Number of pages**

155 (inklusive bilagor/including appendices)

## **Abstract**

The following report constitutes the main part of the course *VBR 054 Fire Safety Evaluation* given by the Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety at the Faculty of Engineering, Lund University. The main objective of the report is to evaluate the personal safety at Östergötlands länsmuseum in the event of fire.

In an initial risk analysis three likely fire scenarios are chosen for further study. These scenarios are fire in the Wallenberg hall, fire in the kitchen and fire in the lower exhibition hall. Times to critical conditions and evacuation are calculated and simulated with computer programs. If the resulting time differences are below zero, suitable measures are suggested and validated with new simulations. Uncertainties in the results are investigated in an uncertainty analysis.

The conclusion of this report is that the personal safety is not satisfying at present. A number of suitable measures that should be taken are therefore suggested.

## **Sökord**

@RISK, automatiskt brandlarm, brandskydd, brandteknisk riskvärdering, CFAST, dimensionerande brand, FDS, kritiska förhållanden, osäkerhetsanalys, personsäkerhet, riskanalys, scenarioanalys, SIMULEX, utrymningslarm, utrymningstid, Östergötlands länsmuseum.

## **Keywords**

@RISK, automatic fire alarm, CFAST, critical conditions, design fire, emergency alarms, evacuation time, FDS, fire safety evaluation, personal security, uncertainty analysis, risk analysis, scenario analysis, SIMULEX, Östergötlands länsmuseum.

## **Språk/Language**

Svenska/Swedish

## **Bilder/Pictures**

Alla bilder är författarnas egna där inte källa uttryckligen anges/All pictures are the authors own if no reference is explicitly mentioned.

Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering/Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety

---

Lunds Tekniska Högskola  
Lunds Universitet  
Box 118  
221 00 Lund  
[www.brand.lth.se](http://www.brand.lth.se)

Lund University  
P.O. Box 118  
SE 221 00 Lund  
Sweden  
[www.brand.lth.se](http://www.brand.lth.se)

# Sammanfattning

---

Denna rapport utgör huvuddelen av kursen *VBR 054 Brandteknisk riskvärdering*. Det huvudsakliga syftet är att studenterna ska lära sig grundläggande metodik för brandteknisk riskvärdering i alla dess steg.

I rapporten värderas personsäkerheten på Östergötlands länsmuseum i händelse av brand. Värdering av egendomsskydd och miljöskydd görs inte i någon större omfattning.

Värderingen görs med scenarioanalys som huvudsaklig metod. Efter ett platsbesök på läns museet genomförs en grovanalys av tänkbara scenarier. Grovanalysen leder till att ett antal scenarier analyseras vidare i en fördjupad analys. Dessa scenarier är brand och utrymning i Wallenbergsalen, serveringen och nedre utställningshallen.

I den fördjupade analysen används kvalitativa bedömningar, handberäkningsmetoder och datorsimuleringar för att bestämma tider till kritiska förhållanden och utrymningstider. Dessa tider jämförs och i de fall då tidsmarginalen för utrymning är negativ föreslås åtgärder. För att validera åtgärderna görs nya beräkningar och simuleringar med åtgärderna i beaktning. Slutligen görs en osäkerhetsanalys för att kvantifiera tidsmarginalernas osäkerheter och bedöma om åtgärderna är tillräckliga. Osäkerhetsanalysen visar att tidsmarginalerna är acceptabla. De föreslagna åtgärderna anses därför vara tillräckliga.

Slutsatsen av värderingen är att personsäkerheten i händelse av brand inte är tillfredställande i dagsläget. Därför föreslås ett antal åtgärder som *ska* genomföras för att åstadkomma tillfredsställande personsäkerhet samt ett antal åtgärder som *bör* genomföras för att ytterligare förbättra personsäkerheten.

För att tillse att säker utrymning ska kunna ske *ska* följande åtgärder vidtas:

- I Wallenbergsalen ska genomlysta eller upplysta utrymningsskyltar installeras vid samtliga utrymningsvägar.
- Den befintliga dörren bakom draperiet intill scenen i Wallenbergsalen ska göras till utrymningsväg och förses med en genomlyst eller upplyst utrymningsskylt. Draperiet får inte täcka utrymningsvägen.
- I nedre utställningshallen ska fler och större genomlysta utrymningsskyltar med blinkande ljus på sidorna installeras. Ett system som tänder belysningen i lokalen vid detektering av brand och som håller lokalen upplyst under hela förloppet ska installeras, om ett sådant system inte redan finns i lokalen.
- Mobila utrymningsskyltar ska införskaffas och användas för att komplettera fastmonterade skyltar där det behövs.
- Branddörrar ska installeras mellan nedre utställningshallen och forskningsbiblioteket, mellan nedre utställningshallen och IT-seum samt mellan konferensrummet och övre utställningshallen.

- Utrymningslarm med talat meddelande ska installeras i nedre utställningshallen.
- Dörren till IT-seum ska göras till en utrymningsväg från nedre utställningshallen och förses med tillhörande utrymningsskyltar.
- De dörrstängare som inte fungerar i byggnaden ska åtgärdas.
- Den bråte som blockerar vissa utrymningsvägar, exempelvis stolen i projektorrummet, ska avlägsnas. Utrymningsvägarna ska hållas fria även i framtiden.

För att ytterligare underlätta utrymning och för att begränsa skador på egendom *bör* följande åtgärder vidtas:

- En brandgardin (EI30) med automatisk nedsänkning vid detektion bör installeras i serveringsöppningen.
- Handbrandsläckaren och tillhörande skyltar intill dörrarna mellan serveringen och foajén bör göras synligare genom att exempelvis flytta ut klädhängaren en bit från dörren.
- I utställningssalen bör skylten till handbrandsläckaren placeras på andra sidan hörnet. Om liknande problematik råder på andra ställen i byggnaden, bör även dessa skyltar placeras på synligare ställen.
- Alla utrymningsskyltar i byggnaden som inte är upplysta eller genomlysta bör bytas ut mot sådana.
- De otillräckligt tätade genomföringarna i brandcellsgränser i exempelvis källarplanet bör tätas noggrannare.
- De dörrar i utrymningsvägar som leder ut till trapphusen bör gå att öppna även från trapphusen för att möjliggöra återrymning. I dagsläget kan endast personal återrymma eftersom nyckel krävs. Möjlig åtgärd är att använda nödvred på dörrarna.



# Förord

---

Författarna av denna rapport vill tacka följande personer för handledning och hjälp:

- Håkan Frantzich, Universitetslektor vid Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH, för handledning genom arbetets gång.
- Viktor Willhager, Brandingenjör på Räddningstjänsten Östra Götaland, för hjälp vid platsbesöket och med viktig information.
- Jonas Alvarsson, fastighetsförvaltare på Östergötlands Länsmuseum, för hjälp vid platsbesöket och med viktig information.
- Martin Nilsson, doktorand vid Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH, för upprättande av kontaktinformation inför platsbesöket.



# Nomenklaturlista

---

$A_0$  = area av öppningar till rummet [ $m^2$ ]

$A_f$  = bränslearea [ $m^2$ ]

$D$  = avstånd mellan en strålande yta och en mottagande punkt [ $m$ ]

$D$  = diameter [ $m$ ]

$E$  = utstrålad effekt per kvadratmeter [ $kW/m^2$ ]

$H$  = rummets höjd [ $m$ ]

$H_0$  = öppningens höjd i rummet [ $m$ ]

$L_f$  = flamhöjd [ $m$ ]

$L$  = rummets längd [ $m$ ]

$\dot{m}''$  = massavbrinningshastighet [ $kg/sm^2$ ]

$Q$  = energimängd [ $kJ$ ]

$\dot{Q}$  = effektutveckling [ $kW$ ]

$\dot{Q}^*$  = dimensionslös effektutveckling [-]

$\dot{q}''$  = strålningsintensitet per kvadratmeter [ $kW/m^2$ ]

$r_d$  = avstånd mellan en strålande och en mottagande yta [ $m$ ]

$r$  = radie [ $m$ ]

$T$  = temperatur [ $K$ ]

$t$  = tid [ $s$ ]

$t_{föberedelse}$  = tid det tar för personen att föbereda sig för utrymning [ $s$ ]

$t_{förflyttning}$  = tid det tar för personen att förflytta sig till det fria eller säkra plats [ $s$ ]

$t_{kritisk}$  = tid till att kritiska förhållanden uppstår [ $s$ ]

$t_{varseblivning}$  = tid till att personen förstår att något onormalt har inträffat [ $s$ ]

$V$  = volym [ $m^3$ ]

$W$  = rummets bredd [ $m$ ]

$\alpha$  = tillväxtfaktor [ $kW/s^2$ ]

$\Delta H_c$  = förbränningsvärme [ $MJ/kg$ ]

$\varepsilon$  = emissivitet [-]

$\theta_2$  = vinkel mellan en mottagande yta och dess kortaste avstånd till en strålande yta [ $^\circ$ ]

$\theta_1$  = vinkel mellan en strålande yta och dess kortaste avstånd till en mottagande yta [ $^\circ$ ]

$\rho_{luft}$  = luftens densitet [ $kg/m^3$ ]

$\sigma$  = Stefan – Boltzmanns konstant [ $W/m^2K^4$ ]

$\phi$  = synfaktor [-]

$\chi$  = förbränningseffektivitet [-]



# Innehållsförteckning

---

1 Inledning .....	1
1.1 Syfte .....	1
1.2 Mål .....	1
1.3 Metod .....	1
1.4 Skyddsmål och acceptanskriterium .....	2
1.5 Avgränsningar .....	3
1.6 Begränsningar .....	4
2 Objektsbeskrivning .....	5
2.1 Historik .....	5
2.2 Verksamhet .....	6
2.3 Byggnaden .....	6
2.3.1 Plan 1 .....	7
2.3.2 Plan 2 .....	8
2.3.3 Plan 3 .....	10
2.3.4 Källarplan .....	10
2.4 Ventilation .....	10
3 Befintligt brandskydd .....	11
3.1 Byggnadsklass och verksamhetsklass .....	11
3.2 Brandcellsgränser .....	11
3.3 Dörrar och dörrstängare .....	13
3.4 Automatiskt brandlarm och utrymningslarm .....	14
3.5 Brandgasventilation .....	14
3.6 Släckutrustning .....	14
3.7 Sprinklersystem .....	14
3.8 Utrymningsvägar .....	14
3.9 Vägledande markeringar .....	16
3.10 Systematiskt brandskyddsarbete och personalutbildning .....	16
3.11 Räddningstjänst .....	16
3.12 Brister i befintligt brandskydd .....	16
4 Utrymning och människors beteende vid brand .....	21
4.1 Kritiska förhållanden .....	21
4.2 Människors beteende vid brand .....	21

4.3 Tid till utrymning .....	22
5 Riskidentifiering och scenarioanalys .....	25
5.1 Brandscenarier .....	25
5.1.1 Sannolikhets- och konsekvensbedömning .....	25
5.1.2 Beskrivning av brandscenarier .....	27
5.1.3 Urval av brandscenarier för fördjupad analys .....	34
5.2 Utrymningsscenarier .....	36
5.2.1 Sannolikheter i händelsetråd .....	36
5.2.2 Identifiering och urval av utrymningsscenarier.....	37
6 Fördjupad analys av valda brandscenarier .....	43
6.1 Dimensionerande brand.....	43
6.1.1 Tillväxtfas .....	43
6.1.2 Fullt utvecklade brand .....	43
6.1.3 Avsvalningsfas .....	44
6.1.4 Simulering av brandförlopp .....	44
6.2 Analys av brand i Wallenbergsalen/foajén.....	45
6.2.1 Tillväxtfas .....	45
6.2.2 Maximal effektutveckling .....	45
6.2.3 Avsvalningsfas .....	46
6.2.4 Effektutvecklingskurva .....	46
6.2.5 Simulering av brand.....	46
6.3 Analys av brand i serveringen .....	50
6.3.1 Tillväxtfas .....	50
6.3.2 Maximal effektutveckling .....	50
6.3.3 Avsvalningsfas .....	50
6.3.4 Effektutvecklingskurva .....	51
6.3.5 Simulering av brand.....	51
6.4 Analys av brand i nedre utställningshallen.....	54
6.4.1 Tillväxtfas .....	54
6.4.2 Maximal effektutveckling .....	54
6.4.3 Avsvalningsfas .....	55
6.4.4 Effektutvecklingskurva .....	55
6.4.5 Simulering av brand.....	56

6.5 Validering av FDS-simuleringar med CFAST .....	59
6.5.1 Geometrikriterier i CFAST .....	60
6.5.2 Wallenbergsalen .....	61
6.5.3 Serveringen.....	62
6.5.4 Nedre utställningshallen.....	63
6.5.5 Diskussion av validering .....	63
6.5.6 Slutsats av validering .....	64
7 Fördjupad analys av valda utrymningsscenarier .....	67
7.1 Utrymning vid brand i Wallenbergsalen/foajén.....	67
7.1.1 Simulering av utrymningsförlopp.....	68
7.1.2 Utrymningstid.....	68
7.2 Utrymning vid brand i serveringen .....	69
7.2.1 Simulering av utrymningsförlopp.....	71
7.2.2 Utrymningstid.....	71
7.3 Utrymning vid brand i nedre utställningshallen .....	72
7.3.1 Simulering av utrymningsförlopp.....	73
7.3.2 Utrymningstid.....	74
8 Jämförelse mellan utrymningstider och tider till kritiska förhållanden.....	75
8.1 Kommentar angående resultaten innan åtgärder.....	75
9 Osäkerhetsanalys innan åtgärder .....	77
10 Förslag på åtgärder .....	79
10.1 Åtgärdsförslag i Wallenbergsalen .....	79
10.2 Åtgärdsförslag i serveringen .....	79
10.3 Åtgärdsförslag i nedre utställningshallen .....	80
10.4 Åtgärder för övriga brister i det befintliga brandskyddet .....	80
11 Utvärdering av åtgärder .....	83
11.1 Utvärdering av åtgärder i Wallenbergsalen .....	83
11.2 Utvärdering av åtgärder i nedre utställningshallen .....	84
12 Osäkerhetsanalys efter åtgärder.....	87
12.1 Osäkerhetsanalys efter åtgärder i Wallenbergsalen .....	87
12.2 Osäkerhetsanalys efter åtgärder i nedre utställningshallen.....	88
12.3 Känslighetsanalys.....	89
12.3.1 Wallenbergsalen .....	89

12.3.2 Serveringen.....	90
12.3.3 Nedre utställningshallen.....	90
13 Diskussion .....	93
13.1 Avgränsningar och begränsningar.....	93
13.2 FDS- och CFAST-simuleringar .....	93
13.3 Utrymning .....	95
13.4 Åtgärdsförslag .....	96
13.5 Osäkerhetsanalys .....	96
13.6 Resulteraende tidsmarginaler .....	97
14 Slutsats .....	99
Litteraturlförteckning .....	101
Bilaga A Obligatorisk ventilationskontroll (OVK-protokoll).....	105
Bilaga B Maximala effektutvecklingar.....	115
Bilaga C FDS-teori.....	117
Bilaga D Strålningsberäkningar .....	119
Bilaga E Indatafiler till CFAST .....	123
Bilaga F Indatafiler till FDS .....	127
Bilaga G Simuleringar i SIMULEX .....	143
Bilaga H Beräkningar på individrisk .....	153



# 1 Inledning

---

*Följande rapport utgör huvuddelen i kursen VBR054 Brandteknisk Riskvärdering vid Lunds Tekniska Högskola. I rapporten värderas personsäkerheten i händelse av brand på Östergötlands Länsmuseum.*

## 1.1 Syfte

Ett av syftena med detta arbete är att studenterna ska lära sig grundläggande metodik för brandteknisk riskvärdering i alla dess steg. Ett annat syfte är att studenterna ska knyta ihop kunskaper från tidigare kurser och bygga på dem med nya inom framförallt personsäkerhet. Studenterna ska även lära sig att använda relevanta beräkningsmodeller och datorprogram.

## 1.2 Mål

Målet med projektet är att göra en så bra värdering som möjligt av personsäkerheten och brandskyddet på Östergötlands Länsmuseum. I detta ingår att kunna avgöra om tillfredsställande utrymning kan genomföras i händelse av brand. I detta ingår också att kunna ge relevanta åtgärdsförslag om personsäkerheten inte är tillfredsställande i dagsläget.

## 1.3 Metod

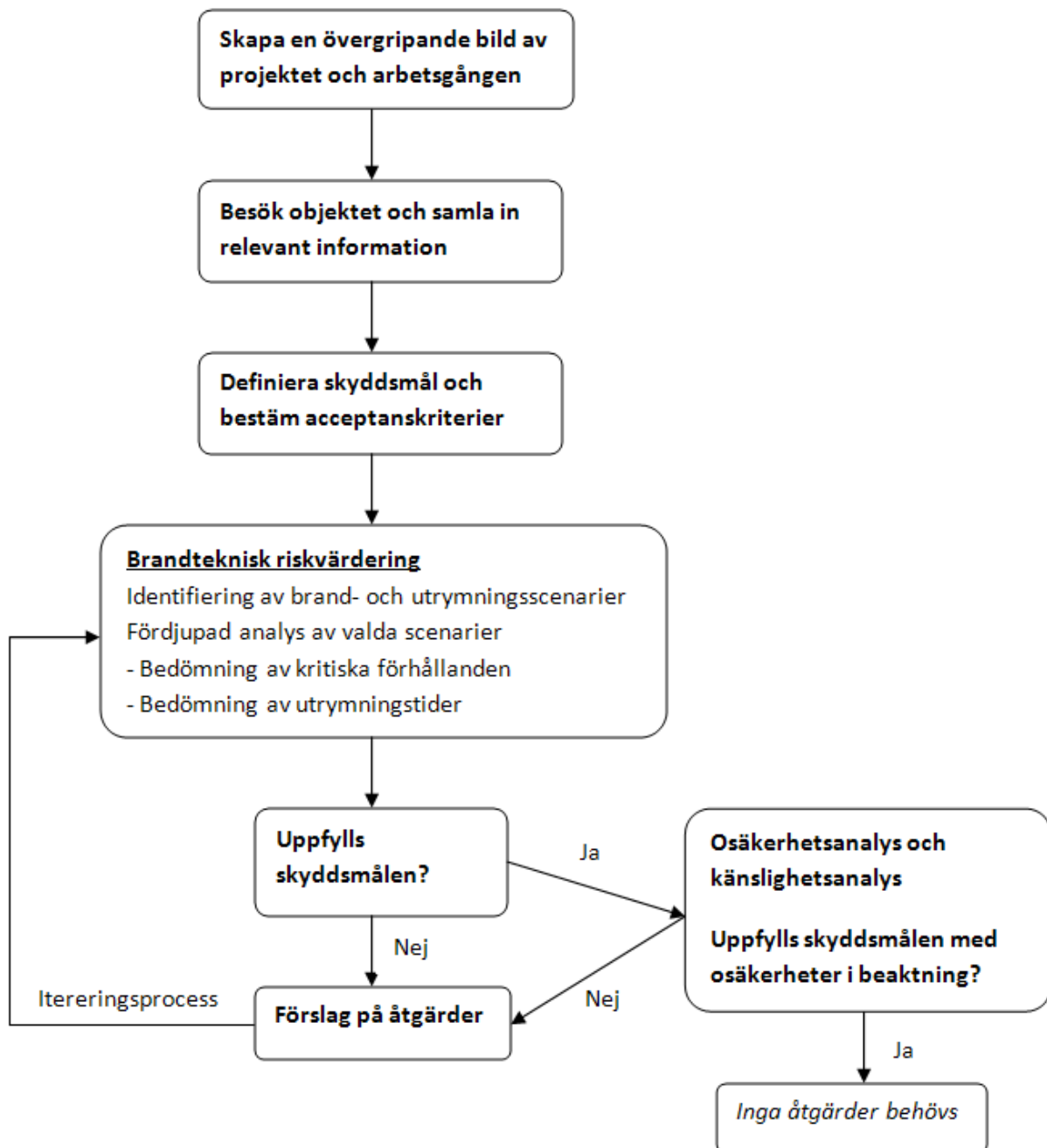
I inledningen av projektet bestäms en passande metod för arbetet. Vidare planeras arbetet i tid och rum. För att få en övergripande bild av objektet studeras ritningar och annan tillgänglig dokumentation.

I nästa steg utförs ett platsbesök på objektet. Vid besöket studeras objektet mer ingående och särskild vikt läggs vid att identifiera troliga brandscenarier och eventuell utrymningsproblematik. Information om dörrbredder, takhöjder, inredning, placering av utrymningsskyltar med mera inhämtas. Uppenbara brister i det befintliga brandskyddet identifieras och dokumenteras vid besöket.

Efter platsbesöket bestäms skyddsmål och acceptanskriterier. För att utvärdera brandskyddet används en scenarioanalys som verifieringsmetod och brandskyddet verifieras i denna mot givna funktionskrav i Boverkets byggregler. Scenarioanalysen inleds med en grovanalys av ett antal tänkbara brandscenarier. Utifrån tillgänglig statistik om startföremål, startutrymme och startorsak för bränder i teatrar, biografier och museer, samt egna resonemang, bedöms sannolikheter och konsekvenser av de olika scenarierna. Utifrån denna bedömning väljs ett fåtal scenarier ut för fördjupad analys. På liknande sätt väljs till brandscenarierna hörande utrymningsscenarier ut.

I den fördjupade analysen kvantifieras valda scenarier i form av dimensionerande bränder med effektutvecklingskurvor. Brandförloppen simuleras i dataprogrammet FDS och tid till kritiska förhållanden bestäms. Utrymningstid bestäms med vägledning av litteratur och dataprogrammet SIMULEX. Slutligen jämförs tid till att kritiska förhållanden uppstår med utrymningstiden. Visar jämförelsen att skyddsmålen inte uppfylls ges lämpliga åtgärdsförslag. Om så är fallet beräknas och jämförs tiderna på nytt med åtgärdsförslagen i beaktning. Om

skyddsmålen ännu inte uppfylls itereras processen till dess att de uppfylls. För att kvantifiera osäkerheter i tidsmarginalerna genomförs slutligen en osäkerhetsanalys. Figur 1.1 åskådliggör en schematisk skiss över metodiken.



Figur 1.1 Principskiss över metoden för den brandtekniska riskvärderingen.

## 1.4 Skyddsmål och acceptanskriterium

I denna brandtekniska riskvärdering beaktas främst personsäkerhet och utrymning i händelse av brand. I museet finns också stora ekonomiska värden i tavlor och andra utställningsföremål, som självklart ska tas i beaktning vid utformning av brandskyddet. Dessa värden är dock oväsentliga för utrymning och beaktas därför inte i någon större utsträckning i den fördjupade analysen.

I Boverkets byggregler, ställs krav på att en byggnad ”skall utformas så att en tillfredsställande utrymning kan ske vid brand” (Boverket 1, 2011). Tillfredsställande utrymning innebär antingen en fullständig utrymning av samtliga personer som befinner sig i en byggnad eller en förflyttning till en säker flyktplats inom byggnaden för de personer som befinner sig inom den del som direkt berörs av branden (Boverket 1, 2011). Skyddsmålet bestäms med ledning av detta till att:

Alla människor i lokalerna ska kunna utrymma utan att komma till skada i händelse av brand.

Ett acceptanskriterium är den lägsta prestationsnivå på brandskyddet som kan accepteras. I BBRAD finns ett antal verifierbara funktionskrav när det gäller utrymning (Boverket 2, 2011). Om scenarioanalys används som verifieringsmetod kan brandskyddet verifieras direkt mot dessa krav (Boverket 3, 2011). Acceptanskriteriet formuleras då som:

Brandskyddet i byggnaden anses ha tillfredsställande säkerhet om gränsvärdena för kritisk påverkan för samtliga relevanta scenarier för den aktuella situationen inte överskrids (Boverket 3, 2011).

Gränsvärdena för kritisk påverkan redovisas i avsnitt 4.

I några fall visar den fördjupade analysen att tillfredsställande utrymning kan ske i händelse av brand, samtidigt som en osäkerhetsanalys visar att det trots detta föreligger en viss risk för att personer kan komma till skada. I dessa fall beräknas plats specifika individrisker, vilka accepteras om de inte överskrider generella riktvärden på acceptabla individrisker i samhället. I Sverige finns tyvärr inga sådana fastlagda riktvärden. I England har ett riktvärde för maximalt accepterad individrisk på  $10^{-4}$  per år samt ett riktvärde för allmänt accepterad individrisk på  $10^{-6}$  per år, tagits fram (Länsstyrelsen, 2007). Dessa värden används vid jämförelser med framräknade värden.

## 1.5 Avgränsningar

I den brandtekniska riskvärderingen beaktas endast personsäkerheten i skyddsmålet. I lokalerna finns även stora ekonomiska värden i utställningsföremål. Dessa värden bör självklart tas i beaktning vid utformning av brandskyddet. De behandlas dock inte i någon större grad i denna rapport eftersom de ligger utanför projektets syfte.

Bärförmåga i olika konstruktionsdelar tas inte i beaktning i värderingen av personsäkerheten. Vidare tas inte räddningstjänstpersonalens säkerhet vid insats i beaktning.

Det finns många tänkbara brandscenarier i byggnaden som är intressanta att studera ur personsäkerhetsperspektivet. Att studera vart och ett av dessa vore dock mycket tidskrävande varför några representativa scenarier väljs ut för vidare studium. De scenarier som väljs är de som bedöms ha störst sammanvägd sannolikhet och konsekvens.

## 1.6 Begränsningar

De ventilationsritningar som funnits tillgängliga har inte gett tillräcklig kunskap om ventilationen. Av denna anledning kan inga säkra slutsatser om eventuell brandgasspridning via ventilationssystemet dras.

I utställningshallarna varierar inredningen med tiden eftersom de flesta utställningarna är temporära. Detta innebär stora osäkerheter vid bestämning av dimensionerande bränder och tid till utrymning. Lokalerna kan vid något tillfälle vara lätta att överblicka och ha ytterst lite bränsle, för att vid ett senare tillfälle vara fyllda med bränsle och ha ett närmast labyrintliknande utseende. Detta avhjälpas till viss del med att ett brandscenario väljs som anses vara representativt för olika inredningskonfigurationer.

Förberedelsetid bestäms med hjälp av schablonmässiga värden i litteratur och kvalitativa bedömningar och inga utrymningsförsök görs. Förflyttningstiden som bestäms med hjälp av dataprogrammet SIMULEX är endast teoretisk eftersom programmet i sig har begränsningar. I programmet kan exempelvis köbildningar uppstå på ställen där det inte är realistiskt.

## 2 Objektsbeskrivning

---

*I detta avsnitt beskrivs byggnadens utformning, historik och verksamhet.*

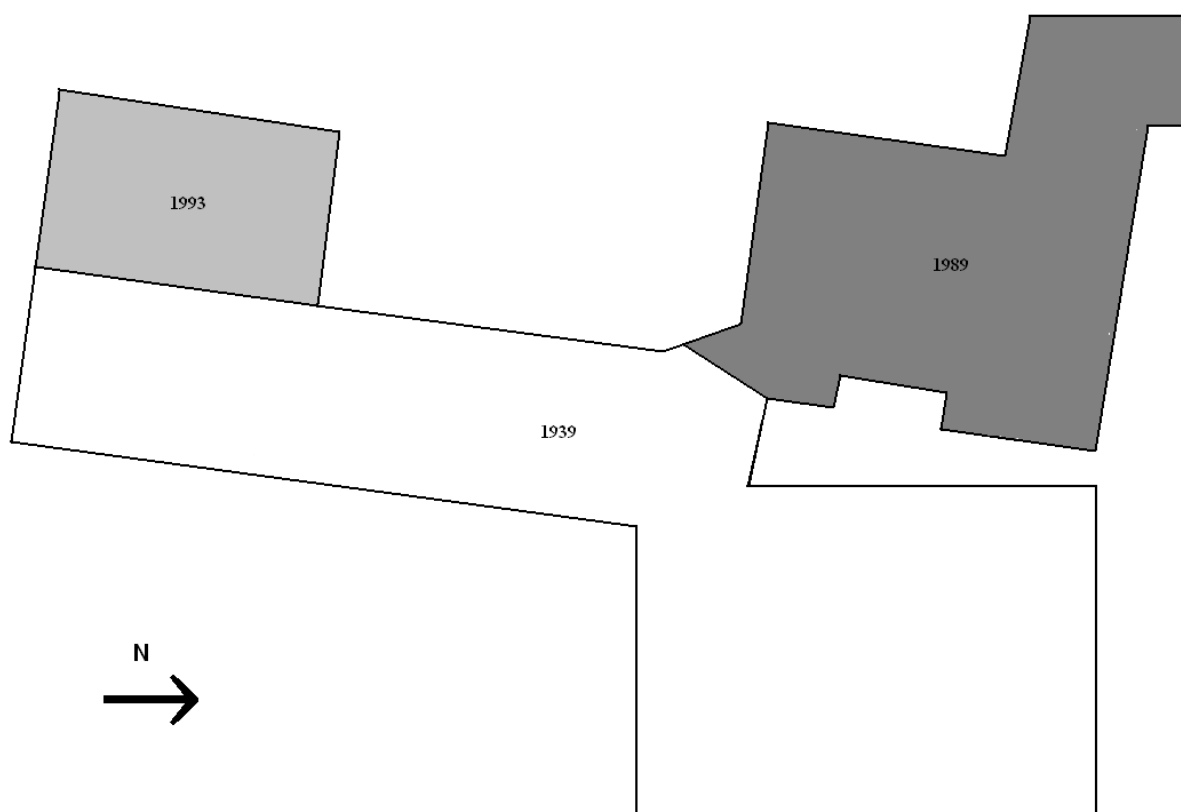
### 2.1 Historik

I augusti 1937 påbörjades byggandet av museet på Vasavägen i Linköping. Byggnaden stod klar för inflyttning 1939 (Hammenbäck, 2009). Från början inhystes två museer i byggnaden, Linköpings stadsmuseum och Östergötlands museum. Museerna slogs senare ihop och fick namnet Östergötlands länsmuseum. Entrén till museet visas i figur 2.1. I museet inhyses idag några av landets främsta konstsamlingar, vilka är mycket värdefulla.



**Figur 2.1** Fotografi av entrén till Östergötlands Länsmuseum.

Museet har i två omgångar, 1989 och 1993, byggts ut mot väster, se figur 2.2.



Figur 2.2 Översikt över byggnadens delar och när de byggdes. Figurens högra sida vetter åt norr.

## 2.2 Verksamhet

På museet bedrivs verksamhet året runt och det är öppet för allmänheten tisdag - söndag 11-16, samt 16-20 på tisdagar och torsdagar<sup>1</sup>. I utställningssalarna finns både permanenta och temporära utställningar, med konst från olika tidsepoker. Förutom utställningssalar inhyser byggnaden bland annat en stor hörsal/biosalong, kallad Wallenbergsalen. Den används för filmvisningar och föreläsningar. Museet har också en pedagogisk verkstad, där verksamhet för barn bedrivs. I byggnaden finns dessutom Hagdahls kök som är en restaurang med lunchservering. På museet arbetar mellan 80 och 100 personer dagtid, enligt Jonas Alvarsson.

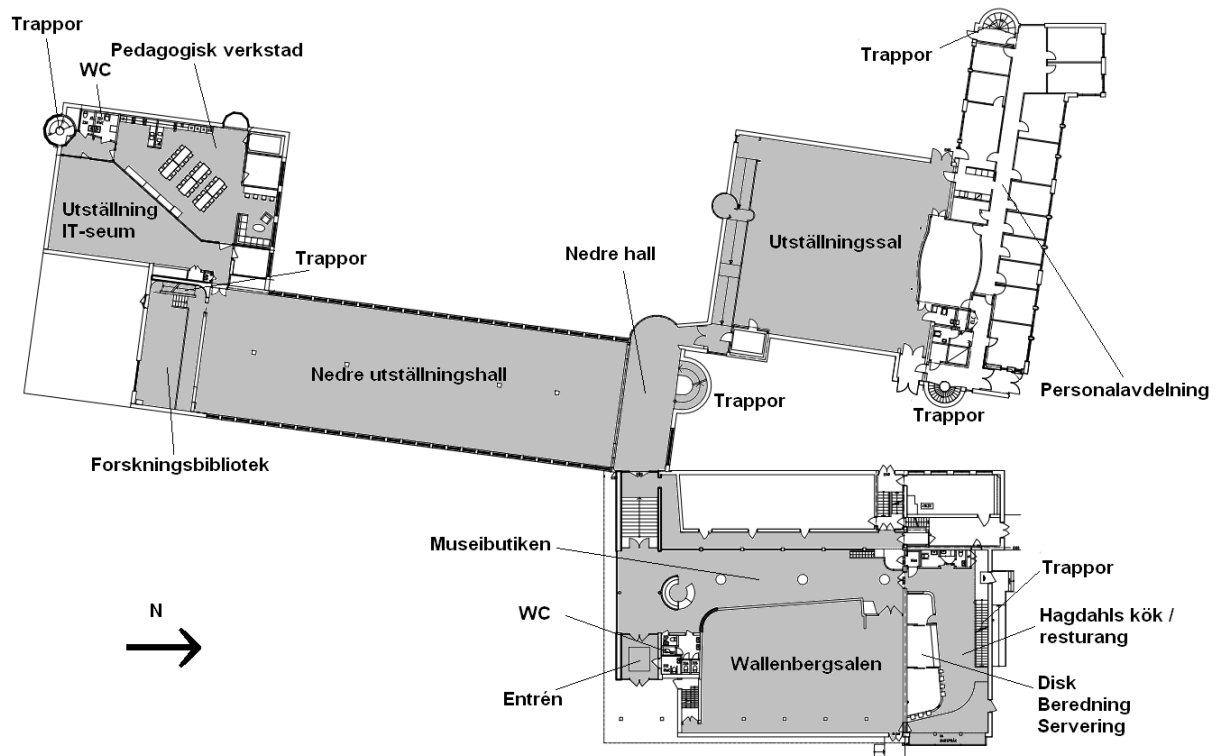
## 2.3 Byggnaden

Byggnaden består av tre plan ovan mark, ett källarplan samt ett litet magasinsutrymme under källarplanet. Plan 1 och 2 är tillgängliga för allmänheten, medan källare och plan 3 endast är tillgängliga för behörig personal. Byggnaden är utformad med hissar och ramper till samtliga publika utrymmen för personer med funktionshinder. Delar av byggnaden är Q-märkt, vilket innebär att möjligheterna till förändringar är begränsade.

<sup>1</sup> Jonas Alvarsson, fastighetsförvaltare på Östergötlands länsmuseum, 2012-02-07

### 2.3.1 Plan 1

Plan 1 utgör byggnadens markplan och inhyser bland annat foajén, Wallenbergsalen och Hagdahls kök. En översiktsbild över hela plan 1 ges i figur 2.3.



Figur 2.3 Planritning över plan 1. Gråmarkerade områden har allmänheten tillgång till. Vitmarkerade områden har endast behörig personal tillgång till.

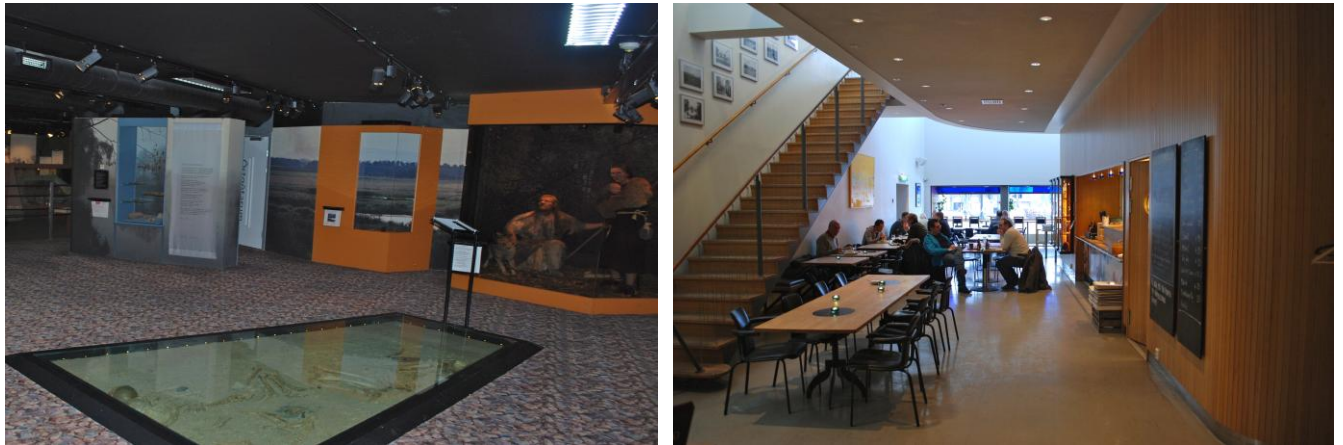
Direkt innanför entrén finns en foajé med receptionsdisk. I foajén finns även en museibutik, där varor med anknytning till pågående utställningar, hantverk från Östergötland, böcker, smycken och leksaker finns. I anslutning till foajén ligger Wallenbergsalen, en gammal hörsal där 305 personer får vistas samtidigt, se figur 2.4. Salen är inredd med stolar i fasta bänkrader och vägghälsor av päronträ. I hörsalen finns ett projektorrum med en bioprojektor.



Figur 2.4 Till vänster: Foajén med den tillhörande museibutiken. Till höger: Wallenbergsalen sedd från bakre väggen.



I anslutning till foajén finns även Hagdahls kök. Serveringslokalen sträcker sig över två plan som sammanbinds av en trappa, se figur 2.5. I anslutning till foajén finns en hall som delar byggnaden i tre stora delar och utgör ett slags nav. Ett trapphus intill hallen binder samman plan 1 och plan 2. Den nordvästra delen av byggnaden består av en stor utställningssal som är tillgänglig för allmänheten. I salen som sträcker sig över två plan finns tidsbegränsade utställningar av olika slag. Intill utställningssalen finns en korridor med personalkontor. I den södra delen av plan 1, direkt intill hallen, finns en avlång utställningshall med mer permanenta utställningar. Denna utställningshall har något komplex geometri och sparsam belysning, se figur 2.5.



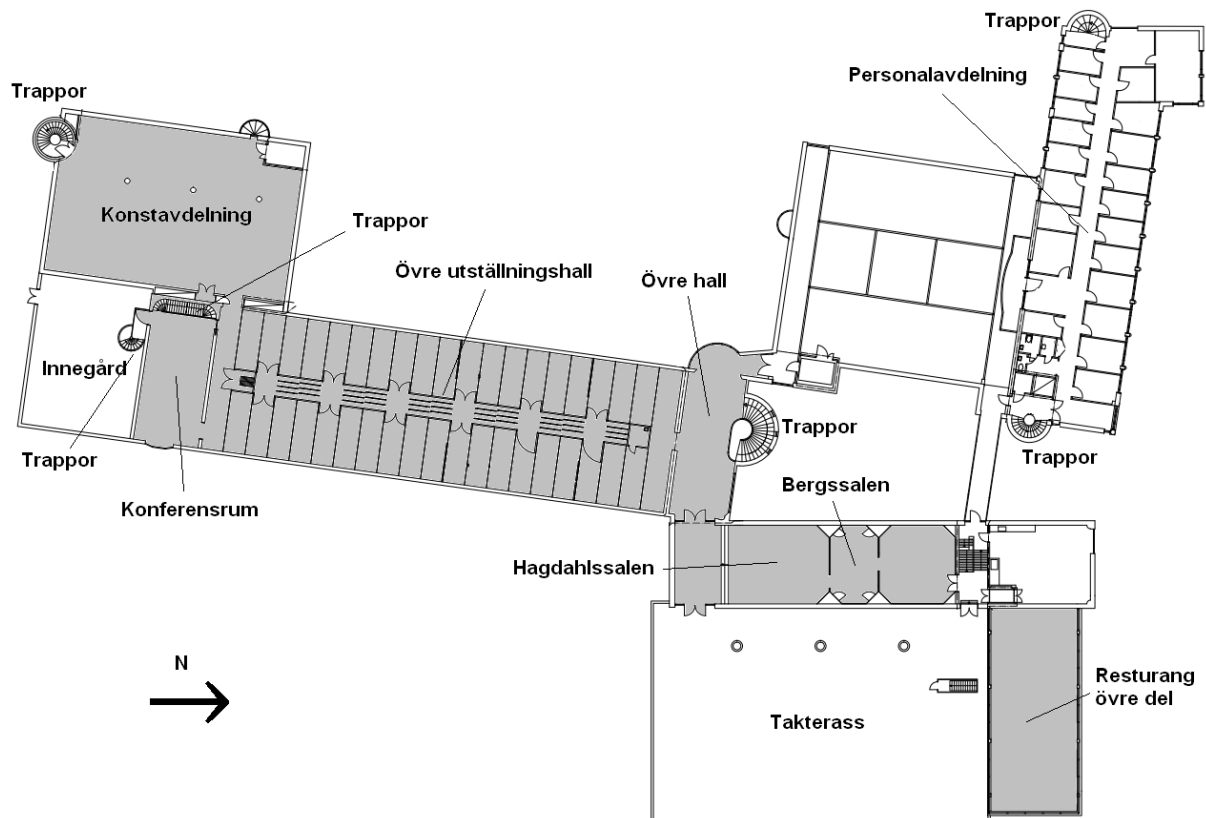
**Figur 2.5** Till vänster: En av utställningarna i nedre utställningshallen. Till höger: Hagdahls kök där trappan leder upp till serveringens andra våning.

I anslutning till denna utställningshall finns ett forskningsbibliotek, en utställningshall kallad IT-seum och den pedagogiska verkstaden. IT-seum inhyser en utställning om informationsteknologi. I lokalen finns därför en del elektronik i form av datorer och liknande. I den pedagogiska verkstaden bedrivs pedagogisk verksamhet för barn, här finns därför stora mängder kläder, tyg, färg, papper med mera. I forskningsbiblioteket finns några bokhyllor med böcker. En trappa förbinder forskningsbiblioteket med konferensrummet ovanför.

### **2.3.2 Plan 2**

Plan 2 är det översta plan som allmänheten har tillgång till. Här återfinns några av de mest värdefulla konstverken. I figur 2.6 ges en översiktsbild av hela planet.





Figur 2.6 Planritning över plan 2. Gråmarkerade områden har allmänheten tillgång till. Vitmarkerade områden har endast behörig personal tillgång till.

I anslutning till museets övre hall finns de två mindre utställningshallarna Hagdahlssalen och Bergssalen, i vilka temporära utställningar inhyses. Direkt söder om hallen finns den övre utställningshallen som inhyses målad konst från olika tidsepoker, se figur 2.7.



Figur 2.7 Övre utställningshallen med dess konstverk.

I den sydvästra delen finns en stor utställningshall (konstavdelningen) med temporära utställningar. På plan två finns som tidigare nämnts även restaurangens övre serveringsdel och ett konferensrum.

### **2.3.3 Plan 3**

Plan 3 består i stort sett bara av ett fläktrum som endast är tillgängligt för personal och ett innertak till den övre utställningshallen.

### **2.3.4 Källarplan**

I källarplanet finns arkeologiavdelningen med personalkontor. Här finns också snickeri, måleri och en mindre verkstad. Utöver dessa utrymmen finns ett antal skyddsrum, förråd, valv och magasin. I källaren finns även de flesta av byggnadens fläktrum. Källarplanet är endast tillgängligt för personal.

## **2.4 Ventilation**

Ventilationsritningar som funnits tillgängliga har på grund av byggnadens ålder varit av varierande kvalitet. Ritningarna över foajén, Wallenbergsalen och serveringen är från 1939 men har med undantag från serveringen kompletterats efter en ombyggnad 2008. Det som varit av intresse, såsom luftflöden och brandgasspjäll, har inte alltid framgått. I ventilationsritningarna över den nyare delen av byggnaden från 1993 framgår att både till- och frånluftskanaler i den pedagogiska verkstaden har försetts med brandgasspjäll. Detta gäller emellertid inte för till- och frånluftskanalerna i IT-seum som angränsar till den pedagogiska verkstaden.

Ur ritningarna som upprättades i samband med tillbyggnaden av utställningssalen, personalrummen och expeditionen år 1989 kan inte utläsas om brandgasspjäll finns. I en OVK (Obligatorisk ventilationskontroll, se bilaga A) framgår att de nyare ventilationsaggregaten (FTX-system från 1989) som betjänar personalrummen och utställningssalen fungerar felfritt. I fläktrummet finns larmpaneler som kan motta indikering från flödesvakt och rökdetektion i aggregaten. Under larmpanelen finns möjlighet att stänga av aggregaten.

På grund av svårigheterna med att hämta information ur ventilationsritningarna är det svårt att uttala sig om någon eventuell brand- eller brandgasspridning via ventilationssystemet. I rapporten antas att ventilationssystemets integritet upprätthålls mellan de brandceller som finns.

## 3 Befintligt brandskydd

---

*I detta avsnitt beskrivs det befintliga brandskyddet i byggnaden. Brandskyddet jämförs även med Boverkets gällande byggregler. Slutligen presenteras uppenbara brister i det befintliga brandskyddet, som identifierats vid platsbesöket.*

I byggnaden finns både passiva system såsom brandcellsgränser med aktivt brandgasspjäll och aktiva system såsom sprinklersystem, detektionssystem och utrymningslarm. Dessa beskrivs var för sig och jämförs med de krav som stipuleras i Boverkets byggregler (Boverket 1, 2011). Vid jämförelsen fås en bild av vad som hade utformats annorlunda om byggnaden uppförts i dag. Delar av byggnaden är Q-märkt, vilket innebär att möjligheterna till förändringar, för att uppfylla nyare krav, är begränsade. Eftersom förordning om statliga minnesbyggnader står i konflikt med Boverkets byggregler måste i vissa fall kompromisser göras dem emellan (SFS 1988:950; Boverket 1, 2011).

Tillräcklig kännedom saknas om ytskiskt och nödbelysning. Dessa delar av det befintliga brandskyddet behandlas därför inte i denna genomgång.

### 3.1 Byggnadsklass och verksamhetsklass

I Boverkets byggregler delas byggnader in i olika byggnadsklasser och deras lokaler i olika verksamhetsklasser. Olika kravnivåer på brandskydd gäller för olika klasser. I byggnaden finns bland annat en samlingslokal avsedd för mer än 150 personer, vilken tillhör verksamhetsklass 2B. En byggnad som innehåller en sådan lokal och har två våningsplan ska tillhöra byggnadsklass Br1 (Boverket 1, 2011). I byggnaden finns även kontor och liknande lokaler som tillhör verksamhetsklass 1.

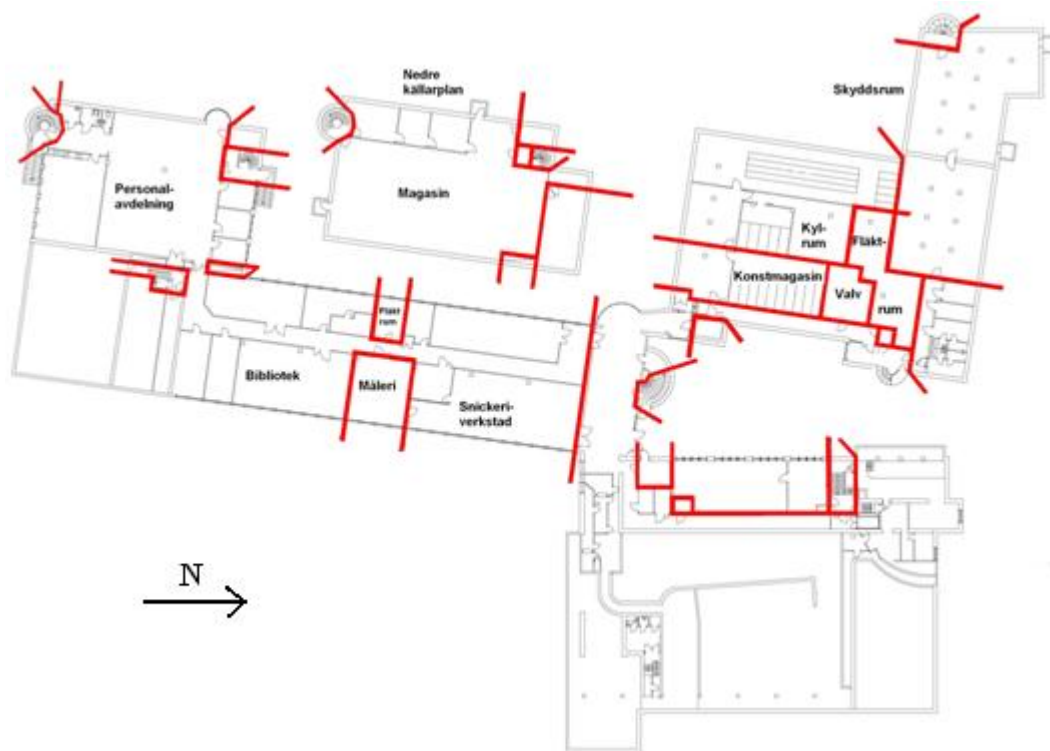
### 3.2 Brandcellsgränser

Byggnaden är indelad i ett antal brandceller. Brandcellsindelningen på plan 1, plan 2 och källarplanet åskådliggörs i figurerna 3.1–3.3. Feta linjer i figurerna utgör brandcellsgränser. Byggnadsdelar som avskiljer brandceller är utförda i brandteknisk klass EI60. Även trapphus avskiljs med konstruktioner i klass EI60. Huruvida brandgasspjäll finns på de ställen som krävs och huruvida de fungerar som de ska är oklart. Enligt Boverkets byggregler ska de utformas så att de, med hög tillförlitlighet, skyddar mot brand- och brandgasspridning i ventilationssystemet motsvarande den avskiljande förmåga som gäller för brandcellsgränsen (Boverket 1, 2011). Det finns krav på att samlingslokaler i verksamhetsklassen 2B bör utformas som egen brandcell. Med samlingslokal kan en grupp lokaler inom samma brandcell åsyftas, varför kravet anses vara uppfyllt för Wallenbergsalen och foajén, som ingår i samma brandcell. Det är möjligt att scenen i Wallenbergsalen egentligen bör ha en brandskyddsridå. I Boverkets byggregler finns krav på brandskyddsridå för större teaterscener eller motsvarande (Boverket 1, 2011). Det är dock oklart och en tolkningsfråga vad, ”större teaterscen eller motsvarande”, egentligen innebär.

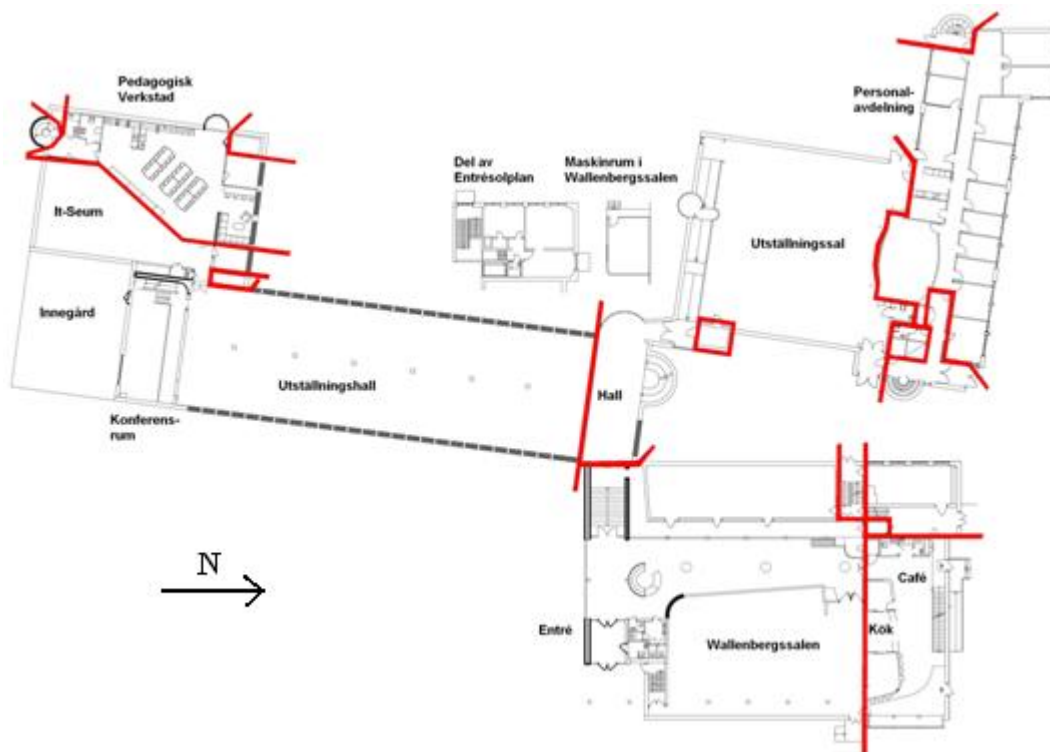
En stor brist i brandcellsindelningen kan observeras i figur 3.2 och 3.3. Mellan utrymmena *Utställningshall* och *Konferensrum* i figur 3.2 finns ingen brandcellsgräns och inte heller mellan *Utställningshall* och *IT-seum*. Vidare är *Konferensrum* anslutet till *1800-tals-galleri* i

figur 3.3 via en trappa och detta utrymme i sin tur anslutet till *Konsthall* i figur 3.3. Bristen på brandcellsgränser mellan dessa utrymmen medför att risk finns för brand- och brandgasspridning till andra utrymmen än startutrymmet. Sådan spridning kan orsaka både försvårad utrymning och egendomsskador.

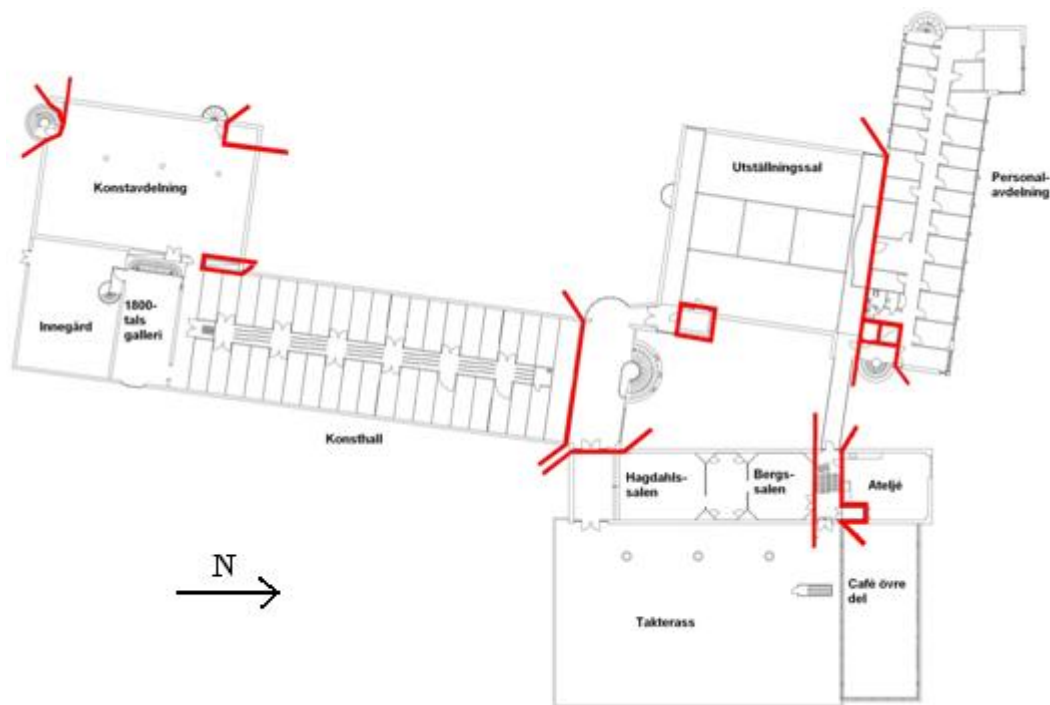
I byggnaden i övrigt är brandcellsindelningen tillfredsställande.



