

Avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet  
Rapport nr. 9488

# Halmstad Arena

En brandteknisk riskvärdering av hall D



**LUNDS UNIVERSITET**  
Lunds Tekniska Högskola

Johanna Andersson  
Elin Edman  
Erik Nilsson  
Hampus Ragnar

Lund 2016



# Halmstad Arena

- En brandteknisk riskvärdering av hall D -

Johanna Andersson

Elin Edman

Erik Nilsson

Hampus Ragnar

Lund 2016

*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.*

Avdelningen för Brandteknik  
Lunds Tekniska Högskola  
Box 118  
221 00 Lund  
Telefon: 046 – 222 73 60  
www.brand.lth.se  
brand@brand.lth.se

Department of Fire Safety Engineering  
Lund University Faculty of Engineering  
Box 118  
SE – 2211 00 Lund  
Telephone: +46 46 – 222 73 60  
www.brand.lth.se  
brand@brand.lth.s

**Titel**

Halmstad Arena – En brandteknisk riskvärdering av hall D

**Title**

Halmstad Arena – A Fire Safety Evaluation of Hall D

**Rapport/Report**

9488 © Avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola,  
Division of Fire Safety Engineering at Lund University

**Författare/Authors**

Johanna Andersson  
Elin Edman  
Erik Nilsson  
Hampus Ragnar

**Handledare/Supervisor**

Stefan Svensson

**Omslagsbild**

Fotograf: Kentaroo Tryman  
© Tengbom (Arkitekt till byggnaden)

**Cover image**

Photographer: Kentaroo Tryman  
© Tengbom (Architect of the building)

**Nyckelord**

Idrottsarena, Halmstad Arena, brandteknisk riskvärdering, FDS, Pathfinder.

**Keywords**

Sports arena, Halmstad Arena, fire safety evaluation, FDS, Pathfinder.

**Språk/Language**

Svenska/Swedish

## Abstract

This work evaluates the personal safety in case of a fire in Halmstad Arena hall D, an ice rink which is also used for exhibitions during the summer. Simulations and calculations were performed on possible design fires based on information given by an on-site visit and given design drawings. Solutions were discussed and conclusions drawn to increase the maximum number of people allowed in the building, opening up for the possibility of arranging larger expos and exhibitions in the premises.

Three design fires were considered more plausible and with bigger consequences. These are fire in ice resurfacers, fire in expo showcase and fire in storage room.

The results from this work show that 1200 people can perform a safe evacuation without implementing any additional structural fire safety measures, though subject to some minor measures such as guiding markings on the exhibition floor.

## Förord

Denna brandtekniska riskvärdering har arbetats fram under våren 2016 av fyra studenter på Lunds Tekniska Högskola. Under arbetets gång har frågetecken dykt upp som krävt ställningstaganden, vidare information och analys samt varit föremål för diskussion. För att ständigt ha hjälpt gruppen komma vidare med detta vill vi tacka följande personer:

**Stefan Svensson**, universitetslektor vid Avdelningen för Brandteknik vid LTH, för god handledning och förmåga att få oss att fokusera på rätt saker.

**Frida Svensson**, brandingenjör på Räddningstjänsten Halmstad, för ett mycket bra och trevligt platsbesök och för att förse oss med information.

**Kent Johansson**, samordnare på Halmstad Arena, för hjälp vid platsbesöket och information under arbetets gång.

## Sammanfattning

Syftet med detta arbete är att utvärdera personsäkerheten vid en eventuell brand i Halmstad Arenas hall D. Genom simuleringar och beräkningar undersöktes och besvarades följande frågeställningar:

- Hur stort personantal kan utföra en säker utrymning av lokalen?
- Vilken är den högsta brandbelastning bärverken i hallen klarar av utan att fallera?

Halmstad Arena är en multiidrottsanläggning med flera sammanbyggda lokaler för idrottsverksamhet. Lokalerna används även för olika typer av event, så som konserter, galor, utställningar och mässor. Detta arbete är avgränsat till hall D. När hallen byggdes 2009 dimensionerades den för 400 personer. Verksamheten har uttryckt viljan om att i hall D ha möjligheten att utöka personantalet vid mässverksamhet. I hallen finns en fullstor ishockeyrink, där vardagsverksamheten är allmänhetens åkning samt juniorträningar. Vid mässor täcks isrinkens yta av ett golv och montrar och väggar byggs upp i rinken.