Figur 3.1 Brandcellsindelning i källarplanet.



Figur 3.2 Brandcellsindelning plan 1.



Figur 3.3 Brandcellsindelning plan 2.

### 3.3 Dörrar och dörrstängare

Dörrstängare ska, enligt Boverkets byggregler, vara utförda i lägst brandteknisk klass c1 och dörrar i brandcellsgränser lägst i samma klass som brandcellsgränsen kräver (Boverket 1, 2011). Vetskap om klassning av byggnadens samtliga dörrstängare saknas tyvärr. De dörrar som studerats på plats har dock uppfyllt nämnda krav i Boverkets byggregler.

### **3.4 Automatiskt brandlarm och utrymningslarm**

Det automatiska brandlarmet består av ett detektionssystem som är sektionsindelad och adresserbart. Centralapparaten är belägen i det norra trapphuset. Ingen larmlagring görs utan eventuella larm kopplas direkt vidare till räddningstjänsten. De allra flesta detektorer i byggnaden är optiska rökdetektorer. Utrymningslarmet består av akustiska larmdon i form av sirener och ringklockor som aktiveras i alla lokaler om brand detekteras. Utrymningslarmet kan också aktiveras manuellt. Det automatiska brandlarmet och utrymningslarmet anses uppfylla de allmänna råden vad gäller dessa i Boverkets byggregler (Boverket 1, 2011). I reglerna ställs dock krav på ljudnivå och dylikt som inte har kunnat testas på plats.

### **3.5 Brandgasventilation**

Brandgasventilation i form av rökgasluckor finns i utrymmet ovanför taket till konsthallen och i de flesta av trapphusen. Dessa aktiveras manuellt med hjälp av nyckel, vilket innebär att de inte kan öppnas innan räddningstjänsten anländer.

### **3.6 Släckutrustning**

I byggnaden finns handbrandsläckare och fastmonterade brandposter på lämpliga ställen. Både handbrandsläckare med skum och koldioxid finns. Enligt Boverkets byggregler ska släckutrustning finnas där brand kan förväntas få snabb spridning eller få mycket stor intensitet (Boverket 1, 2011).

### **3.7 Sprinklersystem**

I magasinet i källaren där brandbelastningen är mycket hög finns ett torrlagt sprinklersystem installerat. Exakt kännedom om dess utformning saknas, men är inte heller relevant för utrymningsproblematiken på de övre planen.

### **3.8 Utrymningsvägar**

I Boverkets byggregler stipuleras att utrymmen där människor vistas mer än tillfälligt, utformas med två av varandra oberoende utrymningsvägar. För att de ska räknas som oberoende får avståndet mellan dem inte understiga 5 meter och de får inte passera gemensamt utrymme (Boverket 1, 2011). Utrymningsvägar bör ha en fri bredd på minst 0,90 meter, dörröppningar bör ha en fri bredd på 0,8 meter. Om utrymningsvägen betjänar fler än 150 personer bör den ha en fri bredd på minst 1,20 meter. Maximalt gångavstånd till närmaste utrymningsväg bör inte överstiga 30 meter i den aktuella verksamheten. Dessa krav anses vara uppfylla i de flesta av byggnadens lokaler. Det är dock osäkert huruvida de uppfylls för vissa delar av källaren. Dörrar som ska användas för utrymning ska vara utåtgående i utrymningsriktningen och vara lätta att identifiera som utgångar. De bör placeras så att de i öppet läge inte förhindrar utrymning för andra personer (Boverket 1, 2011). Dessa krav uppfylls i de flesta fall. I de olika spiraltrapphusen finns dock risk för att en öppen dörr förhindrar utrymning från planen ovanför.

Den typ av beslag som används för att öppna dörrar i utrymningsvägar är vanliga vred och nödvred. De vanliga vreden finns i utrymningsvägar som inte leder direkt till det fria.

Undantaget är Wallenbergsalen där vanligt vred används i utrymningsvägen ut till det fria, se figur 3.4.



**Figur 3.4. Vanligt vred används normalt i utrymningsvägarna som inte leder till det fria.**

Övriga utrymningsvägar som leder till det fria är utrustade med nödvred, se figur 3.5.



**Figur 3.5. Nödvred används uteslutande i utrymningsvägarna som leder till det fria.**

### **3.9 Vägledande markeringar**

Med vägledande markeringar avses skyltar eller liknande som vid utrymning ger vägledning. De ska finnas i utrymmen som är svårorienterade såsom stora lokaler där det inte är uppenbart var utrymningsvägarna är placerade (Boverket 1, 2011). Skyltar eller liknande ska finnas i anslutning till de dörrar och fönster som är avsedda för utrymning samt vid riktningsförändringar och förgreningar. Skyltar ska utformas som gröna skivor med tydliga vita symboler och ska lätt kunna uppmärksammas. För att de lätt ska kunna uppmärksammas bör de vara belysta eller genomlysta. Skyltarna bör placeras så att en person enbart behöver förflytta sig en mindre sträcka för att se en skylt.

Utrymningsskyltar finns placerade runt om i lokalerna. På några ställen är de inte genomlysta och det är tveksamt om placeringen alltid är tillfredställande.

### **3.10 Systematiskt brandskyddsarbete och personalutbildning**

De protokoll som finns om det systematiska brandskyddsarbetet har inte kunnat erhållas under projektets gång. Intrycket vid platsbesöket var dock att ett gott systematiskt brandskyddsarbete utförs och att personalen erhåller adekvat utbildning. Personalens uppgift vid brand är endast att utrymma själva<sup>2</sup>.

### **3.11 Räddningstjänst**

Räddningstjänsten Östra Götaland har en insatstid på 5 minuter för objektet (RTOG, 2012). En enkel insatsplan från 2005 finns tillgänglig på brandstationen. Under de två senaste åren har fem automatlarm utlösts på länsmuseet. Inget av dessa larmade för en verklig brand. Åtkomligheten för räddningsinsatser till byggnaden via gatunätet anses vara god.

### **3.12 Brister i befintligt brandskydd**

På grund av komplexa inredningskonfigurationer vid olika utställningar kan skyltar och utrymningsvägar vara mycket svåra att uppmärksamma. I den nedre utställningshallen är det dessutom mörkt, vilket ytterligare bidrar till denna problematik. Många skyltar i byggnaden, bland annat i Wallenbergsalen, är inte genomlysta eller upplysta, vilket de bör vara enligt Boverkets byggregler (Boverket 1, 2011). Figur 3.6 visar ett antal icke genomlysta utrymningsskyltar.

---

<sup>2</sup> Jonas Alvarsson, fastighetsförvaltare på Östergötlands länsmuseum, 2012-02-07





**Figur 3.6** Icke genomlysta utrymningsskyltar.

På vissa ställen är placeringen av släckutrustningen högst tveksam. I utställningssalen har både handbrandsläckaren och skylten som visar var den är, hamnat bakom ett hörn, viket inte är bra. Figur 3.7 visar placeringen av brandsläckaren i utställningssalen.



**Figur 3.7** Placering av brandsläckaren i utställningssalen.

De flesta dörrar och dörrstängare i brandcellsgränser fungerar bra och stänger som de ska, med några få undantag. Dörren i källaren, mellan korridoren och hallen, stänger inte fullständigt. Figur 3.8 visar en bild på denna dörr. Dörrstängningen mellan övre hallen och Hagdahlssalen fungerade inte alls.



**Figur 3.8** Dörr i källaren vars dörrstängare inte fungerar.

Genom den brandcellsgräns som avskiljer fläktrummet mittemot måleriet finns otillräckligt tätade genomföringar nära taket, se figur 3.9. Dessa kan eventuellt tillåta att brandgaser sprids mellan utrymmena.



**Figur 3.9** Otillräckliga tätningar i fläktrummet mittemot måleriet.

Några dörrar i de olika trapphusen är inte öppningsbara inifrån trapphuset, vilket förhindrar återrymning, se figur 3.10. Detta är ett problem om personer utrymmer till trapphuset för att sedan upptäcka brand eller brandgaser som gör det omöjligt att fortsätta denna väg. De har då ingen möjlighet att ta sig tillbaka in i byggnaden, utan fastnar i trapphuset. Det bör dock påpekas att möjlighet till återrymning inte är ett krav i Boverkets byggregler (Boverket 1, 2011).



**Figur 3.10** Dörr som inte är öppningsbar från trapphuset.



## 4 Utrymning och människors beteende vid brand

*När utrymningsproblematiken i byggnaden ska behandlas, behövs en teoretisk bakgrund kring människors beteende vid brand och vilka förhållanden i omgivningen som egentligen är skadliga för människan. I detta avsnitt beskrivs de bakomliggande teorier som ligger till grund för utrymningsberäkningarna i rapporten.*

### 4.1 Kritiska förhållanden

För att säkerställa personsäkerheten vid brand får omgivande förhållanden inte bli skadliga för människan. Personer löper risk att komma till skada om olika gränsvärden för kritiska förhållanden i omgivningen överskrids. Under den tid som krävs för utrymning får alltså inte dessa gränsvärden överskridas om personsäkerheten ska kunna garanteras. Följande gränsvärden kan normalt tillämpas (Boverket 2, 2011):

- Siktbarhet – En höjd till brandgaslagret på lägst  $1,6 + (0,1 \times H)$  meter, där H är rumshöjden, eller en siktsträcka på minst 10 meter i okänd miljö och minst 5 meter i känd miljö (bostäder och kontor).
- Värmestrålning – En maximal strålningsintensitet på  $2,5 \text{ kW/m}^2$  eller en kortvarig strålningsintensitet på maximalt  $10 \text{ kW/m}^2$  samt en maximal strålningsenergi (värmedos) på  $60 \text{ kJ/m}^2$  utöver energin från en strålning på  $1 \text{ kW/m}^2$ .
- Temperatur – Högst  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  lufttemperatur.
- Toxicitet – Koncentrationerna  $\text{CO} < 2000 \text{ ppm}$ ,  $\text{CO}_2 < 5 \%$ ,  $\text{O}_2 > 15 \%$ , 2 meter över golv.

Ett av siktbarhetskriterierna och samtliga andra kriterier bör vara uppfyllda för att utrymningssäkerheten ska vara godtagbar (Boverket 2, 2011).

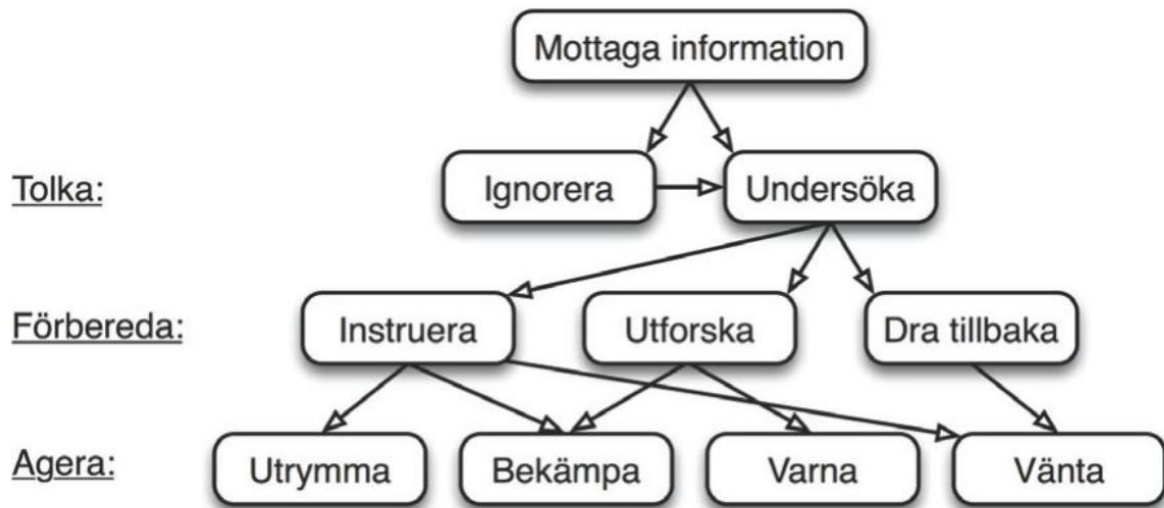
### 4.2 Människors beteende vid brand

För de flesta människor är utrymning en främmande händelse som förknippas med stress och osäkerhet. Många olika faktorer påverkar hur människor beter sig i utrymningssituationer. Ett sätt att generalisera dessa komplexa skeenden är att dela upp en persons beteendemönster i tre stadier (Frantzich, 2001):

- Tolkning av situationen
- Förberedelse
- Genomförande

Under utrymningens gång fattas en mängd beslut, vilka alla passerar genom dessa tre stadier. Vilka beslut och aktiviteter som företas beror bland annat av rollerna som personen och personerna i omgivningen har. Detta innebär att beteendemönstren skiljer sig åt mellan olika typer av lokaler och verksamheter (Frantzich, 2001). Oftast åtskiljs två typer av social påverkan, informatiell och normativ. Informatiell påverkan innebär att personer söker

information från andra människors beteenden. Normativ påverkan karakteriseras av att personer inte vill vara annorlunda (Nilsson, 2012). En annan faktor som styr människors beteende är den så kallade anknytningsteorin som utvecklades av Jonathan D. Sime 1985. Enligt denna teori rör sig individer mot det som är bekant, såsom bekanta platser och personer (Sime, 1985). Jonathan Sime har även tillsammans med David Canter och John Breaux analyserat beteendesekvenserna vid brand och brutit ned dessa i schematiska modeller (Canter, Breaux & Sime, 1980). En generell modell över beteendesekvenserna illustreras i figur 4.1.



Figur 4.1 Modell över människors beteende vid brand (Nilsson, 2012).

### 4.3 Tid till utrymning

Den tid det tar för en person att utrymma en lokal vid brand kan delas upp i tre delar, varseblivningstid, förberedelsetid och förflyttningstid. Summan av de tre tiderna måste understiga tiden till att kritiska förhållanden uppstår om tillfredställande utrymning ska kunna ske. Detta samband kan ställas upp som (Boverket, 2006):

$$t_{kritisk} > t_{varseblivning} + t_{förberedelse} + t_{förflyttning} \quad \text{ekvation 4.1}$$

Varseblivningstiden är den tid det tar från att branden startar till dess att individen upptäckt att något onormalt har inträffat. Faktorer som påverkar tiden är bland annat om branden är dold eller synlig, detektionssystem och utrymningslarm, vilka personer som vistas i byggnaden och deras relation till varandra samt byggnadens utformning (Boverket, 2006). Om detektionssystem och utrymningslarm finns, kan tiden uppskattas med simuleringsprogram t.ex. i programmet FDS.

Förberedelsetiden är tiden det tar för personer att förstå att det brinner, hjälpa andra att utrymma, förbereda sig, försöka bekämpa branden med mera. Förberedelsetid kallades tidigare besluts- och reaktionstid. Faktorer som påverkar förberedelsetiden är synlighet hos utrymningsskyltar och utrymningsvägar, belysning, om människor är vakna eller sover, om branden är synlig eller dold med mera (Boverket, 2006). Förberedelsetiden är svår att beräkna

och utgångspunkten är därför i första hand litteraturkällor och kvalitativa bedömningar. I tabell 4.1 visas förslag på förberedelsestider för olika verksamheter.

**Tabell 4.1 Förberedelsestider för olika verksamheter (Boverket, 2006).**

Verksamhet	Person ser branden	Besluts- och reaktionstid
Offentlig miljö, skola, kontor, varuhus, butik	Ja	1 minut
Varuhus, inget larm	Nej	4 minuter
Varuhus, ringklocka	Nej	3,5 minuter
Varuhus, enkelt talat meddelande	Nej	2 minuter
Varuhus, informativt talat meddelande	Nej	1 minut
Mindre lokal med larmdon i aktuell lokal, mindre biograf, butik, kyrka	Nej	1 minut
Sjukhus <sup>1</sup> , personal, ringklocka	Nej	2 minuter
Sjukhus <sup>1</sup> , personal, ljudsignal och textmeddelande	Nej	1 minut
Nattklubb, personal <sup>2</sup>	Nej	1 – 1,5 minuter
Nattklubb, gäster <sup>2</sup>	Nej	3 – 5 minuter

1. Avser vårdavdelning med god överblickbarhet (enkelkorridor).

2. Beroende på typ av larm och organisation.

Enligt en kanadensisk studie är förberedelsestiden 50 sekunder om personen ser rök eller flammor från branden innan utrymningslarmet startar (Frantzich, 2001).

Förflyttningstiden består av den tid det tar att gå till utrymningsvägen och den tid det tar att passera genom dörren. Det som i flera fall är styrande för förflyttningstiden från en lokal är köbildningen vid dörrar och andra trånga passager. Andra faktorer som påverkar är utrymningsskyltar och belysningsnivå (Boverket, 2006). För att beräkna förflyttningstiden kan datorprogram såsom SIMULEX med fördel användas.





## 5 Riskidentifiering och scenarioanalys

---

*I detta avsnitt utvärderas de brandscenarier som identifierats vid platsbesöket. Till brandscenarierna identifieras också ett antal utrymningsscenarier. Utifrån bedömda sannolikheter och konsekvenser väljs ett antal scenarier ut för fördjupad analys.*

### 5.1 Brandscenarier

Vid platsbesöket identifieras och noteras ett antal tänkbara brandscenarier i byggnaden. Dessa beskrivs och analyseras i en grovanalys. Utifrån bedömningar av sannolikheter och konsekvenser ställs scenarierna upp i en riskmatris. Utifrån matrisen identifieras och väljs ett fåtal brandscenarier, som utmanar brandskyddet i byggnaden, för vidare analys.

#### 5.1.1 Sannolikhets- och konsekvensbedömning

Sannolikheten för att de olika scenarierna ska uppstå, givet brand i byggnaden, samt konsekvensen av scenarierna, skattas med fokus på personsäkerhet. Skattningen görs på en femgradig skala från mycket låg till mycket hög enligt tabell 5.1. Sannolikhetsbedömningarna görs dels med stöd från den statistik som finns i tabell 5.2 och dels utifrån subjektiva bedömningar. Från statistiken utläses i vilken del av publika lokaler som bränder uppstår. Flera olika startutrymmen i statistiken överensstämmer med lokalerna i brandscenarierna. Andelen bränder för en specifik lokal beräknas genom att summera antalet insatser för alla överensstämmande startutrymmen. Summan divideras därefter med det totala antalet insatser. En högre andel bränder medför att sannolikheten bedöms vara högre för den typen av lokal än för andra lokaler. Dock påstås ingenting om den absoluta risken. Konsekvenserna skattas helt utifrån egna antaganden och bedömningar där fokus ligger på personsäkerhet. I konsekvensbedömningarna beaktas besöksstatistik, utrymningsmöjligheter, befintliga brister i brandskyddet samt hur brandförloppet förväntas se ut.

**Tabell 5.1 Sannolikheter och konsekvenser på en femgradig skala, från mycket låg till mycket hög.**

<b>Sannolikhet (%)</b>	<b>Konsekvens</b>
Mycket låg (0-2)	Mycket låg
Låg (2-5)	Låg
Måttlig (5-15)	Måttlig
Hög (15-30)	Hög
Mycket hög (30-)	Mycket hög

Av tabell 5.2 framgår att det vanligaste startutrymmet för brand i teater/biograf/museum/bibliotek är kök följt av samlingslokal och försäljningslokal. Nästan 20 procent av bränderna startar i utrymmen som inte specificerats närmre och de värdena är därför svåra att analysera vidare.

Tabell 5.2 Statistik på startutrymme för brand i byggnad. Byggnadsgrupp ”allmän byggnad” och typ ”teater/biograf/museum/bibliotek”. Statistiken grundas på rapporter från räddningstjänsten i Sverige åren 1996-2010 (MSB, 2012).

Startutrymme	Antal insatser	Andel (%)
Badrum/toalett	21	1,01
Badrum/toalett/bastu	35	1,68
Balkong/altan	3	0,14
Balkong/loftgång	4	0,19
Bastu	2	0,1
Elcentral	21	1,01
Eldriftrum	5	0,24
Fläkt/luftbehand.rum	11	0,53
Fristående förråd/uthus	19	0,91
Förråd	26	1,25
Förråd/klädskammare	18	0,86
Försäljningslokal	129	6,2
Hall	11	0,53
Inbyggt garage	4	0,19
Kontor	13	0,62
Korridor	11	0,53
Källare (ej boyta)	41	1,97
Kök	695	33,38
Lager	19	0,91
Lastbrygga	8	0,38
Luftbehandlingsutrymme	15	0,72
Okänt	106	5,09
Pannrum	16	0,77
Personalutrymme	31	1,49
Produktionslokal	13	0,62
Radgarage	2	0,1
Samlingslokal	212	10,18
Skorsten	56	2,69
Soprum/sopnedkast	38	1,83
Sovrum/sovsal	5	0,24
Trapphus	5	0,24
Trapphus/korridor	19	0,91
Tvättstuga	12	0,58
Upplag	1	0,05
Utanför byggnaden	83	3,99
Utomhus	85	4,08
Vardagsrum	9	0,43
Verkstad/hobbyrum	1	0,05
Vind	23	1,1
Övrigt startutrymme	254	12,2
<b>Total</b>	<b>2 082</b>	<b>100</b>

## 5.1.2 Beskrivning av brandscenarier

Nedan beskrivs det urval av tänkbara brandscenarier som tagits fram. Till varje scenario finns en kort beskrivning samt en sannolikhets- och konsekvensbedömning. I figurerna 5.1–5.4 finns skisser över de olika scenariernas startutrymmen. Förutom de antändningskällor som nämns i scenariobeskrivningarna nedan är även anlagd brand en möjlig brandsorsak.

### 5.1.2.1 Brandscenario 1: Brand i snickeri (plan 0)

I snickeriavdelningen kan det finnas förhöjd risk för antändning i och med de maskiner som finns och används i utrymmet. Maskinerna får dock endast användas av personal med särskild behörighet, vilket minskar brandrisken något. Det lagras stora mängder trämaterial i rummet. En brand i dessa råvarulager skulle kunna bli omfattande om den inte upptäcks, men eftersom bara personal vistas i utrymmet torde konsekvensen bli ringa.

**Sannolikhet: Låg**

**Konsekvens: Måttlig**

### 5.1.2.2 Brandscenario 2: Brand i verkstad (plan 0)

I verkstaden finns liksom i snickeriet några maskiner som används flitigt och utgör potentiella antändningskällor. Förutom maskinerna finns inte så mycket som kan brinna, då det mest arbetas med metall. Maskiner får endast användas av personal med särskild behörighet, vilket minskar brandrisken.

**Sannolikhet: Låg**

**Konsekvens: Låg**

### 5.1.2.3 Brandscenario 3: Brand i måleri (plan 0)

I måleriet finns brandfarliga vätskor i form av målarfärg och dylikt förvarade på hyllor och i ickeventilerade skåp. Dessa skulle vid brand kunna antändas och ge upphov till ett häftigt brandförlopp. Det faktum att lokalen är en egen brandcell och att det bara är personal som vistas där gör att konsekvensen ändå bedöms vara liten.

**Sannolikhet: Måttlig**

**Konsekvens: Mycket låg**

### 5.1.2.4 Brandscenario 4: Brand i godsmottagning (plan 0)

I godsmottagningsutrymmet förvaras alla möjliga varor, skräp och attiraljer tillfälligt. Brandbelastningen är därför förhållandevis hög. Det råder ingen särskild ordning utan saker står lite här och var. Eftersom utrymmet är sammanbundet med korridorer, som leder till andra delar av källaren, kan brandgaser spridas till dessa delar vid en eventuell brand.

**Sannolikhet: Måttlig**

**Konsekvens: Låg**

### 5.1.2.5 Brandscenario 5: Brand i kontor (plan 0)

Det finns ett flertal kontor i källaren med liknande brandproblematik som personalrummen på plan 1 och 2.

**Sannolikhet: Måttlig**

**Konsekvens: Låg**

### 5.1.2.6 Brandscenario 6: Brand i arkeologiavdelningens "fikarum" (plan 0)

I arkeologiavdelningen finns ett stort rum där ett litet personalkök samsas med bokhyllor fyllda med böcker. En brand skulle kunna starta i personalköket och spridas till bokhyllorna

där den skulle kunna växa sig mycket stor. Eftersom bara personal vistas i utrymmet bedöms konsekvensen ändå vara låg.

**Sannolikhet: Låg**

**Konsekvens: Låg**

#### ***5.1.2.7 Brandscenario 7: Brand i fläktrum (plan 0)***

Det finns flera olika fläktrum i byggnaden som i stort har samma brandproblematik. Risk för antändning finns i elektronisk apparatur i aggregat och dylikt. Det finns dock ingen större brandbelastning i de flesta av dessa utrymmen. Vid brand i ett fläktrum finns risken att brandgaser tränger in i aggregaten och sprids i byggnaden via ventilationssystemet. Otillräckligt tätade genomföringar finns i ett av fläktrummen vilket gör att brandgaser kan spridas in och ut ur rummet vid eventuell brand.

**Sannolikhet: Måttlig**

**Konsekvens: Måttlig**

#### ***5.1.2.8 Brandscenario 8: Brand i magasin (källare under plan 0)***

I magasinet finns kanske den största brandbelastningen i byggnaden. Brännbara material förvaras i hyllor från golv till tak. Ett torrlagt sprinklersystem finns, men en brand skulle ändå kunna bli mycket omfattande om sprinklersystemet inte kommer åt branden. I magasinet vistas inga besökare och normalt inte heller personal, vilket bör minska konsekvensen avsevärt.

**Sannolikhet: Måttlig**

**Konsekvens: Låg**



Figur 5.1 Skiss över brandscenarier på plan 0 samt i källaren under detta plan.

#### 5.1.2.9 Brandscenario 9: Brand i konferensrum, "filmsal" (plan 1)

Konferensrummet är avsett för omkring 15-20 personer och är både litet och lätt överblickbart. Utmed väggarna finns bokhyllor och i mitten ett avlångt bord. Tänkbara tändkällor är de lampor som finns i taket samt projektorn. Här vistas nästan bara personal och därför bedöms risken vara låg.

**Sannolikhet: Låg**

**Konsekvens: Låg**

#### 5.1.2.10 Brandscenario 10: Brand i personalrum (plan 1)

Personalrummen har en gemensam korridor som sträcker sig ungefär 30 meter. I både korridoren och i personalrummen finns gott om böcker, bokhyllor, tyger och annat brännbart material. Hela korridoren inklusive personalrummen är en enda brandcell och dörrarna till korridoren står alltid öppna. En brand, som inte upptäcks i tidigt skede, kan föra brandgaser ut i korridoren. Eftersom endast personal vistas i dessa utrymnen bedöms dock konsekvensen vara liten.

**Sannolikhet: Låg**

**Konsekvens: Mycket låg**

#### **5.1.2.11 Brandscenario 11: Brand i foajén (plan 1)**

I foajén finns en expeditjonsdisk och souvenirshop med diverse kontorsmateriel, bokhyllor och flera hyllor med souvenirer. Lokalen har därmed en förhållandevis hög brandbelastning. Ingången genom foajén är den ingång besökarna känner bäst till, det finns därför anledning att tro att många skulle välja den som utrymningsväg vid utrymning från intilliggande lokaler. Ett troligt brandscenario vore att det började brinna i expeditjonsdisken. Utrymningen skulle då kunna bli problematisk från intilliggande utrymnen eftersom expeditjonsdisken är precis framför entrén.

**Sannolikhet: Måttlig**

**Konsekvens: Mycket hög**

#### **5.1.2.12 Brandscenario 12: Brand i serveringen (plan 1/plan 2)**

I serveringens kök finns spisplattor och ugn vilka utgör troliga antändningskällor. Det finns även mycket brännbart material i köket vilket innebär att branden har möjlighet att växa. Det finns möjlighet till utrymning via två nödutgångar på nedre plan samt en utrymningsväg via taket på serveringens andra plan. Utrymning från serveringens nedre plan bedöms vara god. På övre plan bedöms utrymningen dock kunna bli problematisk på grund av mängden besökare, den komplexa geometrin samt den annorlunda utrymningsvägen via taket.

**Sannolikhet: Mycket hög**

**Konsekvens: Måttlig**

#### **5.1.2.13 Brandscenario 13: Brand i nedre utställningshallen (plan 1)**

I den nedre utställningshallen finns flera faktorer som kan medverka till ett mycket häftigt brandförlopp i kombination med ett problematiskt utrymningsförlopp. I lokalen finns mängder av brännbara utställningsföremål och troliga tändkällor i form av belysning och annan teknisk utrustning. Takhöjden är mycket låg vilket innebär att brandgaslagret sjunker till kritiska nivåer mycket snabbt vid en eventuell brand. Hela nedre utställningshallen har öppen förbindelse med IT-seum, forskningsbiblioteket, konferensrummet på övre plan, konstavdelningen samt övre utställningshallen. Det innebär att brandgaser kan spridas över hela detta område och påverka en stor mängd människor. Då den nedre utställningshallen har dålig belysning, mycket komplex geometri samt stora brister i nödutgångsskyltningen kan utrymningen bli problematisk. Gångsträckan i lokalen kan bli lång eftersom de båda utrymningsvägarna finns i vardera änden.

**Sannolikhet: Måttlig**

**Konsekvens: Mycket hög**

#### **5.1.2.14 Brandscenario 14: Brand i IT-seum (plan 1)**

IT-seum har liksom den nedre utställningshallen öppen förbindelse med många andra lokaler. En eventuell brand i IT-seum skulle kunna spridas vidare in i den intilliggande nedre utställningshallen, in i forskningsbiblioteket, uppför trappan till konferensrummet, in i den övre utställningshallen samt till konstavdelningen på övre plan. Tekniskt fel i IT-utrustningen är en tänkbar tändkälla liksom varma lampor i kontakt med brännbart material. Utrymningsmöjligheterna bedöms vara goda eftersom lokalen är lätt att överblicka med relativt bra nödutgångsskyltning och belysning. Intilliggande lokaler antas hinna påbörja utrymning innan en eventuell brand har spridit sig från IT-seum, vilket gör att konsekvensen inte torde bli allt för hög.

**Sannolikhet: Måttlig**

**Konsekvens: Måttlig**

#### **5.1.2.15 Brandscenario 15: Brand i pedagogisk verkstad (plan 1)**

I den pedagogiska verkstaden vistas vanligtvis mycket barn men också personal. Lokalen är en separat brandcell och står inte i förbindelse med intilliggande utställningshallar. Det innebär att en eventuell brand troligen blir begränsad till den pedagogiska verkstaden. En tänkbar antändningskälla är spisen. Den pedagogiska verkstaden är liten till ytan och de två utrymningsvägarna är synliga från de flesta platser i lokalen. Det som dock bedöms försvåra utrymningen är att det främst är barn som vistas i lokalen.

**Sannolikhet: Måttlig**

**Konsekvens: Låg**

#### **5.1.2.16 Brandscenario 16: Brand i Wallenbergsalen (plan 1)**

I Wallenbergsalen får maximalt 305 personer vistas. Sittplatserna är fasta installationer och består av träramar, stoppning och manchesterbeklädnad. Ytskikten på väggar består av päronträpanel. I salen finns också ett långt bomullsdraperi och en stor bioduk. En brand kan på grund av materialens beskaffenhet och vertikala orientering medföra en snabb effektutveckling. Tänkbara tändkällor är tekniska fel i projektorrummet, ljudteknikspulpeten eller belysningsarmatur.

**Sannolikhet: Hög**

**Konsekvens: Hög**

#### **5.1.2.17 Brandscenario 17: Brand i nedre eller övre hall (plan 1)**

Hallarna har ett golv av sten. Väggar och tak är i huvudsak svårantändliga, även om en liten mängd brännbart material finns. Spridningsrisken är desto högre eftersom hallarna står i anslutning till varandra via en spiraltrappa. Dörrstängare finns mot utrymmen som ansluter till hallarna men vid en dörr finns en informationsskylt som kan förhindra dörrstängningen mot nedre utställningshallen. Dörrstängningen mellan övre hallen och Hagdahlssalen fungerade inte alls. Sammantaget bedöms totala risken ändå vara liten eftersom brandbelastningen är låg.

**Sannolikhet: Mycket låg**

**Konsekvens: Låg**

#### **5.1.2.18 Brandscenario 18: Brand i forskningsbibliotek (plan 1)**

Brandbelastningen i forskningsbiblioteket är stor då det förvaras stora mängder böcker i lokalen. I direkt anslutning till forskningsbiblioteket finns den nedre utställningshallen samt en trappa till det övre planet. Geometrin i biblioteket anses vara relativt överblickbar och konsekvensen bedöms därför inte vara allt för stor.

**Sannolikhet: Hög**

**Konsekvens: Måttlig**

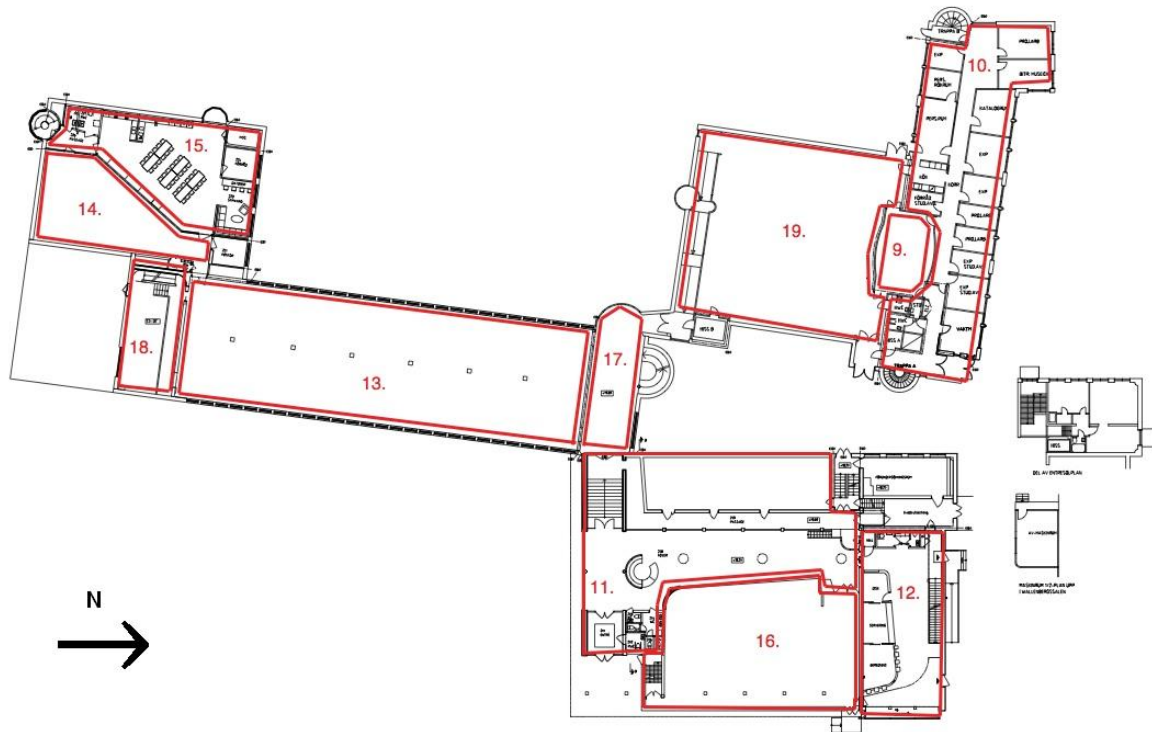
#### **5.1.2.19 Brandscenario 19: Brand i utställningssalen (plan 1)**

Utställningssalen är en stor sal som sträcker sig över två våningar (plan 1 och 2). Inredningen och antalet personer i salen varierar mycket beroende på vilken typ av utställning som äger rum. På grund av detta kan komplexa brand- och utrymningsituationer uppstå. En trolig

antändningskälla kan vara belysningslampor i kontakt med brännbart material, vilket skulle ge upphov till ett relativt snabbt brandförlopp. Den höga takhöjden bidrar dock till att det tar relativt lång tid till att kritiska förhållanden uppstår.

**Sannolikhet: Måttlig**

**Konsekvens: Måttlig**



Figur 5.2 Skiss över brandscenarier på plan 1.

#### 5.1.2.20 Brandscenario 20: Brand i ateljé (plan 2)

Ateljén antas ha ungefär samma problematik som måleriet, men utgör till skillnad från måleriet ingen egen brandcell.

**Sannolikhet: Låg**

**Konsekvens: Låg**

#### 5.1.2.21 Brandscenario 21: Brand i Hagdahlssalen/Bergssalen (plan 2)

I Hagdahlssalen och Bergssalen finns tidsbegränsade utställningar och inredningen varierar därför med tiden. Många personer kan vistas samtidigt i lokalerna som ibland kan vara svåra att orientera sig i. En eventuell brand kan därför också vara svår att upptäcka i ett tidigt skede. Dörrstängaren för branddörren mot övre hallen var ur funktion vilket medför att spridning av branden kan ske.

**Sannolikhet: Måttlig**

**Konsekvens: Måttlig**



### 5.1.2.2 Brandscenario 22: Brand i övre utställningshallen (plan 2)

Övre utställningshallen liknar i viss mån den nedre utställningshallen. Geometrin är däremot enklare, vilket gör att utrymningsvägarna, en i vardera änden, är lättare att identifiera. Belysning och skyltning är också avsevärt bättre. Brandbelastningen är lägre då det bara finns några dussintals tavlor och i övrigt sparsam inredning.

Sannolikhet: **Måttlig**

Konsekvens: **Måttlig**

### 5.1.2.23 Brandscenario 23: Brand i konferensrum (1800-tals-galleriet) (plan 2)

1800-tals-galleriet används i dagsläget som konferensrum. Det är sammanbundet med forskningsbiblioteket på våningen under, konstavdelningen samt övre utställningshallen. Brandbelastningen i lokalen utgörs främst av stolar och bord. Brandgaser har möjlighet att spridas till angränsande lokaler.

Sannolikhet: **Låg**

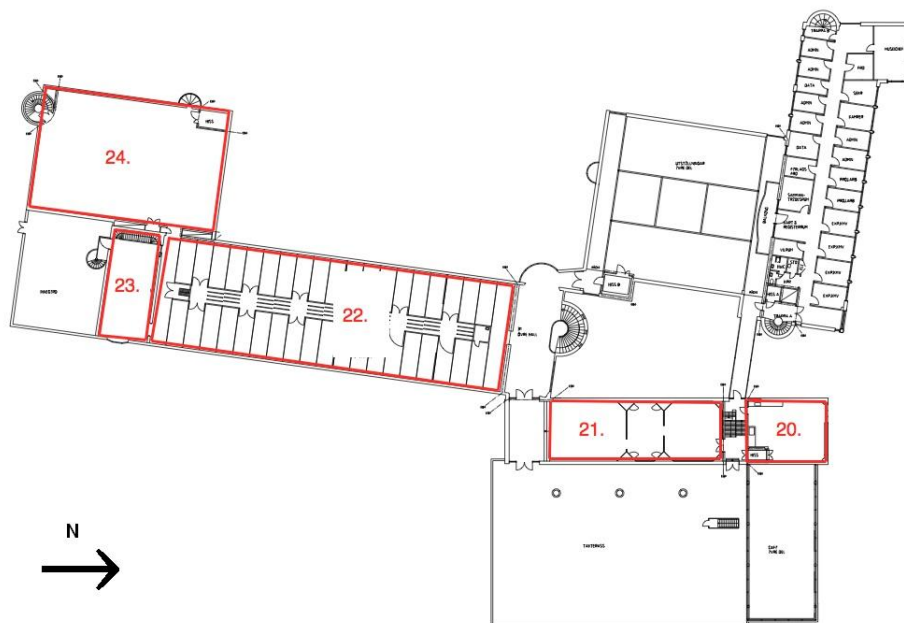
Konsekvens: **Måttlig**

### 5.1.2.24 Brandscenario 24: Brand i konstavdelningen (plan 2)

Konstavdelningen liknar utställningssalen på många sätt. Till skillnad från utställningssalen så föreligger större spridningsrisk då den är sammanbunden med intilliggande lokaler. Dessutom finns i anslutning till konstavdelningen ett förråd där det förvaras stora mängder brännbara utställningsmaterial. Brandbelastningen är därför mycket hög.

Sannolikhet: **Måttlig**

Konsekvens: **Hög**



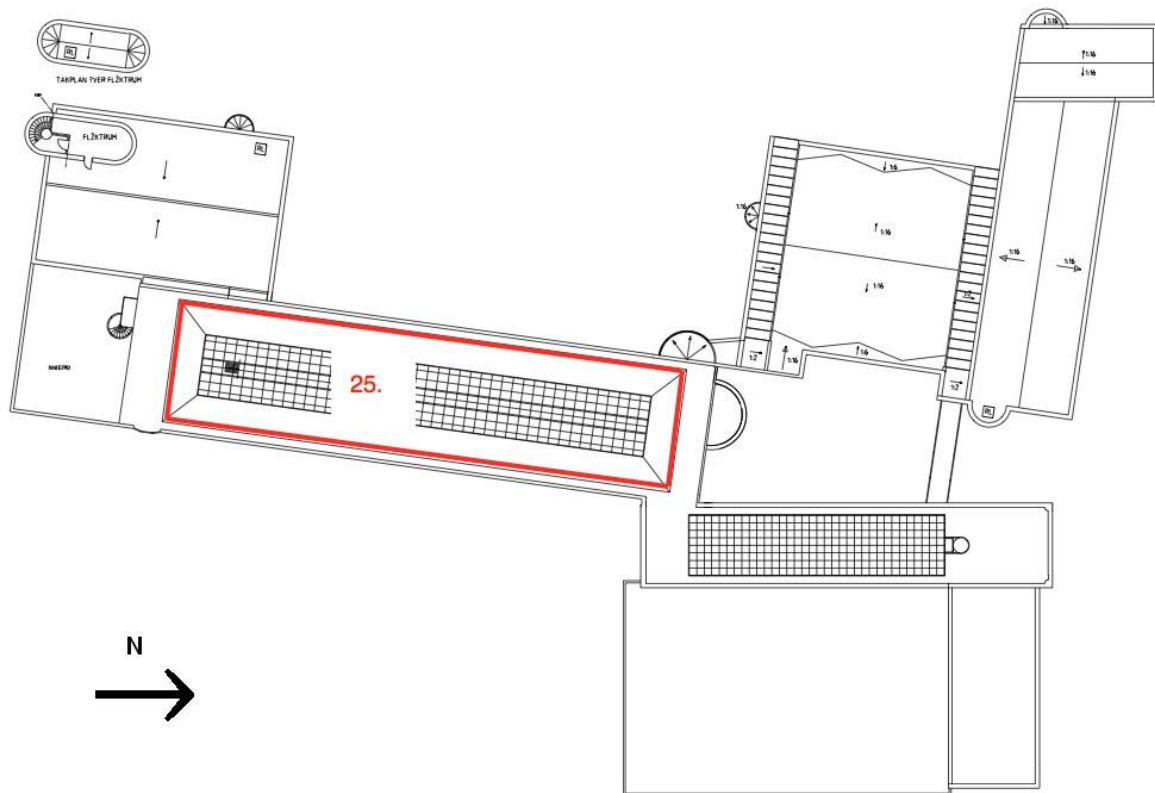
Figur 5.3 Skiss över brandscenarier på plan 2.

### 5.1.2.25 Brandscenario 25: Brandscenarier ovanför innertaket (plan 3)

Om en brand uppstår ovanför innertaket på plan 2 kommer troligtvis inte konsekvenserna bli särskilt stora. Förutom lamporna, några wellpappkartonger och ett antal kablar finns inget brännbart material i utrymmet. Dessutom finns möjlighet att öppna rökluckor i taket vilket kommer hindra rökspridning till andra delar av byggnaden. Tänkbara tändkällor är någon av de 300-wattslampor som finns monterade ovanför innertaket. Normalt vistas inte människor i utrymmet.

Sannolikhet: **Mycket låg**

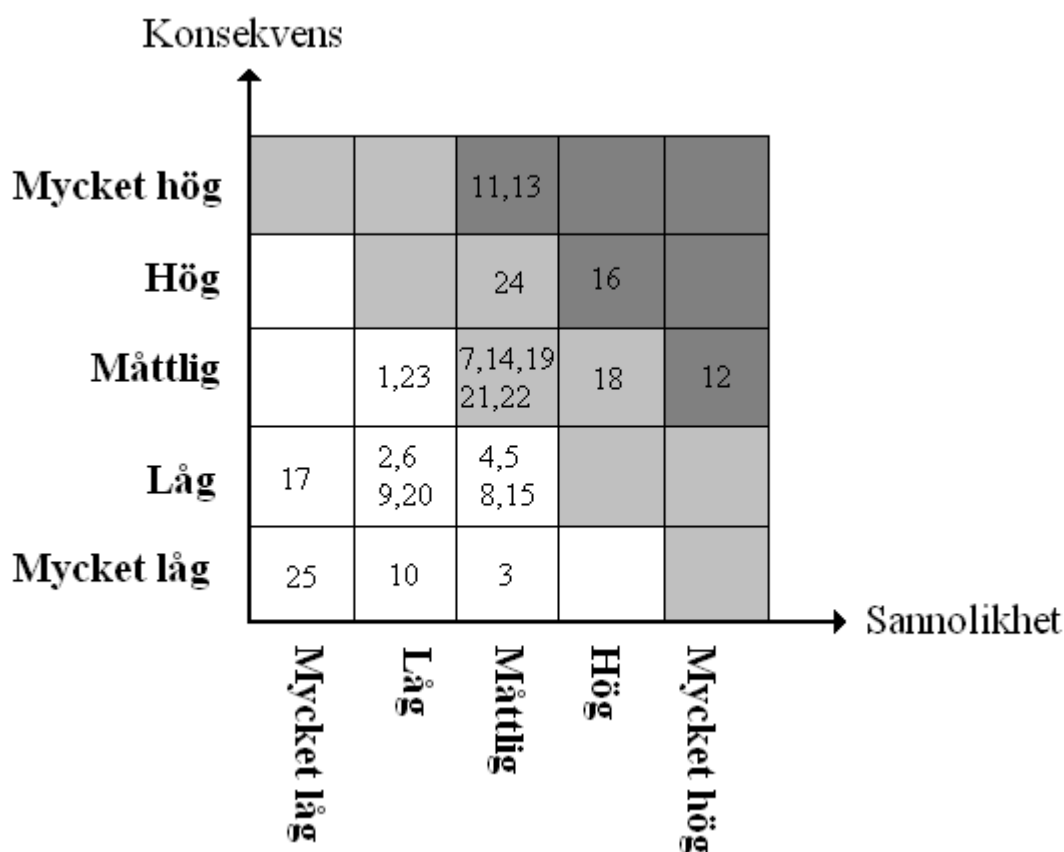
Konsekvens: **Mycket låg**



Figur 5.4 Skiss över brandscenarier på plan 3.

### 5.1.3 Urval av brandscenarier för fördjupad analys

För att få en bättre överblick över scenarierna sammanställs de i en riskmatris, med tillhörande sannolikheter och konsekvenser, se figur 5.5. Utifrån denna matris kan scenarier som är särskilt intressanta för fördjupad analys identifieras.



Figur 5.5 Riskmatris över samtliga brandscenarier.

Av riskmatrisen framgår att fyra scenarion ligger i den ”värsta” zonen där sannolikhet och konsekvens är högst. Dessa scenarion är:

- **Brandscenario 11:** Brand i foajén (plan 1)
- **Brandscenario 13:** Brand i nedre utställningshallen (plan 1)
- **Brandscenario 16:** Brand i Wallenbergsalen (plan 1)
- **Brandscenario 12:** Brand i serveringen (plan 1/plan 2).

Brandscenario 24 (Brand i konstavdelningen plan 2) och 18 (Brand i forskningsbiblioteket Plan1) kommer delvis att innefattas i Brandscenario 13 (Brand i nedre utställningshallen plan 1). På grund av att sannolikheten och konsekvensen bedöms högre för scenario 13 väljs bara detta scenario för vidare analys.

Brandscenario 11 (Brand i foajén) och Brandscenario 16 (Brand i Wallenbergsalen) kommer att analyseras vidare som ett enda scenario. Anledningen till detta är att utrymmena tillsammans utgör en brandcell, svängdörrarna mellan utrymmena ibland står öppna och att ett värsta troligt scenario är då brand uppstår i ingången till Wallenbergsalen. En sådan brand kommer att påverka båda utrymmena och omedelbart blockera utrymningsvägar. Om en brand uppstår någonstans inne i Wallenbergsalen kan branden lättare upptäckas av de som vistas i salen och två av varandra oberoende utrymningsvägar finns tillgängliga. Av denna

anledning analyseras inte detta separata scenario vidare. Om en brand istället uppstår inne i foajén kommer utrymningsvägen genom foajén att blockeras. Däremot ges vistande i Wallenbergsalen en längre tid att utrymma genom den ej blockerade utrymningsvägen. Detta separata scenario kommer därför inte heller att analyseras vidare.

Brandscenario 12 (Brand i serveringen plan 1/plan 2) väljs ut för vidare analys som ett separat scenario, eftersom serveringen utgör en egen brandcell med automatiska dörrstängare mot foajén.

Sammanlagt väljs alltså tre scenarier ut för fördjupad analys:

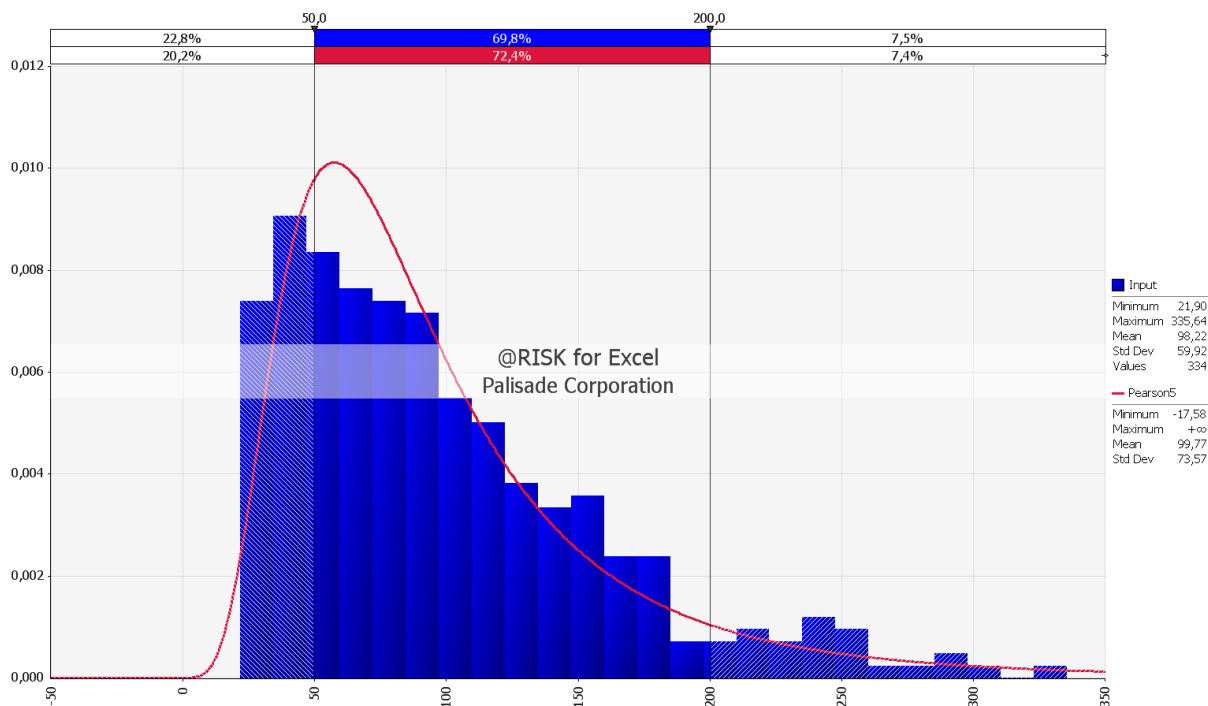
- brand i **Wallenbergsalen/foajén**
- brand i **serveringen**
- brand i **nedre utställningshallen**

## 5.2 Utrymningsscenarier

Olika faktorer såsom antal människor som vistas i lokalerna och tillgängliga utrymningsvägar, ger olika utrymningsscenarier för de givna brandscenarierna. För att identifiera utrymningsscenarierna tas ett händelsetråd fram för varje brandscenario. Ur dessa händelsetråd härleds tänkbara utrymningsscenarier med tillhörande sannolikheter. För vart och ett av dessa scenarier uppskattas även konsekvensen. För att kunna göra ett urval av scenarier som är särskilt intressanta för vidare analys ställs scenarierna upp i riskmatriser.

### 5.2.1 Sannolikheter i händelsetråd

Antalet personer som vid en given tidpunkt vistas i museet anses vara den faktor som i högst grad ger upphov till utrymningsproblematik. Antalet personer delas in i tre olika klasser, stort antal, normalt antal och litet antal. Stort antal definieras som lika med eller mer än 200 personer, litet antal definieras som mindre än eller lika med 50 personer och normalt antal definieras som mer än 50 och mindre än 200 personer. Bara personer som befinner sig i offentliga lokaler räknas in i dessa kategorier. Statistik över antalet besökare varje dag under ett helt år finns tillgänglig. Museet är i medeltal öppet i 6,33 timmar de dagar det inte är stängt och besöken antas vara jämnt fördelade över denna tid. Av rundvandringen vid platsbesöket görs antagandet att ett normalt museibesök varar i ungefär 2 timmar. Utifrån dessa antaganden och besöksstatistiken kan det antal besökare som befinner sig i museet, vid en godtycklig tidpunkt under dagen, beräknas. Utöver besökarna antas 20 personer ur personalen befinna sig i någon av de offentliga lokalerna när museet är öppet. Fördelningen över de olika antal personer som erhålls i beräkningarna, visas i figur 5.6.



Figur 5.6 Fördelning över antal personer i museets offentliga lokaler.

Utifrån figur 5.6 kan sannolikheterna för stort, normalt och litet antal utläsas. Dessa sannolikheter är 7,5 procent, 69,8 procent respektive 22,8 procent.

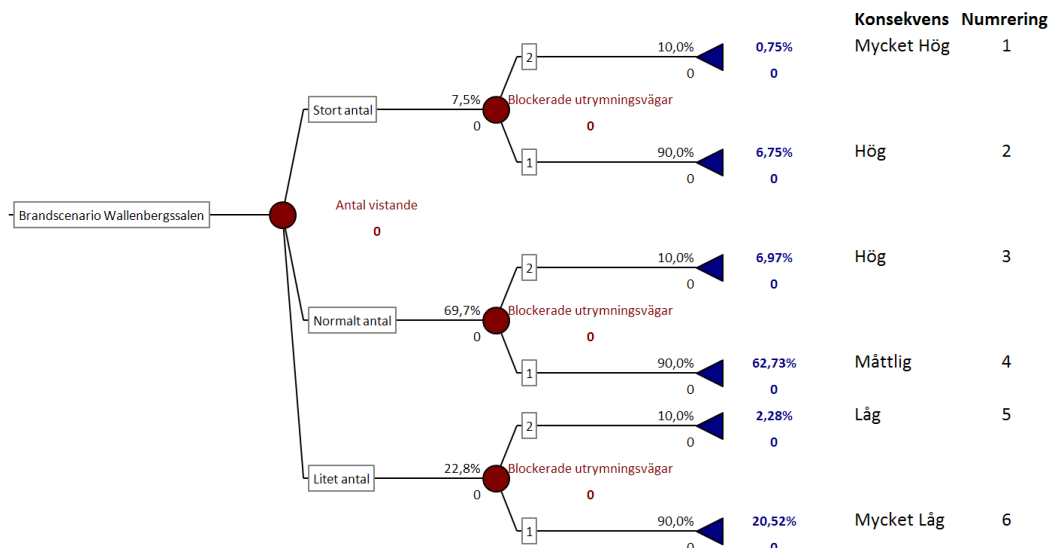
En annan faktor som anses påverka utrymningsproblematiken i hög grad är huruvida utrymningsvägar är blockerade eller inte. Tre olika fall tas med i händelseträden, ingen blockerad utrymningsväg, en blockerad utrymningsväg och två blockerade utrymningsvägar. Sannolikheten för att en enskild utrymningsväg ska vara blockerad antas vara 10 procent. Detta antagande grundas på att vid platsbesöket var en av ungefär tio utrymningsvägar svårframkomlig på grund av bråte. Blockerade utrymningsvägar väljs så konservativt som möjligt om fler än ett alternativ finns.

## 5.2.2 Identifiering och urval av utrymningsscenarier

Baserat på de sannolikheter som härleds i avsnitt 5.2.1 tas ett händelsetråd fram för varje brandscenario. Varje enskild gren av händelseträden utgör ett unikt utrymningsscenario, som således får en given sannolikhet. Konsekvensen med avseende på personsäkerheten bedöms kvalitativt för var och ett av dessa scenarier. I denna bedömning tas främst hänsyn till personantal och utrymningsmöjligheter. Utrymningsmöjligheterna bedöms utifrån antal utrymningsvägar, avstånd till utrymningsvägar samt utrymningsvägarnas bredd. Analogt med metodiken som används vid urvalet av brandscenarier, ställs utrymningsscenarierna upp i riskmatriser för att lättare kunna identifiera särskilt intressanta scenarier för vidare analys.

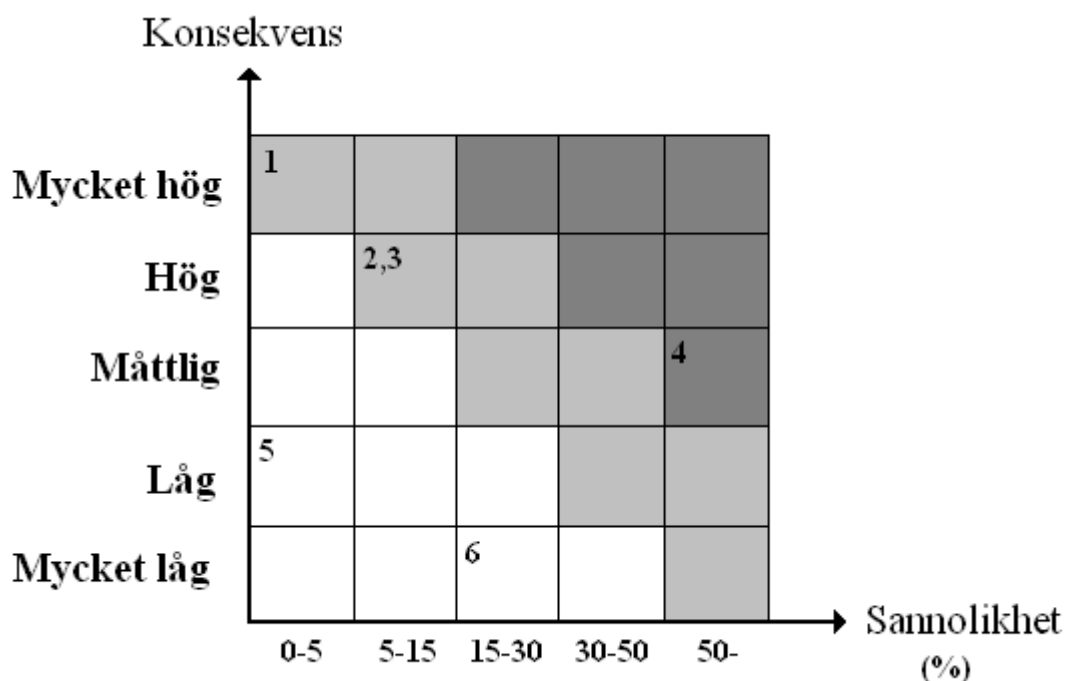
### 5.2.2.1 Brand i Wallenbergsalen/foajén

Detta brandscenario utgår från att en utrymningsväg från Wallenbergsalen är blockerad av branden. I händelseträdet finns av denna anledning bara två fall av antal blockerade utrymningsvägar, en blockerad utrymningsväg och två blockerade utrymningsvägar. Händelseträdet över utrymningsscenarierna med uppskattade konsekvenser visas i figur 5.7.



Figur 5.7 Händelsetråd över utrymning vid brand i Wallenbergsalen/foajén.

De sex olika scenarierna som händelsetrådet förgrenas i ställs upp i en riskmatris med tillhörande sannolikheter och konsekvenser. Utifrån matrisen kan scenarier som är intressanta för vidare analys identifieras, se figur 5.8.

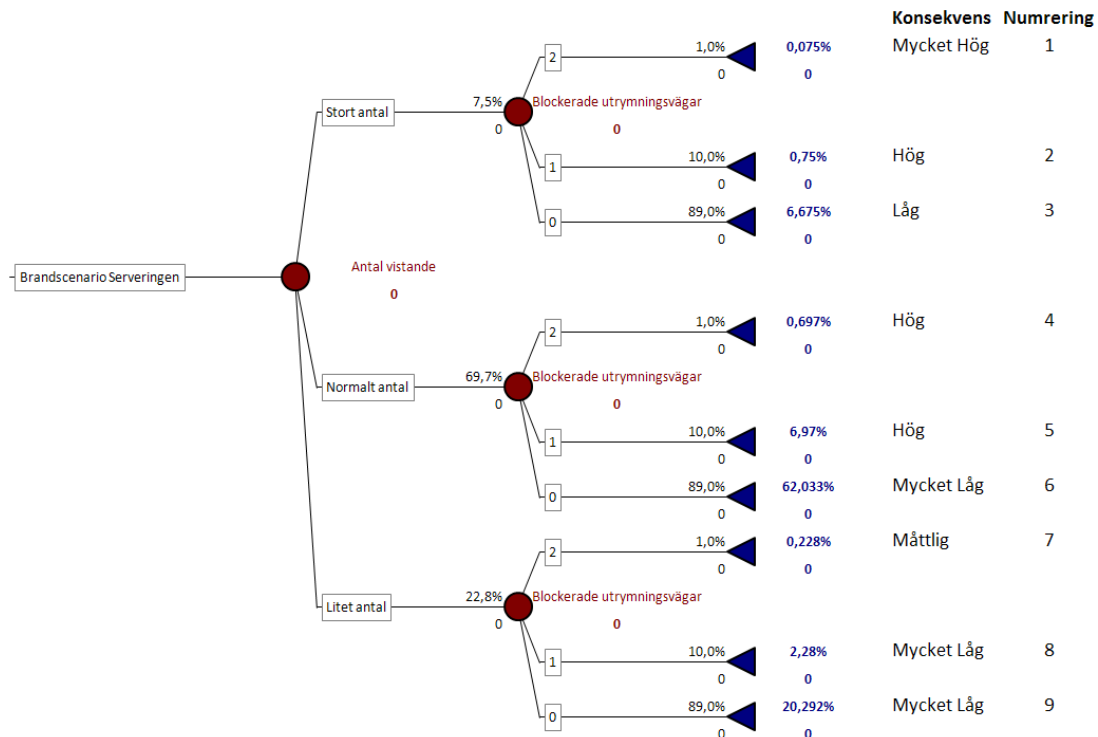


Figur 5.8 Riskmatris över utrymningsscenarioer vid brand i Wallenbergsalen/foajén.

Av matrisen identifieras scenario 2, 3 och 4 som särskilt intressanta. Scenario 2 bedöms vara ”värre” än scenario 3 på grund av det högre personantalet. Av denna anledning väljs endast scenario 2 och 4, hädanefter kallade 1.2 respektive 1.4, för vidare analys. I dessa scenarier är en utrymningsväg blockerad medan antalet människor är stort respektive normalt.

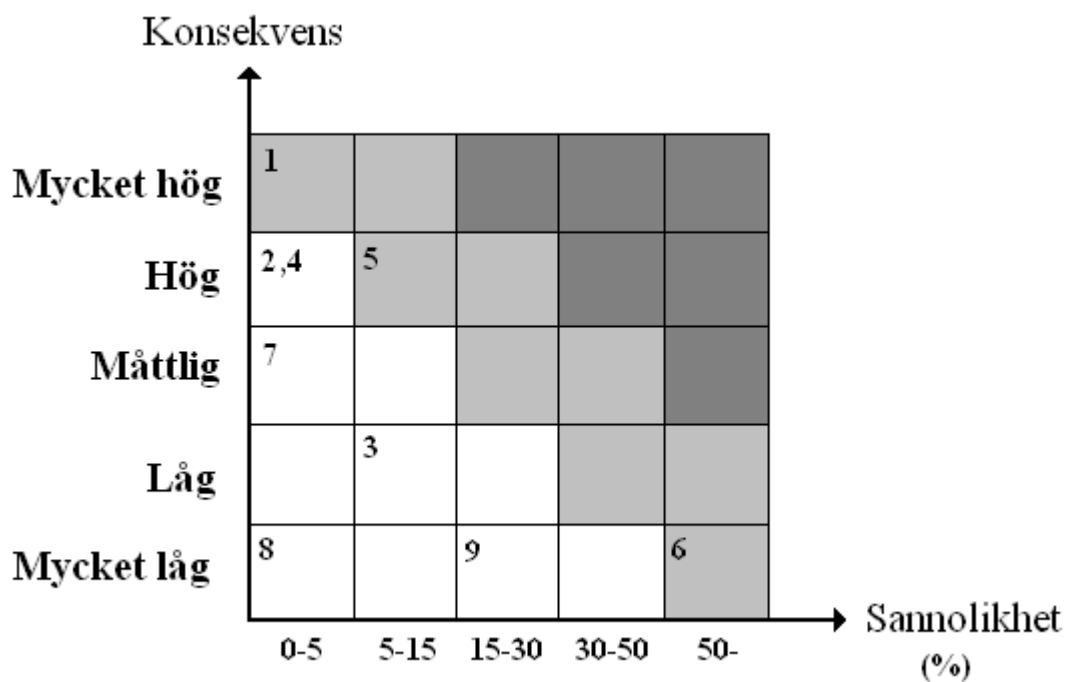
### 5.2.2.2 Brand i serveringen

Händelseträdet för detta brandscenario utgår helt från de sannolikheter som tas upp i avsnitt 5.2.1. Trädet skiljer på tre fall av personantal och tre fall av blockerade utrymningsvägar. Händelseträdet över utrymningsscenarierna med uppskattade konsekvenser visas i figur 5.9.



Figur 5.9 Händelsetråd över utrymning vid brand i serveringen.

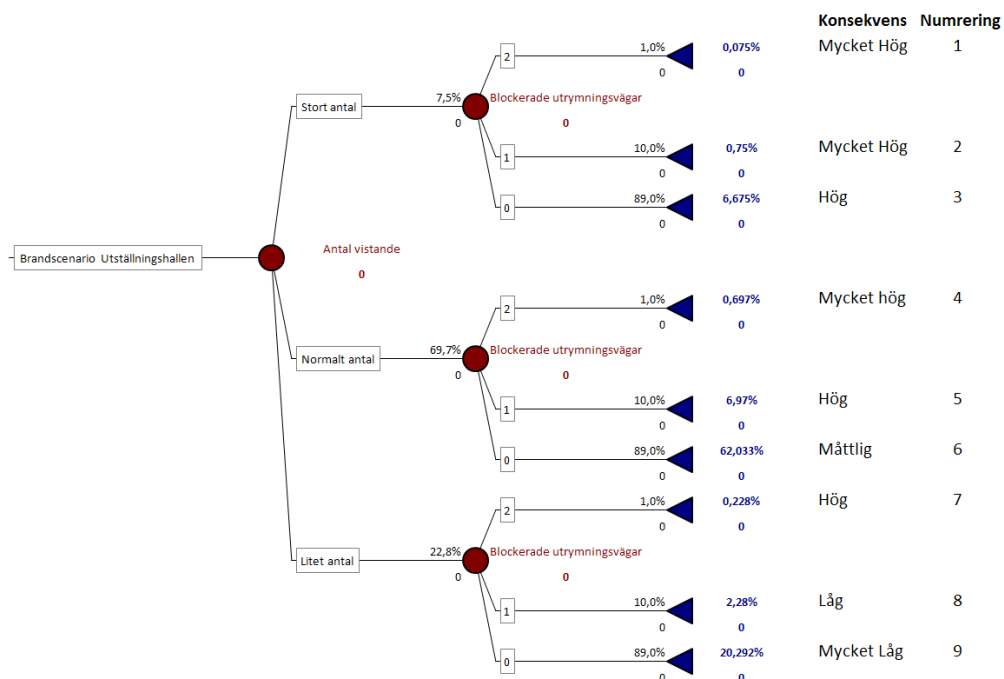
De nio enskilda scenarier som händelseträdet ger upphov till ställs upp i en riskmatris, se figur 5.10. Av riskmatrisen identifieras scenario 1, 5 och 6 som särskilt intressanta. Av dessa väljs scenario 1 bort på grund av den extremt låga sannolikheten för detta scenario. För fördjupad analys väljs alltså scenario 5 och 6, härnåfter kallade 2.5 respektive 2.6. Båda dessa scenarier har ett normalt antal människor, med en respektive inga blockerade utrymningsvägar.



Figur 5.10 Riskmatris över utrymningsscenarier vid brand i serveringen.

### 5.2.2.3 Brand i nedre utställningshallen

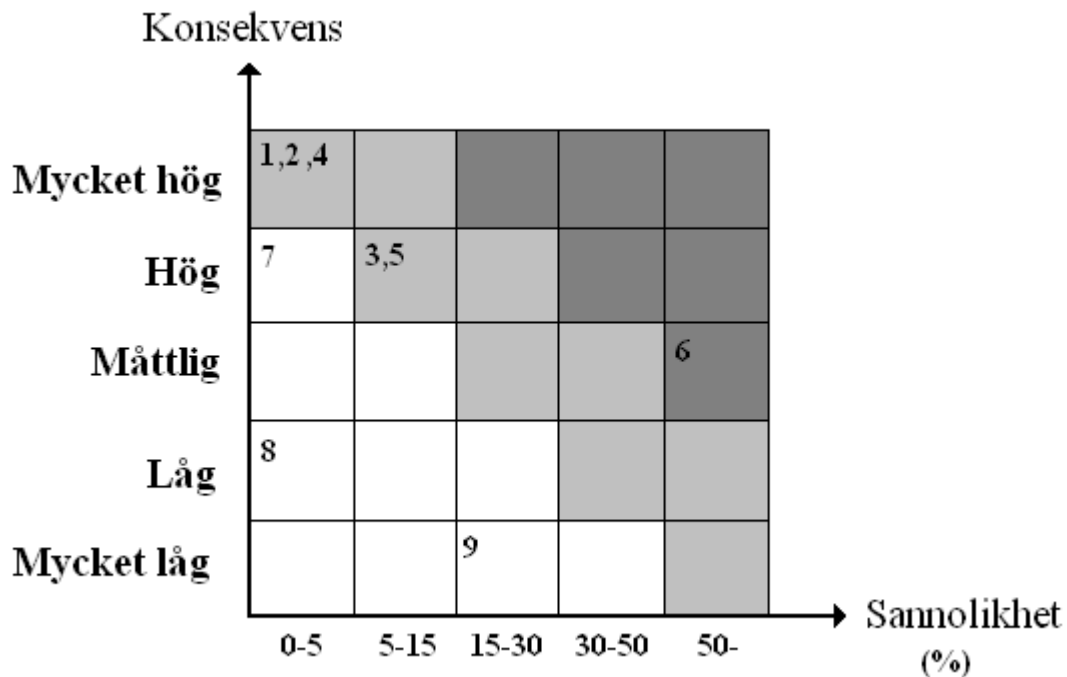
Även händelseträdet över utrymningen för detta scenario utgår helt från de sannolikheter som tas upp i avsnitt 5.2.1. Trädet skiljer på tre fall av personantal och tre fall av blockerade utrymningsvägar. Händelseträdet över utrymningsscenarierna med uppskattade konsekvenser visas i figur 5.11.



Figur 5.11 Händelseträd över utrymning vid brand i nedre utställningshallen.



De scenarier som härleds ur händelseträdet ställs upp i en riskmatris med sannolikheter och konsekvenser, se figur 5.12.



Figur 5.12 Riskmatris över utrymningsscenarier vid brand i nedre utställningshallen.

Ur riskmatrisen identifieras scenario 3, 5 och 6 som särskilt intressanta. Av dessa bedöms scenario 3 vara värre än scenario 5 på grund av det högre personantalet. De scenarier som väljs för fördjupad analys blir av denna anledning scenario 3 och 6, härnäst kallade 3.3 respektive 3.6. Båda dessa scenarier har inga blockerade utrymningsvägar med ett stort respektive normalt antal människor.



## 6 Fördjupad analys av valda brandscenarier

*För att gå vidare i en fördjupad analys behöver valda scenarier beskrivas kvantitativt. En dimensionerande brand tas fram för vart och ett av scenarierna. Brandförloppen simuleras i FDS och utifrån simuleringarna bestäms tid till kritiska förhållanden.*

Beräkningar som ligger till grund för de dimensionerande bränderna återfinns i bilaga B.

### 6.1 Dimensionerande brand

En dimensionerande brand beskrivs här och oftast av ett förhållande mellan effektutveckling och tid (Staffansson, 2010). Med dimensionerande brand menas i denna rapport en brand som anses representativ för ett brandscenario. Brandförloppet kan delas in i tre distinkta faser, tillväxtfas, fullt utvecklad brand och avsvalningsfas (Karlsson & Quintiere, 2000).

#### 6.1.1 Tillväxtfas

I tillväxtfasen är  $\alpha t^2$ -branden det vanligaste sättet att beskriva effektutvecklingen. Effektutvecklingen ges då av (Staffansson, 2010):

$$\dot{Q} = \alpha t^2 \quad \text{ekvation 6.1}$$

Där  $\alpha$  är brandens tillväxtfaktor [ $\text{kW/s}^2$ ],  $\dot{Q}$  effektutvecklingen [ $\text{kW}$ ] och  $t$  tiden [ $\text{s}$ ].

#### 6.1.2 Fullt utvecklad brand

I den fullt utvecklade branden är effektutvecklingen som störst och begränsas oftast av syretillgången (Karlsson & Quintiere 2000). Om utrymmet är välventilerat och syretillgången således är god kan branden istället begränsas av bränsletillgången. Om syretillgången begränsar brandens storlek och effektutveckling är den ventilationskontrollerad. Om istället bränslets massavbrinningshastighet begränsar effektutvecklingen är den bränslekontrollerad.

En ventilationskontrollerad brands maximala effektutveckling kan bestämmas med (Karlsson & Quintiere, 2000):

$$\dot{Q} = 1,518 \cdot A_o \sqrt{H_o} \quad \text{ekvation 6.2}$$

Där  $\dot{Q}$  är effektutvecklingen [ $\text{MW}$ ],  $A_o$  är arean av öppningen till rummet [ $\text{m}^2$ ] och  $H_o$  är öppningens höjd [ $\text{m}$ ]. För rum med flera öppningar finns särskilda metoder för att beräkna  $H_o$  och  $A_o$ .

Det är också möjligt att det från början finns så pass mycket syre i lokalen att branden temporärt blir större än vad ventilationsöppningarna tillåter. Vid förbränning av 1 kg syre frigörs en energimängd på ca 13,1 MJ energi, och förbränningen antas upphöra när endast 15 procent syre finns kvar i luften (Karlsson & Quintiere, 2000). Energimängden som syret i lokalen från början kan frigöra, kan utifrån detta beräknas med:

$$Q = V_{\text{lokal}} \cdot \rho_{\text{luft}} \cdot (0,23 - 0,15) \cdot 13,1 \quad \text{ekvation 6.3}$$

Där  $Q$  är energimängden [MJ],  $V_{lokal}$  är lokalens volym [ $m^3$ ] och  $\rho_{luft}$  är luftens densitet [ $kg/m^3$ ].

Om en konstant luftdensitet på  $1,2 kg/m^3$  antas kan uttrycket förenklas till:

$$Q = 1,2576 \cdot V_{lokal} \quad \text{ekvation 6.4}$$

Genom integrering av effektutvecklingskurvan och ekvation 6.4 kan den maximala effektutvecklingen som syret i lokalen från början tillåter, beräknas.

En bränslekontrollerad brands effektutveckling kan bestämmas utifrån (Karlsson & Quintiere, 2000):

$$\dot{Q} = A_f \dot{m}'' \chi \Delta H_c \quad \text{ekvation 6.5}$$

Där  $A_f$  är bränslearean [ $m^2$ ],  $\dot{m}''$  är massavbrinningshastigheten [ $kg/sm^2$ ],  $\chi$  är förbränningseffektiviteten och  $\Delta H_c$  är förbränningsvärmets [ $MJ/kg$ ].

Effektutvecklingskurvor kan också härledas från försök på produkter som liknar de som antas medverka i branden (Staffansson, 2010).

### 6.1.3 Avsvalningsfas

Avsvalningsfasen påbörjas när ungefär 80 procent av bränslet har brunnit upp, och kan antas ske linjärt, med den inverterade tillväxthastigheten eller på ett annat sätt som kan motiveras (Staffansson, 2010). Mängden bränsle beskrivs av brandbelastning  $MJ/m^2$  som oftast delas upp i variabel och permanent brandbelastning (Boverket, 2008). Utifrån kännedom om brandbelastning, bränslets energiinnehåll och mängden utvecklad energi, kan tiden till att avsvalningsfasen börjar beräknas. Den totala mängden utvecklad energi är integralen av effektutvecklingskurvan. Om effektutvecklingskurvan som ges av ekvation 6.1 integreras erhålls den totala mängden utvecklad energi vid tiden  $t$ :

$$Q = \frac{\alpha t^3}{3} \quad \text{ekvation 6.6}$$

### 6.1.4 Simulering av brandförlopp

Samtliga brandscenarier simuleras i datorprogrammet FDS. Grundläggande teori om programmet presenteras i bilaga C. En mängd antaganden görs för att möjliggöra simuleringarna. Dessa antaganden och resultatet av simuleringarna redovisas för varje brandscenario. Ur simuleringarna hämtas tider till det att kritiska förhållanden uppstår. FDS-simuleringarna valideras slutligen med datorprogrammet CFAST.

I simuleringarna mäts brandgaslagrets höjd, siktbarhet, värmestrålning, värmedos, toxicitet och temperatur. Brandgaslagrets höjd uppskattas visuellt och blir i samtliga fall kritiskt innan sikten blir kritisk. Båda kriterierna ska dock överskridas för att förhållandena ska betraktas som kritiska, varför tiden då siktkriteriet överskrids blir dimensionerande. Kriterierna mäts på de områden i byggnaden där personer förväntas utrymma och eventuella köbildningar kan uppstå. Siktbarheten mäts 2,0 meter över golvet i enlighet med kraven som presenterats i

avsnitt 4 medan övriga kriterier mäts 1,8 meter över golvet, en höjd som anses vara genomsnittlig för besökare.

Tid till detektion mäts också i FDS-simuleringarna och används sedan som underlag för varseblivningstiden i avsnitt 7. Eftersom detektion i FDS sker omedelbart vid en viss optisk densitet (detektionsgräns) kommer denna tid troligen att vara kortare än i verkligheten, eftersom en viss tröghet finns i detektorn. Hänsyn till detta tas i avsnittet där osäkerhetsanalysen genomförs genom att den första detektorns aktiveringstid utgör den kortaste möjliga detektionstiden; den med minst sannolikhet.

## 6.2 Analys av brand i Wallenbergsalen/foajén

Branden antas starta nära utgången från Wallenbergsalen under projektorrummet då detta identifieras som det värsta scenariot för utrymning. Träpanelen som omger utrymmet betraktas som det viktigaste bränslepaketet. Den är perforerad med en massa små hål, vilket gör den förhållandevis lättantändlig och brandfarlig. Detta eftersom branden kan nå baksidan av den samtidigt som hålen förser branden med syre. Det är fullt möjligt att branden sprider sig vidare till stolarna i lokalen och den pulpet som finns längst bak. Tillväxthastigheten i dessa föremål antas dock inte skilja sig nämnvärt från den tillväxthastighet som antas för träpanelen. Den maximala bränslearea som kan medverka i branden samtidigt uppskattas till 42 m<sup>2</sup> vilken är hela utrymmet under projektorrummet. Branden antas vara en flambrand under hela förloppet eftersom utrymmet är stort och välventilerat (Staffansson, 2010).

### 6.2.1 Tillväxtfas

Tillväxtfaktorn bestäms utifrån utförda försök på granpanel (Särdqvist, 1993, O3/10). I försöken har ett rum klätt i träpanel på tre väggar och tak testats, vilket överensstämmer väl med utrymmet under projektorrummet. I försöken nås effektutvecklingen 1,5 MW på 140 sekunder, vilket ger ett  $\alpha$ -värde på 0,077 kW/s<sup>2</sup> om en mot tiden kvadratisk tillväxthastighet antas. Pärontra-panelen är lite kompaktare och brinner troligen inte lika bra som granpanelen i försöket. I försöket har dessutom en brännare använts som antändningskälla. En sådan är troligen lite kraftigare än tänkbara antändningskällor i Wallenbergsalen. Av dessa anledningar antas tillväxthastigheten inte bli lika stor i verkligheten som i försöket på granpanel. En tillväxtfaktor på 0,05 kW/s<sup>2</sup>, som är en tredjedel mindre än den som härleds ur försöket antas vara mer rimlig. Jämförelse med en brand i en tre meter hög stapel av träpallar, vilken har tillväxtfaktorn 0,047 kW/s<sup>2</sup>, styrker också detta värde (Karlsson & Quintiere, 2000).

### 6.2.2 Maximal effektutveckling

Den maximala effektutvecklingen som bränsletillgången tillåter beräknas utifrån utförda försök i konkalorimeter (SP, 2012). I försöken har 0,01 m<sup>2</sup> trä förbränts och en effektutveckling på 263 kW/m<sup>2</sup> brännyta uppmätts. Den maximala effektutvecklingen bestäms med hjälp av detta till  $42 \text{ m}^2 \cdot 263 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \approx 11 \text{ MW}$ .

Den maximala effektutvecklingen som ventilationsflödet via öppningar tillåter beräknas med ekvation 6.2 till 73 MW. Den maximala effektutveckling som syret i lokalen från början tillåter beräknas med hjälp av ekvation 6.4 och ekvation 6.6 till 10 MW.

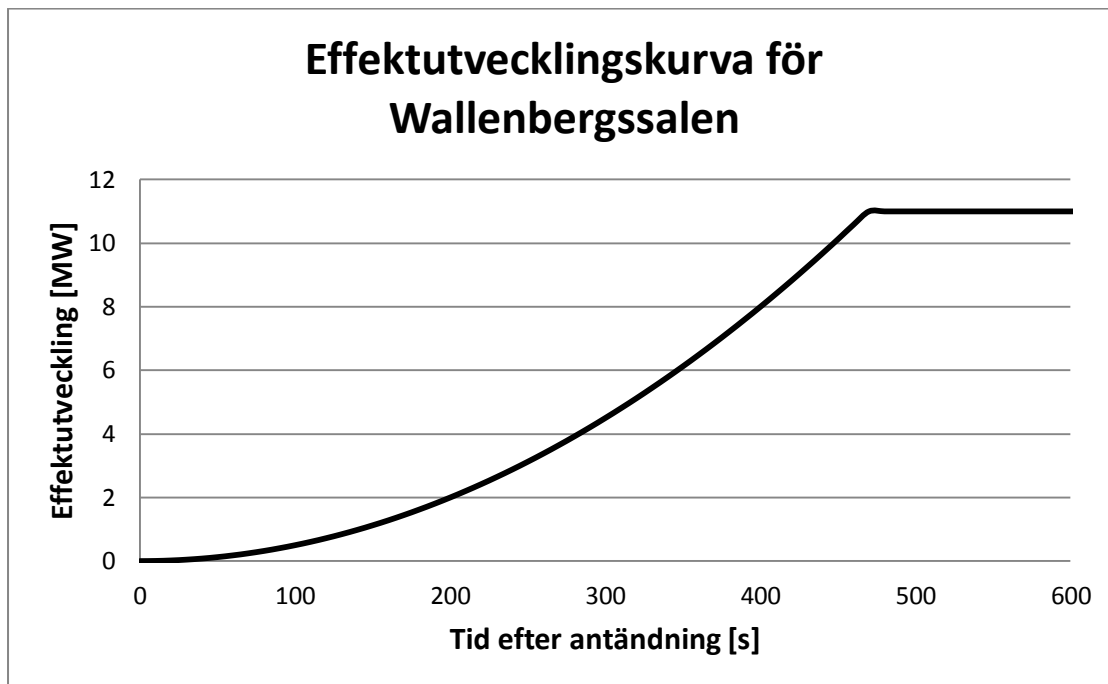
Det framgår av detta att det inte finns tillräckligt med syre i lokalen från början för att branden skulle kunna växa sig större än vad öppningarna tillåter. Det framgår också att branden snarare kommer att begränsas av bränsletillgången än syretillgången och att den maximala effektutvecklingen således blir 11 MW. Denna effektutveckling uppnås efter ungefär 8 minuter.

### 6.2.3 Avsvlningsfas

Överslagsberäkningar visar att bränslet i rummet räcker i minst 30 minuter. Av denna anledning antas effektutvecklingen vara den maximala 11 MW under återstoden av förloppet när den väl har uppnåtts. Eftersom utrymningstiden i avsnitt 7 inte överstiger fyra minuter i något utrymningsscenario är det inte av intresse att simulera branden efter denna tid och avsvlningsfasen beaktas därför inte.

### 6.2.4 Effektutvecklingskurva

Utifrån resonemangen ovan kan effektutvecklingskurvan för branden tas fram. Effektutvecklingskurvan åskådliggörs i figur 6.1.



Figur 6.1 Effektutvecklingskurva för brand i Wallenbergssalen.

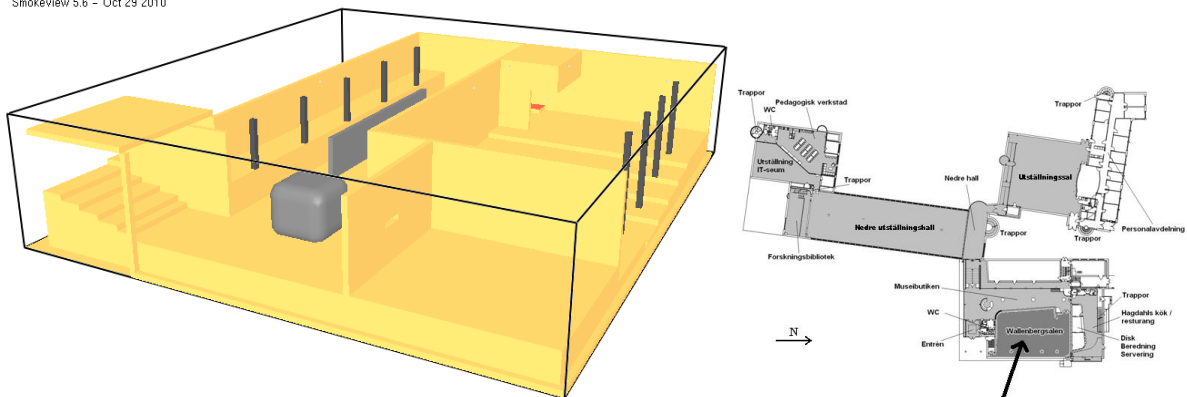
### 6.2.5 Simulering av brand

Branden antas uppstå under projektorummet intill dörren mellan foajén och Wallenbergssalen. Endast trä antas medverka i branden. Brandens effektutveckling ökar successivt i FDS för att efterlikna den dimensionerande branden. Brandens yta förändras däremot inte under simuleringen utan är 1 m<sup>2</sup> under hela förloppet. Branden simuleras i fem minuter för att överskrida den troliga tiden för utrymning.

Dörren mellan Wallenbergssalen och foajén är öppen medan övriga dörrar är stängda. Det lutande golvet i Wallenbergssalen utformas som en flack trappa. Byggnadens delar förenklas, exempelvis väggen mellan Wallenbergssalen och foajén som förenklas till en rak vägg, även

om Wallenbergsalen i själva verket smalnar av mot scenen. Väggarna antas bestå av tegel med tjockleken 25 centimeter. Stolar och annan inredning försummas. Geometrin åskådliggörs i figur 6.2.

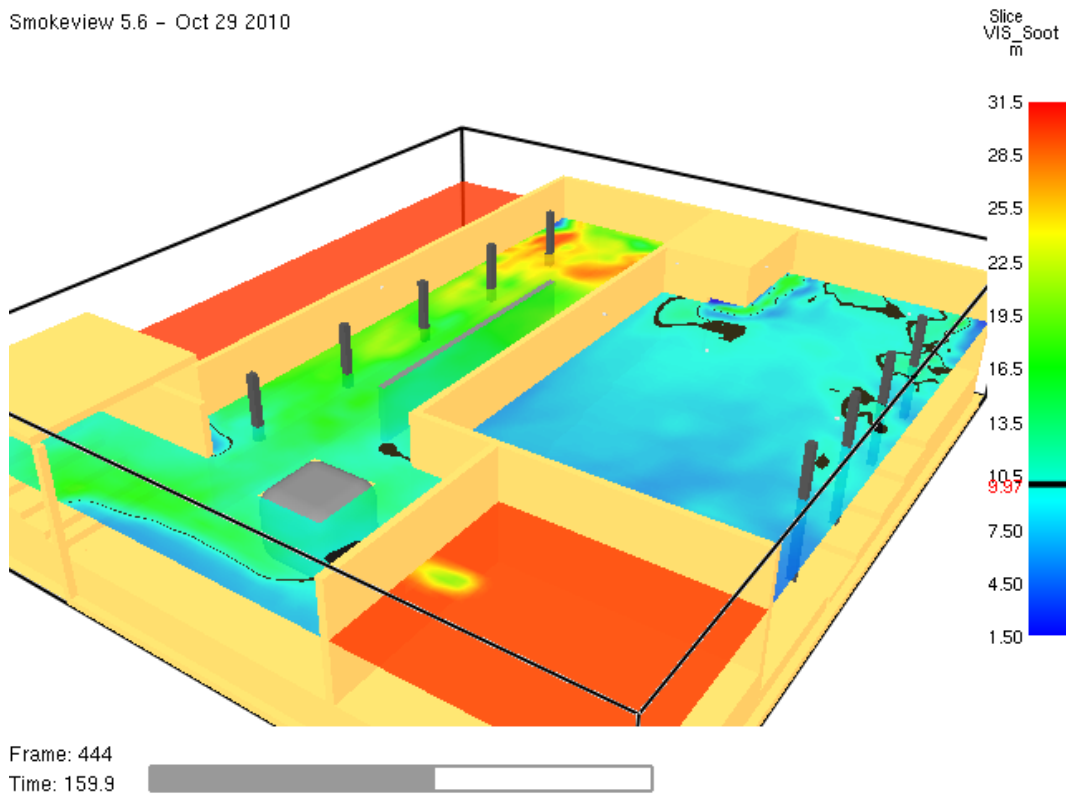
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



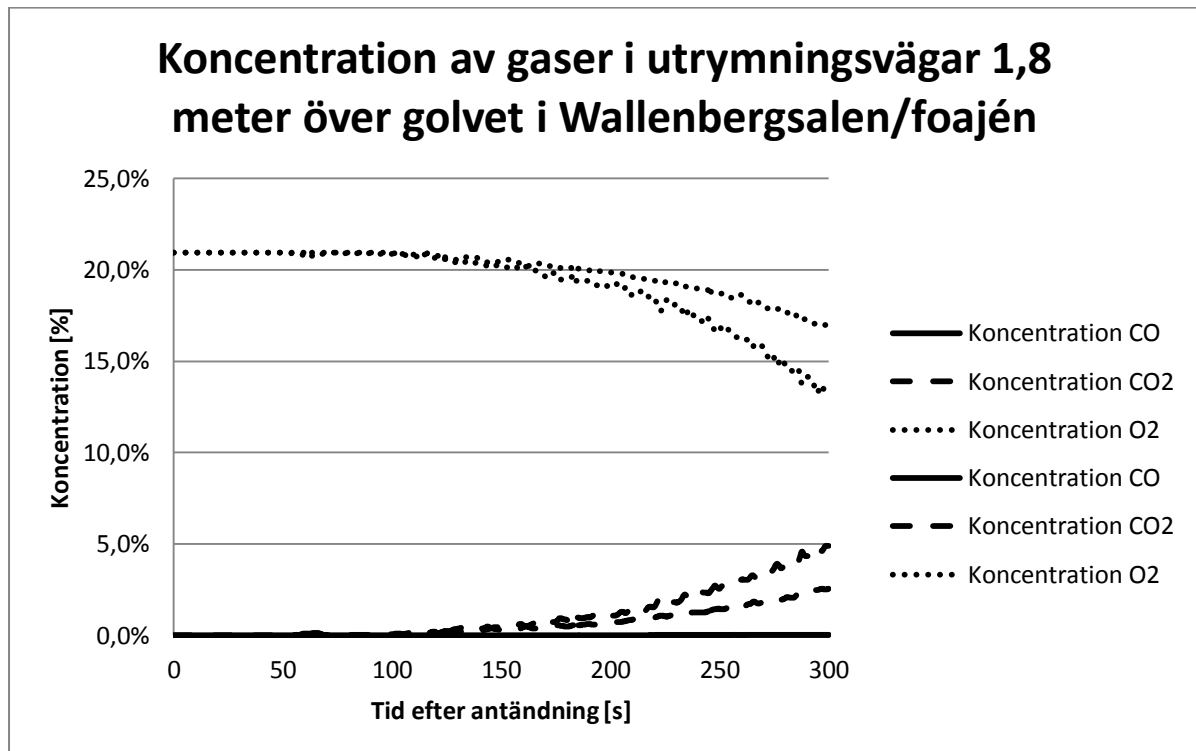
**Figur 6.2 Geometrin i FDS för Wallenbergsalen och foajén till vänster. Wallenbergsalens placering i byggnaden visas till höger.**

Wallenbergsalen och foajén utgör en förhållandevis stor volym. För att simuleringarna ska kunna bli klara inom rimlig tid väljs därför en cellstorlek på 25 centimeter. Denna cellstorlek motsvarar villkoret  $D^*/dx=10$  (McGrattan et al., 2010) vilket är en acceptabel storlek. Kontroll av gridoberoende måste ändå alltid göras och när en sådan kontroll genomförs med halverad cellstorlek (halverad sida) uppmäts inga större skillnader.

Vid jämförelse mellan resultaten från simuleringarna, som presenteras i figur 6.3 (siktbarheten), figur 6.4 (toxiciteten), figur 6.5 (värmestrålningen och värmedosen) och 6.6 (temperaturen) framgår att det kriterium som först överskrids är det för sikten. De övriga kriterierna överskrids långt senare eller inte alls. Det visar sig att i genomsnitt blir sikten mindre än 10 meter efter ungefär 160 sekunder närmast utrymningsvägarna, se figur 6.3.

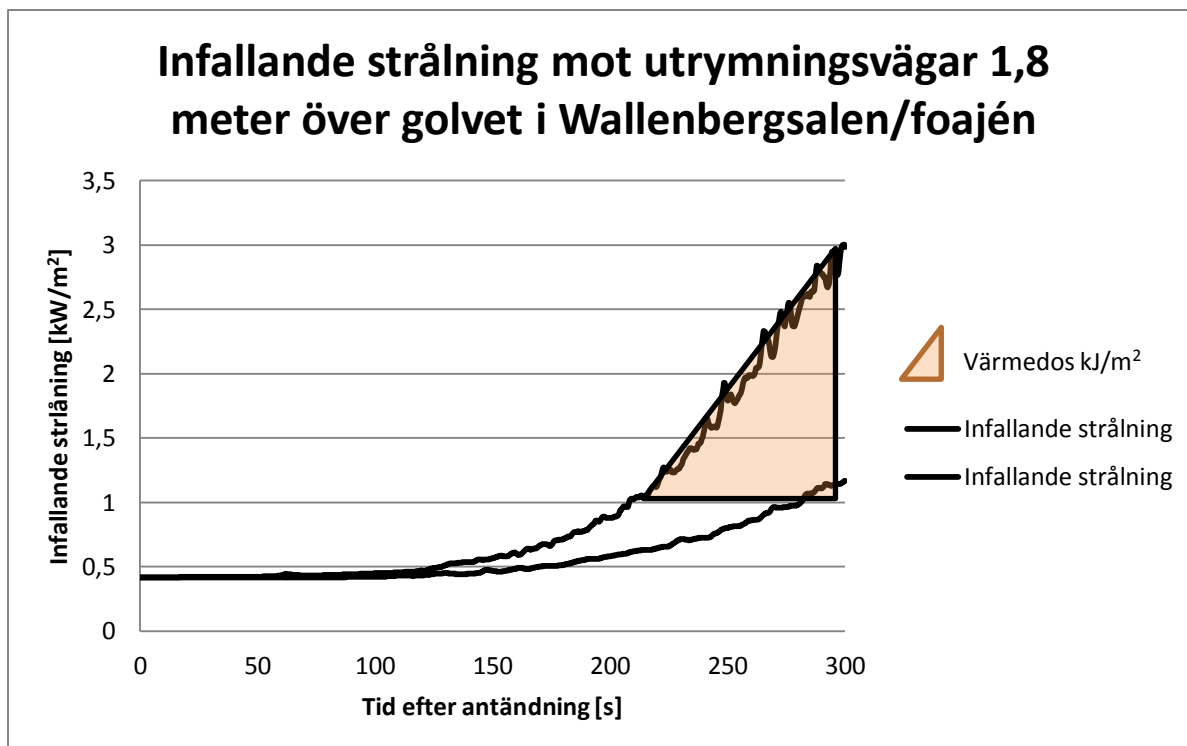


Figur 6.3 Sikten presenterad i ett gränssnitt 2 meter över golvet vid den kritiska tiden då sikten understiger 10 meter.

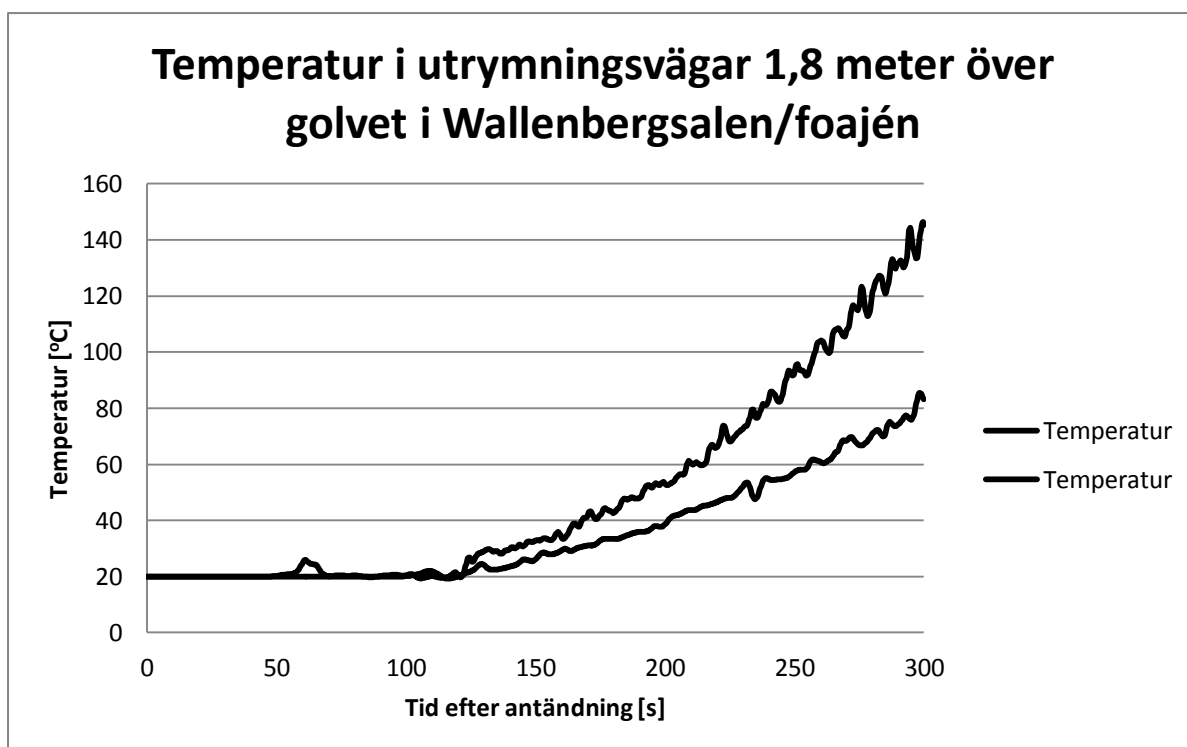


Figur 6.4 Koncentrationer av gaser mätt i specifika punkter i FDS-simuleringen som funktion av tiden. De prickade graferna visar syrekoncentrationen i utrymningsvägarna i Wallenbergsalen och foajén. De streckade graferna visar koldioxidkoncentrationen i utrymningsvägarna och de heldragna graferna visar koncentrationen av kolmonoxid.





Figur 6.5 Infallande strålning mätt i FDS-simuleringen som funktion av tiden.



Figur 6.6 Temperatur mätt i FDS-simuleringen som funktion av tiden.

Tid till detektion mäts i simuleringarna och är den tid det tar för den första detektorn att aktivera. Detta inträffar efter 34 sekunder i Wallenbergsalen.

## 6.3 Analys av brand i serveringen

Branden antas starta i beredningsdelen av lokalen, där spisar och annan köksapparatur finns och därav den största risken för uppkomst. Den antas starta som en pölbrand av 1 kg matolja med en bränslearea på  $0,2 \text{ m}^2$ . Flammor från en brand på spisen antas slå mot köksskåp ovanför och antända dessa initialt. Branden antas inte sprida sig till övriga delar av köket eftersom gipsväggar avskiljer kökets tre delar. Väggarna bedöms förhindra brandspridning under de första minuterna.

### 6.3.1 Tillväxtfas

Pölbranden antas ha en massavbrinningshastighet på  $0,036 \text{ kg/m}^2\text{s}$  och förbränningsvärmegraden  $44,2 \text{ MJ/kg}$ , vilket gäller för n-Dodekan (Karlsson & Quintiere, 2000). Matoljans förbränningssegenskaper skiljer sig självklart från n-Dodekan och har antagligen lägre massavbrinningshastighet och förbränningsvärme. Antagna värden är således konservativa. Förbränningseffektiviteten kan antas till 70 procent (Karlsson & Quintiere, 2000). Utifrån dessa värden kan effektutvecklingen för pölen beräknas med ekvation 6.5 till  $0,22 \text{ MW}$ . Tiden till dess att bränslet tar slut beräknas till ungefär 30 sekunder. Effektutvecklingen antas trots detta inte avta med  $0,22 \text{ MW}$  när pölbranden slocknar, vilket är ett konservativt antagande. En brand i köksskåpen antas likna försök utförda på brand i garderob utan innehåll (Karlsson & Quintiere, 2000). Tillväxtfaktorn för en sådan brand är  $0,047 \text{ kW/s}^2$ .

### 6.3.2 Maximal effektutveckling

Den maximala effektutvecklingen antas vara summan av pölbrandens effektutveckling och effektutvecklingen av branden i köksskåpen. Den maximala effektutvecklingen för branden i köksskåpen antas vara  $3024 \text{ kW}$ , vilken uppmätts vid försök på garderobsbränder (Särdqvist, 1993, Y3.1). Pölbrandens effektutveckling är  $220 \text{ kW}$ . Den maximala effektutvecklingen för hela branden antas således bli ungefär  $3,3 \text{ MW}$ .

Den maximala effektutvecklingen som öppningarna tillåter beräknas med ekvation 6.2 till  $46 \text{ MW}$ . Syret som finns i lokalen från början kan dock temporärt ge upphov till en högre effektutveckling. Denna effektutveckling beräknas med hjälp av ekvation 6.4 och ekvation 6.6 till  $10 \text{ MW}$ .

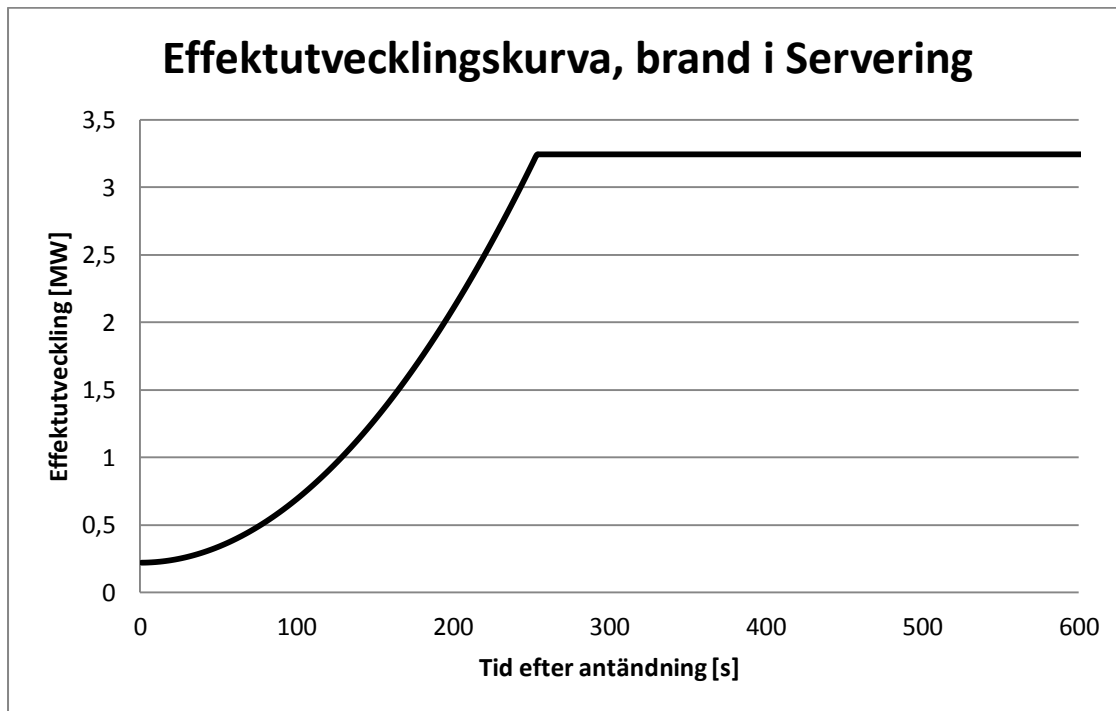
Detta innebär att det inte finns tillräckligt med syre i lokalen från början för att den skulle kunna växa sig större än vad öppningarna tillåter. Det framgår också att branden förblir bränslekontrollerad under hela förloppet med en maximal effektutveckling på ungefär  $3,3 \text{ MW}$ . Det tar ungefär 4 minuter att uppnå denna effektutveckling.

### 6.3.3 Avsvalningsfas

Osäkerheter om bränslemängd gör att ingen avsvalningsfas antas, vilket är konservativt ur utrymningssynpunkt. Då utrymningstiden i avsnitt 7 inte överstiger två minuter i något utrymningsscenario är det inte av intresse att simulera branden efter denna tid och avsvalningsfasen beaktas därför inte.

### 6.3.4 Effektutvecklingskurva

Effektutvecklingen vid tiden noll är lika med pölbrandens effektutveckling 0,22 MW. Från detta värde växer branden med tillväxtfaktorn för branden i köksskåpen till den maximala effektutvecklingen på ungefär 3,3 MW på 4 minuter. Effektutvecklingskurvan åskådliggörs i figur 6.7.

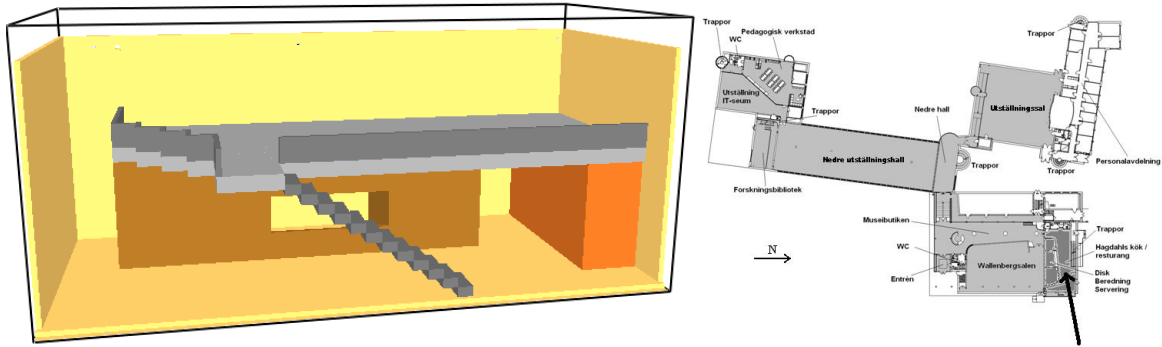


Figur 6.7 Effektutvecklingskurva för brand i serveringen.

### 6.3.5 Simulering av brand

Branden antas starta i köket inne i serveringen. Efter antändning i matolja antas branden spridas vidare till överliggande köksskåp. Effektutvecklingen tar hänsyn till att båda bränslena deltar i branden. I FDS används dock endast sotproduktion och andra bränsleegenskaper för trä. Denna förenkling görs eftersom köksskåpen utgör den största delen av effektutvecklingen. För att efterlikna branden på ett trovärdigt sätt stegras effektutvecklingen successivt i FDS för att slutligen erhålla den maximala effekten. Brandens area antas vara  $0,2 \text{ m}^2$  under hela förloppet. Branden simuleras i tre minuter för att överskrida den troliga tiden för utrymning.

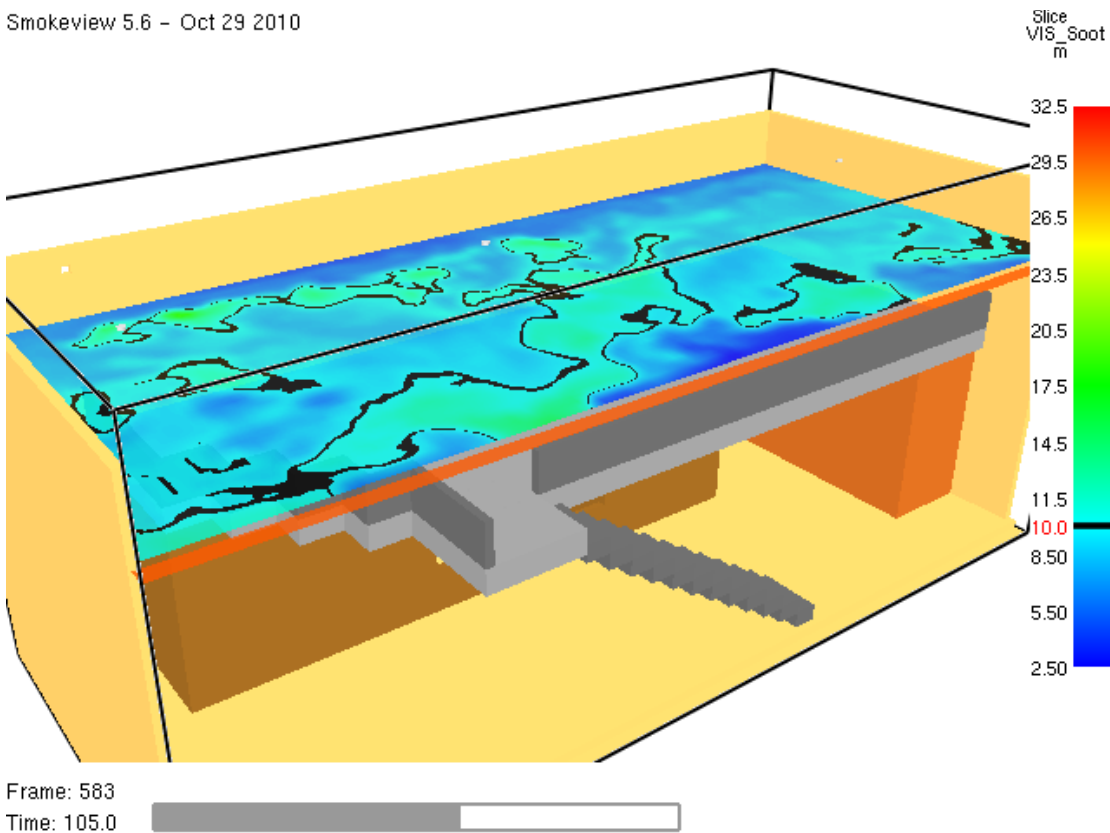
Geometrin begränsas till serveringens övre och undre del eftersom dörrarna till andra delar av byggnaden antas vara stängda. Dörren mellan köket och serveringen antas vara stängd medan serveringsluckan antas vara helt öppen. Serveringens övre del har en något komplex geometri, vilken förenklas i FDS-koden. Lös inredning som exempelvis stolar och bord simuleras inte då dessa inte har någon större påverkan på brandgasspridningen. Väggarna antas bestå av tegel med en tjocklek på 15 centimeter. Figur 6.8 illustrerar serveringens geometri.



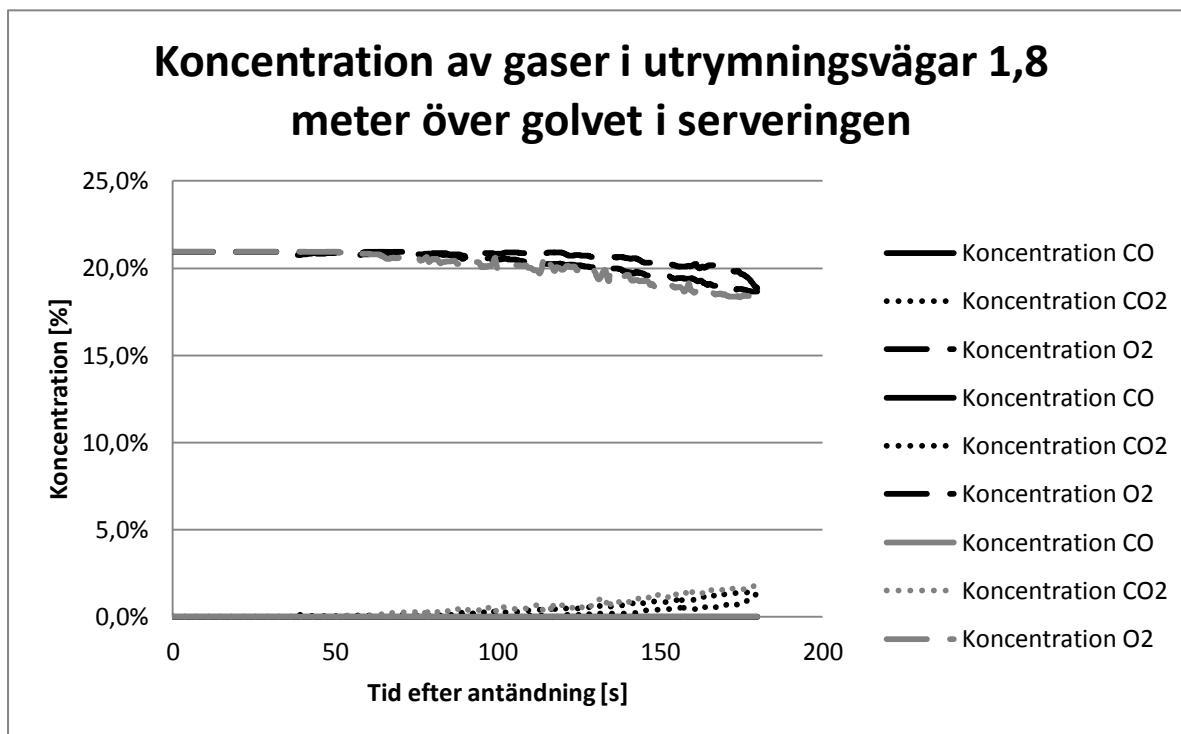
Figur 6.8. Geometrin i FDS för serveringen till vänster. Serveringens placering i byggnaden visas till höger.

Serveringen har en relativt liten volym därför kan ett finare rutnät användas. Cellstorleken sätts till 15 centimeter vilket motsvarar  $D^*/dx=10$  liksom i Wallenbergssalen. Vid kontroll av gridberoende med halverad cellstorlek uppmäts inga större skillnader.

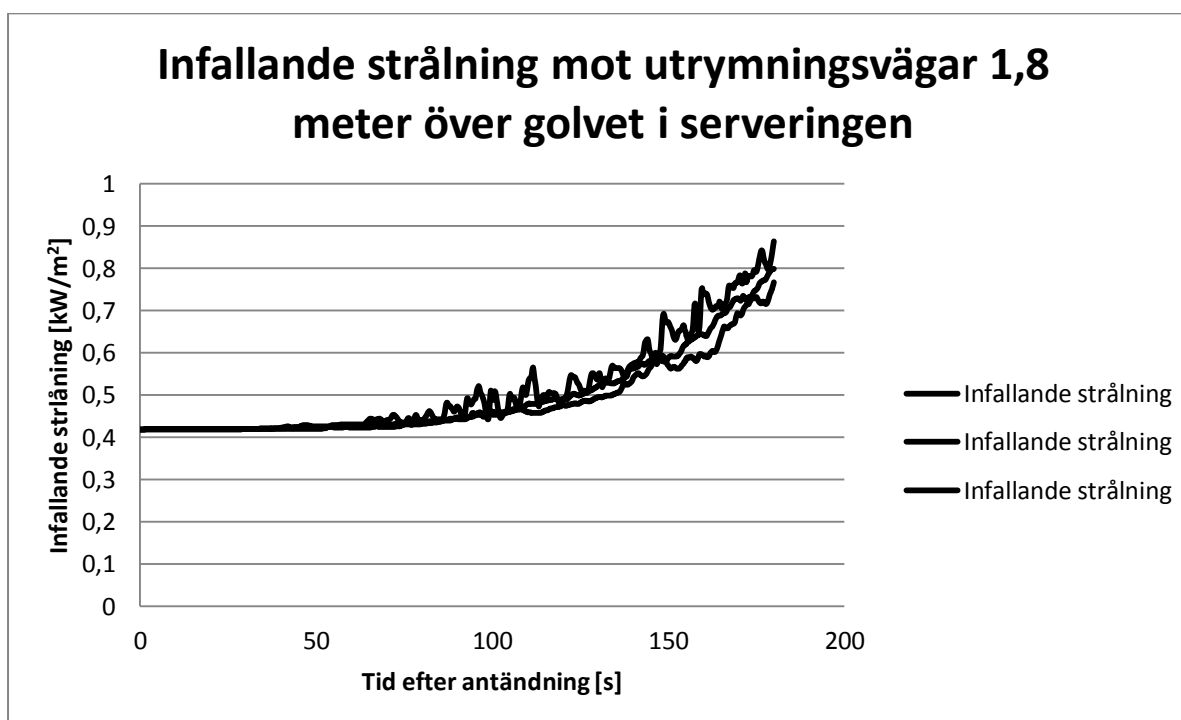
Vid jämförelse mellan resultaten från simuleringarna, som presenteras i figur 6.9 (siktbarheten), figur 6.10 (toxiciteten), figur 6.11 (värmestrålningen och värmedosen) och 6.12 (temperaturen) framgår att det kriterium som först överskrids är det för siktbarheten. De övriga kriterierna överskrids långt senare eller inte alls. Det visar sig att sikten blir mindre än 10 meter efter ungefär 105 sekunder närmast utrymningsvägarna på ovanvåningen, se figur 6.9. På bottenvåningen uppnås inte kritiska förhållanden förrän efter 120 sekunder.



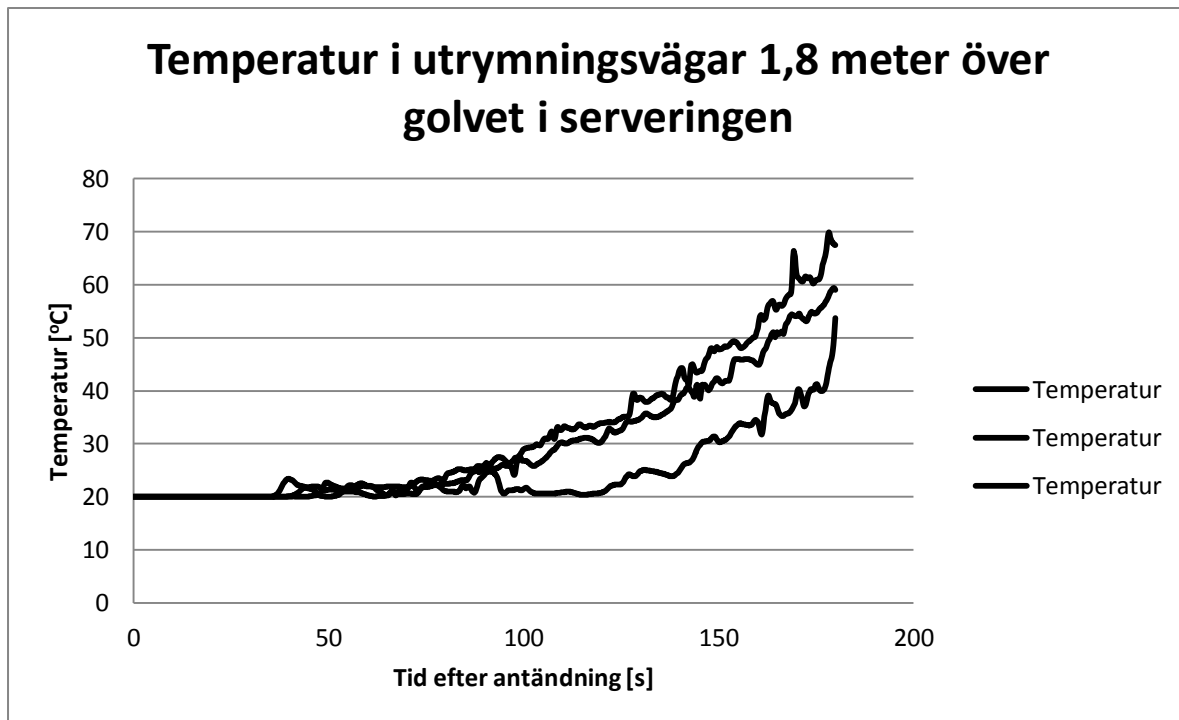
Figur 6.9 Sikten presenterad i ett gränssnitt 2 meter över golvet vid den kritiska tiden då sikten understiger 10 meter.



Figur 6.10 Koncentrationer av gaser mätt i specifika punkter i FDS-simuleringen som funktion av tiden. De prickade graferna visar syrekoncentrationen i utrymningsvägarna serveringen. De streckade graferna visar koldioxidkoncentrationen i utrymningsvägarna och de heldragna graferna visar koncentrationen av kolmonoxid.



Figur 6.11 Infallande strålning mätt i FDS-simuleringen som funktion av tiden.



Figur 6.12 Temperatur mätt i FDS-simuleringen som funktion av tiden.

Tid till detektion mäts i simuleringarna och bestäms till 21 sekunder.

## 6.4 Analys av brand i nedre utställningshallen

I den nedre utställningshallen inhyses olika utställningar vid olika tidpunkter. Det är därför ett rimligt antagande att det under vissa perioder kommer finnas konstinstallationer bestående av mycket lättantändliga material och ”inbyggda” antändningskällor i form av belysning och elektronik. Branden antas starta i ett utställningsobjekt nära utgångarna till forskningsbiblioteket, där den värsta utrymningsproblematiken identifieras. I dagsläget finns i denna del fem cylindriska utställningsobjekt med en ungefärlig diameter på en meter och med varierande innehåll. Denna möblering anses vara representativ för hur möbleringen kan tänkas se ut även i framtiden och används vid bestämning av dimensionerande brand i lokalen. Branden antas starta i det mittersta utsällningsobjektet för att sedan eventuellt spridas till objekt runtomkring.

### 6.4.1 Tillväxtfas

En brand i ett av utställningsobjekten antas likna ett försök på en brand i garderob (Särdqvist, 1993, Y3.1/11). En tillväxtfaktor på  $0,21 \text{ kw/s}^2$  härleds från effektutvecklingskurvan över detta försök.

### 6.4.2 Maximal effektutveckling

Ur effektutvecklingskurvan för försöket på brand i garderob härleds en maximal effektutveckling för brand i ett utställningsobjekt på ungefär 3 MW. Med hjälp av strålningsberäkningar bestäms den infallande strålningsintensiteten mot övriga objekt till  $21 \text{ kW/m}^2$ , se bilaga D. Trä kan exempelvis spontant antända vid en infallande strålning på  $28 \text{ kW/m}^2$  (Drysdale, 1998). Eftersom inredningskonfigurationen är osäker kan den infallande

strålningsintensiteten mycket väl bli högre än  $21 \text{ kW/m}^2$ . Det är också möjligt att mer lättantändliga material än trä används. Med ledning av detta antas utställningsobjekten antändas när den maximala effektutvecklingen på 3 MW uppnåts i startobjektet. Denna effektutveckling uppnås efter 120 sekunder och spridning till övriga objekt sker således vid denna tidpunkt. Branden i ursprungsobjektet börjar även avta efter 120 sekunder. Efter ytterligare 120 sekunder når branden den maximala effektutvecklingen i övriga utställningsobjekt. Brandens totala effektutveckling är då 14 MW.

Den maximala effektutvecklingen som ventilationen tillåter beräknas med ekvation 6.2 till 16 MW. Det syre som finns i lokalen från början skulle temporärt kunna ge upphov till en högre effektutveckling än så. Denna effektutveckling beräknas med hjälp av ekvation 6.4 och ekvation 6.6 till 19 MW.

Det framgår att branden förblir bränslekontrollerad under hela förloppet och når en maximal effektutveckling på 14 MW. Det tar ungefär 4 minuter att uppnå denna effektutveckling.

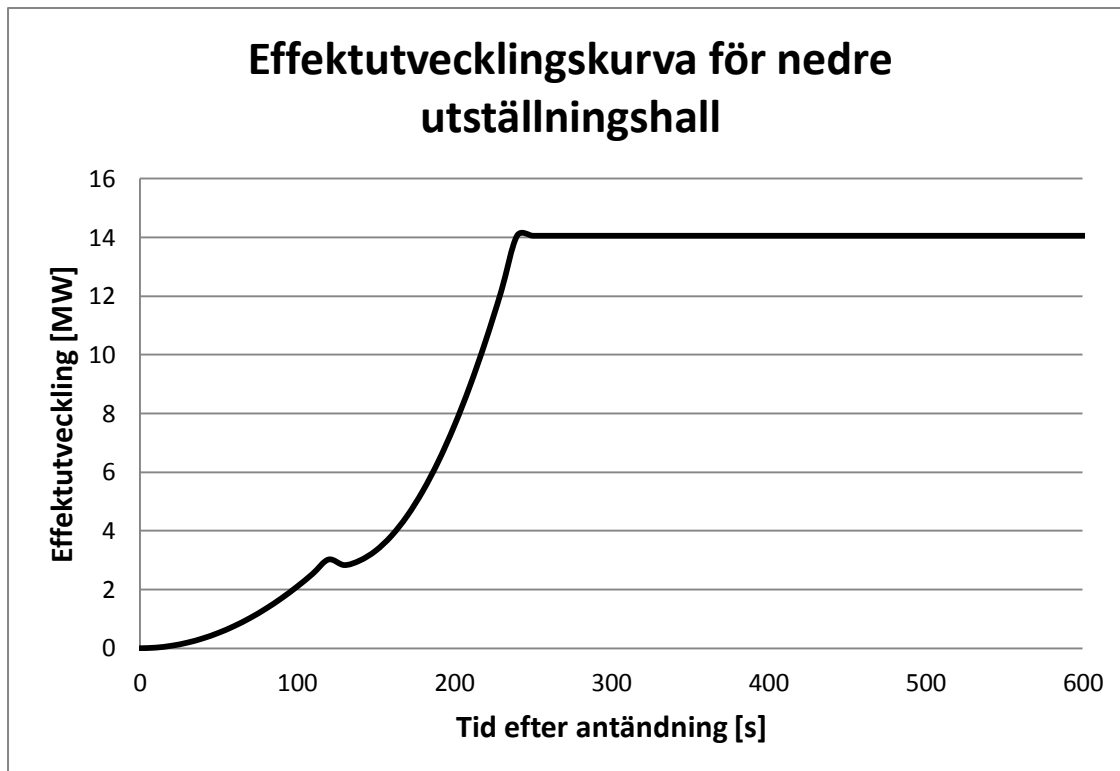
### **6.4.3 Avsvlningsfas**

Avsvlningsfasen för ett brinnande objekt härleds ur försöket för brand i garderob (Särdqvist, 1993, Y3.1/11). Trendlinjen  $y = -1289 \cdot \ln(x) + 9\,025,1$  anpassas till ett antal punkter på effektutvecklingskurvan i avsvlningsfasen för försöket. Effektutvecklingen antas följa denna linje under hela avsvlningsfasen för en brinnande garderob.

Kännedom om exakt typ och mängd bränsle i lokalen saknas. Därför är det svårt att avgöra när avsvlningsfasen för hela branden egentligen börjar. Den maximala effektutvecklingen antas av denna anledning råda från det att den uppnås och sedan under återstoden av förloppet. Då utrymningstiden i avsnitt 7 inte överstiger tre minuter i något utrymningsscenario är det inte av intresse att simulera branden efter denna tid och avsvlningsfasen beaktas därför inte.

### **6.4.4 Effektutvecklingskurva**

Utifrån resonemangen ovan kan effektutvecklingskurvan för branden tas fram. Effektutvecklingskurvan åskådliggörs i figur 6.13.



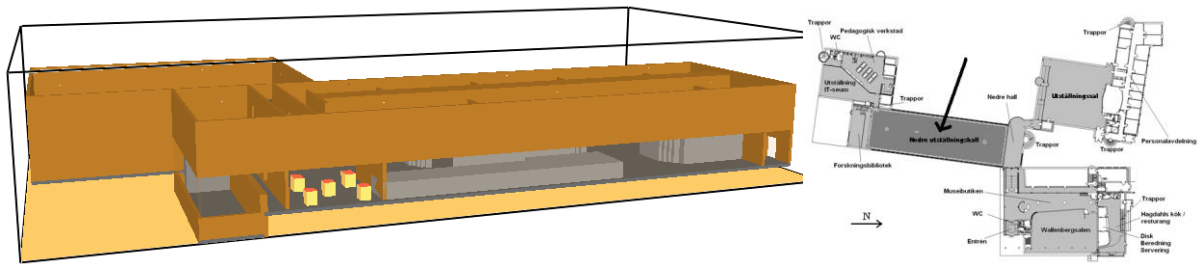
Figur 6.13 Effektutvecklingskurva för brand i nedre utställningshallen.

#### 6.4.5 Simulering av brand

Branden antas uppstå intill forskningsbiblioteket i ena änden av nedre utställningshallen. De utställningsobjekt som deltar i branden antas bestå av trä. Initialt antänds ett objekt centralt i utrymmet och branden sprids sedan vidare till ytterligare 4 kringliggande utställningsobjekt. Var och ett av de fem utställningsobjekten betraktas som en enskild brand med en area på  $0,75 \text{ m}^2$ . De kringliggande objekten antänds först efter 120 sekunder enligt avsnitt 6.4.2. Branden simuleras i tre minuter för att överskrida den troliga tiden för utrymning.

Dörrarna till forskningsbiblioteket och IT-seum samt dörrarna mellan konferensrummet och den övre utställningshallen antas vara öppna under hela förloppet, vilket de också var vid platsbesöket. Hänsyn tas bara till de delar av byggnaden som kommer att ha en avgörande påverkan på brandförloppet, så som exempelvis väggar och tak medan lös inredning försummas. Utformningen av trapporna i forskningsbiblioteket förenklas till ett hål mellan våningarna. Tjockleken på väggarna i simuleringen sätts till 25 centimeter. Väggarna antas bestå av tegel. Geometrin för utställningshallen visas i figur 6.14.

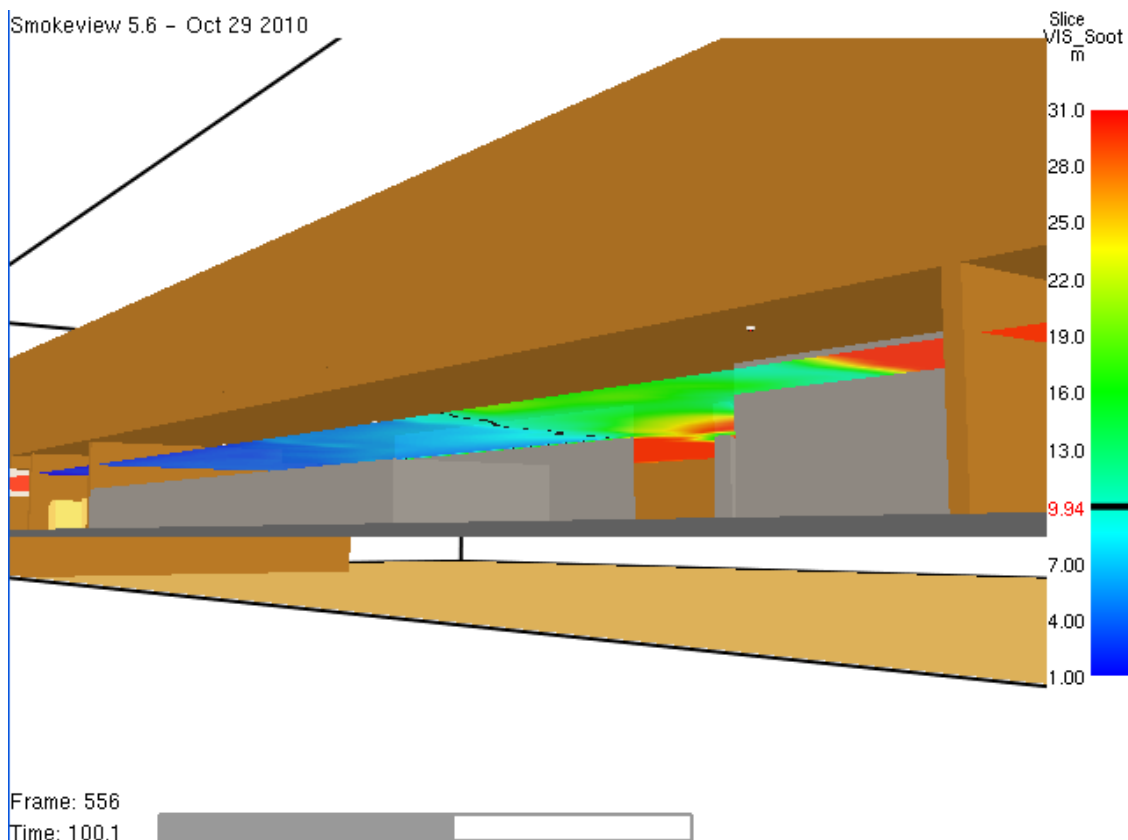




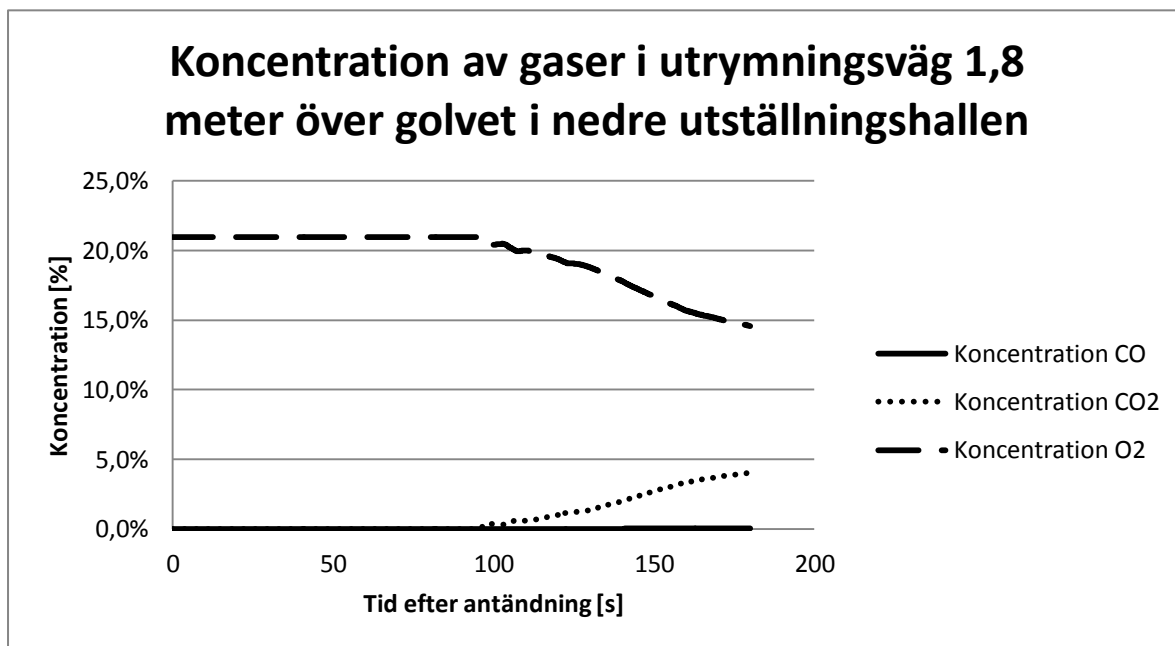
Figur 6.14 Geometrin i FDS för nedre utställningshallen till vänster. Nedre utställningshallens placering i byggnaden visas till höger.

En cellstorlek på 25 centimeter väljs vilket motsvarar  $D^*/dx=10$  i likhet med Wallenbergsalen.

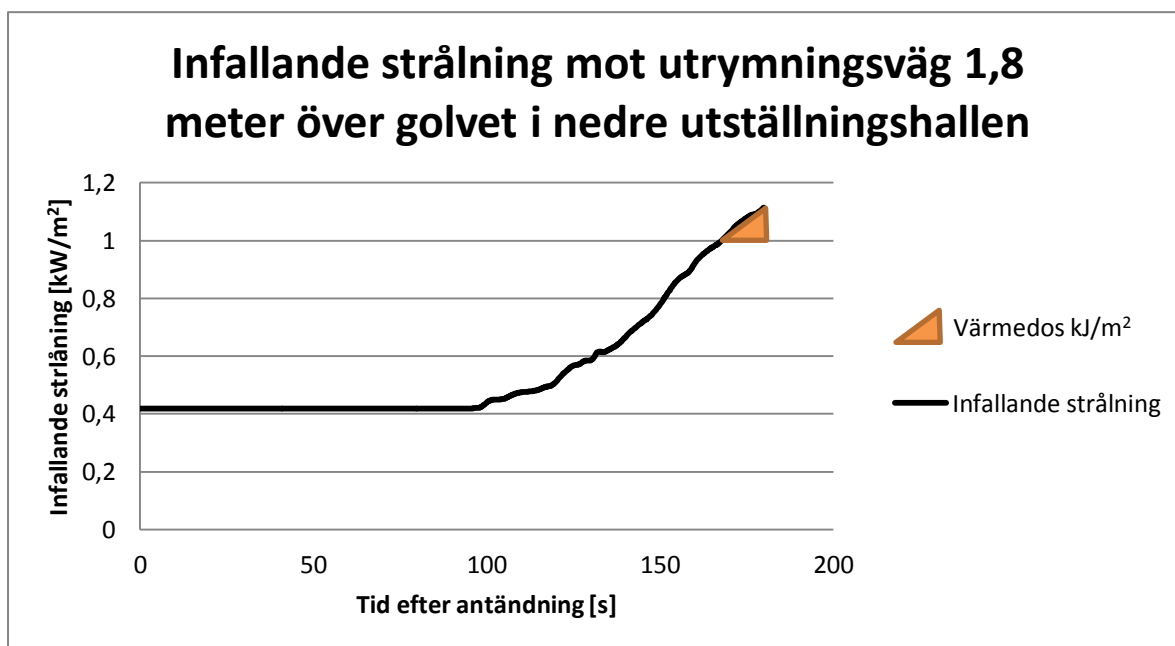
Vid en jämförelse mellan resultaten från simuleringarna, som presenteras i figur 6.15 (siktbarheten), figur 6.16 (toxiciteten), figur 6.17 (värmestrålningen och värmedosen) och 6.18 (temperaturen) framgår att det kriterium som först överskrids är det för sikten. De övriga kriterierna överskrids långt senare. Sikten blir mindre än 10 meter efter ungefär 100 sekunder närmast utrymningsvägarna på bottenvåningen, se figur 6.15. På ovanvåningen uppnås inte kritiska förhållanden förrän efter 180 sekunder.



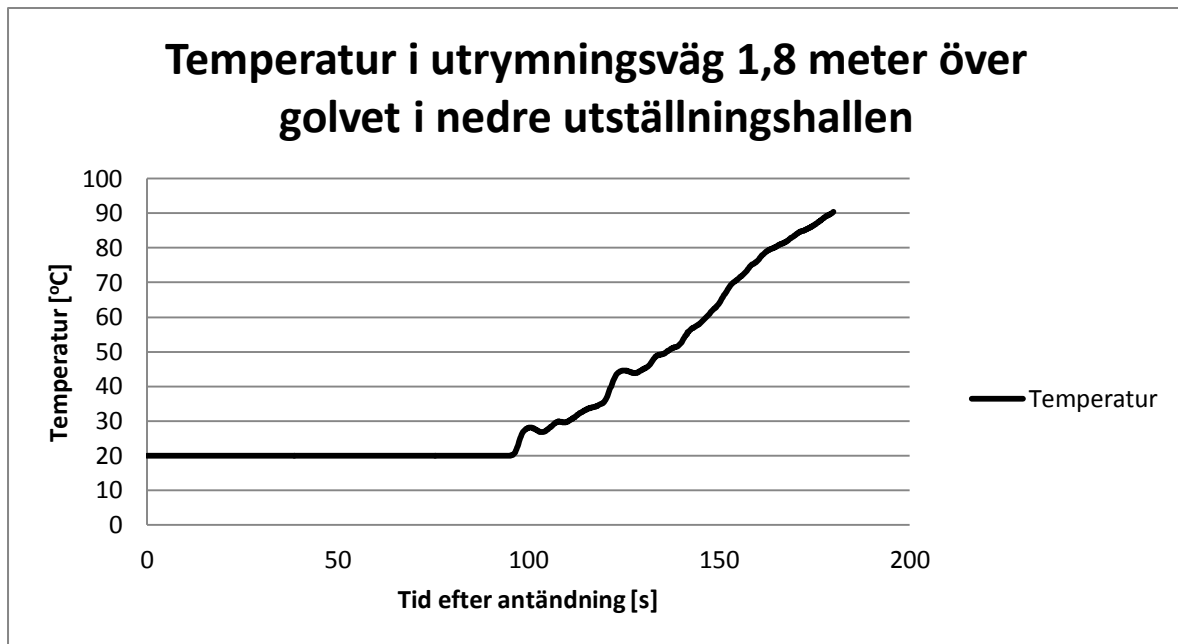
Figur 6.15 Sikten presenterad i ett gränssnitt 2 meter över golvet vid den kritiska tiden då sikten understiger 10 meter.



Figur 6.16 Koncentrationer av gaser mätt i en specifik punkt i FDS-simuleringen som funktion av tiden. Den prickade grafen visar syrekoncentrationen i utrymningsvägen i nedre utställningshallen. Den streckade grafen visar koldioxidkoncentrationen i utrymningsvägen och den heldragna grafen visar koncentrationen av kolmonoxid.



Figur 6.17 Infallande strålning mätt i FDS-simuleringen som funktion av tiden.



Figur 6.18 Temperatur mätt i FDS-simuleringen som funktion av tiden.

Tiden till detektion uppmäts i simuleringarna till 4 sekunder. Detta är en väldigt kort tid och beror på att en detektor är placerad direkt ovanför brandens startplats. Denna tid är orimligt kort och istället antas att detektion sker efter dubbelt så lång tid, 8 sekunder. Vid denna tidpunkt har nämligen rök hunnit träffa taket och spridas utmed det en bit ifrån brandens startplats.

## 6.5 Validering av FDS-simuleringar med CFAST

För att kontrollera FDS-simuleringarnas pålitlighet och för att kunna upptäcka eventuella användarfel är det lämpligt att validera med någon annan beräknings- eller simuleringsmetod. Ett datorprogram som kan användas för att simulera brand i rum är CFAST (Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport). Detta datorprogram utvecklades av NIST (National Institute of Technology) och modellerar branden med en tvåzonsmodell som består av ett övre varmare och ett undre kallare gaslager (Peacock et al., 2008).

Denna förenklade modell har vissa begränsningar som gör att det ibland inte är lämpligt att använda den. Exempelvis ställs krav på rummets geometri såsom att kvoten mellan rummets längd och höjd inte får vara för stor eftersom ingen tydlig tvåzon då hinner bildas. Det finns i CFAST en metod för att hantera rum där denna kvot är stor och den bygger på att programmet istället modellerar en enkel, omblandad zon istället för två zoner (Jones et al., 2009).

De resultat från FDS-simuleringarna som verifieras med CFAST är brandgasernas temperatur och höjd. Eftersom FDS till skillnad från CFAST ger varierande temperatur och höjd i olika delar av ett rum så kommer dessa storheter granskas visuellt och jämföras mellan FDS och CFAST med hjälp av visualiseringsprogrammet Smokeview.

Koden som används till CFAST-simuleringarna redovisas i bilaga E och den för FDS-simuleringarna redovisas i bilaga F.

### 6.5.1 Geometrikriterier i CFAST

Kriterierna som ska uppfyllas för att CFAST ska kunna användas framgår i tabell 6.1.

Kriterierna för utrymmen som innefattas i respektive brandscenario kontrolleras i tabell 6.2.

Tabell 6.1. Rummets geometrikriterier för att modellera i CFAST. L = rummets längd, W = rummets bredd, H = rummets höjd. (Jones et al., 2009).

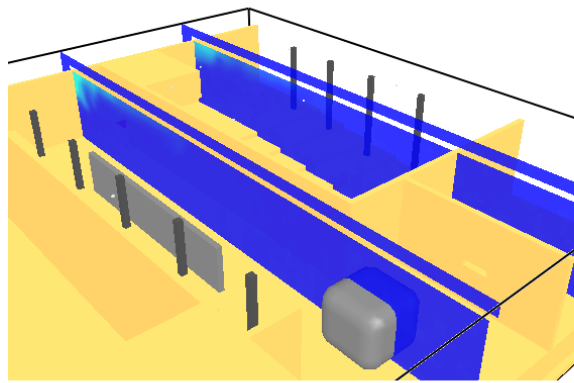
<i>Acceptabel kvot</i>	<b>Särskild hänsyn krävs</b>	<b>”Korridorflödes”-algoritm</b>
<b>L/W &lt; 3</b>	$3 < L/W < 5$	$L/W > 5$
<b>L/H &lt; 3</b>	$3 < L/H < 6$	$L/H > 6$
<b>W/H &gt; 0.4</b>	$0.2 < L/W < 0.4$	$L/W < 0.2$

Tabell 6.2. Utrymmen som berörs av branden i de olika brandscenarierna och deras modelleringsätt i CFAST.

<b>Utrymme</b>	<b>L/W</b>	<b>L/H</b>	<b>W/H</b>	<b>Metod</b>
<b>Wallenbergsalen</b>	1.6	3.6	2.2	Modelleras normalt
<b>Fojén</b>	4.3	6.5	1.5	”Korridorflödes”-algoritm
<b>Serveringens nedre del</b>	2.3	5.3	2.3	Modelleras normalt
<b>Serveringens övre del</b>	2.3	5.3	2.3	Modelleras normalt
<b>Nedre utställningshallen</b>	3.4	17.5	5.1	”Korridorflödes”-algoritm

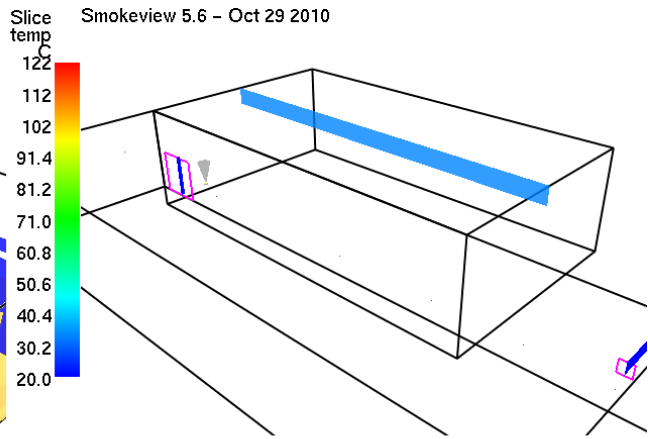
## 6.5.2 Wallenbergsalen

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

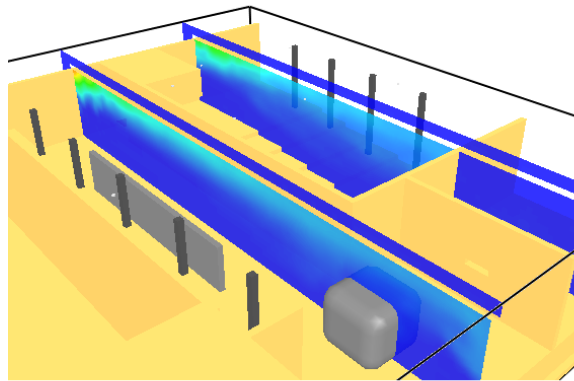


Frame: 200  
Time: 60.1  
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

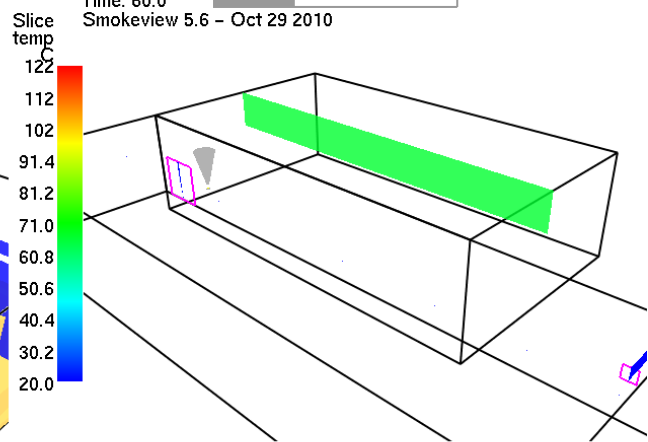


Frame: 2  
Time: 60.0  
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

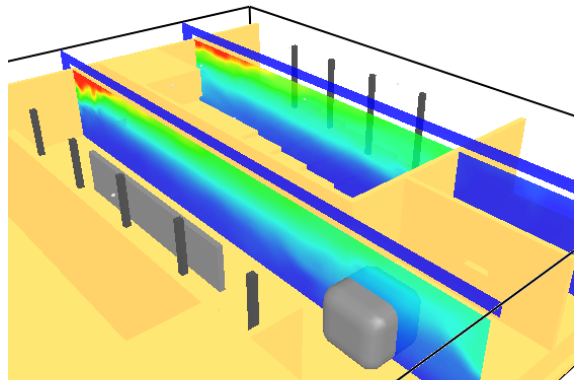


Frame: 400  
Time: 120.0  
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

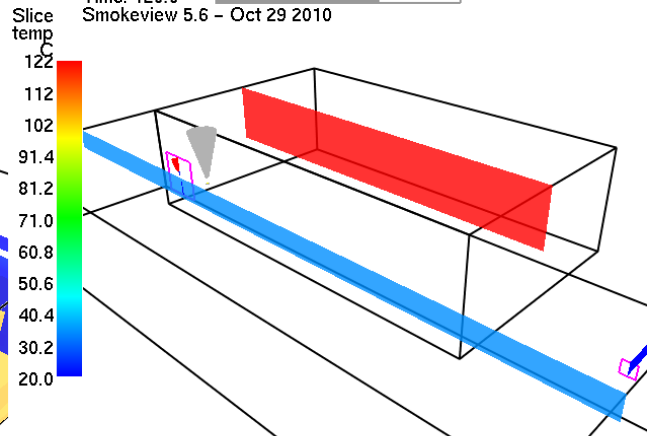


Frame: 4  
Time: 120.0  
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 600  
Time: 180.0

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



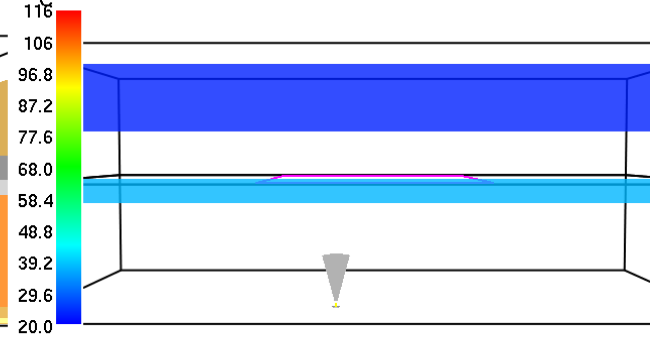
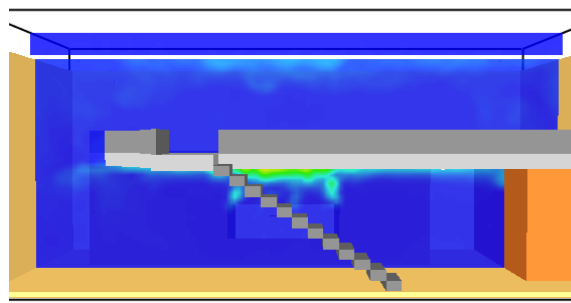
Frame: 6  
Time: 180.0

Figur 6.19 Gasttemperaturer i Wallenbergsalen och foajén. Foajén närmast i bild. Till vänster FDS-simulering och till höger CFAST-simulering.

### 6.5.3 Serveringen

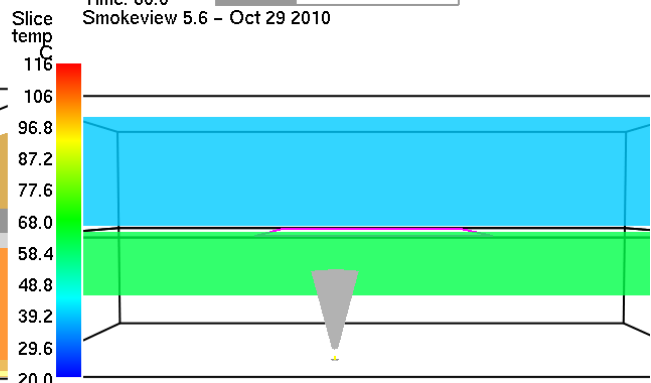
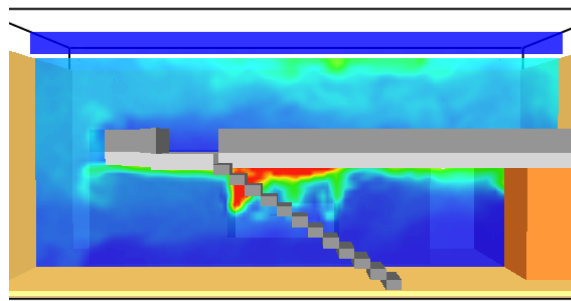
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



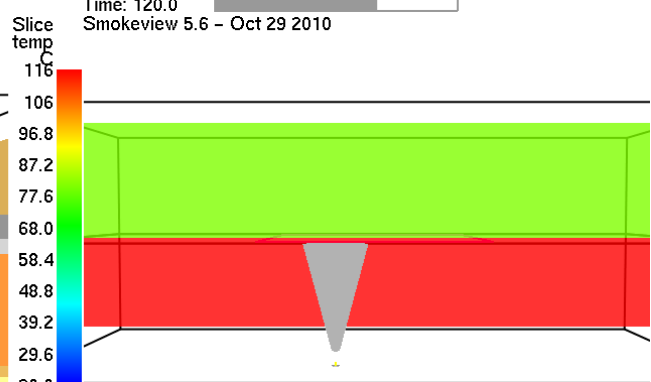
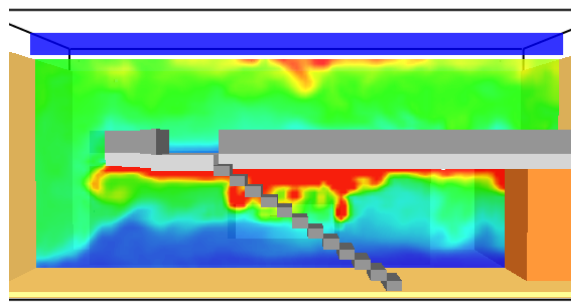
Frame: 334  
Time: 60.1  
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

Frame: 2  
Time: 60.0  
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 667  
Time: 120.1  
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

Frame: 4  
Time: 120.0  
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



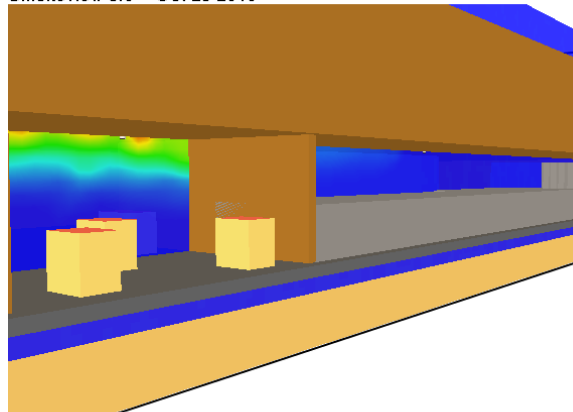
Frame: 1000  
Time: 180.0

Frame: 6  
Time: 180.0

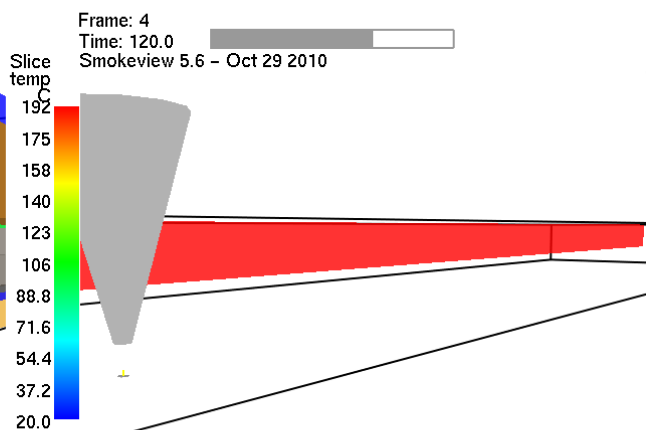
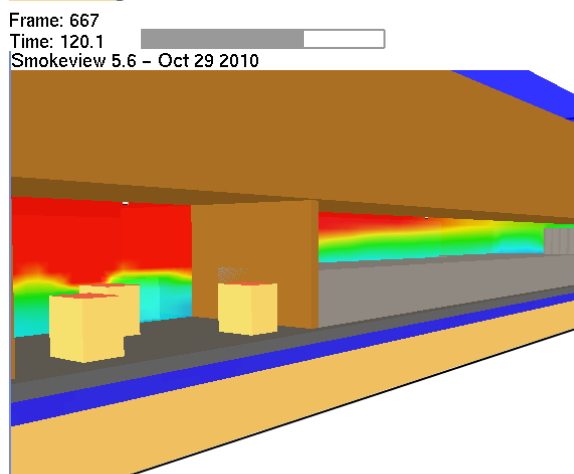
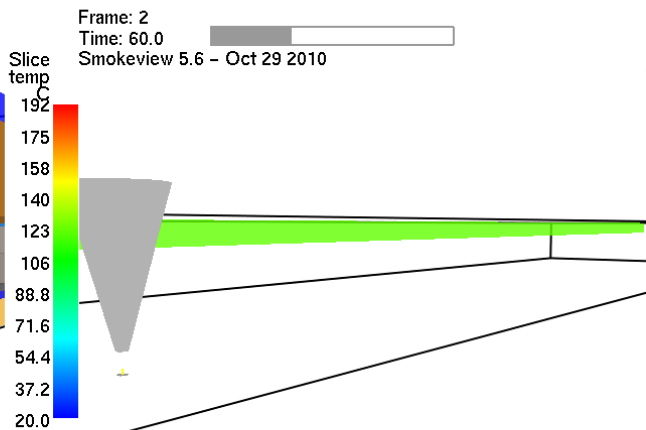
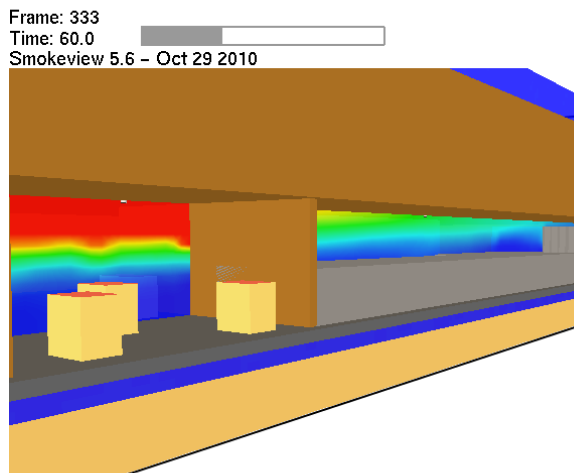
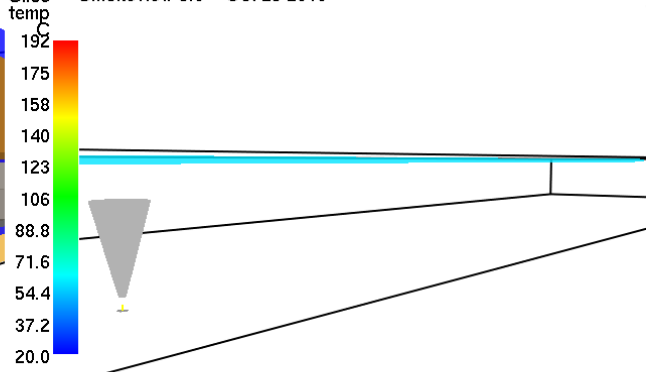
Figur 6.20 Gastemperaturer i serveringen. Till vänster FDS-simulering och till höger CFAST-simulering.

## 6.5.4 Nedre utställningshallen

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Slice temp  
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Figur 6.21 Gastemperaturer i nedre utställningshallen. Till vänster FDS-simulering och till höger CFAST-simulering.

## 6.5.5 Diskussion av validering

I figur 6.19 framgår att vid tiden en minut efter antändning så har ett brandgaslager bildats i Wallenbergsalen i CFAST men inte något i foajén. Brandgastemperaturen är omkring 40 °C. I FDS har röken spridit sig till foajén redan efter en minut och brandgastemperaturen är 40-50 °C, men endast i brandens närhet. Efter två minuter har brandgaslagret sjunkit till cirka två meter över golvet (i högsta delen av Wallenbergsalen) i både FDS och CFAST, men i FDS är

brandgaslagret kallare (30-60 °C) än i CFAST (60-70 °C). Slutligen efter tre minuter har ett brandgaslager bildats i foajén i CFAST med temperaturen 30-40 °C och vid denna tidpunkt har brandgaslagret i Wallenbergsalen nått under dörrhöjd i CFAST (dörren mellan Wallenbergsalen och foajén). I Wallenbergsalen är brandgaslagret cirka 120 °C varmt i CFAST medan det i FDS är 40-90 °C och endast närmast branden, i takhöjd är temperaturen 120 °C. CFAST har alltså problem med den initiala spridningen av röken till foajén och ger därför högre temperatur och lägre höjd till brandgaslagret i Wallenbergsalen medan det omvända inträffar i foajén.

Serveringen är en komplex geometri och därför inte lämpad för tvåzonsmodeller.

Gastransporten mellan våningarna är förenklad och som framgår i figur 6.20 hamnar öppningen mellan våningarna automatiskt i mitten av serveringen. I CFAST går det inte att ange exakt var en sådan öppning ska vara. Vid tiden en minut efter antändning har rök börjat sprida sig från köket till nedre och till övre våningen i båda simuleringarna. I övre delen ger FDS och CFAST ungefär samma temperatur (20-30 °C) och höjd till brandgaslagret (ungefär 1,5 meter) och i nedre delen är brandgastemperaturen ungefär samma (30-40 °C) och brandgaslagret är ungefär tre meter över golvet. Närmare köket där branden startar är temperaturen högre för FDS (60-80 °C). Vid tiden två minuter är hela övervåningen i stort sett i brandgaslagret i både FDS (40-60 °C) och CFAST (40 °C). På bottenvåningen är brandgaslagret något närmare golvet (1,5 meter) i CFAST än i FDS (cirka 2 meter) men det är närmare golvet i närheten av köket i FDS. Slutligen vid tre minuter är brandgaslagrets temperatur ungefär samma (70-90 °C) på övervåningen i CFAST och FDS men på bottenvåningen 110 °C i CFAST och ungefär 60-80 °C i FDS.

Nedre utställningshallen simuleras med "korridorflödes"-algoritmen på grund av dess geometri. Algoritmen tar hänsyn till att det inte sker en tydlig tvåzonsskiktning en bit bort från branden. Den verkar dock av resultatet i figur 6.21 att döma inte ta hänsyn till brandgasernas transporttid. Vid tiden en minut efter antändning har ett tunt brandgaslager med en temperatur omkring 60 °C bildats i CFAST. I FDS har brandgaserna knappt hunnit sprida sig från startutrymmet på grund av en innervägg i utställningshallen. Höjden till brandgaslagret i startutrymmet är ungefär 1,5 meter. Efter två minuter är brandgaslagrets temperatur i övriga utställningshallen 120-140 °C i CFAST och 40-120 °C i FDS. Vid tre minuter är brandgaslagrets temperatur 190 °C i CFAST och höjden till brandgaslagret är mindre än 1 meter. I FDS ökar höjden till brandgaslagret och dess temperatur sjunker stadigt ju längre ifrån startutrymmet detta mäts. Temperaturen varierar dock mellan 60 och 190 °C och i startutrymmet är brandgaslagret i golvnivå.

### **6.5.6 Slutsats av validering**

I Wallenbergsalen ger CFAST genomgående högre temperatur på brandgaslagret och inledningsvis lägre höjd till brandgaslagret. I foajén är däremot höjden till brandgaslagret genomgående högre och temperaturen lägre. Detta beror på att CFAST inte simulerar brandgasspridningen korrekt eftersom branden startar under projektorrummet och står i direkt anslutning till både Wallenbergsalen och foajén. CFAST kan inte anses validera resultaten från FDS särskilt väl och detta beror alltså på brister i CFAST med brandgasspridningen i just detta scenario.



I serveringen ger CFAST en mycket högre temperatur på brandgaslagret på bottenvåningen än FDS men ungefär samma temperatur på ovanvåningen. FDS är mer lämpad för serveringens geometri, men på ovanvåningen validerar CFAST resultaten från FDS ändå.

I nedre utställningshallen ger CFAST och FDS snarlika temperaturer efter 1-2 minuter när brandgaserna hunnit transporteras. I startutrymmet däremot ger FDS högre temperatur och lägre höjd till brandgaslagret på grund av brandgasernas transporttid. CFAST ger dock ett snarlikt resultat som FDS i resten av utrymmet under större delen av brandförloppet vilket validerar FDS-resultatet.



## 7 Fördjupad analys av valda utrymningsscenarier

*För att gå vidare med en fördjupad analys av valda utrymningsscenarier beskrivs scenarierna kvantitativt med uppgifter om personantal och blockerade utrymningsvägar.*

*Utrymningsförloppen simuleras i dataprogrammet SIMULEX. Slutligen adderas förflyttningstider som beräknas med simuleringarna, med förberedelsestider och varseblivningstider och en tid till utrymning erhålls.*

### 7.1 Utrymning vid brand i Wallenbergsalen/foajén

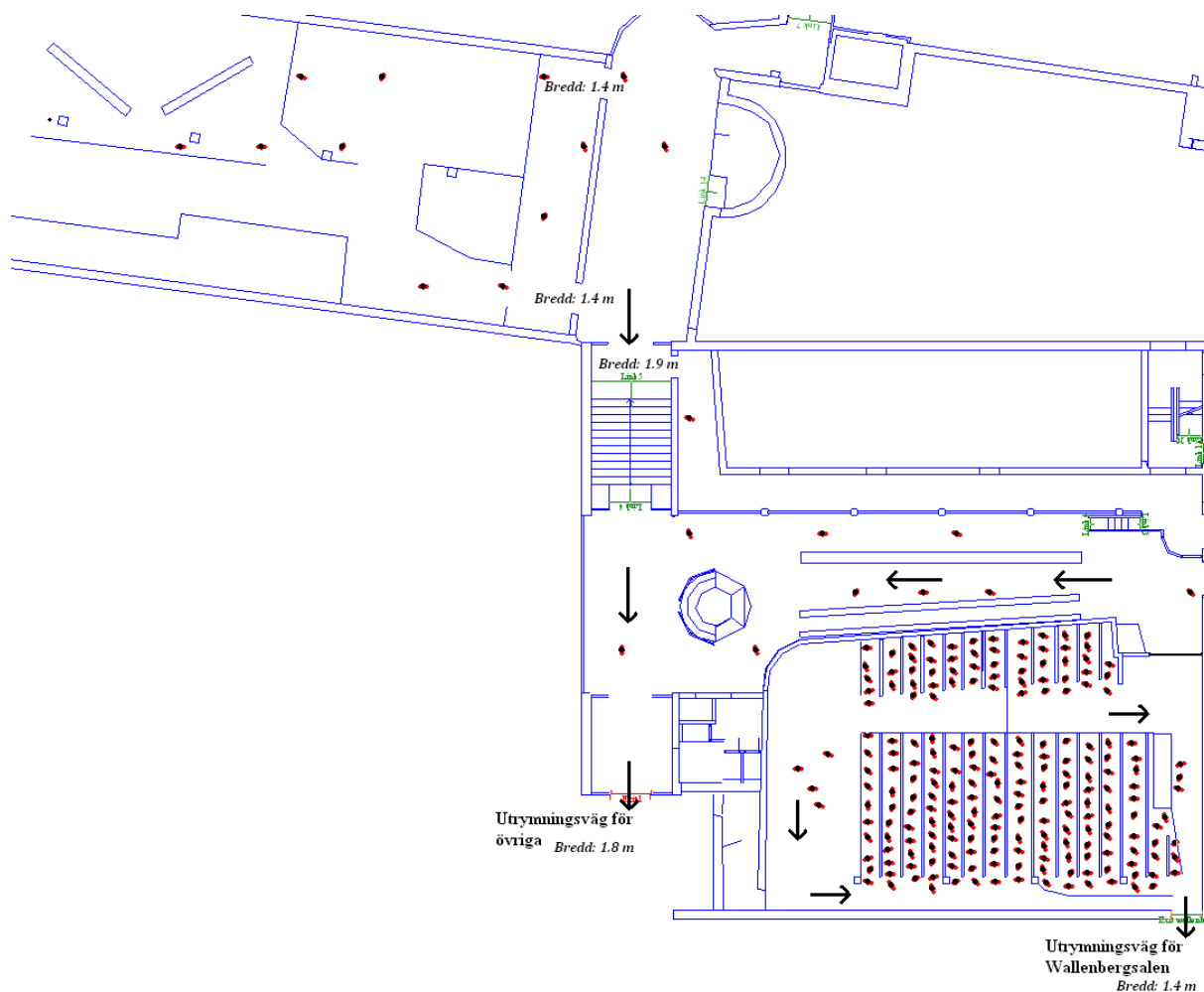
I avsnitt 5.2.2.1 väljs scenario 1.2 och 1.4 ut för vidare analys. I båda dessa scenarier är en utrymningsväg blockerad. Den blockerade utrymningsvägen är svängdörrarna mellan Wallenbergsalen och foajén som finns i brandens omedelbara närhet. Det som skiljer scenarierna är antalet personer i lokalen, se tabell 7.1.

Tabell 7.1 Tabell över utrymningsscenarier i Wallenbergsalen.

Scenario	Utrymningsväg blockerad	Antal Personer
Wallenbergsalen (utrymningsscenario 1.2)	Ja	247
Wallenbergsalen (utrymningsscenario 1.4)	Ja	102

För scenario 1.2 beräknas personantalet som medelvärdet av antalet besökare vid en godtycklig tidpunkt, för alla dagar då antalet överstiger 200. Detta medelvärde beräknas till 247 personer. Av dessa antas 210 personer befinna sig i Wallenbergsalen och resterande antas befinna sig i foajén och intilliggande utställningshallar. Dessa antaganden är konservativa då det av besöksstatistiken framgår att det under hela året aldrig vistats mer än 200 personer i salen. Att det vid något tillfälle kan vara fullsatt är tänkbart. Att det däremot skulle inträffa samtidigt som en av utrymningsvägarna är blockerade är dock så osannolikt att det vore alldeles för konservativt att anta ett sådant scenario.

För scenario 1.4 beräknas personantalet till 102 personer genom att ta ett medelvärde av antalet besökare de gånger under året som besöksantalet ligger mellan 50 och 200 besökare. Av de 102 personerna placeras 85 stycken i Wallenbergsalen och resterande i foajén och intilliggande utställningshallar. I figur 7.1 framgår utrymningsvägarna för de båda scenarierna samt personernas placering.



Figur 7.1 Utrymningsvägar i Wallenbergsalen. Pilarna anger den tänkta utrymningsvägen för personer i olika delar av byggnaden. Relevanta dörrbredder finns utmarkerade.

### 7.1.1 Simulering av utrymningsförlopp

För att simulera den tid det tar för personer att förflytta sig till nödutgångarna används utrymningsprogrammet SIMULEX. Utförandet av simuleringarna presenteras i bilaga G. I bilagan redovisas också den exakta geometrin och övrig indata som används i simuleringarna.

### 7.1.2 Utrymningstid

Den totala utrymningstiden kan som tidigare nämnts uttryckas som summan av varseblivningstid, förberedelsetid och förflyttningstid. Dessa beståndsdelar bestäms utifrån FDS-simuleringar, SIMULEX-simuleringar, kvalitativa bedömningar och litteraturkällor. Varseblivningstid och förberedelsetid är samma för de två valda scenarierna medan förflyttningstiderna som erhålls i simuleringarna självklart skiljer sig åt.

#### 7.1.2.1 Varseblivningstid

I FDS-simuleringarna har rökdetektorer definierats och lagts in för att mäta tid till detektoraktivering. Tiden bestäms till ungefär 34 sekunder, se avsnitt 6.2.5. Det är möjligt att personerna i lokalen blir varse branden tidigare än så genom att få syn på flammor eller rök. Eftersom de troligtvis har sin uppmärksamhet riktad framåt i salen antas detta dock inte ske innan utrymningslarmet startar.

### 7.1.2.2 Förberedelsetid

Personerna som befinner sig i brandens närhet kan tänkas se branden, om inte innan så i alla fall när utrymningslarmet startar. Förberedelsetiden kan variera avsevärt från person till person. Videofilmade försök i biosalar visar dock att den normativa sociala påverkan är mycket stor i dessa situationer (Nilsson, 2012). Försöken visar att så snart någon enstaka individ reser sig upp för att utrymma, reser sig nästan samtliga andra upp också. FDS visar att svart rök väller fram under taket i hela salen ungefär 15 sekunder efter att utrymningslarmet startar, personer som sitter närmast branden antas då börja utrymma. På grund av normativ påverkan antas samtliga personer påbörja sin utrymning vid denna tid. Förberedelsetiden bedöms alltså vara 15 sekunder.

I SIMULEX-simuleringarna kan olika förberedelsetid anges för olika individer. I de simuleringar som utförs antas dock samma förberedelsetid för samtliga individer. När olika förberedelsetider används uppträder inte någon större skillnad, eftersom det uppstår köbildningar. Det tar inte längre tid för att vissa personer förbereder sig i bänkraderna istället för att stå i kön, den totala utrymningstiden blir samma.

### 7.1.2.3 Förflyttningstid

I tabell 7.2 presenteras förflyttningstiderna för Wallenbergsalen (utrymningsscenario 1.2 och 1.4). Förflyttningstiderna är hämtade från simuleringarna i SIMULEX som beskrivs i avsnitt 7.1.1.

Tabell 7.2 Lista över de förflyttningstider som erhålls från SIMULEX för Wallenbergsalens olika utrymningsscenarioer.

Scenario	Förflyttningstid ( $t_{\text{förflyttning}}$ ) [s]
Wallenbergsalen (utrymningsscenario 1.2)	137 (Wallenberg) 73 (foajén)
Wallenbergsalen (utrymningsscenario 1.4)	67 (Wallenberg) 66 (foajén)

### 7.1.2.4 Sammanlagd tid till utrymning

Den sammanlagda tiden till utrymning, som är summan av de tre beståndsdelarna ovan, beräknas för Wallenbergsalen och foajén till 186 respektive 122 sekunder för scenario 1.2. För scenario 1.4 blir motsvarande tider och 116 respektive 115 sekunder.

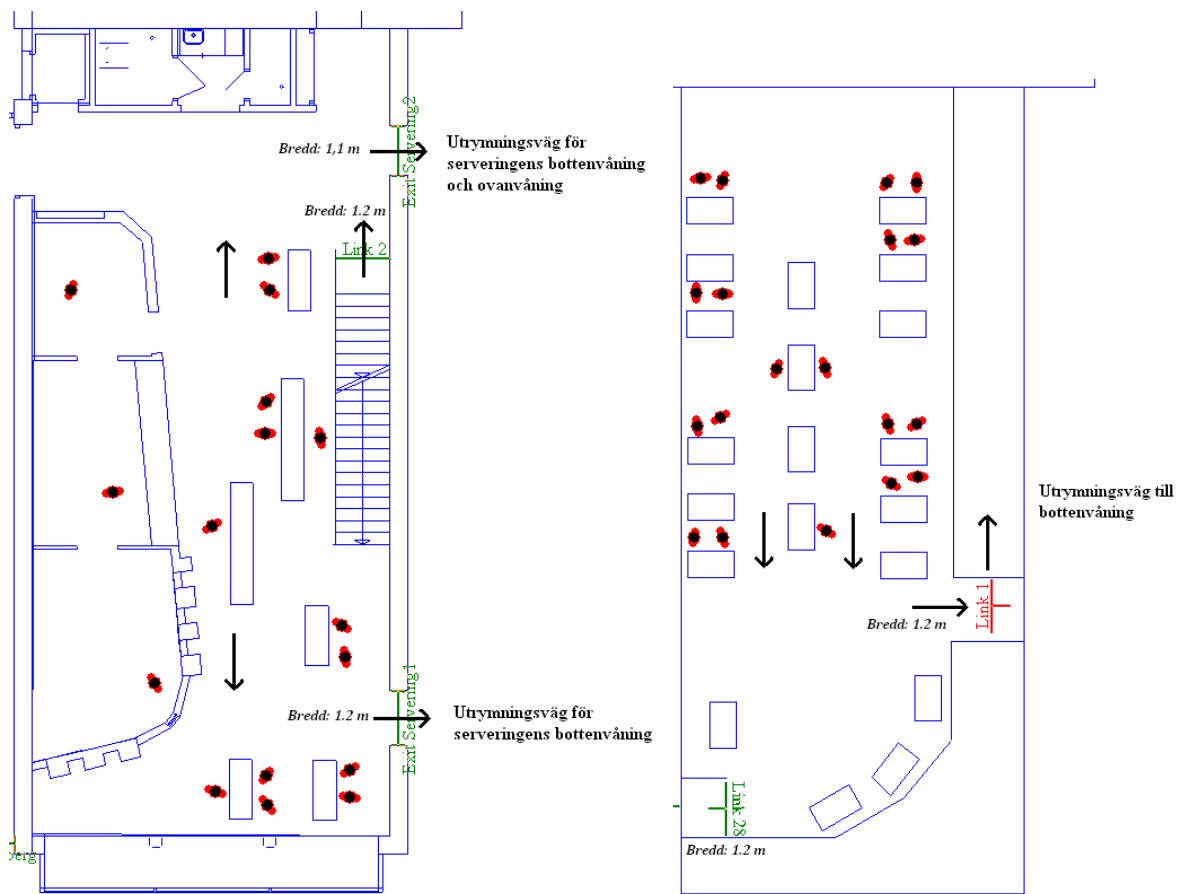
## 7.2 Utrymning vid brand i serveringen

I avsnitt 5.2.2.2 härleds utrymningsscenarierna 2.5 och 2.6 som de mest intressanta för vidare analys. I båda dessa scenarier vistas ett normalt antal människor i lokalerna. Ett normalt antal människor har definierats som mellan 50 och 200 besökare, inklusive 20 personer ur personalen. Medelvärde av antalet människor för alla dagar då antalet överstiger 50 men understiger 200 beräknas till 102 st. I besöksstatistiken anges antalet besökare i restaurangen under året. Utifrån denna statistik beräknas ungefär 88 personer besöka restaurangen varje dag. Restaurangen har öppet i ungefär 2,5 timmar och ett lunchbesök antas vara i ungefär 1 timme. Detta innebär att ungefär 35 personer kan antas vistas i serveringen vid en godtycklig tidpunkt under dess öppettider. Resterande 67 personer antas vara jämnt fördelade i övriga offentliga lokaler. Utrymningsscenarierna åskådliggörs i tabell 7.3.

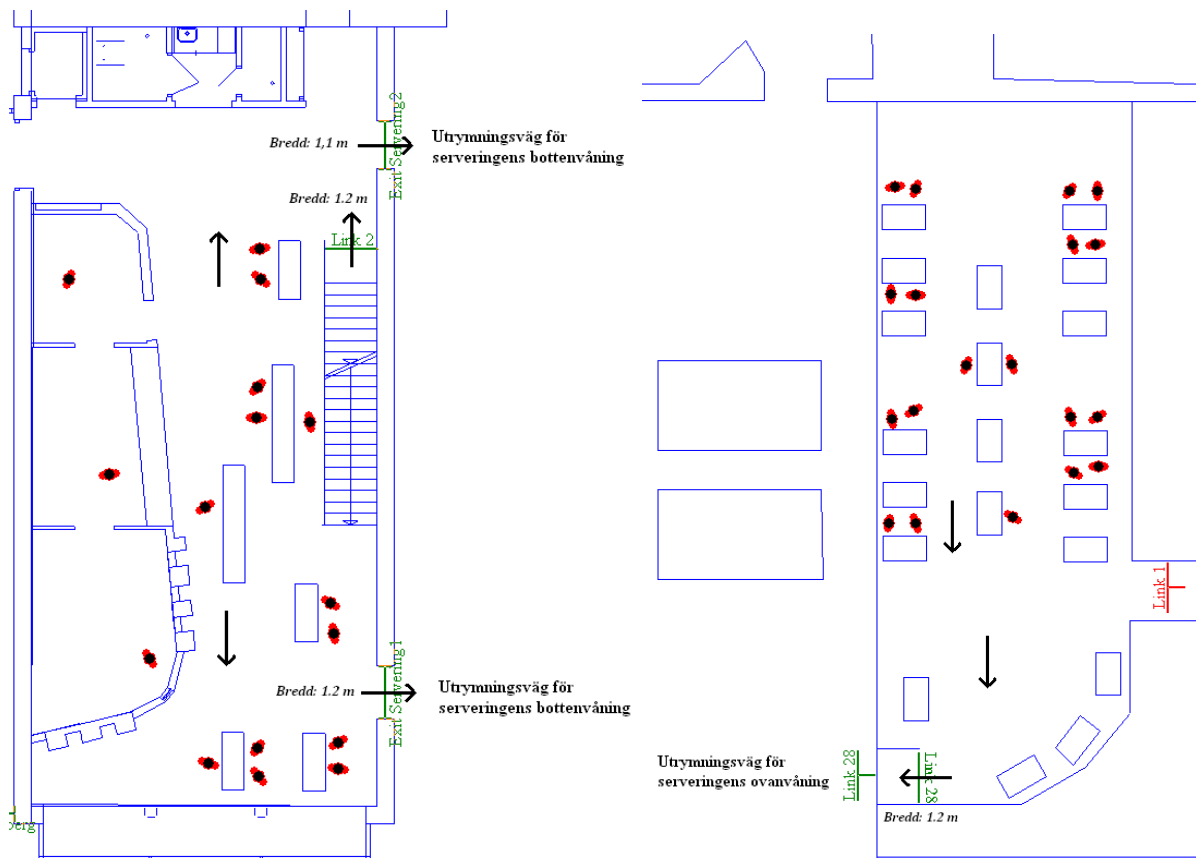
Tabell 7.3 Tabell över utrymningsscenarier i serveringen.

Scenario	Utrymningsväg blockerad	Antal Personer
Serveringen (utrymningsscenario 2.5)	Ja	35
Serveringen (utrymningsscenario 2.6)	Nej	35

I scenario 2.5 är en utrymningsväg blockerad. Utrymningsvägen från serveringens övre del anses vara den som är ”värst” att blockera ur utrymningssynpunkt. I figur 7.2 och 7.3 framgår utrymningsvägarna för de båda scenarierna samt personernas placering.



Figur 7.2 Utrymningsvägar i serveringen för utrymningsscenario 2.5. Pilarna anger den tänkta utrymningsvägen för personer i olika delar av byggnaden. Relevanta dörrbredder finns utmarkerade. Den vänstra bilden visar bottenvåningen och den högra bilden visar ovanvåningen.



Figur 7.3 Utrymningsvägar i serveringen för utrymningsscenario 2.6. Pilarna anger den tänkta utrymningsvägen för personer i olika delar av byggnaden. Relevanta dörrbredder finns utmarkerade. Den vänstra bilden visar bottenvåningen och den högra bilden visar ovanvåningen.

## 7.2.1 Simulering av utrymningsförlopp

För att simulera den tid det tar för personer att förflytta sig till nödutgångarna används utrymningsprogrammet SIMULEX. Utförandet av simuleringarna presenteras i bilaga G. I bilagan redovisas också den exakta geometrin och övrig indata som används i simuleringarna.

## 7.2.2 Utrymningstid

De sammanlagda utrymningstiderna, för de valda scenarierna 2.5 och 2.6, beräknas utifrån varseblivningstid, förberedelsetid och förflyttningstid.

### 7.2.2.1 Varseblivningstid

Tiden till att de optiska rökdetektorerna, som lagts in i FDS-simuleringarna, aktiverar, bestäms till ungefär 21 sekunder. Denna tid används som varseblivningstid.

### 7.2.2.2 Förberedelsetid

Eftersom personer inte kan förväntas se branden direkt används en längre förberedelsetid än i Wallenbergscenarierna. Ungefär 30 sekunder efter det att utrymningslarmet aktiverat börjar svart rök fylla ovanvåningen och personer antas i detta läge börja förflytta sig.

Förberedelsetiden bedöms därför vara 30 sekunder. Det bör poängteras att förberedelsetiden kan variera mellan individer. Eftersom det uppstår köbildningar redan när de individer med kortast förberedelsetid når dörrarna, spelar dock övriga individers förberedelsetid mindre roll.

De kan lika gärna sitta och förbereda sig som stå och köa, deras totala utrymningstid blir lika lång.

### 7.2.2.3 Förflyttningstid

I tabell 7.4 presenteras förflyttningstiderna för serveringens (utrymningsscenario 2.5 och 2.6). Förflyttningstiderna är hämtade från simuleringarna i SIMULEX som beskrivs i avsnitt 7.2.1.

Tabell 7.4 Lista över de förflyttningstider som erhålls från SIMULEX för serveringens olika utrymningsscenarioer.

Scenario	Förflyttningstid ( $t_{\text{förflyttning}}$ ) [s]
Serveringen (utrymningsscenario 2.5)	30 (ovanvåning)
	44 (bottenvåning)
Serveringen (utrymningsscenario 2.6)	38 (ovanvåning)
	18 (bottenvåning)

### 7.2.2.4 Sammanlagd tid till utrymning

Den sammanlagda tiden till utrymning, som är summan av de tre beståndsdelarna ovan, beräknas för bottenvåningen och ovanvåningen till 95 respektive 81 sekunder för scenario 2.5. För scenario 2.6 blir motsvarande tider 69 respektive 89 sekunder.

## 7.3 Utrymning vid brand i nedre utställningshallen

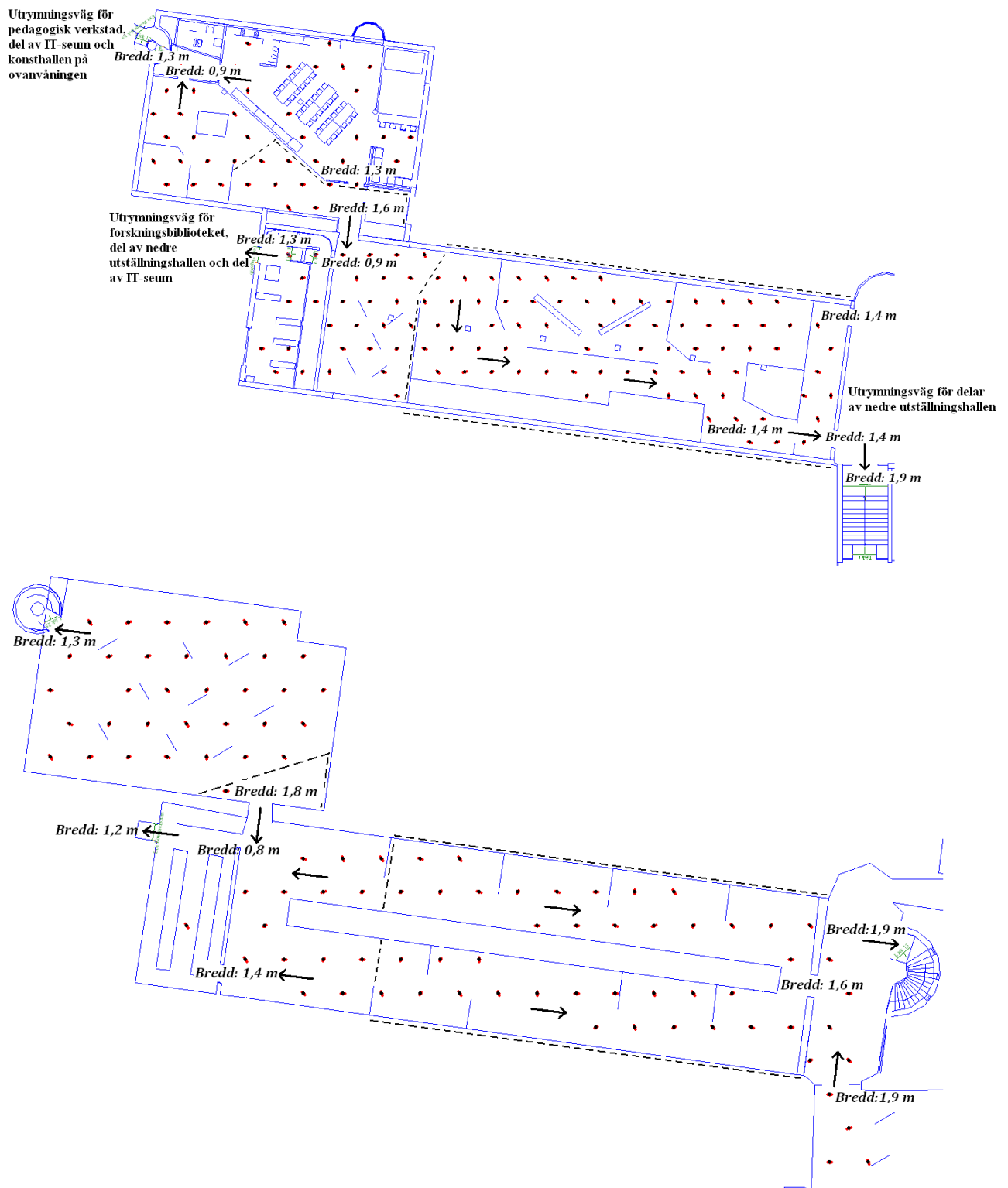
I avsnitt 5.2.2.3 identifieras utrymningsscenarioerna 3.3 och 3.6 som de mest intressanta för fördjupad analys. I båda scenarierna är alla utrymningsvägar fullt tillgängliga. I scenario 3.3 vistas ett stort antal människor i lokalerna. I avsnitt 7.1 beräknas ett exakt antal på 247 personer, som även används för detta scenario. I scenario 3.6 vistas ett normalt antal människor i lokalerna. Det exakta antalet 102 personer som beräknas i avsnitt 7.1 används även för detta scenario. I båda scenarierna antas alla personer vara jämnt fördelade i berörda lokaler. Utrymningsscenarioerna åskådliggörs i tabell 7.5.

Tabell 7.5 Tabell över utrymningsscenarioer i nedre utställningshallen.

Scenario	Utrymningsväg blockerad	Antal Personer
Nedre utställningshallen (utrymningsscenario 3.3)	Nej	247
Nedre utställningshallen (utrymningsscenario 3.6)	Nej	102

I figur 7.4 framgår utrymningsvägarna för de båda scenarierna samt personernas placering.





Figur 7.4 Utrymningsvägar i nedre och övre utställningshallen. Pilarna anger den tänkta utrymningsvägen för personer i olika delar av byggnaden. Relevanta dörrbredder finns utmarkerade. Den övre bilden visar ovanvåningen och den undre bilden visar bottenvåningen. De streckade markeringarna delar in personerna efter vilken utrymningsväg de antas ta.

### 7.3.1 Simulering av utrymningsförlopp

För att simulera den tid det tar för personer att förflytta sig till nödutgångarna används utrymningsprogrammet SIMULEX. Utförandet av simuleringarna presenteras i bilaga G. I bilagan redovisas också den exakta geometrin och övrig indata som används i simuleringarna.

### 7.3.2 Utrymningstid

Även för utrymningsscenarierna som hör till detta brandscenario beräknas utrymningstiden som summan av varseblivningstid, förberedelsetid och förflyttningstid.

#### 7.3.2.1 Varseblivningstid

Tiden till att de optiska rökdetektorerna, som lagts in i FDS-simuleringarna, aktiverar, bestäms till ungefär 8 sekunder. Personer kan inte förväntas se branden innan detektion sker. Varseblivningstiden antas således vara 8 sekunder.

#### 7.3.2.2 Förberedelsetid

Ur tabell 4.1 hämtas en förberedelsetid på 1 minut för museer. Denna tid gäller då personer ser branden, vilket är troligt men inte helt säkert. Förberedelsetiden kan variera mellan olika individer, vilket inte tas i beaktning i denna punktskattning. Variationer i förberedelsetiden tas dock i beaktning i osäkerhetsanalysen.

#### 7.3.2.3 Förflyttningstid

I tabell 7.6 presenteras förflyttningstiderna för nedre utställningshallen (utrymningsscenario 3.3 och 3.6). Förflyttningstiderna är hämtade från simuleringarna i SIMULEX som beskrivs i avsnitt 7.3.1.

Tabell 7.6 Lista över de förflyttningstider som erhålls från SIMULEX för nedre utställningshallens olika utrymningsscenarier.

Scenario	Förflyttningstid ( $t_{\text{förflyttning}}$ ) [s]
Nedre utställningshallen (utrymningsscenario 3.3)	67 (ovanvåning)
	63 (bottenvåning)
Nedre utställningshallen (utrymningsscenario 3.6)	32 (ovanvåning)
	44 (bottenvåning)

#### 7.3.2.4 Sammanlagd tid till utrymning

Den sammanlagda tiden till utrymning, som är summan av de tre beståndsdelarna ovan, beräknas för bottenvåningen och ovanvåningen till 131 respektive 135 sekunder för scenario 3.3. För scenario 3.6 blir motsvarande tider 112 respektive 100 sekunder.

## 8 Jämförelse mellan utrymningstider och tider till kritiska förhållanden

*För att avgöra om tillfredställande utrymning kan ske innan kritiska förhållanden uppstår, jämförs tid till kritiska förhållanden med tid för utrymning.*

Utrymningstiderna och tiderna till kritiska förhållanden sammanställs för samtliga utrymningsscenarier i tabell 8.1. I tabellen är tidsmarginalen differensen mellan tid till att kritiska förhållanden uppstår och tid för utrymning. Om tidsmarginalen är positiv, innebär det att tillfredsställande utrymning kan ske, innan kritiska förhållanden uppstår. Om däremot tidsmarginalen är negativ kan analogt tillfredsställande utrymning inte ske, innan kritiska förhållanden uppstår.

Tabell 8.1 Sammanställning av tider till utrymning och kritiska förhållanden för samtliga utrymningsscenarier.

Scenario	$t_{\text{kritisk}}$ [s]	$t_{\text{utrymning}}$ [s]	Tidsmarginal [s]
<b>Wallenbergsalen</b>	160 (Wallenberg)	186	-26
<b>(utrymningsscenario 1.2)</b>	160 (foajén)	122	38
<b>Wallenbergsalen</b>	160 (Wallenberg)	116	44
<b>(utrymningsscenario 1.4)</b>	160 (foajén)	115	45
<b>Serveringen</b>	105 (ovanvåning)	81	24
<b>(utrymningsscenario 2.5)</b>	120 (bottenvåning)	95	25
<b>Serveringen</b>	105 (ovanvåning)	89	16
<b>(utrymningsscenario 2.6)</b>	120 (bottenvåning)	69	51
<b>Nedre utställningshallen</b>	180 (ovanvåning)	135	45
<b>(utrymningsscenario 3.3)</b>	100 (bottenvåning)	131	-31
<b>Nedre utställningshallen</b>	180 (ovanvåning)	100	80
<b>(utrymningsscenario 3.6)</b>	100 (bottenvåning)	112	-12

### 8.1 Kommentar angående resultaten innan åtgärder

Enligt sammanställningen i tabell 8.1 blir tidsmarginalen negativ i tre scenarier och positiv i övriga. Detta innebär att en tillfredsställande utrymning ej kan garanteras i samtliga fall. En rad åtgärder i Wallenbergsalen och den nedre utställningshallen behöver vidtas för att förbättra möjligheterna till utrymning. Eftersom tidsmarginalerna är positiva för utrymningsscenarierna i serveringen behöver inga åtgärder vidtas där. Då det finns osäkerheter i resultaten bör dock en osäkerhetsanalys genomföras på dessa tidsmarginaler. Osäkerhetsanalys på tidsmarginalerna i Wallenbergsalen och nedre utställningshallen görs efter att åtgärder tagits i beaktning. Hädanefter behandlas endast det scenario, i respektive lokal, som uppvisar den minsta tidsmarginalen. Om säker utrymning kan ske i dessa scenarier så antas säker utrymning kunna ske även i de övriga scenarierna. I Wallenbergsalen studeras utrymningsscenario 1.2 (Wallenberg) vidare, i serveringen studeras scenario 2.6 (ovanvåning) vidare och i den nedre utställningshallen väljs utrymningsscenario 3.3 (bottenvåning) för vidare studium.



## 9 Osäkerhetsanalys innan åtgärder

---

*Eftersom framtagna tidsmarginaler är högst osäkra utförs en osäkerhetsanalys på dessa tider. Om osäkerhetsanalysen visar att tillfredställande utrymning kan ske behöver inga åtgärder vidtas.*

Då acceptabel utrymningstid (en positiv tidsmarginal) endast erhöles i utrymningsscenerierna för serveringen så kommer osäkerhetsanalysen innan åtgärder endast beröra dessa.

Tidsmarginalen beräknades i avsnitt 7 med diskreta värden på varseblivningstid, förberedelsetid, förflyttningstid och tid till kritiska förhållanden. Dessa värden erhöles från simuleringarna och litteraturkällor. I denna osäkerhetsanalys kvantifieras osäkerheten i tidsmarginalen genom att variera termerna med lämpliga fördelningar. Tiden till att kritiska förhållanden uppstår varieras inte. Detta då den är svår att uttala sig om, utan att genomföra simuleringar med andra brandförlopp, vilket är mycket tidskrävande. Ett annorlunda brandförlopp skulle troligtvis påverka tiden till kritiska förhållanden mer än vad de fördelningar som väljs för varseblivningstid, förberedelsetid och förflyttningstid påverkar utrymningstiden. De brandscenarier som väljs anses dock vara konservativa och det är inte särskilt sannolikt att ett häftigare brandförlopp skulle uppstå, även om det självklart är möjligt. Osäkerhetsanalysen genomförs i programmet @RISK. Iterering sker 5000 gånger (Monte Carlo) med tidsmarginalen som utdata.

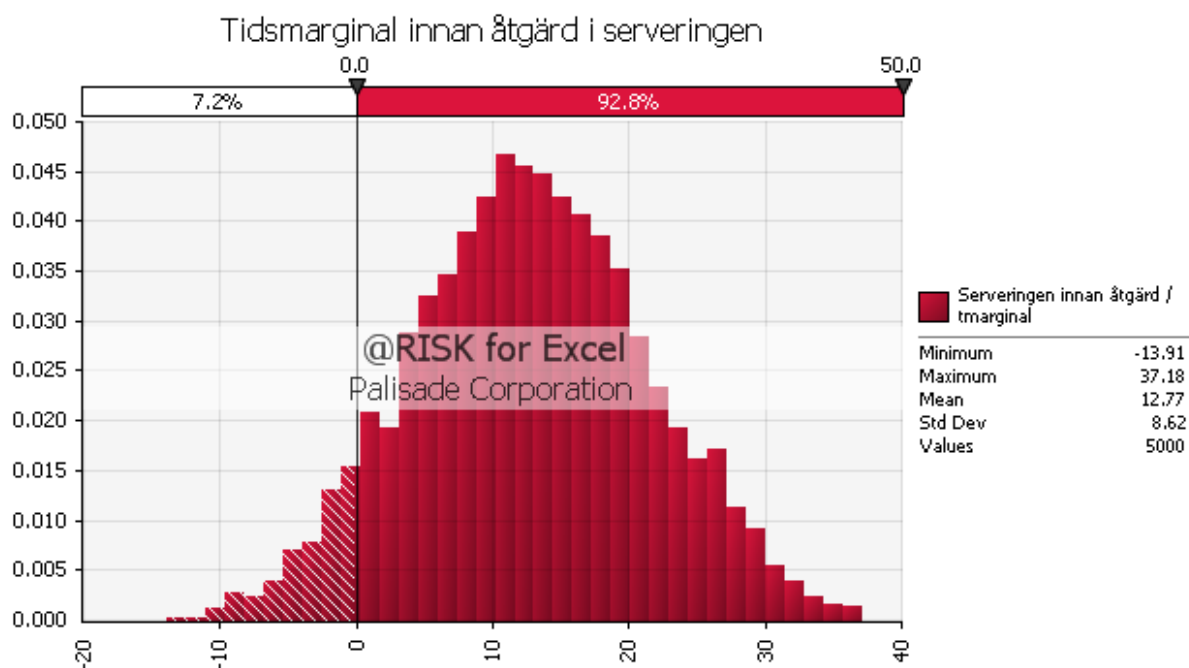
Tiden för varseblivning härleds i avsnitt 7 till 21 sekunder. Eftersom varseblivningstiden (detektionstiden) är beroende av exempelvis brandförloppet och detektorns tröghet är det möjligt att detektionstiden blir längre än 21 sekunder. I FDS finns nämligen ingen inbyggd tröghet i detektorerna. Den kortaste tid det kan ta att detektera branden antas således vara den tid som FDS ger för den första detektorn medan den längsta tiden antas vara den tid det tar för en närliggande detektor att reagera. En triangelfördelning antas med 21 sekunder som minsta tid och den närliggande detektorns tid 26,5 sekunder (hämtad ur FDS-simuleringen) som maximal tid. Någonstans mittemellan bör den troligaste tiden ligga det vill säga vid 23–24 sekunder. Med ledning av detta antas en triangelfördelning med minsta värde 21 sekunder, troligaste värde 23,75 sekunder och största värde 26,5 sekunder.

Beroende på olika faktorer, såsom var i lokalen personen befinner sig och huruvida personal närvarar, kan förberedelsetiden variera. Om personen ser röken anses vara av stor betydelse för hur lång förberedelsetiden blir. Den kortaste förberedelsetiden som inte är helt osannolik är 10 sekunder, då rök precis nått ovanvåningen. Tidigare än så antas ingen ha påbörjat sin förflyttning. Den längsta tiden som någon inte osannolikt kan förväntas förbereda sig är 40 sekunder eftersom lokalen enligt FDS då är rökfylld till stora delar. Den troligaste tiden antas vara den punktskattning på 30 sekunder som härleds i avsnitt 7.2.2.2. Därmed används en triangelfördelning med värdena 10, 30 och 40.

Förflyttningstiden beror i stor grad på vilka och hur många människor som vistas i lokalerna. Eftersom utrymningssceneriet väljs beroende på exempelvis antalet människor, varieras nu personernas gånghastighet i SIMULEX. Detta görs för att få ut en minsta inte helt osannolik förflyttningstid och en högsta inte helt osannolik förflyttningstid. I simuleringen med den

snabbaste förflyttningstiden har alla personer gånghastighet som unga män ("Young male" i SIMULEX) medan den längsta förflyttningstiden är simulerad med gånghastighet som äldre kvinnor ("Elderly female" i SIMULEX). Simuleringarna visar att förflyttningstiden som kortast blir 30 sekunder och som längst 57 sekunder. Det troligaste är dock att personerna är en blandning av olika människor och det ger enligt tidigare förflyttningstiden 38 sekunder. En triangelfördelning används därmed med värdena 30, 38 och 57.

I figur 9.1 nedan presenteras resultatet från osäkerhetsanalysen.



Figur 9.1 Tidsmarginalen från 5000 itereringar. I 7,2 procent av fallen fås en negativ tidsmarginal.

Enligt figur 9.1 fås en negativ tidsmarginal i 7,2 procent av fallen. För att kunna avgöra om detta är acceptabelt eller ej beräknas individrisken för brand i serveringen, se bilaga H. Individrisken beräknas till  $3,9 * 10^{-6}$  per år. Detta värde är något högre än det generella riktvärdet för accepterad risk på  $10^{-6}$  per år, men samtidigt mycket lägre än det maximala värdet på  $10^{-4}$  per år se avsnitt 1.4. Dessutom är individrisken som räknats fram mycket konservativ varför den anses vara fullt acceptabel vid jämförelse med riktvärdena. Detta innebär att inga åtgärder behöver vidtas för att förbättra möjligheterna till utrymning. Det bör dock poängteras att de fördelningar som väljs och de antaganden som görs är högst osäkra, vilket leder till att den beräknade individrisken blir osäker.

Vid en första anblick kan det tyckas okonservativt att acceptera negativ tidsmarginal i 7,2 procent av fallen för detta scenario. Det bör av denna anledning poängteras att scenariot i sig inte är särskilt sannolikt. Till exempel är sannolikheten bara 7,5 procent att det antal människor som simuleras faktiskt vistas i lokalen.

## 10 Förslag på åtgärder

---

*I detta avsnitt ges förslag på åtgärder som kan öka möjligheterna för att tillfredsställande utrymning ska kunna ske.*

Eftersom tidsmarginalen är negativ för utrymningsscenarioer i både Wallenbergsalen och nedre utställningshallen behöver åtgärder vidtas i dessa lokaler om säker utrymning ska kunna ske. Att byggnaden är Q-märkt kan innebära att möjligheterna till förändringar är begränsade. Detta tas i beaktning när åtgärdsförslagen tas fram. De åtgärder som *ska* vidtas är sådana som antingen är regelkrav eller har visats vara nödvändiga i utvärderingen. De åtgärder som *bör* vidtas är inte regelkrav men skulle kunna förbättra brandskyddet och personsäkerheten i händelse av brand.

### 10.1 Åtgärdsförslag i Wallenbergsalen

I Wallenbergsalen är inte utrymningsskyltarna genomlysta eller upplysta och det finns endast en tydligt synlig utrymningsskylt. Detta har stor betydelse för möjligheten att identifiera utrymningsvägarna vid brand. Genomlysta eller upplysta utrymningsskyltar gör utrymningsvägar mycket lättare att identifiera. Installation av sådana skyltar *ska* därför göras.

Simuleringarna visar att enbart den ena utrymningsvägen inte är tillräcklig för att utrymma lokalen i tid, i händelse av brand. Till vänster om scenen finns en dörr som leder till det fria som i dagsläget inte används som utrymningsväg. Om denna dörr skulle användas som utrymningsväg skulle utrymningsmöjligheterna från lokalen avsevärt förbättras.

Utrymningsvägen är i sin smalaste del 0,9 meter vilket är 0,3 meter smalare än rådet för utrymningsvägar för samlingslokaler som betjänar fler än 150 personer (Boverket 1, 2011). Det finns viss risk att för många personer leds till denna smalare utrymningsväg istället för de bredare befintliga utrymningsvägarna. Dock görs bedömningen att den för smala utrymningsvägen är bättre än ingen alls. Att göra den befintliga dörren intill scenen till en utrymningsväg föreslås därför som en åtgärd som *ska* göras. Utrymningsvägen *ska* förses med en genomlyst utrymningsskylt och draperiet som idag täcker öppningen till dörren får inte täcka dörren utan måste tas bort eller förkortas.

### 10.2 Åtgärdsförslag i serveringen

Simuleringarna och osäkerhetsanalysen visar förvisso att tillfredsställande utrymning från serveringen kan ske innan kritiska förhållanden uppstår. Det kan dock vara av intresse, för att ytterligare förbättra personsäkerheten och egendomsskyddet, att ändå försöka begränsa en eventuell brand från att spridas från köket. Ett sätt att göra detta är genom att installera en brandgardin som vid detektion sänks ned och täcker serveringsöppningen. Enligt produktinformationen för en sådan gardin förmår den att stänga in brandens rök och värme i minst 30 minuter (EI30) (AB Skånefabriken, 2012). Således kan en brandgardin förhindra att kritiska förhållanden uppstår i övriga delar av serveringen fram till dess att räddningstjänsten påbörjar en eventuell insats. Om en brandgardin installeras över serveringsöppningen kan alltså kritiska förhållanden förhindras i övriga delar av serveringen under brandförloppets första 30 minuter. Installation av brandgardin är därför en åtgärd som *bör* göras.

Handbrandsläckare och en av de två tillhörande skyltarna som finns intill dörrarna mellan serveringen och foajén kan bli dolda av ytterkläder. Detta *bör* åtgärdas, exempelvis kan klädhängaren flyttas ut en bit ifrån dörren.

### 10.3 Åtgärdsförslag i nedre utställningshallen

Simuleringarna visar att säker utrymning inte kan ske från denna lokal i händelse av brand. Lokalen är mörk, svårorienterad och utrymningsvägarna är svåra att identifiera. Fler och större genomlysta utrymningsskyltar skulle göra utrymningsvägarna lättare att identifiera och mer attraktiva. Om dessa utrustas med blinkande ljus vid sidorna om skylten så ökar attraktiviteten ytterligare (Frantzich, 2001). Ett system som tänder belysningen i lokalen vid detektion och som fortsätter att hålla lokalen belyst under förloppet skulle underlätta orienteringen. Av dessa anledningar *ska* installation göras av fler och större genomlysta utrymningsskyltar med blinkande ljus. Ett system som tänder belysningen i lokalen vid detektering av brand och som håller lokalen upplyst under hela förloppet ska också installeras om ett sådant system inte finns idag. Ytterligare ett sätt att hantera orienteringen i lokalen vore att använda vägledande markeringar i golvet längs med utrymningsvägarna. Eftersom det ofta sker ommöblering i lokalen kan det emellertid vara svårt att dra fasta markeringar i golvet. Istället kan tillfälliga, mobila, batteriförsedda utrymningsskyltar placeras så att det i varje del av lokalen alltid syns en utrymningsskylt. Detta gäller även för andra utställningssalar där liknande problematik kan uppstå.

Simuleringarna visar att brandgaser sprider sig till flera intilliggande lokaler. Detta kan försvåra utrymningen från dessa lokaler men också orsaka stor skada på egendom. Av denna anledning *ska* installation av branddörrar göras mellan nedre utställningshallen och forskningsbiblioteket samt mellan nedre utställningshallen och IT-seum. I det fall brand utbryter i forskningsbiblioteket finns dock fortfarande spridningsrisk till övervåningen och därför ska även branddörrar installeras mellan konferensrummet och övre utställningshallen.

I ett varuhus har försök utförts med olika typer av larmsignaler (Frantzich, 2001). Förberedelsetiden för talat meddelande är avsevärt kortare än förberedelsetiden för ringklocka i dessa försök. Av denna anledning *ska* utrymningslarm med talat meddelande installeras.

En ytterligare åtgärd som *ska* genomföras och skulle förbättra möjligheterna för utrymning är om dörren till IT-seum från nedre utställningshallen görs till en utrymningsväg med tillhörande utrymningsskyltar. Personer i nedre utställningshallen har då tillgång till tre utrymningsvägar.

### 10.4 Åtgärder för övriga brister i det befintliga brandskyddet

Dörrstängare i hela byggnaden bör testas. De som inte fungerar *ska* åtgärdas.

Den bråte som blockerar vissa utrymningsvägar, exempelvis stolen i projektorrummet, *ska* avlägsnas. Utrymningsvägarna *ska* hållas fria även i framtiden.

I utställningssalen är en handbrandsläckare och tillhörande skylt gömda bakom ett hörn. Om skylten placeras på ett mer synligt ställe skulle det vara lättare att se var släckutrustningen finns. Av denna anledning *bör* skylten placeras på andra sidan hörnet. Om liknande



problematik råder på andra ställen i byggnaden, *bör* även dessa skyltar placeras på synligare ställen.

Många utrymningsskyltar i byggnaden är inte genomlysta eller upplysta. Genomlysta eller upplysta skyltar gör utrymningsvägar lättare att identifiera. Av denna anledning föreslås att alla utrymningsskyltar i byggnaden som inte är upplysta eller genomlysta *bör* bytas ut mot genomlysta skyltar.

De otillräckligt tätade genomföringarna i brandcellsgränser i exempelvis källarplanet *bör* tätas noggrannare.

De dörrar i utrymningsvägar som leder ut i trapphusen kan inte öppnas utifrån utan nyckel. Då detta är problematiskt för återrymning *bör* dessa göras öppningsbara utan nyckel även utifrån med hjälp av exempelvis nödvred.



# 11 Utvärdering av åtgärder

I detta avsnitt utvärderas den inverkan på brandförlopp och utrymningsförlopp som de föreslagna åtgärderna har.

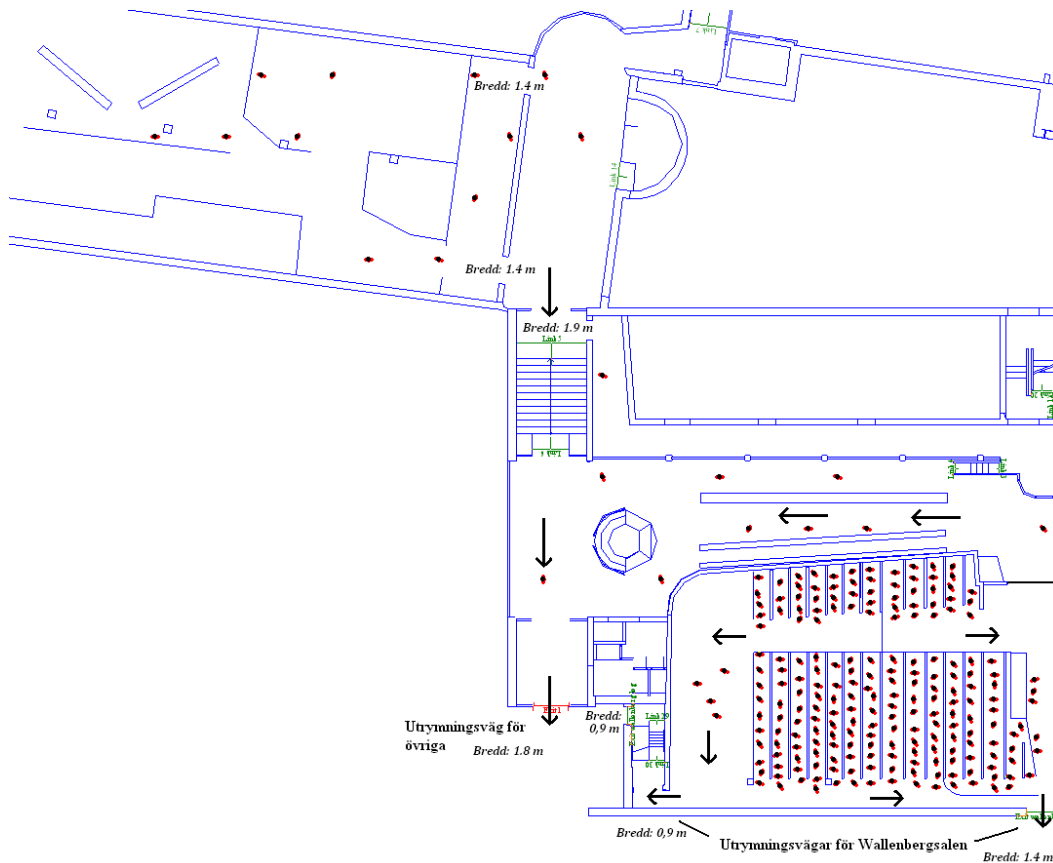
De åtgärder som föreslagits har, med undantag för serveringen, ingen eller mycket begränsad inverkan på tider till kritiska förhållanden. Av denna anledning studeras endast den inverkan åtgärderna har på utrymningstiderna.

## 11.1 Utvärdering av åtgärder i Wallenbergsalen

De nya genomlysta skyltarna kan innebära en kortare förberedelsetid, eftersom det blir lättare att snabbt identifiera utrymningsvägarna. I utrymningsscenarierna innan åtgärder har dock en mycket kort förberedelsetid på 15 sekunder antagits. Det är föga troligt att utrymningsskyltarna skulle kunna ge upphov till en ännu kortare förberedelsetid än så. Åtgärden antas därför inte påverka förberedelsetiden.

De föreslagna åtgärderna antas inte ha någon påverkan på varseblivningstiden. Detta eftersom åtgärderna inte påverkar brandförloppet som i sin tur bestämmer detektionstiden.

En ny utrymningsväg intill scenen kommer troligen förkorta förflyttningstiden. Det bör gå snabbare att utrymma Wallenbergsalen, om människor som vistas i lokalen har fler utrymningsvägar till förfogande. Nya simuleringar för utrymningsscenario 1.2, med utrymningsvägen intill scenen i beaktning, utförs i SIMULEX, se figur 11.1.



Figur 11.1 Simulering av förflyttningstiden i SIMULEX efter att den nya utrymningsvägen har öppnats upp.

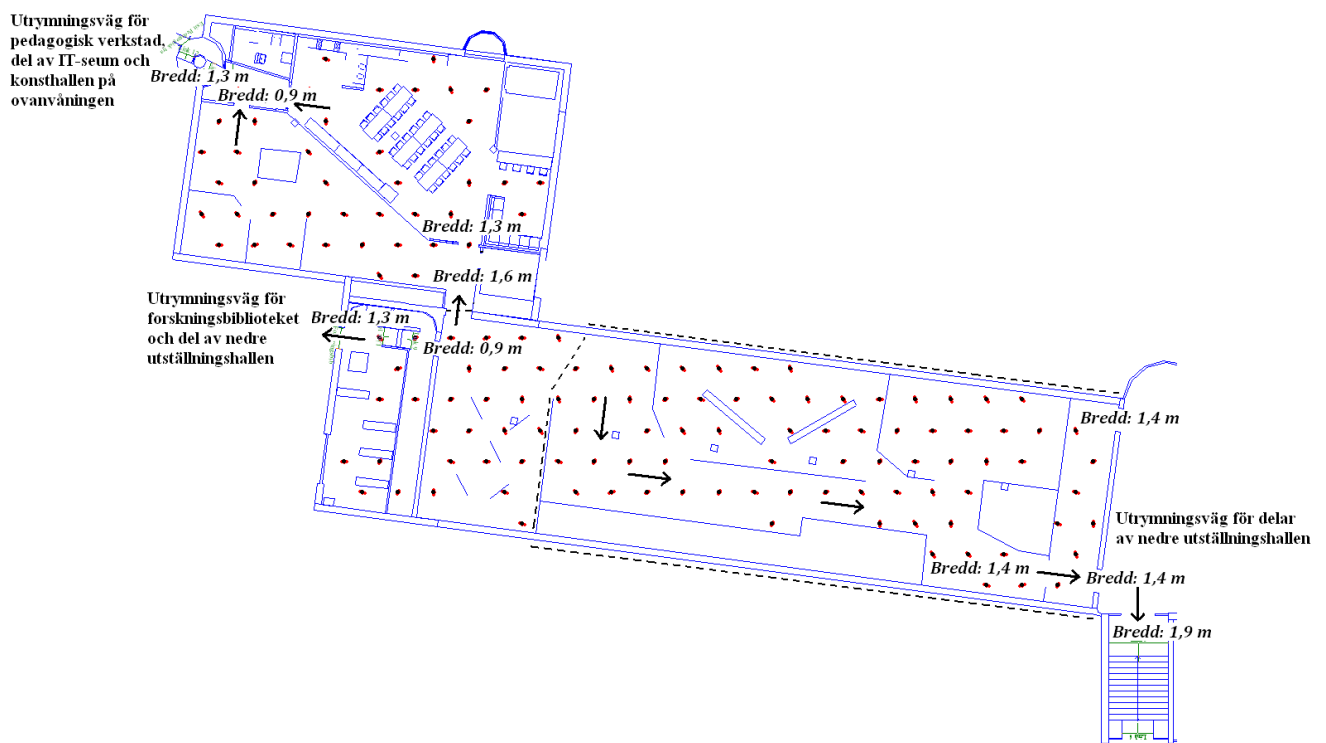
Förflyttningstiden bestäms utifrån dessa simuleringar till 100 sekunder. Eftersom åtgärderna inte påverkar varseblivningstid, förberedelsetid eller tid till kritiska förhållanden, kan endast ändringar i förflyttningstid påverka tidsmarginalen. Utan åtgärder är förflyttningstiden 137 sekunder och tidsmarginalen -26 sekunder. Förflyttningstiden efter åtgärder är 37 sekunder kortare vilket innebär att tidsmarginalen efter åtgärder blir 11 sekunder.

## 11.2 Utvärdering av åtgärder i nedre utställningshallen

De föreslagna åtgärderna antas inte påverka varseblivningstiden, eftersom den styrs av detektionstiden.

Fler och större genomlysta utrymnings skyltar (bland annat mobila utrymnings skyltar) med blinkande ljus, talat meddelande som larmsignal och belysning i lokalen har stor påverkan på förberedelsetiden. I utrymnings scenarierna före åtgärder har förberedelsetiden på 1 minut antagits, då det bedöms som troligt men inte helt säkert att människor ser rök eller flammor från branden. Om lokalen lysas upp, antas sannolikheten att se rök från branden öka markant. Ett talat meddelande kan, om personer ser branden, avsevärt förkorta förberedelsetiden jämfört med en ringklocka enligt vad som framgår i avsnitt 10. Att lättare kunna identifiera utrymningsvägarna med hjälp av bättre utrymnings skyltar antas också ha positiv effekt på förberedelsetiden. Av dessa anledningar antas åtgärderna sammantaget minska förberedelsetiden till 30 sekunder.

Om dörren till IT-seum används som utrymningsväg från nedre utställningshallen kan förflyttningstiden troligtvis förkortas, eftersom tillgång till fler utrymningsvägar då finns. En ny simulering på utrymnings scenario 3.3 efter åtgärder utförs i SIMULEX, se figur 11.2.



Figur 11.2 Simulering av förflyttningstiden i SIMULEX efter att en ny utrymningsväg öppnats upp (mellan nedre utställningshallen och IT-seum).

I simuleringen efter åtgärder antas människor som befinner sig i brandens omedelbara närhet ha en förberedelsetid på 0 sekunder (efter varseblivning) på grund av det häftiga brandförloppet. Övriga antas ha den förberedelsetid på 30 sekunder som härleds ovan. Den föreslagna åtgärden med branddörrar mellan lokalerna, gör att människor antas vara säkra från branden när de passerat dessa dörrar. Ur simuleringen härleds en total utrymningstid på 90 sekunder, vilket är 41 sekunder snabbare än tiden innan åtgärder. Tidsmarginalen innan åtgärder är -31 sekunder, vilket innebär att den blir 10 sekunder efter åtgärder.



## 12 Osäkerhetsanalys efter åtgärder

I detta avsnitt utförs osäkerhetsanalys på de tidsmarginaler som fås i utrymningsscenarierna efter åtgärder.

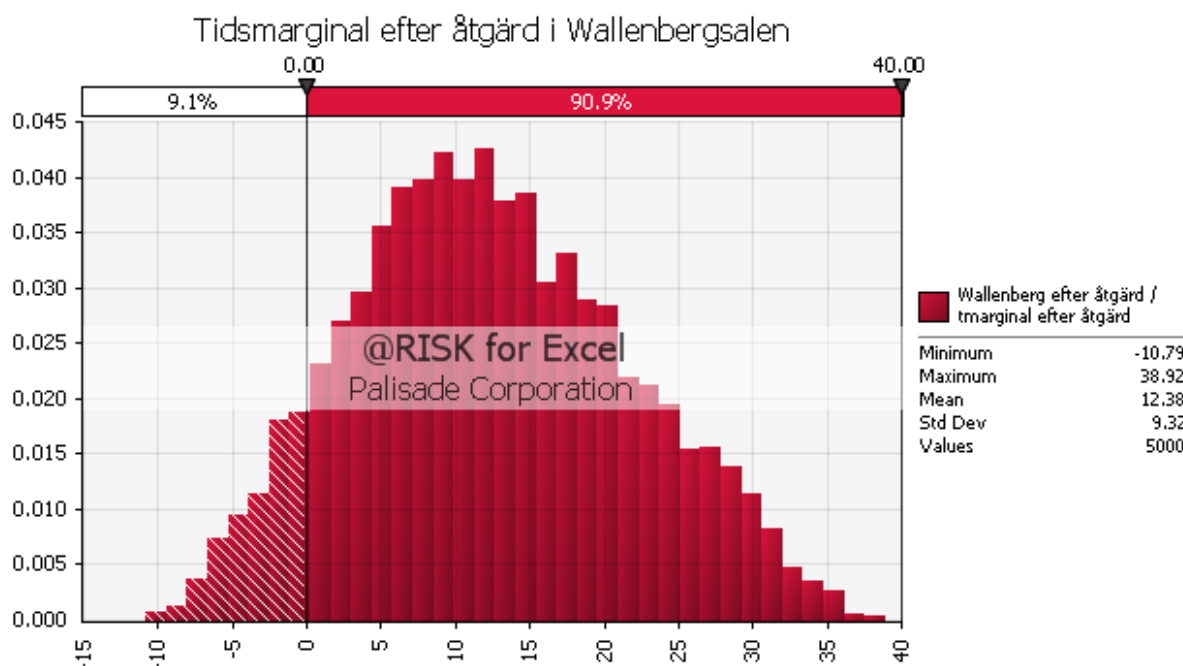
### 12.1 Osäkerhetsanalys efter åtgärder i Wallenbergsalen

Tiden för varseblivning är enligt tidigare 34 sekunder i Wallenbergsalen. Av samma anledningar som i avsnitt 9 finns dock möjlighet att varseblivningen sker långsammare. Med samma metod, att även mäta detektionstid för närliggande detektor, ansätts en triangelfördelning med värdena 34, 36,8 och 39,6 sekunder.

Förberedelsetiden antas bero av hur mycket rök som bildats och hur många som förväntas se röken. Efter tio sekunder bedöms det vara möjligt att se röken från branden. Tio sekunder antas därför vara den kortaste troliga förberedelsetiden. Efter 20 sekunder är lokalen till stor del rökfylld. Det är inte troligt att personerna stannar för ytteligare förberedelser i det läget. Den troligaste tiden antas vara den punktskattning på 15 sekunder som görs i avsnitt 7.1.2.2. En triangelfördelning används med värdena 10, 15 och 20 sekunder.

Fördelningen av förflyttningstiderna beräknas med samma förutsättningar i SIMULEX som i avsnitt 9 och en triangelfördelning ansätts med värdena 72, 100 och 116 sekunder.

I figur 12.1 nedan presenteras resultatet från osäkerhetsanalysen för Wallenbergsalen.



Figur 12.1 Tidsmarginalen från 5000 itereringar visas. I 9,1 procent av fallen fås en negativ tidsmarginal.

Enligt figur 12.1 fås en negativ tidsmarginal i 9,1 procent av fallen. För att kunna avgöra om detta är acceptabelt eller ej beräknas individrisken för brand i Wallenbergsalen, se bilaga H. Individrisken beräknas till  $8,2 * 10^{-7}$  per år. Detta värde är lägre än det generella riktvärdet för accepterad risk på  $10^{-6}$  per år, se avsnitt 1.4. Individrisken anses således vara fullt acceptabel

och inga ytterligare åtgärder behöver vidtas för att förbättra möjligheterna till utrymning. Det bör dock poängteras att de fördelningar som väljs och de antaganden som görs är mycket osäkra. Den beräknade individrisken blir således högst osäker.

Vid en första anblick kan det tyckas icke konservativt att acceptera en negativ tidsmarginal i 9,1 procent av fallen för detta scenario. Det bör av denna anledning poängteras att scenariot i sig inte är särskilt sannolikt. Till exempel är sannolikheten bara 7,5 procent att det antal människor som simuleras, faktiskt vistas i lokalen. Vidare är sannolikheten bara 10 procent att en utrymningsväg är blockerad. I verkligheten skulle sannolikheten för att scenariot inträffar givet brand alltså bara vara 0,75 procent. Att acceptera de 9,1 procent värsta utfallen av de 0,75 procent värsta scenarierna givet brand är i själva verket mycket konservativt.

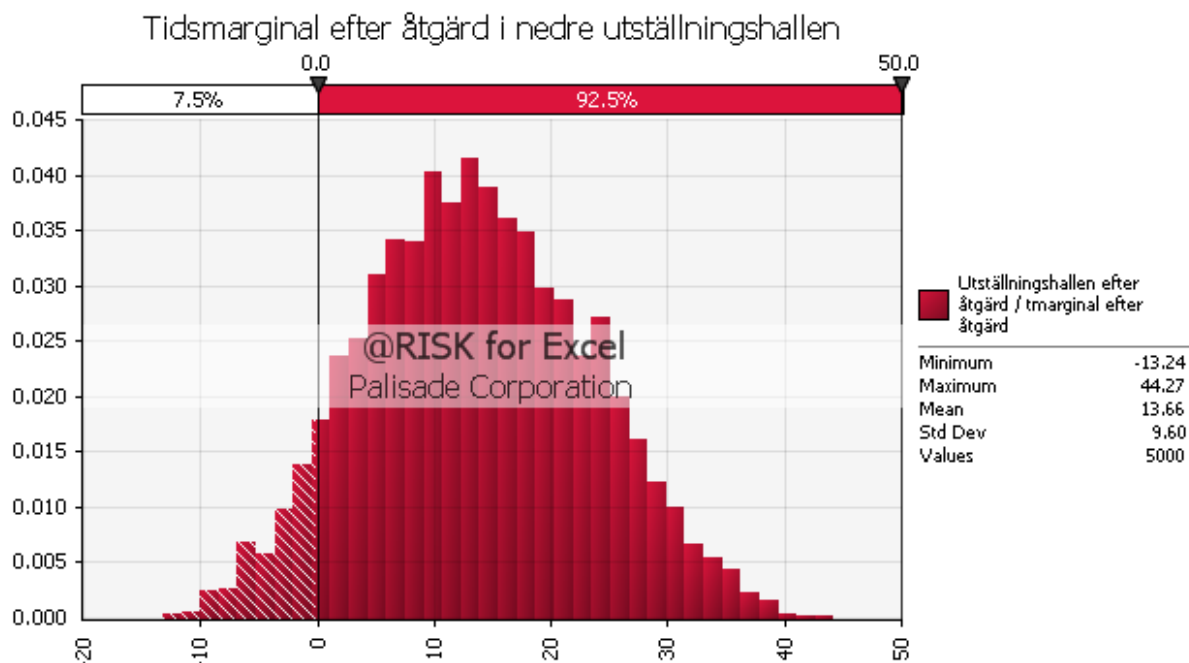
## 12.2 Osäkerhetsanalys efter åtgärder i nedre utställningshallen

Tiden för varseblivning beräknas med samma metod som i avsnitt 9 och triangelfördelas mellan de minst sannolika värdena 4 och 11 sekunder med det troligaste värdet 8 sekunder.

Förberedelsetiden bestäms på samma sätt som i avsnitt 9 och triangelfördelas med värdena 6, 30 och 48 sekunder (vid 48 sekunder är stora delar av lokalen rökfylld).

Förflyttningstiden beräknas i SIMULEX med samma metod som i avsnitt 9 och triangelfördelas med värdena 41, 52 och 60 sekunder.

I figur 12.2 nedan presenteras resultatet från osäkerhetsanalysen för nedre utställningshallen.



Figur 12.2 Tidsmarginalen från 5000 itereringar visas. I 7,5 procent av fallen fås en negativ tidsmarginal.

I figur 12.2 fås en negativ tidsmarginal i 7,5 procent av fallen. För att kunna avgöra om detta är acceptabelt eller ej beräknas individrisken för brand i den nedre utställningshallen, se



bilaga H. Individrisken beräknas till  $6,8 * 10^{-6}$  per år. Detta värde är högre än det generella riktvärdet för accepterad risk på  $10^{-6}$  per år, men samtidigt mycket lägre än det maximala värdet på  $10^{-4}$  per år se avsnitt 1.4. Eftersom individrisken som räknats fram är mycket konservativ anses den vara fullt acceptabel vid jämförelse med riktvärdena. Detta innebär att inga ytterligare åtgärder behöver vidtas för att förbättra möjligheterna till utrymning. Det bör dock poängteras att de fördelningar som väljs och de antaganden som görs är mycket osäkra. Den beräknade individrisken blir således också mycket osäker.

Även i denna osäkerhetsanalys kan det tyckas icke konservativt att acceptera negativ tidsmarginal i 7,5 procent av fallen. Återigen poängteras att scenariot i sig är så pass osannolikt att förfarandet i själva verket är konservativt.

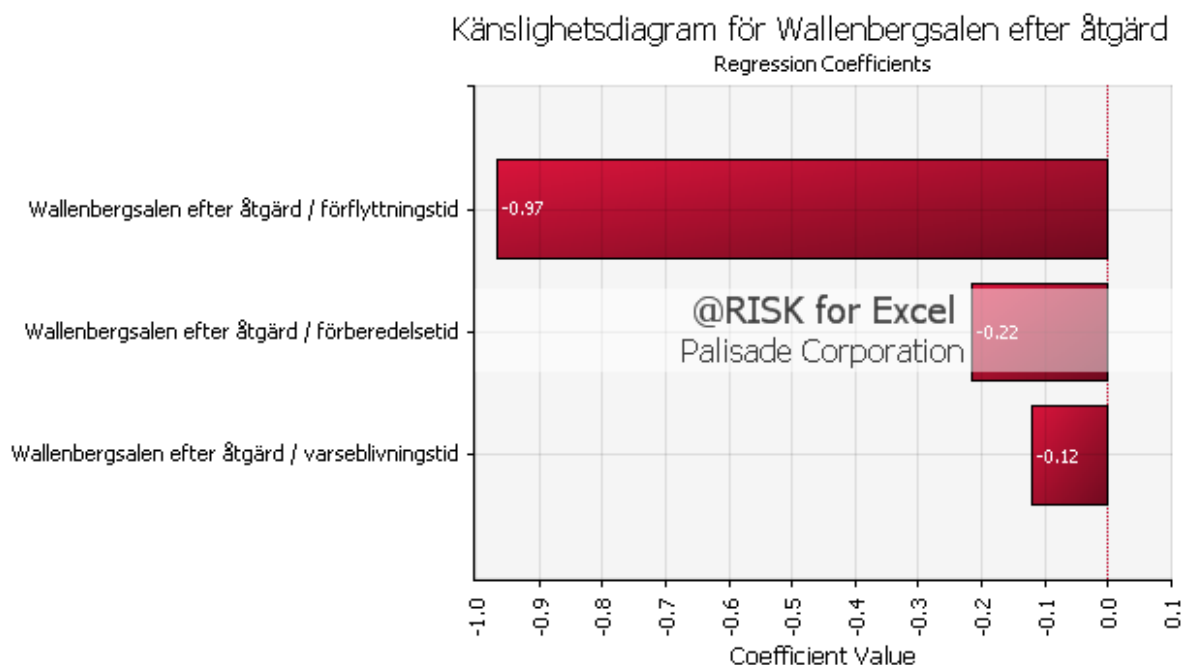
## 12.3 Känslighetsanalys

I detta avsnitt undersöks hur känsliga tidsmarginalerna som togs fram i föregående avsnitt är för förändringar i varseblivningstiden, förberedelsetiden och förflyttningstiden.

Känslighetsanalysen genomförs liksom osäkerhetsanalysen i datorprogrammet @RISK. Resultaten av känslighetsanalysen för respektive scenario presenteras och åtföljs av en diskussion.

### 12.3.1 Wallenbergsalen

I figur 12.3 presenteras ett känslighetsdiagram för tidsmarginalen där de ingående tidernas känslighet framgår.



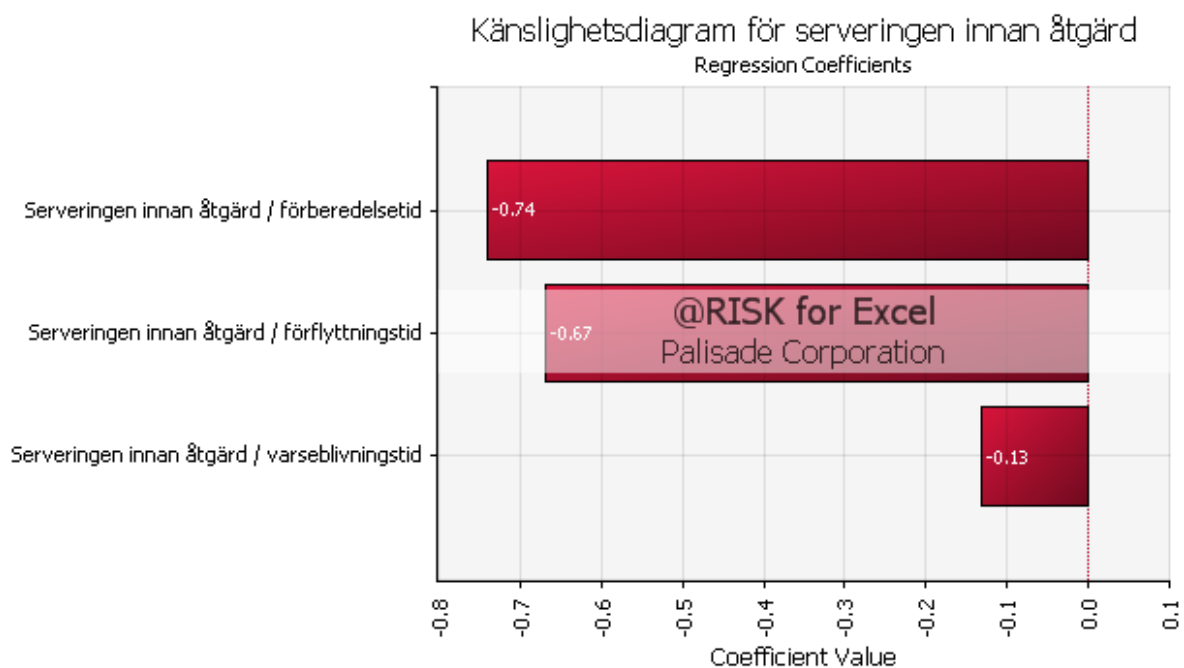
Figur 12.3 Känslighetsdiagram för tidsmarginalen för Wallenbergsalen.

Det visar sig att förflyttningstiden har i särklass störst påverkan på tidsmarginalen medan förberedelsetiden och varseblivningstiden har mindre påverkan. Förflyttningstiden är starkt beroende av hur många som vistas i Wallenbergsalen eftersom köbildning uppstår tidigt i

utrymningsförloppet. För att få ännu säkrare tidsmarginaler är det lämpligt att försöka ta fram en mer trovärdig förflyttningstid genom exempelvis utrymningsförsök ur Wallenbergsalen.

### 12.3.2 Serveringen

I figur 12.4 presenteras ett känslighetsdiagram för tidsmarginalen för serveringen. Förberedelsetiden och förflyttningstiden har störst påverkan på tidsmarginalen och är därför av intresse att undersöka närmare för att få fram en mer exakt tidsmarginal. Förberedelsetiden är svår att få mer exakt eftersom den är kopplad till vilka beslut personer tar efter att utrymningslarm har aktiverats. Även i detta fall skulle alltså utrymningsförsök vara lämpliga att genomföra i serveringen för att få mer exakta värden på förberedelsetiden och förflyttningstiden och därmed mer riktig tidsmarginal.

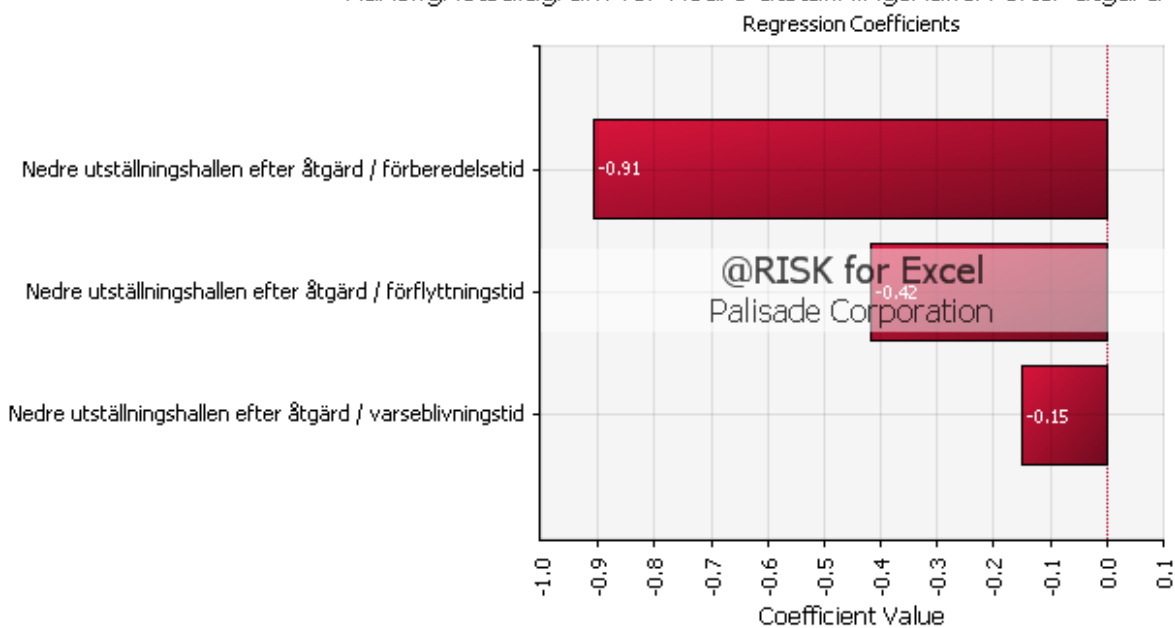


Figur 12.4 Känslighetsdiagram för tidsmarginalen för serveringen.

### 12.3.3 Nedre utställningshallen

I figur 12.5 redovisas ett känslighetsdiagram för tidsmarginalen för nedre utställningshallen. I hög grad påverkas tidsmarginalen negativt av förberedelsetiden medan den i mindre utsträckning påverkas av förflyttningstiden och väldigt lite av varseblivningstiden. Genomgående har variationer i varseblivningstiden, även i Wallenbergsalen och serveringen, liten inverkan på tidsmarginalen. Detta innebär att det är av mindre intresse att försöka få fram mer exakta detektionstider. På samma sätt som för de andra scenarierna skulle förberedelsetiden kunna bestämmas mer exakt med utrymningsförsök.

### Känslighetsdiagram för nedre utställningshallen efter åtgärd



Figur 12.5 Känslighetsdiagram för tidsmarginalen för nedre utställningshallen.



## 13 Diskussion

---

*I detta avsnitt diskuteras de metoder som använts och de resultat som uppnåtts. Vidare diskuteras avgränsningar och begränsningar samt eventuella felkällor.*

### 13.1 Avgränsningar och begränsningar

En av de avgränsningar som gjordes i ett tidigt stadium var valet av brandscenarier och utrymningsscenarier för fördjupad analys. Dessa scenarier valdes utifrån grovanalyser där sannolikheter och konsekvenser ansatts i riskmatriser. Sannolikheterna baserades på statistik och ingenjörsmässiga bedömningar. Statistiken behandlar teater/biograf och museum som en kategori. Det är möjligt att insatsstatistiken för museum skiljer sig från insatsstatistiken för hela kategorin, vilket gör härledda sannolikheter osäkra. I statistiken är startutrymnet ökänt för en stor del av bränderna. Utan kännedom om startutrymme för en så stor andel av bränderna blir de sannolikheter som tolkas ur statistiken osäkra. Konsekvenserna baserades i första hand på kvalitativa bedömningar, vilka bidrar till osäkerheter. Vidare innebär egentligen inte en hög sannolikhet för att brand uppstår, att sannolikheten är hög för att en brand med den uppskattade konsekvensen uppstår. Flera olika bränder med olika konsekvenser kan uppstå i en lokal. Sannolikheten för att brand uppstår kan vara hög samtidigt som sannolikheten för att en allvarlig brand uppstår är låg. Alla dessa osäkerheter sammantaget gör att valet av scenarier blir osäkert. De effektutvecklingskurvor som tas fram och simuleras är också högst osäkra, eftersom det är mycket svårt att på förhand bestämma hur ett brandförlopp kommer se ut i verkligheten.

En av de begränsningar som medfört viss osäkerhet på ett tidigt stadium är bristen på information om ventilationssystemet. Som nämndes i avsnitt 2 är lokalerna ombyggda/tillbyggda i olika etapper och större delen av ventilationsritningarna härstammar från 1939. De enda kopior av ritningarna som erhållits är otydliga fotografier, vilket gjort det i stort sett omöjligt att kvantitativt uttala sig om brandgasspridning via ventilationssystemet. Vissa brandgasspjäll har lyckats lokaliseras men utöver dessa är informationen om exempelvis flöden, tryck och utformning i det närmaste obefintlig. En ordentlig genomgång av hela ventilationssystemet med upprättande av adekvat dokumentation kanske vore på sin plats. På grund av den bristfälliga informationen genomfördes ingen kvantitativ analys på brandgasspridning via ventilationssystemet. I arbetet antogs istället bara att spridning inte kan ske. Om detta antagande är felaktigt bör inte slutresultaten påverkas nämnvärt, då tiderna till kritiska förhållanden är relativt snabba. Spridning via ventilationen till andra delar av byggnaden skulle troligtvis inte påverka dessa tider i särskilt stor grad.

### 13.2 FDS- och CFAST-simuleringar

FDS användes för att simulera brand och brandgasspridning i respektive brandscenario och CFAST användes för att validera FDS-simuleringarna. Eftersom CFAST har begränsningar avseende vilka geometrier som kan simuleras är det endast intressant att validera resultaten med CFAST för de scenarier som ligger inom giltighetsområdet. I slutsatsen av valideringen i avsnitt 6 framgår att en validering av FDS endast erhöles i nedre utställningshallen och i ovanvåningen i serveringen. I Wallenbergsalen gav CFAST över huvud taget inte pålitliga

resultat trots att geometrikriterierna uppfylldes. Detta berodde på att branden var placerad på ett sådant sätt att brandgasspridning inte skedde till foajén förrän nästan hela Wallenbergsalen var rökfylld.

I avsnitt 6.5 redovisas de antaganden och förenklingar som gjordes i FDS-simuleringarna. En förenkling som gjordes i samtliga brandscenarion var att inte variera brandens yta i takt med den stegrande effektutvecklingen. Denna förenkling gjordes med anledning av att de deltagande bränsleytorna i en verklig brand är svåra att bestämma. I dessa försök framgår inte hur stor del av garderoben som är involverad i branden vid en viss tidpunkt. Att brandens yta inte varieras med tiden i simuleringarna medför bland annat att luftinblandningen kan underskattas eller överskattas i simuleringarna. En för liten yta kan medföra att branden inte avger den effekt som förväntas. En för stor yta kan överskatta luftinblandningen i plymen och därmed sänka brandgastemperaturen. Med mer kunskap om storleken och orienteringen av de ytor som är involverade i branden hade alltså simuleringarna kunnat göras bättre.

Toxiciteten beräknades genom mätningar av koncentrationerna av syrgas, koldioxid och kolmonoxid i utrymningsvägarna. Mätningarna beror till stor del av vilken ”yield” som används och är därför osäkra. I simuleringarna användes till exempel en ”yield” för kolmonoxid på 0,008 gram per gram bränsle. Denna yield gäller egentligen för förbränning av hexan under välventilerade förhållanden (Gottuk et al, 2002). Värdet valdes på grund av svårigheter att veta vilken yield trä har. Träets yield är nämligen kraftigt beroende av i vilken fas det brinner och av aktuella syreförhållanden.

På grund av otillräcklig kunskap om byggnadens golv, tak och väggar antogs dessa bestå av tegel av en viss tjocklek. Följden av antagandet blir osäkerheter i den simulerade värmetransporten genom konstruktionen. Detta påverkar i sin tur temperaturen i brandgaslagret och indirekt strålningen från detta.

En viktig parameter i FDS är antalet strålningsvinklar som används i simuleringen. Ju fler strålningsvinklar som används desto jämnare strålningsbild erhålls på ett visst avstånd från branden. På samma sätt som gridoberoende testades skulle även en ytterligare simulering kunna göras med ett ökat antal strålningsvinklar. Om resultatet blir snarlikt visas att det antal strålningsvinklar som använts varit tillräckligt. Detta gjordes inte på grund av att det inte rymdes inom tidsramen för projektet.

Siktbarheten varierar kraftigt beroende på var i lokalen personer befinner sig. Det är svårt att bestämma den exakta tidpunkten när gränsvärdet på 10 meter siktsträcka uppnås. Då siktsträckan understiger 10 meter i vissa delar samtidigt som den överstiger 10 meter i andra lika stora delar av det studerade området anses kriteriet vara uppfyllt. Att avgöra när detta inträffar är en svårighet som medför osäkerhet.

Alla dessa osäkerheter kring uppmätta storheter medför sammantaget stora osäkerheter i resultatet. Sammantaget bedöms resultaten från FDS-simuleringarna ändå vara rimliga. CFAST har kunnat validera resultaten från FDS trots att CFAST inte tar brandens yta i beaktning. Detta stärker de antaganden om brandytan som gjorts i FDS-simuleringarna.

Gridoberoende har kunnat påvisas för alla simuleringar. Detta stärker tillförlitligheten i simuleringarna men inte att ”rätt brand” har simulerats.

### 13.3 Utrymning

Utrymningstiderna baseras på en metod som delar upp utrymningstiden i tre delar, där varje del sedan adderas i en slutgiltig utrymningstid. De tre olika komponenterna är enligt teorin i avsnitt 4 varseblivning, förberedelse samt förflyttning. Att dela upp utrymningstiden i tre delar är den vanligast förekommande metoden i den litteratur som studerats. Boverket föreslår även metoden i skriften om analytisk dimensionering av utrymning varför denna metod valdes (Boverket, 2006).

Varseblivningstiden erhöles genom simuleringar i FDS men även till viss del genom bedömningar om huruvida människor förväntas se branden eller ej. Varseblivningstiden har inte validerats med simuleringar i andra datorprogram vilket kan tänkas vara en svaghet. De utförda FDS-simuleringarna är dock gridoberoende och validerade med CFAST och de bör därmed representera de utvalda scenarierna relativt bra.

Förberedelsetiden är den svåraste tiden att bestämma då den inte går att bestämma utifrån datorsimuleringar. Enligt avsnitt 4 innefattar förberedelsetiden moment som exempelvis att hjälpa andra, förstå att det brinner och förbereda sig. Förberedelsetiden består därför av en mängd olika faktorer som är individuella för alla människor. De förberedelsetider som används i rapporten hämtades från tillgänglig litteratur och modifierades med hjälp av kvalitativa bedömningar i de fall litteraturen inte var tillräcklig. Bedömningarna om att förberedelsetiden kan förkortas, i de fall då lokalerna är små och rök väller in över taket, anses rimliga. Att förlita sig på tider som är uppmätta från andra experiment är självfallet en stor källa till osäkerhet men att göra egna utrymningsexperiment har inte varit möjligt.

Förflyttningstiden erhöles genom simuleringar i datorprogrammet SIMULEX. Att datorprogram användes istället för handberäkningar beror bland annat på den komplexitet som uppstår vid köbildningar med många människor. SIMULEX tar hänsyn till framförvarande människor och olika gånghastigheter vilket ses som en stor fördel. Inga ytterligare simuleringar, i andra datorprogram som exempelvis STEPS, utfördes. Detta kunde ha varit önskvärt för att validera resultaten. Vissa skillnader kan nämligen finnas mellan olika typer av utrymningsprogram (Frantzich et al., 2007). Ytterligare simuleringar har dock inte varit möjliga inom tidsramen för projektet. I simuleringarna användes en speciell persontyp (”theatre”) vilket har viss inverkan på förflyttningstiderna. Förfarandet medför således också osäkerheter i resultatet. För att komma runt dessa osäkerheter varierades persontypen i osäkerhetsanalysen. SIMULEX tar ingen hänsyn till det sluttande golvet i Wallenbergsalen vilket medför osäkerheter i simuleringarna. För att ta hänsyn till den lösa inredningen modifierades de importerade CAD-ritningarna med exempelvis bänkrader i Wallenbergsalen, utställningsmateriel i nedre utställningshallen och bord/stolar i serveringen. Den lösa inredningen approximerades till enklare geometrier. Osäkerheter i hur väl antagna inredningskonfigurationer överensstämmer med tänkbara inredningskonfigurationer i framtiden medför osäkerheter i slutresultatet.

Utrymningsscenarierna valdes utifrån högsta riskindex, alltså den högsta produkten av sannolikhet och konsekvens. Av denna anledning har inte scenarier där utrymmena är fullsatta analyserats. Istället för att simulera helt fullsatta lokaler och inga blockerade utrymningsvägar har istället ett mindre antal personer och blockerade utrymningsvägar simulerats. Dessa scenarier bedöms både vara troligare och ge längre utrymningstid.

En faktor som troligen påverkar alla tre delar av utrymningstiden är människors beteende vid brand. Vid bestämning av varseblivningstiden har människors beteende vid brand inte beaktats alls. Tiden har istället helt och hållet bestämts utifrån tiden till detektoraktivering. Både föreberedelsetiden och förflyttningstiden beror till stor del av hur människor beter sig i utrymningssituationen. Ett exempel på detta är val av utrymningsväg där bekanta platser och personer spelar stor roll (Sime, 1985). För att försöka representera detta i simuleringarna har olika utrymningsvägar gjorts synliga för olika grupper av människor. I exempelvis Wallenbergsalen har även fasta hinder lagts till för att styra personer längs specifika vägar. Dessa styrningar av personer gjordes utifrån bedömningar och kvalitativa resonemang vilket medför osäkerheter. De har dock varit helt nödvändiga för att åstadkomma rimliga utrymningsförlopp.

Samtliga av dessa förenklingar, begränsningar och antaganden medför osäkerheter i slutresultatet. De resulterande tiderna behandlas dock i en osäkerhetsanalys och anses vara rimliga.

## 13.4 Åtgärdsförslag

Åtgärderna i rapporten har föreslagits med beaktning av personsäkerhet och till viss del egendomsskydd. De åtgärder som föreslagits har för avsikt att ge en tillfredställande utrymning för vistande människor och att förhindra brandgasspridning. Förslagen har gjorts med hänsyn till att byggnaden är Q-märkt. Eftersom de åtgärder som föreslagits visat sig vara tillräckliga i utvärderingen och dessutom inte innebär några större ingrepp i byggnaden anses de vara mycket lämpliga.

## 13.5 Osäkerhetsanalys

I beräkningarna av tidsmarginalerna användes punktskattningar framtagna med hjälp av simuleringar och behjälplig litteratur. För negativa tidsmarginaler föreslogs åtgärder, vilka validerades med nya simuleringar och beräkningar. Osäkerhetsanalyser utfördes på tidsmarginalerna efter åtgärder. Om inga åtgärder vidtogs så utfördes osäkerhetsanalys på de ursprungliga tidsmarginalerna. I osäkerhetsanalysen användes fördelningar på de ingående parametrarna istället för punktskattningar. Det fanns inte några jättetydliga indikatorer i verkligheten som entydigt bestämde hur dessa fördelningar skulle väljas. Framförallt förelåg svårigheter i att bestämma förberedelsetiden. I brist på direkta indikatorer bestämdes fördelningarna främst utifrån kvalitativa bedömningar. De valda fördelningarna är till följd av detta osäkra, vilket i sin tur innebär osäkerhet i slutresultaten. Ett konservativt förhållningssätt användes dock i tolkandet av resultaten och i jämförelsen med riktlinjer för acceptabel risk, vilket anses uppväga eventuella underskattningar i osäkerhetsanalysen.



## **13.6 Resulterande tidsmarginaler**

De resulterande tidsmarginalerna anses vara acceptabla, eftersom osäkerhetsanalysen visar att risknivåerna är acceptabla. Det bör dock återigen förtydligas att det har varit svårt att bestämma storleken och betydelsen av alla osäkerheter.

Tidsangivelser som härstammar från simuleringar har i rapporten angivits med hög noggrannhet. Detta kan ge intrycket av att tiderna är mer exakta än vad de i själva verket är. Tiderna bör istället tolkas som ungefärliga angivelser utan större precision då den brandtekniska vetenskapen inte är exakt.



## 14 Slutsats

---

Den brandtekniska riskvärderingen som gjorts, med de antaganden och begränsningar som diskuteras i tidigare avsnitt, visar att personsäkerheten i händelse av brand inte är tillfredställande i dagsläget. Därför föreslås ett antal åtgärder som *ska* genomföras för att förbättra personsäkerheten samt ett antal åtgärder som *bör* genomföras.

För att uppnå tillfredställande personsäkerhet i händelse av brand *ska* följande åtgärder vidtas:

- I Wallenbergsalen ska genomlysta eller upplysta utrymningsskyltar installeras vid samtliga utrymningsvägar.
- Den befintliga dörren bakom draperiet intill scenen i Wallenbergsalen ska göras till utrymningsväg och förses med en genomlyst eller upplyst utrymningsskylt. Draperiet får inte täcka utrymningsvägen.
- I nedre utställningshallen ska fler och större genomlysta utrymningsskyltar med blinkande ljus på sidorna installeras. Ett system som tänder belysningen i lokalen vid detektering av brand och som håller lokalen upplyst under hela förloppet ska installeras, om ett sådant system inte redan finns i lokalen.
- Mobila utrymningsskyltar ska införskaffas och användas för att komplettera fastmonterade skyltar då det behövs.
- Branddörrar ska installeras mellan nedre utställningshallen och forskningsbiblioteket, mellan nedre utställningshallen och IT-seum samt mellan konferensrummet och övre utställningshallen.
- Utrymningslarm med talat meddelande ska installeras i nedre utställningshallen.
- Dörren till IT-seum ska göras till en utrymningsväg från nedre utställningshallen och förses med tillhörande utrymningsskyltar.
- De dörrstängare som inte fungerar i byggnaden ska åtgärdas.
- Den bråte som blockerar vissa utrymningsvägar, exempelvis stolen i projektorrummet, ska avlägsnas. Utrymningsvägarna ska hållas fria även i framtiden.

För att ytterligare underlätta utrymning och för att begränsa skador på egendom *bör* följande åtgärder vidtas:

- En brandgardin (EI30) med automatisk nedsänkning vid detektion bör installeras i serveringsöppningen.
- Handbrandsläckaren och tillhörande skyltar intill dörrarna mellan serveringen och foajén bör göras synligare genom att exempelvis flytta ut klädhängaren en bit från dörren.

- I utställningssalen bör skylten till handbrandsläckaren placeras på andra sidan hörnet. Om liknande problematik råder på andra ställen i byggnaden, bör även dessa skyltar placeras på synligare ställen.
- Alla utrymningsskyltar i byggnaden som inte är upplysta eller genomlysta bör bytas ut mot sådana.
- De otillräckligt tätade genomföringarna i brandcellsgränser i exempelvis källarplanet bör tätas noggrannare.
- De dörrar i utrymningsvägar som leder ut till trapphusen bör gå att öppna även från trapphusen för att möjliggöra återrymning. I dagsläget kan endast personal återrymma eftersom nyckel krävs. Möjlig åtgärd är att använda nödvred på dörrarna.

# Litteraturförteckning

---

AB Skånefabriken 2012. *Brandgardin Produktinfo*. [Elektronisk] Tillgänglig på Internet: [http://memango-se-ireland.s3.amazonaws.com/skanefabrikense.mangobox.se/filemanagers/2012-03-19\\_21\\_49\\_06\\_brandgardin\\_produkinfo2012.pdf](http://memango-se-ireland.s3.amazonaws.com/skanefabrikense.mangobox.se/filemanagers/2012-03-19_21_49_06_brandgardin_produkinfo2012.pdf) [Hämtad 2012-04-15]

Bengtsson, S., Blomqvist, J., Danielsson, T., Delin, M., Fagergren, T., Frantzich, H. (2005). *Brandskyddshandboken*. Report 3134. Lund: Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola.

Boverket (2006). *Utrymningsdimensionering*. Karlskrona: Boverket.

Boverket (2008). *Handbok om brandbelastning*. Karlskrona: Boverket.

Boverket 1 (2011). *Boverkets byggregler*. Karlskrona: Boverket.

Boverket 2 (2011). *Analytisk dimensionering av brandskydd*. Karlskrona: Boverket.

Boverket 3 (2011). *Vägledning i analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd*. Karlskrona: Boverket.

Canter, D., Breaux, J. Sime, J. (1980) Domestic, multiple occupancy, and hospital fires. D. Canter (red.), *Fires and human behaviour* (kapitel 8). New York: John Wiley & Sons.

Carlsson, J. (2003). *Computational strategies in flame-spread modelling involving wooden surfaces*. Report 1028. Lund: Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola.

Drysdale, D. (1998). *An Introduction To Fire Dynamics*, Second Edition. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.

Frantzich, H. (1998) *Användarmanual till SIMULEX ver 1.2*. Lund: Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola.

Frantzich, H. (2001) *Tid för utrymning vid brand*. Karlstad: Räddningsverket.

Frantzich, H. Nilsson, D. Eriksson, O. (2007). *Utvärdering och validering av utrymningsprogram*. Report 3143. Lund: Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola.

Gottuk, D.T. Lattimer, B.Y. (2002). *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. Third edition. Section Two, Chapter 4. Quincy, USA: The (NFPA) National Fire Protection Association Press.

Hammenbäck, S. (2009) *Museibygnaden i Linköping 70 år*. Östergötlands Länsmuseum. [Elektronisk]. Tillgänglig på Internet: <http://www.kulturarvostergotland.se/Article.aspx?m=332355&a=334387> [Hämtad 2012-02-22]

Jones, W.W. Peacock, R.D. Forney, G.P. Reneke, P.A. (2009). *CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6) Technical Reference Guide*. USA: National Institute of Standards and Technology.

Karlsson, B. & Quintiere, J. G. (2000). *Enclosure fire dynamics*. Boca Raton: CRC Press LLC.

Länsstyrelsen i Skåne Län (2007) *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen*.

[Elektronisk] Tillgänglig på Internet:

<http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/sv/publikationer/pluskatalogen/RIKTSAMrev1.pdf> [Hämtad 2012-04-19]

McGrattan, K. Hostikka, S. Floyd, J. (2010). *Fire Dynamics Simulator (Version 5) User's Guide*. USA: National Institute of Standards and Technology.

MSB (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) (2012). *Räddningstjänstens insatser 1996-2010*. MSB. [Elektronisk] Tillgänglig på Internet: <http://ida.msb.se/ida2#page=a0164> [Hämtad 2012-04-15]

Nilsson, D. (2012) Människors beteende vid brand. Presenterat vid *Föreläsning om människors beteende vid brand på Lunds Tekniska Högskola*, Lund januari, 2012.

Nilsson, T. (2010) Nättidningen Svensk Historia. *Varför finns arbetslivsmuseerna inte i statistiken?* [Elektronisk] Tillgänglig på Internet:

<http://www.svenskhistoria.se/debatt.aspx?newsid=3133> [Hämtad 2012-04-19]

SFS 1988:950 *Förordning om statliga minnesbyggnader*. Regeringskansliet. [Elektronisk]. Tillgänglig på Internet: <http://www.notisum.se/rnp/SLS/LAG/19881229.HTM> [Hämtad 2012-02-22].

Peacock, R.D. Jones, W.W. Reneke, P.A. Forney, G.P. (2008). *CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6) User's Guide*. USA: National Institute of Standards and Technology.

RTOG (Räddningstjänsten Östra Götaland) (2012). *Handlingsprogram enligt lagen om skydd mot olyckor*. [Elektronisk] Tillgänglig på Internet:

<http://www.rtog.se/nyheter/arkiv/handlingsprogram-2012/Handlingsprogram.pdf> [Hämtad 2012-03-23]

Sime, J. (1985) Movement toward the familiar. *Journal of environment and behavior*, 17, 697-724. Storbritannien: Sage Publications, Inc.

Staffansson, L. (2010) *Selecting design fires*. Report 7032. Lund: Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola.

SP (Sveriges tekniska forskningsinstitut) (2012). *SP Fire Database*. SP. [Elektronisk] Tillgänglig på Internet: <http://www.sp.se/sv/index/services/firedb/Sidor/firedb.aspx>

Särdqvist, S. (1993) *Initial fires*. Report 3070. Lund: Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola.

Tewarson, A. (2002). *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. Third edition. Section Three, Chapter 4. Quincy, USA: The (NFPA) National Fire Protection Association Press.





# Bilaga A Obligatorisk ventilationskontroll (OVK-protokoll)

I denna bilaga visas besiktningssprotokoll från obligatorisk ventilationskontroll.



## Besiktningssprotokoll

Sida 1 av 9

Funktionskontroll av ventilationssystem

enligt SFS 1991:1273 med

ändringar t.o.m SFS 2006:1296

Referens nr.....	FunkiS A
Plats för stämpel	

### Fastigheten

Fastighetsbeteckning/Byggnadsnummer Akademin 1 / 39-89-93	Byggnadens adress Länsmuseet i Linköping	Postnr 581 02	Ort Linköping
Byggnadsägare Landstings Fastigheter i Östergötland	Postadress Box 1233	Postnr 581 12	Ort Linköping
Faktureringsadress Landstings Fastigheter i Östergötland	Postadress Box 1233	Postnr 58 112	Ort Linköping
Fastighetsansvarig/Förvaltare LFÖ/teknikkontoret	Telefonnummer 013-227000	Fax	e-post
Driftansvar Östergötlands Länsmuseum	Telefonnummer 013-230300	Fax	e-post
Kommun Linköping kommun	Postadress	Postnr 581 81	Ort LINKÖPING
Internt byggnadsnamn Länsmuseum	Internt nummer	Verksamhet Kontor, museum mm	Bruksarea Antal lägenheter Antal lokaler

### Besiktningssman

Sakkunnig Mattias Hugosson	Företag Ventkontroll i Linköping AB	Adress Vistlöt Kvarn	Postnr 59063	Ort Linghem
Telefon 013 73280	Fax 013 731990	e-post mattias.hugosson@ventkontroll.	FunkiS medlnr	Underskrift
Behörighet Riks K	Certifikatnr 2738	Cert-org Swedcert AB	Giltighetstid 2014-05-10	Underskriftsdatum

Protokoll med bilagor finns hos byggnadsnämnden och fastighetsägaren.

Besiktningssutlåtande (+ sammanställning av system inom byggnaden)							
Ingår samtliga vent.system för byggnaden i denna besiktning					<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej	Besiktningssresultat: EG = Ej Godkänd, G = Godkänd	
Systemnr	Besikt. intervall	Besiktningss-datum	Besiktningss-resultat	Ombesiktningss-datum	Nästa ordinarie besiktningssdatum	Mätprotokoll (bil) nr	Gällande ventilationsnorm
CA 1 TF / FF	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		SBN 80
CA 10	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		SBN 80
CA 2 TF/FF	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		SBN 80
CA 4 -TF/FF	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		SBN 80
CA 5 TF/FF	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		SBN 80
CA 6	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		SBN 80
CA 6 TF	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		NR
CA 7	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		SBN 80
CA 7 TF	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		
CA8-CA9 L	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		
FF 11	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		
FF 20	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		BBR 99

Besiktningsutlåtande (+ sammanställning av system inom byggnaden)								
Ingår samtliga vent.system för byggnaden i denna besiktning					<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej			Besiktningsresultat: EG = Ej Godkänd, G = Godkänd
Systemnr	Besikt.n. intervall	Besiktnings- datum	Besikt.n- resultat	Ombesiktnings- datum	Nästa ordinarie besiktningsdatum	Mätprotokoll (bil) nr	Gällande ventilationsnorm	
FF 22	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		BBR 99	
FF15	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		SBN 80	
FF2	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		BABS 1946	
FF21	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		BBR 99	
FF23	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		BBR 99	
TA / FF 1	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15	Bil 1: F-1697-704.xls	BABS 1946	
TA /FF11	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		BBR 94	
TA 10	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		SBN 67	
TA 20	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		BBR 99	
TA/ FF 2	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		BABS 1946	
TA/FA 12	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		BBR 99	
TF / FF 2 L	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		SBN 80	
TF 1	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		SBN 80	
TF/FF1	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15		SBN 80	
TF/FF3 L	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15			
ÅA1	3 år	2010-10-15	G		2013-10-15			

Besiktningsresultat									
Förklaringar: 1 = åtgärdas innan nästa OVK 2 = åtgärdas snarast 0 = Information som ligger utanför OVK-uppdraget									
System	Komponent	Smuts	Fukt	Olathet	Flöde	Funktion	Övrigt	Anmärkning i klartext	Systemdel
CA 1 TF / FF	Flöde							Totalflöde Beräknat 5870/5970 m3/h	
CA 1 TF / FF	Övrigt							4Kw x 2	
CA 10	Övrigt							1,49 Kw	
CA 2 TF/FF	Don							Frånluftsgaller smutsigt.Rengjort	
CA 2 TF/FF	Flöde							Totalflöde Beräknat 6390/6550 m3/h	
CA 2 TF/FF	Hölje						1	Insidan fläktkammare TF börjar att rosta sönder	
CA 2 TF/FF	Värmare							LV1-CA2 och LV3-CA2 ej åtkomliga för rengöring.	
CA 2 TF/FF	Övrigt							5,5 Kw x 2	
CA 4 -TF/FF	Flöde							Totalflöde 2752/2765 m3/h	
CA 4 -TF/FF	Övrigt							2,5 Kw x 2	
CA 5 TF/FF	Flöde							Totalflöde 2400/2400 m3/h	

Besiktningresultat									
Förklaringar: 1 = åtgärdas innan nästa OVK 2 = åtgärdas snarast 0 = Information som ligger utanför OVK-uppdraget									
System	Komponent	Smuts	Fukt	Olämhet	Flöde	Funktion	Övrigt	Anmärkning i klartext	Systemdel
CA 5 TF/FF	Övrigt							1,5 Kw x 2	
CA 6	Flöde							Totalflöde 2000/1450 m3/h	
CA 6	Övrigt							0,75 Kw	
CA 6 TF	Flöde							Totalflöde Beräknat 2000/1450 m3/h	
CA 6 TF	Övrigt							0,75 Kw	
CA 7	Brukarsynpunkt						0	Aggregatet klarar ej att hålla värmen i lokalen vid kalla temperaturer ute	
CA 7	Fläkt						1	Frånluft bör dras ut utanför plåtkåpa	
CA 7	Flöde							Totalflöde Beräknat 350/750 m3/h	
CA 7	Övrigt							0,18 Kw x2	
CA 7 TF	Flöde							Totalflöde Beräknat 1450 m3/h	
CA 7 TF	Övrigt							1,1 Kw	
CA8-CA9 L	Flöde							Flöde ej mätbart.	
CA8-CA9 L	Övrigt							1,49 Kw x2	
FF 11	Övrigt							0,09 Kw	
FF 20	Övrigt							0,65 Kw	
FF 22	Övrigt							0,18 Kw	
FF15	Övrigt						0	Låter mycket vid drift	
FF15	Övrigt							1,1 Kw	
FF2	Övrigt							Kw ej kontrollerbart	
FF21	Övrigt							0,55 Kw	
FF23	Övrigt							0,37 Kw	
TA / FF 1	Övrigt							4 Kw + 2,2 Kw	
TA /FF11	Brukarsynpunkt						0	Mycket varmt i datautställningen	
TA /FF11	Flöde							Totalflöde 5500/4650 m3/h	
TA /FF11	Flöde							Låga flöden i datautställning omjusterat	
TA /FF11	Övrigt							3,5 Kw x 2	
TA 10	Flöde							Totalflöde Beräknat 448 m3/h	
TA 10	Övrigt							0,6 Kw	
TA 20	Brukarsynpunkt						1	Luktar avgaser från parkering i vissa lägen	
TA 20	Flöde							Totalflöde Beräknat 2190 m3/h	
TA 20	Övrigt							0,55 Kw	
TA/ FF 2	Övrigt							0,65 Kw + 1,1 Kw	
TA/FA 12	Flöde							Totalflöde 550/550 m3/h	
TA/FA 12	Övrigt							1,1 Kw x2	
TF / FF 2 L	Flöde							Totalflöde Beräknat 201 m3/h	
TF / FF 2 L	Övrigt							0,55 + 0,75 Kw	
TF 1	Övrigt							0,17 Kw	

Besiktningresultat									
Förklaringar: 1 = åtgärdas innan nästa OVK 2 = åtgärdas snarast 0 = Information som ligger utanför OVK-uppdraget									
System	Komponent	Smuts	Fukt	Olänet	Flöde	Funktion	Övrigt	Anmärkning i klartext	Systemdel
TF/FF1	Övrigt							0,55 + 0,75 Kw	
TF/FF3 L	Flöde							Totalflöde Beräknat 2016 m3/h	
TF/FF3 L	Övrigt							0,55 + 0,75 Kw	
AA1	Övrigt							Ingen märkning angående effekt.	

Allmänna omdöme, Kommentarer

#### Systeminformation - CA 1 TF / FF

Systemnr CA 1 TF / FF	Flöde börvärde:	Systemtyp: FTX	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1989	Ombyggår:
Bejånar: Kontor Pers.rum mm			Placering: Fläktrum 015-89 Källare			
Samkör:			Drifttid helfart: Dygnet Runt	Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-07	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprotnr:	Flödesprotdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

#### Systeminformation - CA 10

Systemnr CA 10	Flöde börvärde:	Systemtyp: FT	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1989	Ombyggår:
Bejånar: Lilla lanternin			Placering: Lilla lanternin			
Samkör:			Drifttid helfart: Temperaturstyrd	Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-14	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprotnr:	Flödesprotdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

#### Systeminformation - CA 2 TF/FF

Systemnr CA 2 TF/FF	Flöde börvärde:	Systemtyp: FTX	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1989	Ombyggår:
Bejånar: Värdevalv, utställning			Placering: Fläktrum 015-89 Källare			
Samkör:			Drifttid helfart: Dygnet Runt	Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-07	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprotnr:	Flödesprotdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

#### Systeminformation - CA 4 -TF/FF

Systemnr CA 4 -TF/FF	Flöde börvärde:	Systemtyp: FTX	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1939	Ombyggår: 1989
Bejånar: Reproavd. Verkst.mm			Placering: Fläktrum 119-39			
Samkör:			Drifttid helfart: Dygnet Runt	Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-08	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprotnr:	Flödesprotdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - CA 5 TF/FF**

Systemnr CA 5 TF/FF	Flöde börvärde:	Systemtyp: FTX	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1939	Ombyggår: 1989
Betjäner: Konst-kultur PL 1			Placering: Fläktrum Källarplan.39			
Samkör:			Drifttid helfart: 0700-1800	Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-08	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprotnr:	Flödesprottdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - CA 6**

Systemnr CA 6	Flöde börvärde:	Systemtyp: T	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1939	Ombyggår: 1989
Betjäner: Komp.förvaring 002			Placering: Fläktrum 009-93			
Samkör:			Drifttid helfart: Dygnet Runt	Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-08	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprotnr:	Flödesprottdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - CA 6 TF**

Systemnr CA 6 TF	Flöde börvärde:	Systemtyp: FT	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1988	Ombyggår: 1992
Betjäner: Konst o skulpturmagasin			Placering: Fläktrum 024-89 Källare			
Samkör:			Drifttid helfart: Dygnet Runt	Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-07	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprotnr:	Flödesprottdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - CA 7**

Systemnr CA 7	Flöde börvärde:	Systemtyp: FTX	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1939	Ombyggår: 1989
Betjäner: Pedagogiska rummet			Placering: Pedagogiska rummet			
Samkör:			Drifttid helfart: Avstängt	Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-14	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprotnr:	Flödesprottdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - CA 7 TF**

Systemnr CA 7 TF	Flöde börvärde:	Systemtyp: FT	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1988	Ombyggår: 1992
Betjäner: Konst och Skulpturma			Placering: Fläktrum 024-89 Källare			
Samkör:			Drifttid helfart: Dygnet Runt	Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-07	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprotnr:	Flödesprottdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - CA8-CA9 L**

Systemnr CA8-CA9 L	Flöde börvärde:	Systemtyp: T	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår:	Ombyggår:
Betjäna: Stora Lanternin			Placering: Lanternin- 39 A			
Samkör:		Drifttid helfart: Temperaturstyrd		Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-14	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprotnr:	Flödesprottdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - FF 11**

Systemnr FF 11	Flöde börvärde:	Systemtyp: F	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1989	Ombyggår:
Betjäna: Cafeteria-kök			Placering: Y-tak			
Samkör: TA 20		Drifttid helfart: Dygnnet Runt		Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-08	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprotnr:	Flödesprottdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - FF 20**

Systemnr FF 20	Flöde börvärde:	Systemtyp: F	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1939	Ombyggår: 2000
Betjäna: Konsev.Ateljé mm			Placering: Vind-39 B			
Samkör: TA20-FF21-22-23		Drifttid helfart: Dygnnet Runt		Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-14	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprotnr:	Flödesprottdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - FF 22**

Systemnr FF 22	Flöde börvärde:	Systemtyp: F	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1939	Ombyggår: 2000
Betjäna: Dragbänk			Placering: Fläktrum 503 A-39 B			
Samkör: TA20 ,FF 20		Drifttid helfart: Vid behov		Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-14	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprotnr:	Flödesprottdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - FF15**

Systemnr FF15	Flöde börvärde:	Systemtyp: F	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1939	Ombyggår: 1989
Betjäna: Måleri			Placering: Fläktrum 119-39			
Samkör:		Drifttid helfart: Vid Behov		Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-08	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprotnr:	Flödesprottdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - FF2**

Systemnr FF2	Flöde börvärde:	Systemtyp: F	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn timer: 1	Byggår: 1939	Ombyggår:
Betjäna r: WC-grupper, Loger			Placering: Fläkt rum 129-39			
Samkör: Driftstid helfart: Dygn et Runt			Driftstid delfart:			
Tidigare OVK besiktning 2007-02-14	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprot nr:	Flödesprot datum:	Övrig dok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - FF21**

Systemnr FF21	Flöde börvärde:	Systemtyp: F	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn timer: 1	Byggår: 1939	Ombyggår: 2000
Betjäna r: Giftskåp			Placering: Förundersökning 210			
Samkör: TA 20, FF20			Driftstid helfart: Dygn et Runt		Driftstid delfart:	
Tidigare OVK besiktning 2007-02-14	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprot nr:	Flödesprot datum:	Övrig dok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - FF23**

Systemnr FF23	Flöde börvärde:	Systemtyp: F	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn timer: 1	Byggår: 1939	Ombyggår: 2000
Betjäna r: Näru tsug			Placering: Fläkt rum 503 A- 39 B			
Samkör: TA20 ,FF20			Driftstid helfart: Vid behov		Driftstid delfart:	
Tidigare OVK besiktning 2007-02-14	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprot nr:	Flödesprot datum:	Övrig dok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - TA / FF 1**

Systemnr TA / FF 1	Flöde börvärde:	Systemtyp: FT	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn timer: 1	Byggår: 1939	Ombyggår:
Betjäna r: Utställn, Fd. bibliotmm			Placering: Fläkt r.131 och 129-39			
Samkör: Driftstid helfart: Dygn et Runt			Driftstid delfart:			
Tidigare OVK besiktning 2007-02-14	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprot nr:	Flödesprot datum:	Övrig dok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - TA /FF11**

Systemnr TA /FF11	Flöde börvärde:	Systemtyp: FTX	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn timer: 1	Byggår: 1989	Ombyggår:
Betjäna r: Utställn l. Textil, slöjd			Placering: Fläkt rum 006-402-93			
Samkör: Driftstid helfart: 0700-1800			Driftstid delfart:			
Tidigare OVK besiktning 2007-02-08	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprot nr:	Flödesprot datum:	Övrig dok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - TA 10**

Systemnr TA 10	Flöde börvärde:	Systemtyp: T	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1939	Ombyggår: 1969
Betjäna: Cafè			Placering: Fläktrum 126-39			
Samkör:			Drifttid helfart: 0800-1800	Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-14	Ritnr:	Ritdatum:	Flödesprotnr:	Flödesprotdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - TA 20**

Systemnr TA 20	Flöde börvärde:	Systemtyp: T	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1938	Ombyggår: 2000
Betjäna: Konserv.Atelje mm			Placering: Fläktrum 126-39 B			
Samkör: FF 20-21-22-23			Drifttid helfart: Dygnet Runt	Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-14	Ritnr:	Ritdatum:	Flödesprotnr:	Flödesprotdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - TA/ FF 2**

Systemnr TA/ FF 2	Flöde börvärde:	Systemtyp: FT	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1939	Ombyggår:
Betjäna: Filmsal			Placering: Fläktr.131- 39			
Samkör:			Drifttid helfart: Dygnet Runt	Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-14	Ritnr:	Ritdatum:	Flödesprotnr:	Flödesprotdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - TA/FA 12**

Systemnr TA/FA 12	Flöde börvärde:	Systemtyp: FTX	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 2001	Ombyggår:
Betjäna: Bibliotek-Cafè			Placering: Y-tak			
Samkör:			Drifttid helfart: 0600-2100	Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-08	Ritnr:	Ritdatum:	Flödesprotnr:	Flödesprotdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - TF / FF 2 L**

Systemnr TF / FF 2 L	Flöde börvärde:	Systemtyp: FT	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1939	Ombyggår: 1989
Betjäna: Stora Lanternin			Placering: Lanternin-39A			
Samkör:			Drifttid helfart: Temperaturstyrt.	Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-14	Ritnr:	Ritdatum:	Flödesprotnr:	Flödesprotdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			



**Systeminformation - TF 1**

Systemnr TF 1	Flöde börvärde:	Systemtyp: T	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1998	Ombyggår:
Betjäna: Vindsutrymme			Placering: Fläktrum 402-93			
Samkör:			Drifttid helfart: Dygnet Runt	Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-14	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprotnr:	Flödesprotdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - TF/FF1**

Systemnr TF/FF1	Flöde börvärde:	Systemtyp: FT	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1989	Ombyggår:
Betjäna: Lilla lanternin			Placering: Lilla lanternin			
Samkör:			Drifttid helfart: Temperaturstyrd	Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-14	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprotnr:	Flödesprotdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - TF/FF3 L**

Systemnr TF/FF3 L	Flöde börvärde:	Systemtyp: FT	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår: 1939	Ombyggår: 1989
Betjäna: Stora Lanternin			Placering: Lanternin-39 A			
Samkör:			Drifttid helfart: Temperaturstyrd.	Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-14	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprotnr:	Flödesprotdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			

**Systeminformation - AA1**

Systemnr AA1	Flöde börvärde:	Systemtyp: T	Besiktningstyp: Återkommande besiktning	OVKn: 1	Byggår:	Ombyggår:
Betjäna: Huvudentré			Placering: huvudentré			
Samkör:			Drifttid helfart: Temperaturstyrd	Drifttid delfart:		
Tidigare OVK besikt 2007-02-08	Ritnr:	Ritndatum:	Flödesprotnr:	Flödesprotdatum:	Övrigdok:	
Ej kontrollerat Del:			Ej kontrollerat Orsak			



## Bilaga B Maximala effektutvecklingar

I denna bilaga redovisas de beräkningar som utförs och ligger till grund för effektutvecklingskurvorna i avsnitt 6.

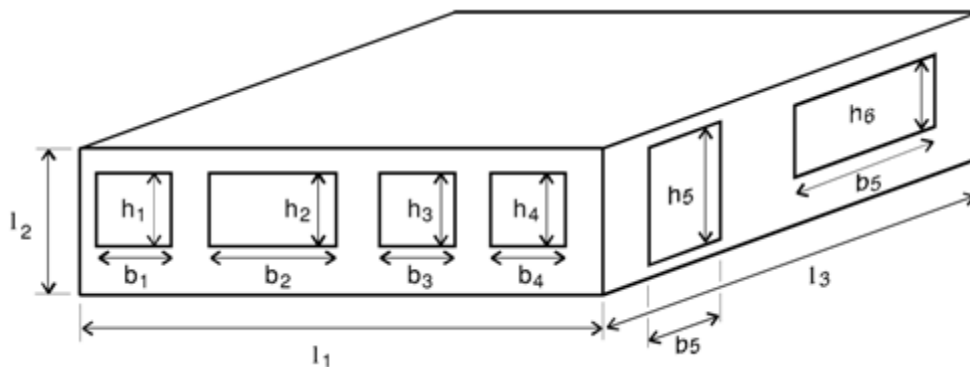
### Ventilationskontrollerad brand i rum med flera öppningar

I ett rum med mer än en öppning finns särskilda metoder för att bestämma  $A_0$  och  $H_0$  som används i ekvation 6.1.

$A_0$  är då öppningarnas sammanlagda area [ $m^2$ ], medan  $H_0$  är öppningarnas höjd viktade med sina areor [ $m$ ], Se figur B.1. (Karlsson & Quintiere, 2000)

$$A_0 = A_1 + A_2 + \dots + A_n = b_1 h_1 + b_2 h_2 + \dots + b_n h_n \quad \text{ekvation A.1}$$

$$H_0 = \frac{(A_1 h_1 + A_2 h_2 + \dots + A_n h_n)}{A_0} \quad \text{ekvation A.2}$$



Figur B.1 Rum med flera öppningar.

### Maximal effektutveckling, brand i Wallenbergsalen/foajén

Den effektutveckling som ventilationsöppningarna tillåter beräknas med hjälp av ekvation A.1, A.2 och 7.2. Vid beräkningarna uppskattas ventilationsöppningarna bestå av 3 fönster med bredden 2m och höjden 4 m.  $A_0$  blir då  $3 \cdot (2 \cdot 4) = 24 m^2$  och  $H_0$  blir  $\frac{3 \cdot (4 \cdot 4 \cdot 2)}{24} = 4 m$ .

Den sökta effektutvecklingen blir med dessa värden:  $1,518 \cdot 24 \cdot \sqrt{4} = 73 MW$

Den effektutveckling som syret som finns i lokalen från början kan ge upphov till beräknas med ekvation 6.4 och 6.6. Rummets volym uppskattas, med hjälp av ritningar och mätningar, till  $1200 m^3$ . Den totala energimängden som syret i rummet kan utveckla blir då  $1,2576 \cdot 1200 = 1509 MJ$ .

Tiden då denna energimängd har utvecklats kan beräknas med ekvation 6.6. Tillväxtfaktorn har beräknats till  $0,077 kW/s^2$ , tiden blir  $t = \sqrt[3]{\frac{1509000 \cdot 3}{0,077}} = 366 s$ . Vid denna tid har en effektutveckling på  $0,077 \cdot 366^2 = 10\,000 kW = 10 MW$ , uppnåtts.

## Maximal effektutveckling, brand i serveringen

Den effektutveckling som ventilationsöppningarna tillåter beräknas med hjälp av ekvation A.1, A.2 och 6.2. Vid beräkningarna uppskattas ventilationsöppningarna bestå av 30 fönster med bredden 1 m och höjden 1 m.  $A_0$  blir då  $30 \cdot (1 \cdot 1) = 30 \text{ m}^2$  och  $H_0$  blir  $\frac{30 \cdot (1 \cdot 1)}{30} = 1 \text{ m}$ .

Den sökta effektutvecklingen blir med dessa värden:  $1,518 \cdot 30 \cdot \sqrt{1} = 46 \text{ MW}$

Den effektutveckling som syret som finns i lokalen från början kan ge upphov till beräknas med ekvation 6.4 och 6.6. Rummets volym uppskattas, med hjälp av ritningar och mätningar, till  $640 \text{ m}^3$ . Den totala energimängden som syret i rummet kan utveckla blir då  $1,2576 \cdot 1200 = 804 \text{ MJ}$ .

Tiden då denna energimängd har utvecklats kan beräknas med ekvation 6.6. Tillväxtfaktorn har beräknats till  $0,21 \text{ kW/s}^2$ , tiden blir  $t = \sqrt[3]{\frac{804000 \cdot 3}{0,21}} = 213 \text{ s}$ . Vid denna tid har en effektutveckling på  $0,21 \cdot 213^2 = 9592 \text{ kW} = 10 \text{ MW}$ , uppnått.

## Maximal effektutveckling, brand i nedre utställningshallen

Den effektutveckling som ventilationsöppningarna tillåter beräknas med hjälp av ekvation A.1, A.2 och 6.2. Vid beräkningarna uppskattas ventilationsöppningarna bestå av 2 dörrar med bredden 1 m och höjden 2,1 m samt en dörr med bredden 1,5 m och höjden 2,1 m.  $A_0$  blir då  $2 \cdot (1 \cdot 2,1) + 1,5 \cdot 2,1 = 7,35 \text{ m}^2$  och  $H_0$  blir  $\frac{2 \cdot (1 \cdot 2,1) + 1,5 \cdot 2,1}{7,35} = 2,1 \text{ m}$ .

Den sökta effektutvecklingen blir med dessa värden:  $1,518 \cdot 7,35 \cdot \sqrt{2,1} = 16 \text{ MW}$

Den effektutveckling som syret som finns i lokalen från början kan ge upphov till beräknas med ekvation 6.4 och 6.6. Rummets volym uppskattas, med hjälp av ritningar och mätningar, till  $1465 \text{ m}^3$ . Den totala energimängden som syret i rummet kan utveckla blir då  $1,2576 \cdot 1465 = 2225 \text{ MJ}$ .

Tiden då denna energimängd har utvecklats kan beräknas med ekvation 6.6. Tillväxtfaktorn har beräknats till  $0,21 \text{ kW/s}^2$ , tiden blir  $t = \sqrt[3]{\frac{2225000 \cdot 3}{0,21}} = 299 \text{ s}$ . Vid denna tid har en effektutveckling på  $0,21 \cdot 299^2 = 18780 \text{ kW} = 19 \text{ MW}$ , uppnått.

## Bilaga C FDS-teori

---

*I denna bilaga förklaras FDS och CFD teoretiskt.*

FDS, Fire Dynamics Simulator, är en CFD-modell (Computational Fluid Dynamics) för branddrivna flöden. CFD är simulering av ett fluidsysteem med hjälp av matematiska och fysikaliska problemformuleringar och numeriska metoder. Till skillnad från tvåzonsmodeller som delar in utrymmet i två volymer, en kall och en varm volym, så använder CFD-modeller ett stort antal celler som representerar volymen i utrymmet. För var och en av dessa celler löses sedan icke-linjära partiella differentialekvationer för massans, rörelsemängdens och energins bevarande, de så kallade Navier-Stokes-ekvationerna. Då dessa ekvationer för turbulenta flöden är alltför komplexa för att lösas direkt används ett antal förenklade undermodeller för att möjliggöra lösning.

FDS använder sig av LES (Large Eddy Simulation) som är en teknik för att lösa turbulenta strukturer. I FDS sker en filtrering av små virvlar. De små virvlarna som filtreras bort approximeras och löses av en ”sub grid”-modell, t.ex. Smagorinskys modell som är empiriskt framtagen medan de stora virvlarna simuleras och löses direkt. I FDS löses ekvationerna för var och en av cellerna explicit och en medelvärdesbildning sker över volymen på cellerna. Detta innebär att ju större celler som används desto större osäkerhet i lösningen eftersom hela cellen får samma värde. Delas en cell in i mindre celler så blir medelvärdesbildningen annorlunda mellan de olika cellerna. Slutsatsen är att ju mindre celler som används desto bättre resultat fås.

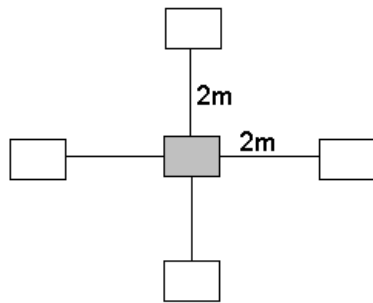
LES kräver ett finare rutnät än andra tekniker som exempelvis RANS (Reynolds Average Navier Stokes), vilken var en av de första teknikerna att användas inom CFD. I jämförelse med DNS (Direct Numerical Simulation) kan emellertid ett mycket grövre rutnät användas. Nackdelen med DNS är att de små längdskalorna leder till ett stort antal celler som inte kan simuleras med dagens datorkraft (Carlsson, 2003).



## Bilaga D Strålningsberäkningar

I denna bilaga undersöks huruvida strålning från startobjektet kan antända andra utställningsobjekt i den nedre utställningshallen.

I den nedre utställningshallen antas en brand i ett utställningsobjekt likna en garderobsbrand med maximal effektutveckling på 3024 kW (Särdqvist, 1993, Y3.1/11). Varje utställningsobjekt har en höjd på 1,8 meter, bredd på 0,61 meter och ett djup på 1,22 meter. Avståndet mellan utställningsobjekten antas vara två meter med placering enligt figur C.1.



Figur C.1 Utställningsobjektens placering, startobjektet är markerat grått.

Branden som antas starta i utställningsobjektet i mitten, kan genom strålning antända övriga utställningsobjekt. För att avgöra om spridning sker utförs beräkningar på den infallande strålningsintensiteten. Strålningen från en yta till en punkt kan beräknas med ekvation B.1.

$$\dot{q}'' = E \cdot \Phi = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot \Phi \quad \text{ekvation B.1 (Drysdale, 1998)}$$

Där  $\dot{q}''$  är den infallande strålningsintensiteten [ $\text{kW/m}^2$ ],  $\varepsilon$  är emissiviteten,  $\sigma$  är Stefan-Boltzmanns konstant [ $\text{W/m}^2\text{K}^4$ ],  $T$  är flamtemperaturen [ $\text{K}$ ] och  $\Phi$  är synfaktorn.

Flamman approximeras med en rektangel som antas utgöra den strålade arean, se figur C.2. För att beräkna synfaktorn, måste således flammans höjd och bredd bestämmas. Bredden beräknas genom att först beräkna utställningsobjektets bottenarea, för att sedan anta att samma area gäller för en cirkulär flamma, med en diameter som utgör flammans bredd.

$$A = l \cdot b = 0,61 \cdot 1,22 = 0,7442 \text{ m}^2$$
$$A = \pi r^2 \rightarrow D = 2 \cdot \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,7442}{\pi}} = 0,97 \text{ m}$$

Flamhöjden kan beräknas med ekvation B.2.

$$L_f = 0,235\dot{Q}^{2/5} - 1,02D \quad \text{ekvation B.2 (Karlsson & Quintiere, 2000)}$$

Där  $L$  är den sökta flamhöjden [ $\text{m}$ ],  $\dot{Q}$  är effektutvecklingen [ $\text{kW}$ ] och  $D$  är flammans diameter [ $\text{m}$ ]. Denna ekvation är giltig om  $1 < \dot{Q}^* < 1000$ , vilket den är i detta fall.

Med värden enligt ovan blir:

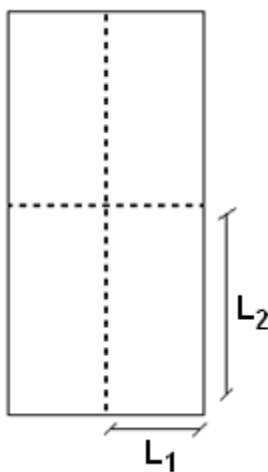
$$L_f = 0,235\dot{Q}^{2/5} - 1,02D = 0,235 \cdot 3024^{2/5} - 1,02 \cdot 0,97 = 4,8 \text{ m}$$

Takhöjden i lokalen är endast 3 meter. Eftersom den framräknade flamhöjden är högre än takhöjden antas flammorna breda ut sig under taket. Strålningsberäkningar utförs därför även för den del av flammen som breder ut sig under taket.

Synfaktorn utläses ur tabell för värden på  $S$  och  $\alpha$  enligt (Drysdale, 1998):

$$S = \frac{L_1}{L_2} \quad \alpha = \frac{L_1 \cdot L_2}{D^2}$$

Där  $L_1$  och  $L_2$  [m] definieras enligt figur C.2 och  $D$  är avståndet från den strålande ytan [m]. Strålningen antas ske från mitten av rektangeln. Den totala synfaktorn blir då fyra gånger större än synfaktorn för en av delarna i figur C.2.



Figur C.2 Den strålande ytan.

För den del av flammen som sträcker sig upp till taket är  $L_1$  0,49 m och  $L_2$  1,5 m. Avståndet från flammen till det mottagande objektet antas vara 2 meter. Med dessa värden blir  $S$  0,3 och  $\alpha$  0,2. Ur tabell utläses synfaktorn 0,045 för dessa värden. Den totala synfaktorn blir fyra gånger så stor 0,18.

En emissivitet på 1 och en flamtemperatur på 1073 K kan antas, Stefan-Boltzmanns konstant är  $5,67 \cdot 10^{-8}$  (Drysdale, 1998). Med dessa värden blir den infallande strålningsintensiteten:

$$\dot{q}'' = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot \Phi = 1 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 1073^4 \cdot 0,18 = 13,5 \text{ kW/m}^2$$

Utbredningen av flammen under taket kan beräknas genom ekvation B.3.

$$0,95(L_f - H) \quad \text{ekvation B.3 (Karlsson \& Quintiere, 2000)}$$

Där  $L_f$  är flamhöjden [m] och  $H$  är höjden på rummet [m].

Utbredningen under taket blir således:

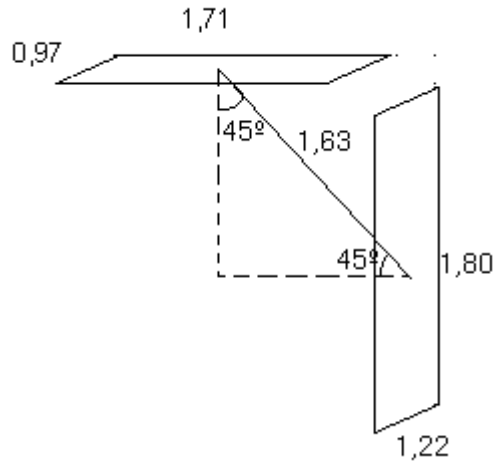
$$0,95(4,8 - 3,0) = 1,71 \text{ m}$$

Den infallande strålningsintensiteten per kvadratmeter kan beräknas med ekvation B.4.



$$\dot{q}'' = E \cdot \int_0^{A_1} \frac{\cos\theta_1 \cdot \cos\theta_2}{\pi r^2} \cdot dA_1 \quad \text{ekvation B.4 (Drysdale, 1998)}$$

Där  $\theta_1$  och  $\theta_2$  är vinklar som definieras i figur C.3 och  $r_d$  är avståndet mellan ytorna [m].



Figur C.3 Strålning från flammans utbredning i taket.

$\theta_1$  och  $\theta_2$  antas båda vara 45 grader och  $r$  antas vara 1,63 m. Med dessa värden blir den infallande strålningsintensiteten:

$$\dot{q}'' = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 1073^4 \cdot \int_0^A \frac{\cos 45 \cdot \cos 45}{\pi \cdot 1,63^2} \cdot dA = \frac{\cos 45 \cdot \cos 45}{\pi \cdot 1,63^2} \cdot 1,71 \cdot 0,97 = 7,5 \text{ kW/m}^2$$

Den totala infallande strålningsintensiteten mot ett av utställningsobjekten blir 21 kW/m<sup>2</sup> vilket är summan av de två framräknade strålningsintensiteterna.



# Bilaga E Indatafiler till CFAST

---

*I denna bilaga redovisas indatafilerna till CFAST.*

## Wallenbergsalen

VERSN,6,Wallenbergsalen

!!

!!Environmental Keywords

!!

TIMES,360,-25,0,30,30

EAMB,293.15,101300,0

TAMB,293.15,101300,0,50

CJET,WALLS

CHEMI,10,393.15

WIND,0,10,0.16

!!

!!Compartment keywords

!!

COMPA,Wallenbergsalen,18.5,10.5,5,7,0,0,COMBRICK,HARDWOOD,HARDWOOD

COMPA,Foajen,25.5,7.5,4,0,10.5,1,COMBRICK,COMBRICK,COMBRICK

HALL,2,-1,-1,-1

!!

!!vent keywords

!!

HVENT,1,2,1,2,3,1,1,16,16,3,1

HVENT,2,3,1,0.5,2,1.5,1,1,1,1,1

!!

!!fire keywords

!!

OBJECT,WallenbergNormalAlfa,1,17,9,1.1,1,1,0,0,0,1

!!

!!target and detector keywords

!!

## **Serveringen**

VERSN,6,Serveringen

!!

!!Environmental Keywords

!!

TIMES,180,-50,0,30,30

EAMB,293.15,101300,0

TAMB,293.15,101300,0,50

CJET,WALLS

CHEMI,10,393.15

WIND,0,10,0.16

!!

!!Compartment keywords

!!

COMPA,Serveringen nedre våning,7.8,18,3.4,0,0,0,COMBRICK,COMBRICK,COMBRICK

COMPA,Serveringen övre våningen,7.8,18,3.4,0,0,3.4,COMBRICK,COMBRICK,COMBRICK

!!

!!vent keywords

!!

HVENT,2,3,1,0.3,2.9,2.6,1,1.5,1.5,4,1

VVENT,2,1,37,2,1

!!

!!fire keywords

!!

OBJECT,ServeringenBranden,1,1,8,0.2,1,1,0,0,0,1

!!

!!target and detector keywords

!!

## **Nedre utställningshallen**

VERSN,6,Nedre utställningshallen

!!

!!Environmental Keywords

!!

TIMES,180,-50,0,30,30

EAMB,293.15,101300,0

TAMB,293.15,101300,0,50

CJET,WALLS

CHEMI,10,393.15

WIND,0,10,0.16

!!

!!Compartment keywords

!!

COMPA,Nedre utställningshallen,48,14,2.75,0,0,0,COMBRICK,COMBRICK,COMBRICK

HALL,1,-1,-1,-1

!!

!!vent keywords

!!

HVENT,2,1,1,1,2,0,1,12,12,4,1

HVENT,2,1,2,1,2,0,1,1,1,3,1

!!

!!fire keywords

!!

OBJECT,NedreUtställningshallenBRANDEN,1,3,3,0.5,1,1,0,0,0,1

!!

!!target and detector keywords



# Bilaga F Indatafiler till FDS

*I denna bilaga redovisas de inputfiler som använts i FDS-simuleringarna.*

## Simulering av brand i Wallenbergsalen

```
&HEAD CHID='BTR_WALLENBERGSALEN',TITLE='BTR_WALLENBERGSALEN'/

##### MESHEN MODERATE MED CELLSTORLEKEN 0.25 x 0.25 x 0.25 m
&MESH IJK=108,96,24, XB=0,27,0,24,0,6 /

#### SIMULERINGSTIDEN (5 MINUTER) ÖVERSKRIDER UTRYMNINGSTIDEN
&TIME T_END=300.0 /
&DUMP DT_RESTART=30.0 /

#### STRÅLNINGEN SÄTTTS TILL 100 STRÅLNINGSVINKLAR, ETT HYFSAT VÄRDE PÅ
KORTARE AVSTÅND OCH SOTIGA BRÄNDER
&MISC RADIATION=.TRUE. /
&RADI NUMBER_RADIATION_ANGLES = 100 /

#### BRÄNSLETS EGENSKAPER HÄMTAT FRÅN TEWARSON (2002)
&REAC ID='WOOD',
      SOOT_YIELD=0.015,
      CO_YIELD=0.008,
      C=12,
      H=22,
      HEAT_OF_COMBUSTION=19500,
      IDEAL=.TRUE. /

#### ANTAG ATT BRANDEN ÄR OMKRING 1 KVADRATMETER I GENOMSNITT UNDER
UTRYMNINGSFASEN
#### ANVÄNDER RAMP FÖR ATT ANPASSA EFFEKTUTVECKLINGSKURVAN
&SURF ID='BURNER', HRRPUA=11119., COLOR='TOMATO', RAMP_Q='TILLVAXT' /
&OBST XB=24.75, 25.75, 9.5, 10.5, 1.5, 1.75,
SURF_ID6='INERT','INERT','INERT','INERT','INERT','BURNER' /

#### EFFEKTUTVECKLING (RAMP)
&RAMP ID='TILLVAXT', T=0.0, F=0.0 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=10.0, F=0.000449681 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=20.0, F=0.001798723 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=30.0, F=0.004047127 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=40.0, F=0.007194892 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=50.0, F=0.011242018 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=60.0, F=0.016188506 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=70.0, F=0.022034356 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=80.0, F=0.028779567 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=90.0, F=0.036424139 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=100.0, F=0.044968073 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=110.0, F=0.054411368 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=120.0, F=0.064754025 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=130.0, F=0.075996043 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=140.0, F=0.088137422 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=150.0, F=0.101178164 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=160.0, F=0.115118266 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=170.0, F=0.12995773 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=180.0, F=0.145696555 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=190.0, F=0.162334742 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=200.0, F=0.179872291 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=210.0, F=0.1983092 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=220.0, F=0.217645472 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=230.0, F=0.237881104 /
```

```

&RAMP ID='TILLVAXT', T=240.0, F=0.259016099 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=250.0, F=0.281050454 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=260.0, F=0.303984171 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=270.0, F=0.32781725 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=280.0, F=0.35254969 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=290.0, F=0.378181491 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=300.0, F=0.404712654 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=310.0, F=0.432143178 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=320.0, F=0.460473064 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=330.0, F=0.489702311 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=340.0, F=0.51983092 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=350.0, F=0.55085889 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=360.0, F=0.582786 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=370.0, F=1.0 /

#### VÄGG/GOLV/TAK-MATERIAL OCH DEN YTA DE SITTE PÅ
&MATL ID = 'TEGEL',
    CONDUCTIVITY = 0.69,
    SPECIFIC_HEAT = 0.84,
    DENSITY = 1600. /

&SURF ID = 'VAGGAR',
    MATL_ID = 'TEGEL',
    BACKING = 'EXPOSED',
    THICKNESS = 0.25 /

#### GEOMETRI
#### GOLV OCH TAK
&OBST XB=0.0, 26.0, 0.0, 18.0, 0.0, 0.25, SURF_ID = 'VAGGAR' /
&OBST XB=0.0, 26.0, 0.0, 18.0, 5.25, 5.5, SURF_ID = 'VAGGAR', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.0 /

&OBST XB=0.0, 5.75, 18.0, 23.0, 5.25, 5.5, SURF_ID = 'VAGGAR' /

#### LÅNGA VÄGGAR
&OBST XB=0.0, 26.0, 0.0, 0.25, 0.25, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BLUE', TRANSPARENCY=0.0 /
&OBST XB=0.0, 26.0, 17.75, 18.0, 0.25, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR' /
&HOLE XB=0.25, 4.0, 17.50, 18.25, 1.5, 5.25 /

&HOLE XB=4.25, 5.5, 17.5, 18.0, 3.0, 5.25 /

&OBST XB=0.0, 5.75, 22.75, 23.0, 0.25, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BLUE', TRANSPARENCY=0.0 /

#### KORTA VÄGGAR
&OBST XB=0.0, 0.25, 0.25, 17.75, 0.25, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BLUE', TRANSPARENCY=0.0 /
&OBST XB=0.0, 0.25, 17.75, 22.75, 0.25, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BLUE', TRANSPARENCY=0.0 /
&OBST XB=25.75, 26.0, 0.25, 17.75, 0.25, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR' /

#### GOLV I HÖGA DELEN AV WALLEMBERG OCH IN I FOAJEN
&OBST XB=20.0, 25.75, 0.25, 17.75, 0.25, 1.5, SURF_ID = 'VAGGAR' /

#### GOLV I RESTEN AV WALLEMBERG
&OBST XB=18.0, 20.0, 0.25, 10.75, 0.25, 1.25, SURF_ID = 'VAGGAR' /
&OBST XB=16.0, 18.0, 0.25, 10.75, 0.25, 1.0, SURF_ID = 'VAGGAR' /
&OBST XB=14.0, 16.0, 0.25, 10.75, 0.25, 0.75, SURF_ID = 'VAGGAR' /
&OBST XB=12.0, 14.0, 0.25, 10.75, 0.25, 0.5, SURF_ID = 'VAGGAR' /

```



```

&OBST XB=7.25, 11.75, 0.25, 10.75, 0.25, 0.75, SURF_ID = 'VAGGAR' /

##### PELARNA I WALLEBERGSALEN
&OBST XB=11.75, 12.0, 1.25, 1.5, 0.25, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='GRAY 30' /
&OBST XB=15, 15.25, 1.25, 1.5, 0.75, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY
30' /
&OBST XB=18, 18.25, 1.25, 1.5, 1.25, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY
30' /
&OBST XB=21, 21.25, 1.25, 1.5, 1.5, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY
30' /

#### GOLV OCH FAST INREDNING I RESTEN AV FOAJEN
&OBST XB=0.25, 20.0, 10.75, 17.75, 0.25, 1.5, SURF_ID = 'VAGGAR' /
&OBST XB=4.25, 25.75, 16.0, 17.75, 1.5, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR' /

#### PELARE FOAJEN
&OBST XB=22.0, 22.25, 16.0, 16.25, 3.0, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='GRAY 30' /
&OBST XB=18.0, 18.25, 16.0, 16.25, 3.0, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='GRAY 30' /
&OBST XB=14.0, 14.25, 16.0, 16.25, 3.0, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='GRAY 30' /
&OBST XB=10.0, 10.25, 16.0, 16.25, 3.0, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='GRAY 30' /
&OBST XB=6.0, 6.25, 16.0, 16.25, 3.0, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY
30' /

&OBST XB=4.0, 4.25, 16.0, 17.75, 1.5, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR' /
&OBST XB=4.25, 5.75, 18.0, 22.75, 0.25, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR' /

#### TRAPPAN I FOAJEN
&OBST XB=0.25, 4.0, 21.75, 22.75, 0.25, 2.75, SURF_ID = 'VAGGAR' /
&OBST XB=0.25, 4.0, 20.75, 21.75, 0.25, 2.5, SURF_ID = 'VAGGAR' /
&OBST XB=0.25, 4.0, 19.75, 20.75, 0.25, 2.25, SURF_ID = 'VAGGAR' /
&OBST XB=0.25, 4.0, 18.75, 19.75, 0.25, 2.0, SURF_ID = 'VAGGAR' /
&OBST XB=0.25, 4.0, 18.0, 18.75, 0.25, 1.75, SURF_ID = 'VAGGAR' /

&OBST XB=5.5, 5.75, 18.0, 22.75, 3.0, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR' /

&OBST XB=4.0, 4.25, 18.0, 22.75, 0.25, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR' /
&HOLE XB=3.75, 4.5, 21.75, 22.75, 3.0, 5.0 /

#### RECEPTIONEN OCH HYLLOR I FOAJEN
&OBST XB=10.0, 20.0, 14.5, 14.75, 1.5, 3.5, COLOR='GRAY 50', SURF_ID =
'VAGGAR' /
&OBST XB=3.5, 5.75, 11.25, 13.5, 1.5, 3.5, COLOR='GRAY 50', SURF_ID =
'VAGGAR', SAWTOOTH=.FALSE. /

#### WALLEBERGSALENS DUK OCH FARSTUN
&OBST XB=0.25, 7.25, 0.25, 10.75, 0.25, 1.5, SURF_ID = 'VAGGAR' /

&OBST XB=0.25, 7.0, 8.0, 8.25, 1.5, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR' /
&HOLE XB=3.0, 4.0, 7.75, 8.5, 3.0, 3.25 /

&OBST XB=7.0, 7.25, 0.25, 11.0, 1.5, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR' /

#### VÄGG MELLAN WALLEBERGSALEN OCH FOAJEN INKLUSIVE PROJEKTRUM
&OBST XB=7.25, 21.5, 10.75, 11.0, 1.5, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR' /
&OBST XB=21.5, 23.5, 10.75, 11.0, 1.5, 3.75, SURF_ID = 'VAGGAR' /
&OBST XB=21.5, 25.75, 7.5, 11.0, 3.75, 5.25, SURF_ID = 'VAGGAR' /

```

```

&OBST XB=21.5, 21.75, 9.0, 10.75, 1.5, 3.75, SURF_ID = 'VAGGAR' /

#### SLICE FILES FÖR VISSA KVANTITETER PÅ INTRESSANTA HÖJDER
&SLCF PBZ=3.3, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&SLCF PBZ=3.3, QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY' /

&SLCF PBZ=3.5, QUANTITY='VISIBILITY' /

&SLCF PBZ=2.9, QUANTITY='VISIBILITY' /

&SLCF PBZ=2.25, QUANTITY='VISIBILITY' /

&SLCF PBY=5.0, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&SLCF PBY=12.5, QUANTITY='TEMPERATURE' /

#### DEVICES DETEKTORER, EGENSKAPER FÖR DETEKTORERNA ÄR TAGNA UR MCGRATTAN
(2010)
&PROP ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',
LENGTH=1.8, ACTIVATION_OBSCURATION=3.28 /
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_FOAJEN_1', PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER',
XYZ=13.0, 17.0, 5.2/
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_FOAJEN_2', PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER',
XYZ=0.5, 22.0, 5.2/
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_WALLENBERG_1',
PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER', XYZ=13.5, 1.3, 5.2/
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_WALLENBERG_2',
PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER', XYZ=15.1, 6.0, 5.2/
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_WALLENBERG_3',
PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER', XYZ=15.5, 9.8, 5.2/
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_WALLENBERG_4',
PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER', XYZ=21.1, 1.8, 5.2/
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_WALLENBERG_5',
PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER', XYZ=20.5, 9.8, 5.2/
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_WALLENBERG_6',
PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER', XYZ=22.0, 7.1, 5.2/

#### DEVICES FÖR ATT MÄTA CO, CO2, O2, INFALLANDE STRÅLNING, TEMPERATUR
&DEVC ID='wall co', XYZ=22.3,1.8,3.5, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='carbon monoxide' /

&DEVC ID='wall co2', XYZ=22.3,1.8,3.5, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='carbon dioxide' /

&DEVC ID='wall o2', XYZ=22.3,1.8,3.5, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='oxygen' /

&DEVC ID='wall_str', XYZ = 22.0,1.8,3.25, IOR = 3, QUANTITY = 'INCIDENT
HEAT FLUX' /
&OBST XB=21.75, 22.25, 1.75, 2.0, 3.0, 3.25, SURF_ID = 'INERT' /

&DEVC ID='wall_temp', XYZ = 22.3,1.8,3.3, QUANTITY = 'TEMPERATURE' /

&DEVC ID='foaje co', XYZ=1.5,12.0,3.5, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='carbon monoxide' /

&DEVC ID='foaje co2', XYZ=1.5,12.0,3.5, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='carbon dioxide' /

```

```

&DEVC ID='foaje_o2', XYZ=1.5,12.0,3.5, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='oxygen' /

&DEVC ID='foaje_str', XYZ = 1.5,11.0,3.25, IOR = 3, QUANTITY = 'INCIDENT
HEAT FLUX' /
&OBST XB=1.25, 1.75, 10.75, 11.25, 3.0, 3.25, SURF_ID = 'INERT' /

&DEVC ID='foaje_temp', XYZ = 1.5,12.0,3.3, QUANTITY = 'TEMPERATURE' /

##### ÖPPNINGAR TILL ATMOSFÄR
&VENT MB='XMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='XMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='ZMAX', SURF_ID='OPEN' /

&TAIL /

```

## Simulering av brand i serveringen

```

&HEAD CHID='BTR_SERVERINGEN',TITLE='BTR_SERVERINGEN' /

##### MESHEN MODERATE MED CELLSTORLEKEN 0.15 x 0.15 x 0.15 m
&MESH IJK=54,120,54, XB=0,8.1,0,18,0,8.1 /

#### SIMULERINGSTIDEN (3 MINUTER) ÖVERSKRIDER UTRYMNINGSTIDEN
&TIME T_END=180.0 /
&DUMP DT_RESTART=30.0 /

#### STRÅLNINGEN SÄTTTS TILL 100 STRÅLNINGSVINKLAR, ETT HYFSAT VÄRDE PÅ
KORTARE AVSTÅND OCH SOTIGA BRÄNDER
&MISC RADIATION=.TRUE./
&RADI NUMBER_RADIATION_ANGLES = 100 /

#### BRÄNSLETS EGENSKAPER HÄMTAT FRÅN TEWARSON (2002)
&REAC ID='WOOD',
      SOOT_YIELD=0.015,
      CO_YIELD=0.008,
      C=12,
      H=22,
      HEAT_OF_COMBUSTION=19500,
      IDEAL=.TRUE. /

#### ANTAG ATT BRANDEN ÄR OMKRING 0.25 KVADRATMETER I GENOMSNITT UNDER
UTRYMNINGSFASEN
#### ANVÄNDER RAMP FÖR ATT ANPASSA EFFEKTUTVECKLINGSKURVAN
&SURF ID='BURNER', HRRPUA=16020., COLOR='TOMATO', RAMP_Q='TILLVAXT' /
&OBST XB=0.15, 0.60, 7.95, 8.4, 1.35, 1.5,
SURF_ID6='INERT','INERT','INERT','INERT','INERT','BURNER' /

#### EFFEKTUTVECKLING (RAMP)
&RAMP ID='TILLVAXT', T=0.0, F=0.0678 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=10.0, F=0.0693 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=20.0, F=0.0736 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=30.0, F=0.0809 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=40.0, F=0.0910 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=50.0, F=0.104 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=60.0, F=0.120 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=70.0, F=0.139 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=80.0, F=0.161 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=90.0, F=0.185 /

```

```

&RAMP ID='TILLVAXT', T=100.0, F=0.213 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=110.0, F=0.243 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=120.0, F=0.276 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=130.0, F=0.313 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=140.0, F=0.352 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=150.0, F=0.394 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=160.0, F=0.439 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=170.0, F=0.487 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=180.0, F=0.537 /
&RAMP ID='TILLVAXT', T=600.0, F=1.0 /

```

```

#### VÄGG/GOLV/TAK-MATERIAL OCH DEN YTA DE SITTE PÅ

```

```

&MATL ID = 'TEGEL',
    CONDUCTIVITY = 0.69,
    SPECIFIC_HEAT = 0.84,
    DENSITY = 1600. /

```

```

&SURF ID = 'VAGGAR',
    MATL_ID = 'TEGEL',
    BACKING = 'EXPOSED',
    THICKNESS = 0.25 /

```

```

#### GEOMETRI

```

```

#### GOLV OCH TAK

```

```

&OBST XB=0.0, 7.8, 0.0, 18.0, 0.0, 0.15, SURF_ID = 'VAGGAR' /
&OBST XB=0.0, 7.8, 0.0, 18.0, 7.2, 7.35, SURF_ID = 'VAGGAR', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.0 /

```

```

#### LÅNGA VÄGGAR

```

```

&OBST XB=0.0, 0.15, 0.0, 18.0, 0.15, 7.2, SURF_ID = 'VAGGAR' /
&OBST XB=7.65, 7.8, 0.0, 18.0, 0.15, 7.2, SURF_ID = 'VAGGAR', COLOR='BLUE',
TRANSPARENCY=0.0 /

```

```

&HOLE XB=-0.15, 0.3, 1.8, 1.95, 6.75, 6.9 /

```

```

#### KORTA VÄGGAR

```

```

&OBST XB=0.15, 7.65, 0.0, 0.15, 0.15, 7.2, SURF_ID = 'VAGGAR' /
&OBST XB=0.15, 7.65, 17.85, 18.0, 0.15, 7.2, SURF_ID = 'VAGGAR' /

```

```

#### KÖKET NEDRE VÅNINGEN

```

```

&OBST XB=0.15, 3.45, 1.8, 1.95, 0.15, 3.6, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' /
&OBST XB=0.15, 3.30, 6.45, 6.6, 0.15, 3.6, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' /
&OBST XB=0.15, 3.30, 10.45, 10.60, 0.15, 3.6, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' /
&OBST XB=0.15, 3.45, 13.5, 13.65, 0.15, 3.6, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' /
&OBST XB=3.3, 3.45, 1.95, 13.5, 0.15, 3.6, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' /

```

```

&HOLE XB=3.15, 3.60, 6.6, 10.5, 1.05, 2.25 /

```

```

#### WC NEDRE VÅNING

```

```

&OBST XB=0.15, 6.30, 16.05, 16.20, 0.15, 3.6, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='CHOCOLATE' /
&OBST XB=6.15, 6.30, 16.20, 17.85, 0.15, 3.6, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='CHOCOLATE' /

```

```

#### ANDRA VÅNINGENS GOLV

```

&OBST XB=0.15, 3.45, 1.8, 17.85, 3.6, 4.05, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 60', /  
&OBST XB=3.45, 4.20, 2.55, 17.85, 3.6, 4.05, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 60', /  
&OBST XB=4.20, 4.95, 3.3, 17.85, 3.6, 4.05, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 60', /  
&OBST XB=4.95, 5.70, 4.05, 17.85, 3.6, 4.05, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 60', /  
&OBST XB=5.70, 6.45, 4.8, 17.85, 3.6, 4.05, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 60', /  
&OBST XB=6.45, 7.65, 4.8, 6.6, 3.6, 4.05, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 60', /

## RÄCKENA, 0.75 meter höga

&OBST XB=0.15, 3.45, 1.8, 1.95, 4.05, 4.80, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /  
&OBST XB=3.30, 3.45, 1.95, 2.70, 4.05, 4.80, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /

&OBST XB=3.45, 4.20, 2.55, 2.70, 4.05, 4.80, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /  
&OBST XB=4.05, 4.20, 2.70, 3.45, 4.05, 4.80, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /

&OBST XB=4.20, 4.95, 3.3, 3.45, 4.05, 4.80, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /  
&OBST XB=4.80, 4.95, 3.45, 4.20, 4.05, 4.80, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /

&OBST XB=4.95, 5.7, 4.05, 4.20, 4.05, 4.80, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /  
&OBST XB=5.55, 5.7, 4.20, 4.95, 4.05, 4.80, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /

&OBST XB=5.70, 7.65, 4.80, 4.95, 4.05, 4.80, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /

&OBST XB=6.30, 6.45, 6.6, 17.85, 4.05, 4.80, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /

#### TRAPPAN

&OBST XB=6.45, 7.65, 6.6, 7.05, 3.45, 3.75, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /  
&OBST XB=6.45, 7.65, 7.05, 7.5, 3.15, 3.45, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /  
&OBST XB=6.45, 7.65, 7.5, 7.95, 2.85, 3.15, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /  
&OBST XB=6.45, 7.65, 7.95, 8.40, 2.55, 2.85, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /  
&OBST XB=6.45, 7.65, 8.40, 8.85, 2.25, 2.55, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /  
&OBST XB=6.45, 7.65, 8.85, 9.3, 1.95, 2.25, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /  
&OBST XB=6.45, 7.65, 9.3, 9.75, 1.65, 1.95, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /  
&OBST XB=6.45, 7.65, 9.75, 10.2, 1.35, 1.65, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /  
&OBST XB=6.45, 7.65, 10.2, 10.65, 1.05, 1.35, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /  
&OBST XB=6.45, 7.65, 10.65, 11.10, 0.75, 1.05, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY 40', /

```

&OBST XB=6.45, 7.65, 11.10, 11.55, 0.45, 0.75, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='GRAY 40' /
&OBST XB=6.45, 7.65, 11.55, 12.00, 0.15, 0.45, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='GRAY 40' /

#### SLICE FILES FÖR VISSA KVANTITETER PÅ INTRESSANTA HÖJDER
&SLCF PBZ=1.95, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=5.85, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&SLCF PBZ=1.95, QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY' /
&SLCF PBZ=5.85, QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY' /

&SLCF PBZ=2.15, QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBZ=6.05, QUANTITY='VISIBILITY' /

&SLCF PBX=4.0, QUANTITY='TEMPERATURE' /

#### DEVICES DETEKTORER, EGENSKAPER FÖR DETEKTORERNA ÄR TAGNA UR MCGRATTAN
(2010)
&PROP ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',
LENGTH=1.8, ACTIVATION_OBSCURATION=3.28 /
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_NEDRE_1', PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER',
XYZ=5.45, 6.6, 3.55/
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_NEDRE_2', PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER',
XYZ=5.45, 13.65, 3.55/
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_OVRE_1', PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER',
XYZ=3.8, 1.5, 7.15/
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_OVRE_2', PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER',
XYZ=3.8, 7.5, 7.15/
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_OVRE_3', PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER',
XYZ=3.8, 16.00, 7.15/

#### DEVICES FÖR ATT MÄTA CO, CO2, O2, INFALLANDE STRÅLNING, TEMPERATUR
#### NEDRE VÅNINGEN, FÖRSTA UTRYMNINGSVÄGEN
&DEVC ID='nv1 co', XYZ=7.0,1.15,2.15, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='carbon monoxide' /

&DEVC ID='nv1 co2', XYZ=7.0,1.15,2.15, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='carbon dioxide' /

&DEVC ID='nv1 o2', XYZ=7.0,1.15,2.15, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='oxygen' /

&DEVC ID='nv1_str', XYZ = 7.0,1.45,1.95, IOR = 3, QUANTITY = 'INCIDENT HEAT
FLUX' /
&OBST XB=6.9, 7.05, 1.35, 1.50, 1.8, 1.95, SURF_ID = 'INERT' /

&DEVC ID='nv1_temp', XYZ = 7.0,1.15,1.95, QUANTITY = 'TEMPERATURE' /

#### NEDRE VÅNINGEN, ANDRA UTRYMNINGSVÄGEN
&DEVC ID='nv2 co', XYZ=7.0,13.65,2.15, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='carbon monoxide' /

&DEVC ID='nv2 co2', XYZ=7.0,13.65,2.15, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='carbon dioxide' /

&DEVC ID='nv2 o2', XYZ=7.0,13.65,2.15, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='oxygen' /

```

```

&DEVC ID='nv2_str', XYZ = 7.0,14.95,1.95, IOR = 3, QUANTITY = 'INCIDENT
HEAT FLUX' /
&OBST XB=6.9, 7.05, 14.85, 15.0, 1.75, 1.95, SURF_ID = 'INERT' /

&DEVC ID='nv2_temp', XYZ = 7.0,13.65,1.95, QUANTITY = 'TEMPERATURE' /

#### ÖVRE VÅNINGEN
&DEVC ID='ov1_co', XYZ=1.15,1.15,5.45, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='carbon monoxide' /

&DEVC ID='ov1_co2', XYZ=1.15,1.15,5.45, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='carbon dioxide' /

&DEVC ID='ov1_o2', XYZ=1.15,1.15,5.45, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='oxygen' /

&DEVC ID='ov1_str', XYZ = 1.15, 1.45, 5.25, IOR = 3, QUANTITY = 'INCIDENT
HEAT FLUX' /
&OBST XB=1.05, 1.20, 1.35, 1.50, 5.05, 5.25, SURF_ID = 'INERT' /

&DEVC ID='ov1_temp', XYZ = 7.0,1.15,5.45, QUANTITY = 'TEMPERATURE' /

##### ÖPPNINGAR TILL ATMOSFÄR
&VENT MB='XMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='XMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='ZMAX', SURF_ID='OPEN' /

&TAIL /

```

## Simulering av brand i nedre utställningshallen

```

&HEAD CHID='BTR_UTSTALLNINGSHALL',TITLE='BTR_UTSTALLNINGSHALL'/

##### MESHEN MODERATE MED CELLSTORLEKEN 0.25 x 0.25 x 0.25 m
&MESH IJK=240,96,48, XB=-11,51,0,30,-1.5,10.5 /

#### SIMULERINGSTIDEN (3 MINUTER) ÖVERSKRIDER UTRYMNINGSTIDEN
&TIME T_END=180.0 /
&DUMP DT_RESTART=30./

#### STRÅLNINGEN SÄTTTS TILL 100 STRÅLNINGSVINKLAR, ETT HYFSAT VÄRDE PÅ
KORTARE AVSTÅND OCH SOTIGA BRÄNDER
&MISC RADIATION=.TRUE./
&RADI NUMBER_RADIATION_ANGLES = 100 / ÄNDRA DETTA IFALL DET SKULLE BEHÖVAS

#### BRÄNSLETS EGENSKAPER HÄMTAT FRÅN TEWARSON (2002)
&REAC ID='WOOD',
      SOOT_YIELD=0.015,
      CO_YIELD=0.008,
      C=12,
      H=22,
      HEAT_OF_COMBUSTION=19500,
      IDEAL=.TRUE. /

#### ANTAG ATT BRANDEN ÄR OMKRING 0.75 KVADRATMETER I GENOMSNITT
INLEDNINGSVIS. SEDAN SPRIDS DEN TILL ÖVRIGA
#### UTSTÄLLNINGSOBJEKT UNDER UTRYMNINGSFASEN
#### ANVÄNDER RAMP FÖR ATT ANPASSA EFFEKTUTVECKLINGSKURVAN

```

```
&SURF ID='BURNER', HRRPUA=4032., COLOR='TOMATO', RAMP_Q='TILLVAXT_START' /
&OBST XB=9.5, 10.25, 2.5, 3.5, 0.25, 1.15,
SURF_ID6='INERT','INERT','INERT','INERT','INERT','INERT','BURNER' /
```

```
&SURF ID='BURNER_RESTEN', HRRPUA=4032., COLOR='TOMATO',
RAMP_Q='TILLVAXT_RESTEN' /
&OBST XB=11.5, 12.25, 4.5, 5.5, 0.25, 1.15,
SURF_ID6='INERT','INERT','INERT','INERT','INERT','INERT','BURNER_RESTEN' /
&OBST XB=7.5, 8.25, 4.5, 5.5, 0.25, 1.15,
SURF_ID6='INERT','INERT','INERT','INERT','INERT','INERT','BURNER_RESTEN' /
&OBST XB=11.5, 12.25, 0.5, 1.5, 0.25, 1.15,
SURF_ID6='INERT','INERT','INERT','INERT','INERT','INERT','BURNER_RESTEN' /
&OBST XB=7.5, 8.25, 0.5, 1.5, 0.25, 1.15,
SURF_ID6='INERT','INERT','INERT','INERT','INERT','INERT','BURNER_RESTEN' /
```

#### EFFEKTUTVECKLING (START RAMP)

```
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=0.0, F=0.0678 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=10.0, F=0.0069 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=20.0, F=0.0278 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=30.0, F=0.0625 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=40.0, F=0.1111 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=50.0, F=0.1736 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=60.0, F=0.25 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=70.0, F=0.3403 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=80.0, F=0.4444 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=90.0, F=0.5625 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=100.0, F=0.6944 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=110.0, F=0.8403 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=120.0, F=1.0 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=130.0, F=0.9097 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=140.0, F=0.8781 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=150.0, F=0.8487 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=160.0, F=0.8212 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=170.0, F=0.7953 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=180.0, F=0.771 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=190.0, F=0.7479 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=200.0, F=0.726 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=210.0, F=0.7053 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=220.0, F=0.6854 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=230.0, F=0.6665 /
&RAMP ID='TILLVAXT_START', T=240.0, F=0.6483 /
```

#### EFFEKTUTVECKLING (RAMP ÖVRIGA UTSTÄLLNINGSOBJEKT)

```
&RAMP ID='TILLVAXT_RESTEN', T=0.0, F=0.0 /
&RAMP ID='TILLVAXT_RESTEN', T=120.0, F=0.0 /
&RAMP ID='TILLVAXT_RESTEN', T=130.0, F=0.0069 /
&RAMP ID='TILLVAXT_RESTEN', T=140.0, F=0.0278 /
&RAMP ID='TILLVAXT_RESTEN', T=150.0, F=0.0625 /
&RAMP ID='TILLVAXT_RESTEN', T=160.0, F=0.1111 /
&RAMP ID='TILLVAXT_RESTEN', T=170.0, F=0.1736 /
&RAMP ID='TILLVAXT_RESTEN', T=180.0, F=0.25 /
&RAMP ID='TILLVAXT_RESTEN', T=190.0, F=0.3403 /
&RAMP ID='TILLVAXT_RESTEN', T=200.0, F=0.4444 /
&RAMP ID='TILLVAXT_RESTEN', T=210.0, F=0.5625 /
&RAMP ID='TILLVAXT_RESTEN', T=220.0, F=0.6944 /
&RAMP ID='TILLVAXT_RESTEN', T=230.0, F=0.8403 /
&RAMP ID='TILLVAXT_RESTEN', T=240.0, F=1.0 /
```

```
#### VÄGG/GOLV/TAK-MATERIAL OCH DEN YTA DE SITTER PÅ
&MATL ID = 'TEGEL',
```



```

CONDUCTIVITY = 0.69,
SPECIFIC_HEAT = 0.84,
DENSITY = 1600. /

&SURF ID = 'VAGGAR',
MATL_ID = 'TEGEL',
BACKING = 'EXPOSED',
THICKNESS = 0.25 /

#### GEOMETRI
#### GOLV OCH TAK NEDRE UTSTÄLLNINGSHALL OCH FORSKNINGSBIBLIOTEK
&OBST XB=4.5, 48.0, 0.0, 14.0, 0.0, 0.25, SURF_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY
35'/ GOLV
&OBST XB=0.0, 48.0, 0.0, 14.0, 3.0, 3.25, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK', TRANSPARENCY=1.0 /
&OBST XB=0.0, 48.0, 0.0, 14.0, 3.25, 3.50, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK', TRANSPARENCY=1.0 /

#### VÄGGAR NEDRE UTSTÄLLNINGSHALL
&OBST XB=0.0, 0.25, 0.0, 14.0, 0.25, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK', TRANSPARENCY=0.1 /
&OBST XB=47.75, 48.0, 0.0, 14.0, 0.25, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK', TRANSPARENCY=1.0 /
&OBST XB=0.0, 48.0, 13.75, 14.0, 0.25, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK', TRANSPARENCY=1.0 /
&OBST XB=0.0, 48.0, 0.0, 0.25, 0.25, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK', TRANSPARENCY=0.1 /

&OBST XB=6.0, 6.25, 0.25, 13.75, 0.25, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK'/

&OBST XB=1.25, 4.50, 12.25, 12.5, -1.50, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='GRAY 45'/
&OBST XB=1.0, 1.25, 12.25, 13.75, -1.50, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='GRAY 45'/

&HOLE XB=-0.25, 0.5, 12.0, 12.25, 2.0, 2.25 / OTÄTHET I
FORSKNINGSBIBLIOTEKET

#### DÖRRAR NEDRE UTSTÄLLNINGSHALL
&HOLE XB=6.0, 6.25, 11.0, 12.00, 0.25, 2.0 / DÖRR SOM LEDER TILL
FORSKNINGSBIBLIOTEK
&HOLE XB=6.25, 7.75, 13.75, 14.0, 0.25, 2.0 / DÖRR (INTILL LÖS VÄGG) SOM
LEDER TILL IT-SEUM
&HOLE XB=47.75, 48.0, 1.55, 2.95, 0.25, 2.0 / DÖRR 1 TILL UTSTÄLLNINGSHALL
&HOLE XB=47.75, 48.0, 12.0, 13.4, 0.25, 2.0 / DÖRR 2 TILL UTSTÄLLNINGSHALL
&HOLE XB=1.25, 4.75, 12.50, 13.75, 0.25, 6.50 / HÅL TILL NÄSTA VÅNING FRÅN
FORSKNINGSBIBLIOTEKET
&HOLE XB=4.25, 4.75, 11.00, 12.00, 0.25, 2.0 / HÅL NEDFÖR TRAPPORT TILL
FORSKNINGSBIBLIOTEK

#### INREDNING NEDRE UTSTÄLLNINGSHALL
&OBST XB=45.0, 45.25, 0.0, 13.75, 0.25, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK'/

&OBST XB=38.0, 45.0, 6.5, 6.75, 0.25, 2.75, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='GRAY'/
&OBST XB=38.0, 38.25, 4.25, 6.75, 0.25, 2.75, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='GRAY'/

```

&OBST XB=38.00, 38.25, 4.25, 4.00, 0.25, 2.75, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=38.25, 38.50, 4.00, 3.75, 0.25, 2.75, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=38.50, 38.75, 3.75, 3.50, 0.25, 2.75, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=38.75, 39.00, 3.50, 3.25, 0.25, 2.75, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=38.75, 39.00, 3.50, 3.25, 0.25, 2.75, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=39.00, 39.25, 3.25, 3.00, 0.25, 2.75, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=39.25, 39.50, 3.00, 2.75, 0.25, 2.75, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=39.50, 39.75, 2.75, 2.50, 0.25, 2.75, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=39.50, 45.00, 2.75, 2.50, 0.25, 2.75, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /

&OBST XB=18.25, 18.50, 9.25, 13.75, 0.25, 3.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=18.50, 18.75, 9.25, 9.00, 0.25, 3.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=18.75, 19.00, 9.00, 8.75, 0.25, 3.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=19.00, 19.25, 8.75, 8.50, 0.25, 3.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=19.25, 19.50, 8.50, 8.25, 0.25, 3.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=19.50, 19.75, 8.25, 8.00, 0.25, 3.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /

&OBST XB=21.00, 32.00, 7.00, 6.75, 0.25, 3.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /

&OBST XB=32.25, 32.50, 9.25, 13.75, 0.25, 3.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=32.50, 32.75, 9.25, 9.00, 0.25, 3.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=32.75, 33.00, 9.00, 8.75, 0.25, 3.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=33.00, 33.25, 8.75, 8.50, 0.25, 3.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=33.25, 33.50, 8.50, 8.25, 0.25, 3.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=33.50, 33.75, 8.25, 8.00, 0.25, 3.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /

&OBST XB=13.0, 13.25, 0.25, 6.75, 0.25, 3.0, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /

&OBST XB=13.0, 26.0, 0.25, 3.0, 0.25, 1.5, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=26.0, 32.5, 0.25, 4.0, 0.25, 1.5, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY' /

#### KONFERENSRUM OCH ÖVRE UTSTÄLLNINGSHALL

&OBST XB=0.25, 48.0, 0.25, 14.0, 3.50, 3.75, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='GRAY 35', TRANSPARENCY=1.0 / GOLV

&OBST XB=0.0, 48.0, 0.0, 14.0, 6.50, 6.75, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK', TRANSPARENCY=0.1/ TAK  
&OBST XB=6.0, 6.25, 0.25, 13.75, 3.50, 6.75, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK', TRANSPARENCY=1.0 / AVSKILJANDE VÄGG  
&OBST XB=0.0, 48.0, 13.75, 14.0, 3.50, 6.75, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK', TRANSPARENCY=1.0 / LÅNGVÄGG  
&OBST XB=0.0, 48.0, 0.0, 0.25, 3.50, 6.75, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK', TRANSPARENCY=1.0 / LÅNGVÄGG  
&OBST XB=0.0, 0.25, 0.0, 14.0, 3.50, 6.75, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK', TRANSPARENCY=1.0 / KORTVÄGG  
&OBST XB=47.75, 48.0, 0.0, 14.0, 3.50, 6.75, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK', TRANSPARENCY=1.0 / KORTVÄGG

#### #### GOLV OCH VÄGGAR FORSKNINGSBIBLIOTEKET

&OBST XB=0.0, 4.5, 0.0, 14.0, -1.5, -1.25, SURF\_ID = 'VAGGAR', COLOR='GRAY  
35'/ GOLV  
&OBST XB=4.25, 4.75, 0.0, 14.0, -1.50, 1.50, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK'/ VÄGG  
&OBST XB=0.0, 0.25, 0.0, 14.0, -1.5, 0.25, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK'/ VÄGG  
&OBST XB=0.0, 4.5, 0.0, 0.20, -1.5, 0.25, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK'/ VÄGG  
&OBST XB=0.0, 4.5, 13.75, 14.00, -1.5, 0.25, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK'/ VÄGG  
  
&OBST XB=4.5, 4.75, 0.0, 14.0, 2.50, 3.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK'/ VÄGG

#### #### GOLV, TAK OCH VÄGGAR IT-SEUM

&OBST XB=7.50, 7.75, 14.00, 18.5, 0.0, 3.0, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' / LODRÄT VÄGG  
&OBST XB=7.75, 4.50, 18.50, 18.75, 0.0, 3.0, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' / VÅGRÄT VÄGG

#### # SNED VÄGG

&OBST XB=4.50, 4.00, 18.75, 19.00, 0.0, 3.0, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /  
&OBST XB=4.00, 3.50, 19.00, 19.25, 0.0, 3.0, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /  
&OBST XB=3.50, 3.00, 19.25, 19.50, 0.0, 3.0, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /  
&OBST XB=3.00, 2.50, 19.50, 19.75, 0.0, 3.0, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /  
&OBST XB=2.50, 2.00, 19.75, 20.00, 0.0, 3.0, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /  
&OBST XB=2.00, 1.50, 20.00, 20.25, 0.0, 3.0, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /  
&OBST XB=1.50, 1.00, 20.25, 20.50, 0.0, 3.0, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /  
&OBST XB=1.00, 0.50, 20.50, 20.75, 0.0, 3.0, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /  
&OBST XB=0.50, 0.00, 20.75, 21.00, 0.0, 3.0, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /  
&OBST XB=0.00, -0.50, 21.00, 21.25, 0.0, 3.0, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /  
&OBST XB=-0.50, -1.00, 21.25, 21.50, 0.0, 3.0, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /  
&OBST XB=-1.00, -1.50, 21.50, 21.75, 0.0, 3.0, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /

```

&OBST XB=-1.50, -2.00, 21.75, 22.00, 0.0, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' /
&OBST XB=-2.00, -2.50, 22.00, 22.25, 0.0, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' /
&OBST XB=-2.50, -3.00, 22.25, 22.50, 0.0, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' /
&OBST XB=-3.00, -3.50, 22.50, 22.75, 0.0, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' /
&OBST XB=-3.50, -4.00, 22.75, 23.00, 0.0, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' /
&OBST XB=-4.00, -4.50, 23.00, 23.25, 0.0, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' /
&OBST XB=-4.50, -5.00, 23.25, 23.50, 0.0, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' /
&OBST XB=-5.00, -5.50, 23.50, 23.75, 0.0, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' /
&OBST XB=-5.50, -6.00, 23.75, 24.00, 0.0, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' /

&OBST XB=-10.50, -5.75, 23.75, 24.00, 0.0, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' /
&OBST XB=-10.50, -10.25, 24.00, 14.00, 0.0, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' /
&OBST XB=-10.50, 7.75, 13.75, 14.00, 0.0, 3.0, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' /
&OBST XB=-10.50, 7.75, 13.75, 24.00, 0.0, 0.25, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='GRAY 35' / GOLV
&OBST XB=-10.50, 7.75, 13.75, 24.00, 3.0, 3.25, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK', TRANSPARENCY=1.0 / TAK

#### KONSTAVDELNING
&OBST XB=11.50, 11.75, 14.00, 30.75, 3.50, 6.75, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' / LODRÄT VÄGG 1
&OBST XB=-10.50, -10.25, 14.00, 30.00, 3.50, 6.75, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' / LODRÄT VÄGG 2
&OBST XB=-10.25, 11.75, 14.0, 30.00, 3.50, 3.75, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='GRAY 35', TRANSPARENCY=1.0 / GOLV
&OBST XB=-10.50, 11.75, 13.75, 30.00, 6.50, 6.75, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK', TRANSPARENCY=0.0 / TAK
&OBST XB=-10.50, 11.75, 29.75, 30.00, 3.50, 6.75, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' / VÅGRÄT VÄGG 1
&OBST XB=-10.50, 11.75, 13.75, 14.00, 3.50, 6.75, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' / VÅGRÄT VÄGG 2
&OBST XB=-10.50, 11.75, 13.75, 30.00, 3.25, 3.50, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK', TRANSPARENCY=1.0 / TJOCKT GOLV MELLAN UNDRE OCH ÖVRE VÅNING

&HOLE XB=11.25, 12.0, 26.0, 26.25, 5.5, 5.75/ OTÄTHET I YTTERDÖRR

#### DÖRRAR I KONSTAVDELNING, KONFERENSRUM OCH ÖVRE UTSTÄLLNINGSHALL
&HOLE XB=6.0, 6.25, 11.0, 12.00, 3.85, 5.50 / DÖRR 1 SOM LEDER TILL
KONFERENSRUM
&HOLE XB=6.0, 6.25, 2.0, 3.50, 3.85, 5.50 / DÖRR 2 SOM LEDER TILL
KONFERENSRUM
&HOLE XB=8.00, 8.25, 6.00, 8.00, 3.85, 5.50 / DÖRR SOM LEDER TILL
KONSTAVDELNING
&HOLE XB=6.25, 8.00, 14.25, 13.50, 3.85, 5.50/ DÖRR SOM LEDER TILL
KONSTAVDELNING (ÖVER IT-SEUM)

#### INREDNING KONSTAVDELNING
&OBST XB=8.00, 8.25, 0.00, 14.00, 3.50, 6.75, SURF_ID = 'VAGGAR',
COLOR='BRICK' /

```

&OBST XB=10.25, 46.00, 6.00, 8.00, 3.50, 6.75, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /  
&OBST XB=10.00, 10.25, 4.00, 10.00, 3.50, 6.75, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /

&OBST XB=17.00, 17.25, 11.00, 14.00, 3.50, 6.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' / FÖRSTA SIDAN LÖSVÄGG...  
&OBST XB=25.50, 25.75, 11.00, 14.00, 3.50, 6.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /  
&OBST XB=33.75, 34.00, 11.00, 14.00, 3.50, 6.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /  
&OBST XB=42.50, 42.75, 11.00, 14.00, 3.50, 6.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /

&OBST XB=17.25, 17.50, 00.00, 2.00, 3.50, 6.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' / ANDRA SIDAN LÖSVÄGG...  
&OBST XB=21.75, 22.00, 3.75, 6.00, 3.50, 6.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /  
&OBST XB=26.75, 27.00, 00.00, 2.00, 3.50, 6.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /  
&OBST XB=35.75, 36.00, 00.00, 2.00, 3.50, 6.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /  
&OBST XB=35.75, 36.00, 00.00, 2.00, 3.50, 6.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /  
&OBST XB=42.50, 42.75, 3.75, 6.00, 3.50, 6.00, SURF\_ID = 'VAGGAR',  
COLOR='BRICK' /

#### SLICE FILES FÖR VISSA KVANTITETER PÅ INTRESSANTA HÖJDER

&SLCF PBZ=2.05, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&SLCF PBZ=5.55, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&SLCF PBZ=2.05, QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY' /  
&SLCF PBZ=5.55, QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY' /

&SLCF PBZ=2.25, QUANTITY='VISIBILITY' /  
&SLCF PBZ=5.75, QUANTITY='VISIBILITY' /

&SLCF PBY=4.0, QUANTITY='TEMPERATURE' /

#### DEVICES DETEKTORER, EGENSKAPER FÖR DETEKTORERNA ÄR TAGNA UR MCGRATTAN  
(2010)

&PROP ID='OPTISK\_DETEKTOR\_EGENSKAPER', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',  
LENGTH=1.8, ACTIVATION\_OBSCURATION=3.28 /

&DEVC ID='OPTISK\_DETEKTOR\_UTSTALLNINGSHALL\_NEDRE\_1',  
PROP\_ID='OPTISK\_DETEKTOR\_EGENSKAPER', XYZ=41, 1.20, 2.95/  
&DEVC ID='OPTISK\_DETEKTOR\_UTSTALLNINGSHALL\_NEDRE\_2',  
PROP\_ID='OPTISK\_DETEKTOR\_EGENSKAPER', XYZ=38, 12.50, 2.95/  
&DEVC ID='OPTISK\_DETEKTOR\_UTSTALLNINGSHALL\_NEDRE\_3',  
PROP\_ID='OPTISK\_DETEKTOR\_EGENSKAPER', XYZ=25, 4.00, 2.95/  
&DEVC ID='OPTISK\_DETEKTOR\_UTSTALLNINGSHALL\_NEDRE\_4',  
PROP\_ID='OPTISK\_DETEKTOR\_EGENSKAPER', XYZ=15, 4.00, 2.95/  
&DEVC ID='OPTISK\_DETEKTOR\_UTSTALLNINGSHALL\_NEDRE\_5',  
PROP\_ID='OPTISK\_DETEKTOR\_EGENSKAPER', XYZ=11, 4.00, 2.95/  
&DEVC ID='OPTISK\_DETEKTOR\_UTSTALLNINGSHALL\_NEDRE\_6',  
PROP\_ID='OPTISK\_DETEKTOR\_EGENSKAPER', XYZ=25, 12.00, 2.95/

&DEVC ID='OPTISK\_DETEKTOR\_IT-SEUM\_1', PROP\_ID='OPTISK\_DETEKTOR\_EGENSKAPER',  
XYZ=-8.0, 19.0, 2.95/

```

&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_KONSTHALL_1',
PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER', XYZ=14.0, 3.0, 6.70/
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_KONSTHALL_2',
PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER', XYZ=14.0, 12.0, 6.70/
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_KONSTHALL_3',
PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER', XYZ=28.0, 3.0, 6.70/
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_KONSTHALL_4',
PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER', XYZ=28.0, 12.0, 6.70/
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_KONSTHALL_5',
PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER', XYZ=42.0, 3.0, 6.70/
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_KONSTHALL_6',
PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER', XYZ=42.0, 12.0, 6.70/

&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_KONSTAVDELNING_1',
PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER', XYZ=-8.0, 19.0, 6.70/
&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_KONSTAVDELNING_2',
PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER', XYZ=4.0, 24.0, 6.70/

&DEVC ID='OPTISK_DETEKTOR_KONFERENSRUM',
PROP_ID='OPTISK_DETEKTOR_EGENSKAPER', XYZ=3.0, 7.0, 6.70/

#### DEVICES FÖR ATT MÄTA CO, CO2, O2, INFALLANDE STRÅLNING, TEMPERATUR I
NEDRE UTSTÄLLNINGSHALLEN

&DEVC ID='utst co', XYZ=41.0,1.2,2.25, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='carbon monoxide' /

&DEVC ID='utst co2', XYZ=41.0,1.2,2.25, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='carbon dioxide' /

&DEVC ID='utst o2', XYZ=41.0,1.2,2.25, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='oxygen' /

&DEVC ID='utst_str', XYZ = 41.75,1.2,2.05, IOR = 3, QUANTITY = 'INCIDENT
HEAT FLUX' /
&OBST XB=41.5, 42.0, 1.0, 1.25, 1.8, 2.05, SURF_ID = 'INERT' /

&DEVC ID='utst_temp', XYZ = 41.0,1.2,2.05, QUANTITY = 'TEMPERATURE' /

##### ÖPPNINGAR TILL ATMOSFÄR
&VENT MB='XMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='XMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='ZMAX', SURF_ID='OPEN' /

&TAIL /

```

# Bilaga G Simuleringar i SIMULEX

*I den här bilagan presenteras simuleringarna från SIMULEX mer ingående för alla utvalda utrymningsscenarier.*

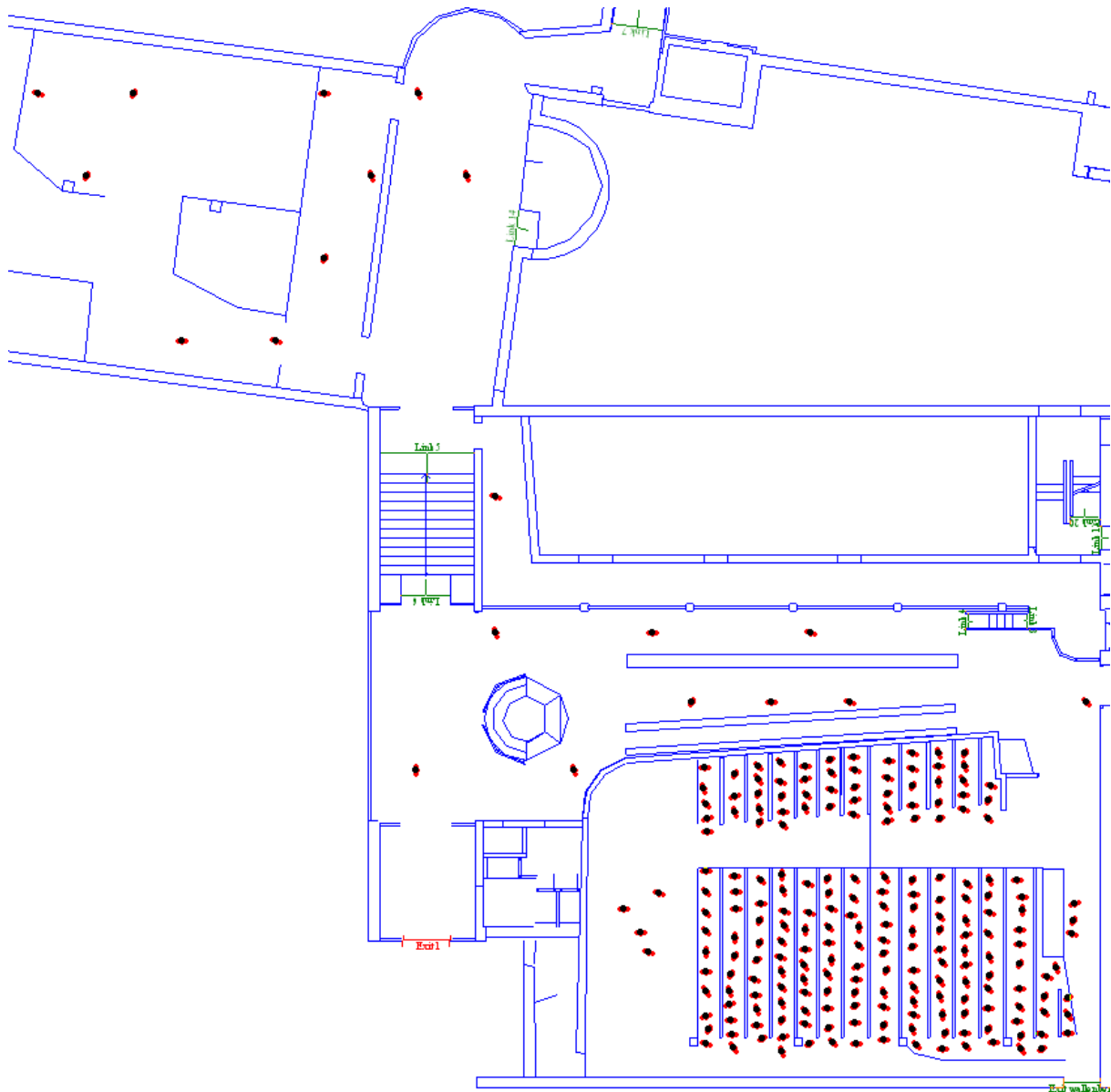
## **SIMULEX**

SIMULEX (version 2011.2.0.8) är ett utrymningsprogram som simulerar den tid det tar för personer att förflytta sig genom lokalerna till nödutgångarna. Med hjälp av resultaten fås dels förflyttningstiderna men även en bra överblick över problematiska utrymningsvägar. Programmet används i denna rapport bara för förflyttningstiden, vilket innebär att inbyggda reaktionstider och dylikt sätts till 0 sekunder i programmet. De olika scenariernas geometri importeras från CAD-filer och förenklas en del för att återspegla hur det faktiskt såg ut på plats. Det är även nödvändigt att plocka bort en del av de alldeles för smala passagerna, där personerna annars fastnar, samt att lägga till lös inredning som väsentligen kan tänkas påverka utrymningen. Trappor, dörrar etc. placeras ut och binder samman objektets geometri till en sammanhängande byggnad. Ett bestämt antal personer placeras sedan ut i lokalerna och en avståndskarta kopplas till varje person eller en grupp av personer. Avståndskartan avgör avstånden mellan personerna och närmaste nödutgången. Genom att beräkna olika avståndskartor kan personerna dirigeras om till en nödutgång belägen längre bort i byggnaden genom att helt enkelt göra vissa nödutgångar osynliga för en viss grupp personer. På det sättet kan en mer synlig nödutgång användas trots att avståndet är längre.

När simuleringen startas förflyttar sig personerna som är utplacerade till den närmaste utgången eller till den utgång som gjorts synlig för dem med hjälp av avståndskartorna. Gånghastigheten bestäms dels av den typ av person som valts, finns fördefinierade personbeskrivningar över kroppsstorlekar och maxgånghastigheter, hur långt det är till framförvarande person samt om förflyttningen sker i en trappa eller ej (Frantzich, 1998). Vid simuleringens slut fås resultatet på den totala utrymningstiden och i det här fallet, där reaktionstiden satts till 0, utgörs den resulterande tiden helt av förflyttningstiden.

## **Wallenbergsalen**

För Wallenbergsalen simuleras två olika utrymningsscenarier. Dels ett scenario där personantalet är 247 stycken (scenario 1.2), varav 210 placeras i Wallenbergsalen, och dels ett scenario med personantalet 102 stycken (scenario 1.4), varav 85 placeras i Wallenbergsalen. Personerna i Wallenbergsalen placeras till största delen i bänkraderna medan personerna i de andra utrymmena sprids ut slumpvis. Den persontyp som används är "theatre" vilken bör överensstämma relativt bra med museibesökare och besökare i Wallenbergsalen. Geometrin över lokalerna importeras från en CAD-fil och bearbetas för att överensstämma med den verkliga geometrin, se figur G.1.



**Figur G.1 Bild över geometrin som används i SIMULEX för Wallenbergscenarierna.**

I figur G.1 syns avlånga rektanglar inlagda i foajén, vilka ska avspegla de hyllor och annan inredning som fanns där. I Wallbergsalen stängs alla bänkraderna av på ena sidan. Detta görs för att det inte anses vara troligt att personer ställer sig för att köa i bänkraderna på andra sidan mittgången om mittgången är fri. De flesta personerna styrs framför bänkraderna då den vägen är längst från branden. Närmast nödutgången inne i Wallbergsalen dras några linjer för att undvika vissa av de köbildningsproblem som SIMULEX medför. Lite lös inredning läggs in i nedre utställningshallen. Den är förenklad för att på ett så bra sätt som möjligt representera hur det kan tänkas se ut. I nedre utställningshallen syns ett antal personer utplacerade och det beror på att dessa personer troligtvis kommer utrymma genom foajén och ut via huvudingången. Det finns av samma anledning även en del personer utplacerade i övre delen av hallen.

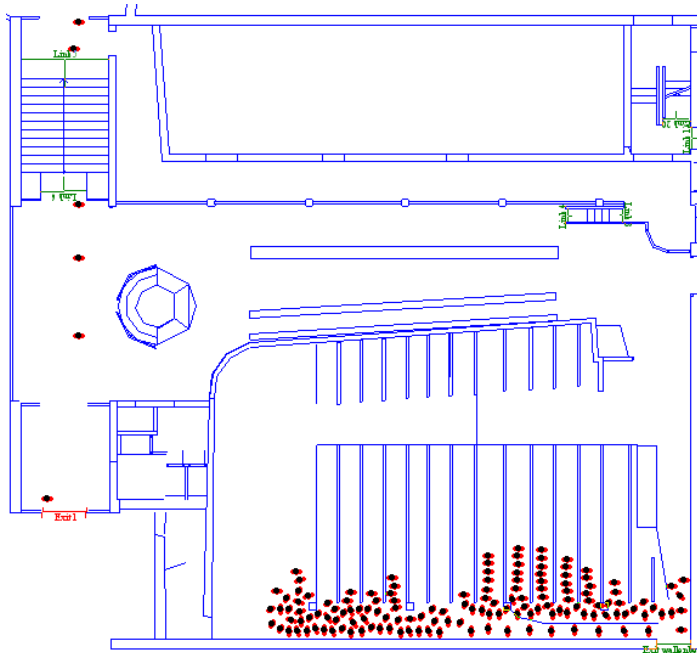


## Avståndskartor

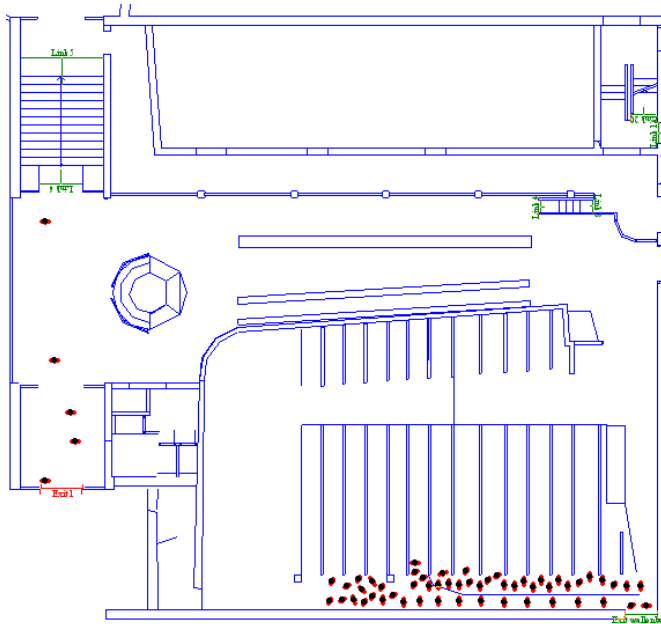
För att styra personer till de utgångar som är mest troliga att de använder, kopplas olika avståndskartor till olika grupper av personer. Alla personer i Wallenbergsalen styrs genom nödutgången i direkt anslutning till salen och svängdörrarna till foajén görs osynlig. Det beror på att de simulerade scenarierna antar att den dörren är blockerad av branden. Personerna i foajén, en bit av nedre utställningshallen och övre hallen med omnejd ser alla trappor i figur G.1 samt huvudingången i foajén.

## Resultat

Vid båda simuleringarna för Wallenbergsalen syns tydligt att det problematiska området uppstår inne i Wallenbergsalen, se figur G.2-G.3.



Figur G.2 Bild av utrymningsscenario 1.2 med stort antal personer i Wallenbergsalen. Bilden är tagen från en simulering i SIMULEX. Problematiskt område uppstår nära nödutgången inne i Wallenbergsalen.



Figur G.3 Bild av utrymningsscenariot 1.4 med normalt antal personer i Wallenbergsalen. Bilden är tagen från en simulering i SIMULEX. Problematiskt område uppstår nära nödutgången inne i Wallenbergsalen.

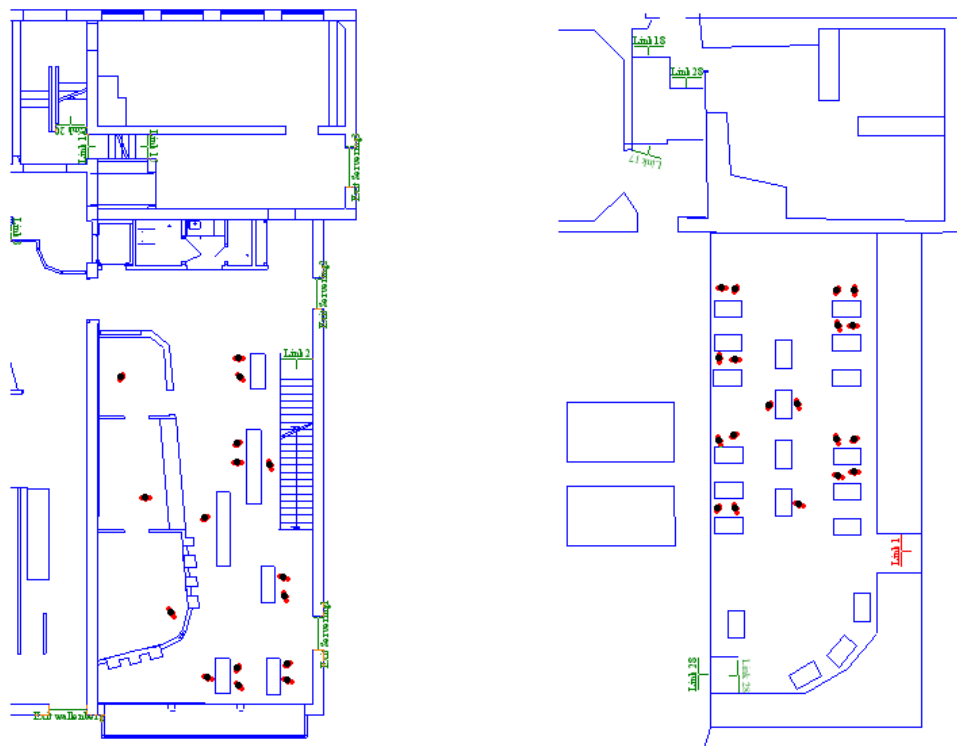
Det blir inte lika stora köbildningar inne i Wallenbergsalen då ett normalt antal personer används istället för ett stort antal men det är fortfarande där flaskhalsen uppstår. I tabell G.1 presenteras de slutgiltiga förflyttningstiderna för de båda utrymningsscenarierna.

Tabell G.1 Lista över de förflyttningstider som erhålls från SIMULEX för Wallenbergsalens olika utrymningsscenarier 1.2 och 1.4.

Scenario	Förflyttningstid ( $t_{\text{förflyttning}}$ ) [s]
Wallenbergsalen (utrymningsscenario 1.2)	137 (Wallenberg) 73 (foajén)
Wallenbergsalen (utrymningsscenario 1.4)	67 (Wallenberg) 66 (foajén)

## Serveringen

Även för serveringen simuleras två olika utrymningsscenarier. Det första scenariot (2.5) simuleras med normalt antal människor, som enligt avsnitt 7 är 102 stycken, varav 35 är placerade i serveringen. I detta scenario antas nödutgången på övre plan vara blockerad medan de på nedre plan fungerar felfritt. Det andra scenariot (2.6) simuleras med samma personantal men nödutgången på övre plan förväntas nu även den fungera felfritt. Personerna i båda utrymningsscenarierna placeras slumpvis vid borden på övre och undre plan. Även i köket placeras någon person. Den persontyp som används är "theatre" då serveringens matgäster bör ha samma kroppsstorlek och egenskaper som museets övriga gäster. Geometrin över lokalerna importerar från en CAD-fil och bearbetas för att överensstämna med den verkliga geometrin, se figur G.4.



Figur G.4 Bild över geometrin som används i SIMULEX för serveringscenerierna. Bilden till vänster visar nedre plan och bilden till höger visar övre plan.

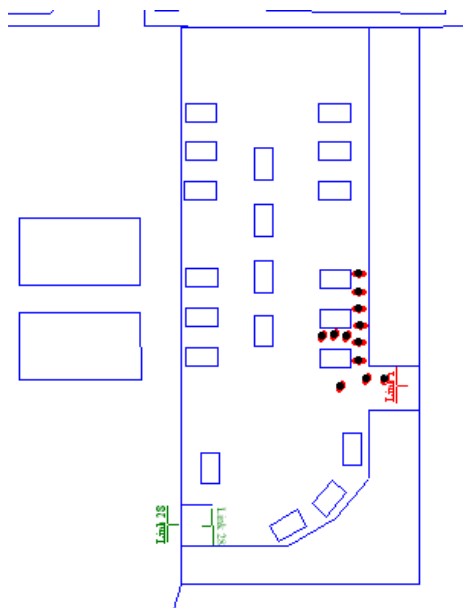
Borden i serveringen är ritade som små rektanglar i SIMULEX med tillräckligt avstånd så att personer inte ska fastna mellan dem. I övrigt överensstämmer geometrin i simuleringarna bra med den verkliga geometrin. Personer i övriga delar av musset berörs inte av branden då den begränsas till serveringens lokaler, vilket medför att dessa personer inte tas med i SIMULEX-simuleringen.

### Avståndskartor

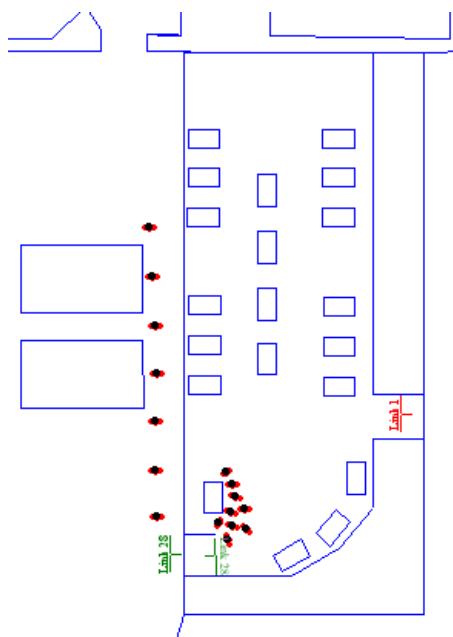
För att styra personerna till utgångar som är mer troliga att de använder är olika avståndskartor kopplade till olika grupper av personer. I serveringens nedre plan är båda nödutgångarna synliga men däremot styrs inga personer genom foajén. På det övre planet är nödutgången blockerad i utrymningsscenario 2.5 och ej blockerad i utrymningsscenario 2.6. I det senare scenariot görs även trapporna från taket och ut genom andra delar av byggnaden synliga för de personer som vistas på övre plan. Detta är den tänkta utrymningsvägen från övre plan. Dock är denna utrymningsväg skild från serveringens lokaler och personerna antas vara säkra så snart de når taket.

### Resultat

De problematiska områdena skiljer sig mellan de båda simuleringarna, se figur G.5-G.6.



**Figur G.5** Bild av utrymningsscenariot 2.5 med normalt antal personer i serveringen och övre nödutgången blockerad. Bilden är tagen från en simulering i SIMULEX. Problematiskt område uppstår nära trappan på övre plan.



**Figur G.6** Bild av utrymningsscenariot 2.6 med normalt antal personer i serveringen. Bilden är tagen från en simulering i SIMULEX. Problematiskt område uppstår nära den lilla trappan till taket på övre plan.

Av bilderna syns att det bildas två olika flaskhalsar. I utrymningsscenario 2.5, då den övre nödutgången är blockerad, blir det köbildning vid den långa trappan till nedre plan. I det andra utrymningsscenariot då nödutgången inte är blockerad ansamlas personerna kring den lilla trappan till taket. Dock är denna trappa mycket kortare vilket leder till en snabbare utrymningstid.

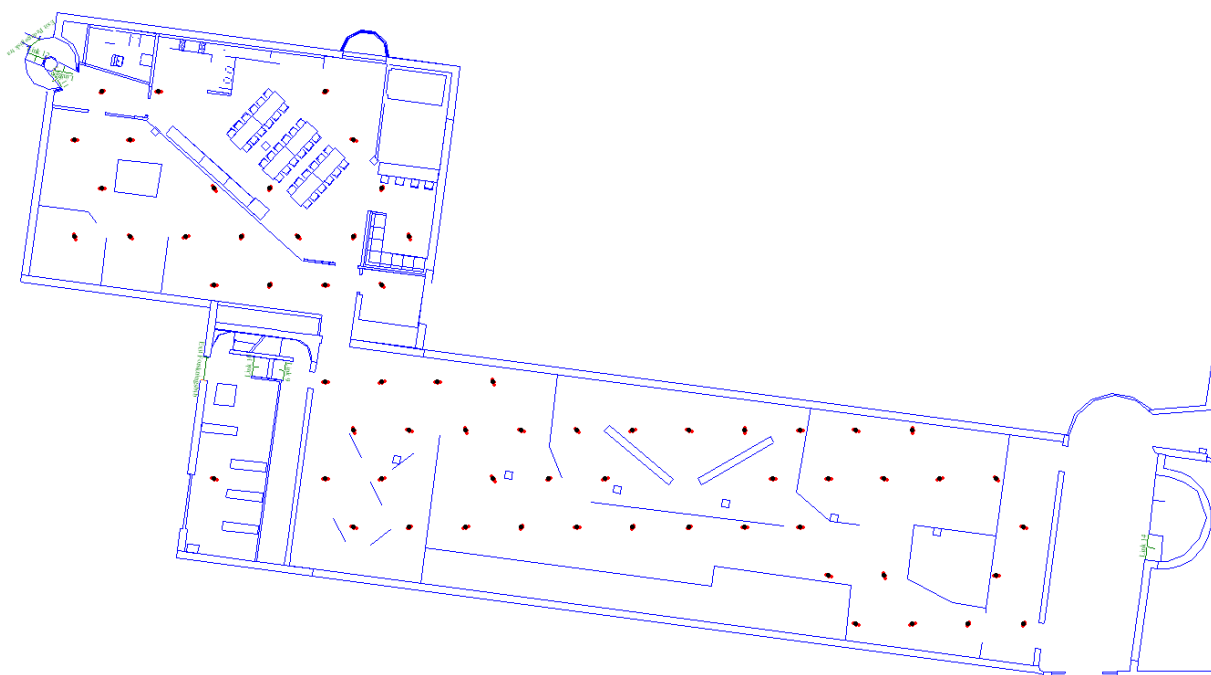
Resultatet av förflyttningen presenteras i tabell G.2.

Tabell G.2 Lista över de förflyttningstider som erhålls från SIMULEX för serveringens olika utrymningsscenarier 2.5 och 2.6.

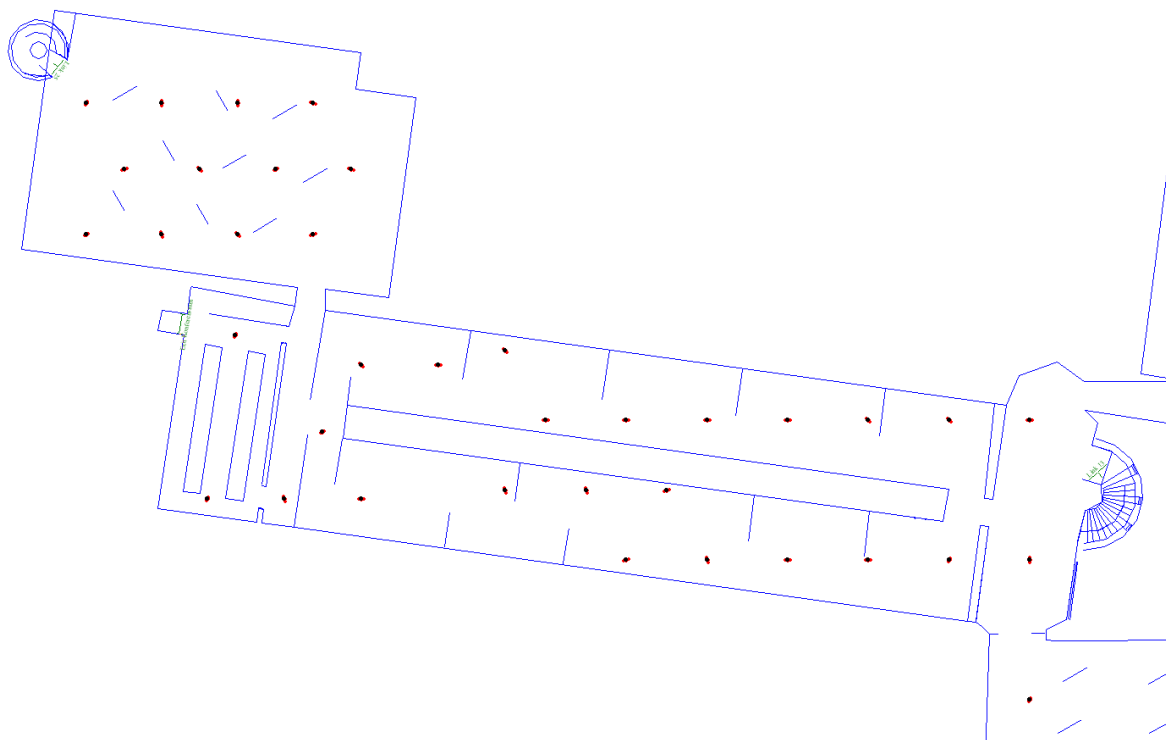
Scenario	Förflyttningstid ( $t_{\text{förflyttning}}$ ) [s]
Serveringen (utrymningsscenario 2.5)	44 (bottenvåning) 30 (ovanvåning)
Serveringen (utrymningsscenario 2.6)	18 (bottenvåning) 38 (ovanvåning)

## Nedre utställningshallen

Två olika utrymningsscenarier simuleras i nedre utställningshallen. Ett scenario (3.6) med ett normalt antal personer (102 stycken) samt ett scenario (3.3) med ett stort antal personer (247 stycken). Personerna sprids ut på både nedre och övre plan då dessa delar av byggnaden sitter ihop utan brandcellsgränser mellan dem. Persontypen "theatre" används även för de här scenarierna då det är troligt att samma personer vistas i de här lokalerna som i de övriga simulerade delarna av musset. Geometrin över lokalerna importereras från en CAD-fil och bearbetas för att överensstämja med den verkliga geometrin, se figur G.7-G.8.



Figur G.7 Bild över geometrin som används i SIMULEX för nedre utställningshallens utrymningsscenarier (nedre plan).



**Figur G.8 Bild över geometrin som används i SIMULEX för nedre utställningshallens utrymningsscenarioer (övre plan).**

Geometrin i utställningshallarna är något förenklad. Den lösa inredningen var i verkligheten mycket komplex och den varierar även över tiden. Den är i simuleringarna representerad av ett antal rektanglar och linjer för att på ett troligt sätt försvåra utrymningen. Dock är avstånden mellan dessa hinder tillräckligt stora för att personer inte ska fastna i SIMULEX-simuleringarna.

### **Avståndskartor**

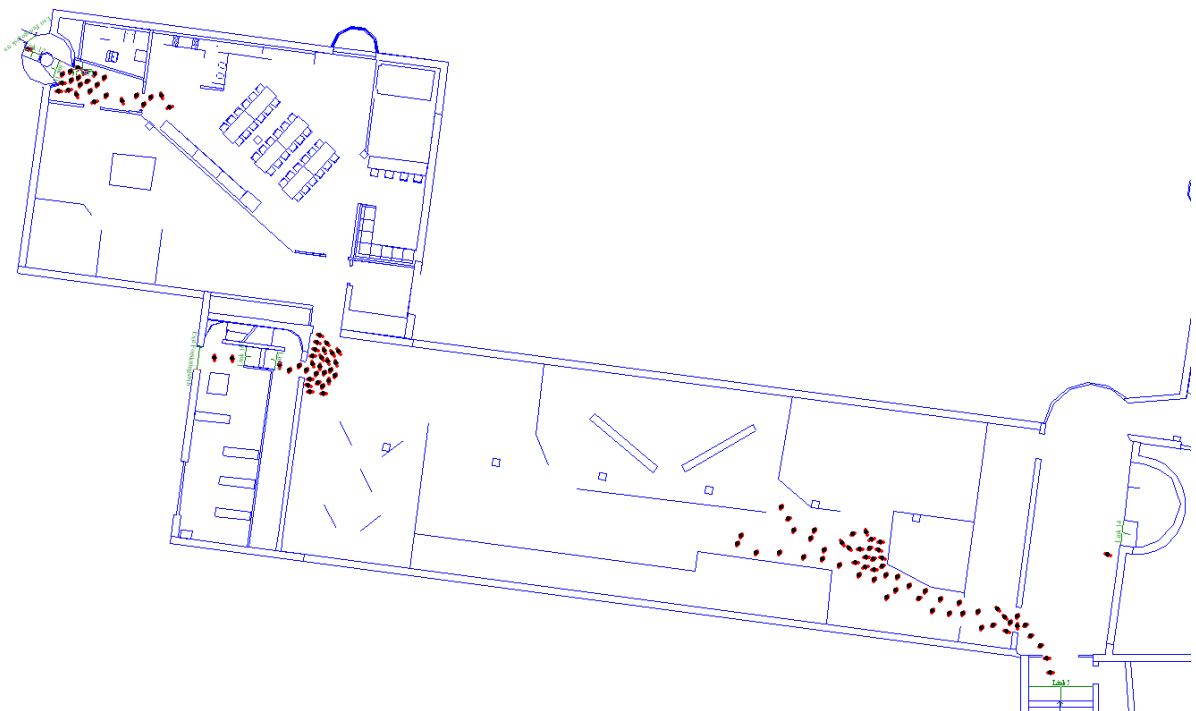
För att styra personerna till utgångar som är mer troliga att de använder är olika avståndskartor kopplade till olika grupper av personer. De flesta personerna som vistas i nedre utställningshallen antas utrymma genom den väg de kom då nödutgångsskyltningen är mycket sparsam i den här delen av byggnaden. De styrs därför genom hallen/foajén. Ett antal personer som befinner sig i nedre utställningshallen i närhet till branden, personer i forskningsbiblioteket och ett fåtal personer i IT-seum antas utrymma genom forskningsbibliotekets nödutgång. Nödutgången genom spiraltrappan i närhet till den pedagogiska verkstaden borde användas av de flesta personerna i IT-seum samt personerna i konstavdelningen på övre plan. Övre utställningshallens besökare styrs mot den övre hallen då detta är den väg de troligen kom och därmed den troligaste utrymningsvägen. Dock antas de personer som vistas närmast konferensrummet och de som vistas i konferensrummet utrymma genom den närmaste nödutgången, i konferensrummet.

### **Resultat**

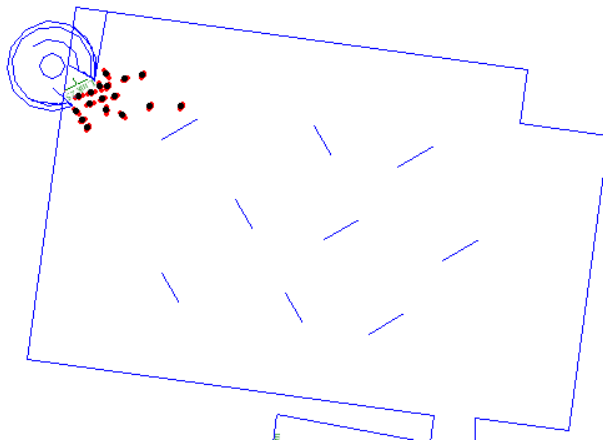
I figur G.9-G.11 visas bilder av simuleringarna för de olika utrymningsscenarierna. Det framgår var de problematiska områdena finns och köer bildas.



**Figur G.9** Bild av utrymningsscenariot 3.6 med normalt antal personer i nedre utställningshallen (nedre plan). Bilden är tagen från en simulering i SIMULEX. Problematiskt område uppstår nära trappan i forskningsbiblioteket.



**Figur G.10** Bild av utrymningsscenariot 3.3 med stort antal personer i nedre utställningshallen (nedre plan). Bilden är tagen från en simulering i SIMULEX. Problematiskt område uppstår nära trappan i forskningsbiblioteket.



Figur G.11 Bild av utrymningsscenariot 3.3 med stort antal personer i nedre utställningshallen (övre plan). Bilden är tagen från en simulering i SIMULEX. Problematiskt område uppstår nära trappan i konstavdelningen.

I båda simuleringarna bildas köer vid trappan i forskningsbiblioteket. Det bildas även en folksamling på övre plan i konstavdelningen vid utrymningsscenario 3.3.

Resultatet av förflyttningen presenteras i tabell G.3.

Tabell G.3 Lista över de förflyttningstider som erhålls från SIMULEX för nedre utställningshallens olika utrymningsscenarier 3.3 och 3.6.

Scenario	Förflyttningstid ( $t_{\text{förflyttning}}$ ) [s]
<b>Nedre utställningshallen (utrymningsscenario 3.3)</b>	63 (bottenvåning) 67 (ovanvåning)
<b>Nedre utställningshallen (utrymningsscenario 3.6)</b>	44 (bottenvåning) 32 (ovanvåning)



# Bilaga H Beräkningar på individrisk

---

*I denna bilaga beräknas individrisken att omkomma till följd av brand i de scenarier som behandlas i osäkerhetsanalysen.*

I individriskberäkningarna görs en hel del fundamentala antaganden. Ett konservativt förhållningssätt eftersträvas dock i alla steg. De framräknade individriskerna blir till följd av detta mycket konservativa.

## Generella antaganden

Räddningstjänsten har de senaste 15 åren gjort 568 insatser till följd av brand i teater/biograf/museum (MSB, 2012). Med ledning av detta antas 38 bränder per år inträffa i sådana lokaler.

I Sverige finns 2000 museer (Nilsson, 2010). Lika många biografier och teatrar antas finnas, vilket innebär att det sammanlagt antas finnas 6000 byggnader av typen teater/biograf/museum.

De riktvärden som anges uttrycker individrisken som risken att omkomma under ett år. För att kunna göra jämförelser med dessa riktvärden, antas personer som vistas i lokalen omkomma om kritiska förhållanden uppstår. Detta är ett mycket konservativt antagande då de kritiska förhållandena egentligen bara innebär att en säker utrymning inte garanteras.

Endast det värsta utrymningsscenariet för varje brandscenario beaktas i osäkerhetsanalysen och i dessa beräkningar på individrisk. Den totala individrisken utgörs egentligen av summan av samtliga scenariers individrisk. Övriga scenariers bidrag till den totala individrisken är dock så försvinnande litet att de försummas. Detta anses vägas upp av det mycket konservativa förhållningssättet i beräkningarna.

## Individrisk för personer vistades i Wallenbergsalen

Av de 38 inträffade bränderna under ett år uppstår 7,2 i samlingslokaler (MSB, 2012). Sannolikheten att en brand uppstår i en samlingslokal på Östergötlands Länsmuseum under ett år är således  $7,2/6000 = 0,12$  procent. En eventuell brand antas starta just i Wallenbergsalen och inte i någon av de andra samlingslokalerna. Sannolikheten för att det studerade utrymningsscenariet inträffar givet brand är 7,5 procent och sannolikheten att en utrymningsväg är blockerad antas ha sannolikheten 10 procent, i enlighet med avsnitt 5. Osäkerhetsanalysen visar att i 9,1 procent av fallen kan tillfredställande utrymning inte ske. Genom att multiplicera samtliga dessa sannolikheter fås individrisken  $8,2 * 10^{-7}$  per år.

## Individrisk för personer vistades i serveringen

Av de 38 inträffade bränderna under ett år uppstår 4,3 i kök (MSB, 2012). Sannolikheten att en brand uppstår i ett kök på Östergötlands Länsmuseum under ett år är således  $4,3/6000 = 0,072$  procent. En eventuell brand antas starta just i serveringsköket och inte i något av de andra köken. Sannolikheten för att det studerade utrymningsscenariet inträffar givet brand är 7,5 procent, i enlighet med avsnitt 5. Osäkerhetsanalysen visar att i 7,2 procent av fallen kan

tillfredställande utrymning inte ske. Genom att multiplicera samtliga dessa sannolikheter fås individrisken  $3,9 * 10^{-6}$  per år.

## **Individrisk för personer vistandes i nedre utställningshallen**

Av de 38 inträffade bränderna under ett år uppstår 7,2 i samlingslokaler (MSB, 2012). Sannolikheten att en brand uppstår i en samlingslokal på Östergötlands Länsmuseum under ett år är således  $7,2/6000 = 0,12$  procent. En eventuell brand antas starta just i den nedre utställningshallen och inte i någon av de andra samlingslokalerna. Sannolikheten för att det studerade utrymningsscenariet inträffar givet brand är 7,5 procent, i enlighet med avsnitt 5. Osäkerhetsanalysen visar att i 7,5 procent av fallen kan tillfredställande utrymning inte ske. Genom att multiplicera samtliga dessa sannolikheter fås individrisken  $6,8 * 10^{-6}$  per år.