Hallen är ca 80 × 40 meter stor med ett lutande tak på ca 10-12 meters höjd. Det befintliga brandskyddet utgörs i huvuddrag av fyra utrymningsvägar, automatiskt brandlarm och talat utrymningslarm. Flera alternativa utformningar av brandskyddet har gjorts då gångavstånd överstiger det maximalt tillåtna, horisontellt bärverk är oskyddat och utrymning kan komma att ske från en intilliggande samlingslokal.

Efter platsbesök och med underbyggd statistik genomfördes en grovriskanalys, vilket ledde fram till att tre olika brandscenarier valdes att undersökas vidare. De tre scenarier som undersöktes är brand i ismaskiner, mässbrand och brand i förråd.

Brandsimuleringar för utvalda brandscenarier har genomförts i FDS version 6. Kritiska förhållanden har definierats med avseende på brandgaslagrets nivå över golv, sikt, strålning, temperatur och toxicitet. För att simulera utrymningen av lokalen användes datorprogrammet Pathfinder, där geometrin importerades från brandsimuleringarna. Vid utrymningssimuleringarna har så många egenskaper som möjligt angivits med fördelningar.

I samtliga scenariosimuleringar översteg tiden till kritiska förhållanden tiden till slutförd utrymning med betryggande marginal även då personantalet är 1200.

Sammantaget bedöms det som säkert och möjligt att personantalet tillåts vara 1200 utan särskilda byggnadstekniska åtgärder, dock villkorat andra åtgärder såsom vägledande markeringar på utställningsgolvet.

## Akronymer

BBR.....	Boverkets byggregler
BBRAD.....	Boverkets byggregler för analytisk dimensionering
CFD.....	Computational Fluid Dynamics
EFD.....	Enclosure Fire Dynamics
FDS.....	Fire Dynamics Simulator
HRRPUA.....	Heat Release Per Unit Area
LUNARC.....	Lund University NIC Application Research Center
MSB.....	Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
NIST.....	National Institute of Standards and Technology
SBF.....	Svenska Brandskyddsföreningen



# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Syfte .....	1
1.2	Mål .....	1
1.3	Frågeställning.....	1
1.4	Metod .....	1
1.5	Avgränsningar .....	3
1.6	Skyddsmål .....	3
2	Objektbeskrivning.....	4
2.1	Brandteknisk dimensionering.....	4
2.2	Hall D .....	4
2.3	Angränsande lokaler.....	5
3	Befintligt brandskydd .....	7
3.1	Brandskydd vid vardaglig verksamhet .....	7
3.2	Brandskydd vid mässverksamhet.....	8
4	Utrymningsteori.....	10
4.1	Utrymningsförloppet.....	10
4.2	Varseblivningstid .....	10
4.3	Förberedelsetid.....	10
4.4	Förflyttningstid .....	10
4.5	Kritiska förhållanden.....	10
5	Datormodeller .....	12
5.1	FDS och Smokeview .....	12
5.2	Pyrosim .....	13
5.3	Pathfinder.....	13
5.4	@RISK .....	13
6	Statistik .....	14
7	Grovanalys.....	16
7.1	Brandscenarier.....	17
7.2	Riskmatris .....	20
8	Gemensamt för de valda scenarierna .....	21
8.1	FDS-simulering.....	21

8.2	Utrymningssimulering.....	22
8.3	Antagen utformning av mässgolv.....	23
9	Scenario 1 – Ismaskiner .....	25
10	Scenario 2 – Mässbrand.....	29
11	Scenario 3 – Förråd .....	33
12	Känslighetsanalys .....	38
12.1	Meshstorlek.....	38
12.2	Utrymning .....	38
12.3	Mässgolvets utformning.....	38
13	Resultatsammanfattning.....	41
13.1	Utrymning och personantal .....	42
14	Bärverk.....	43
14.1	FDS-simulering.....	43
14.2	Resultat.....	44
14.3	Diskussion och giltighet.....	46
15	Åtgärdsförslag .....	47
15.1	Brandvakter och extra släckmedel .....	47
15.2	Sektionering vid mässverksamhet.....	47
15.3	Andra åtgärder .....	47
16	Validering av åtgärd.....	49
16.1	Sektionering vid mässverksamhet.....	49
17	Slutdiskussion .....	50
18	Slutsats .....	51

# 1 Inledning

Detta arbete utgör en del av kursen VBR054, Brandteknisk riskvärdering, som ges på Brandingenjörsutbildningen vid Lunds Tekniska Högskola. I avsnittet nedan beskrivs arbetets syfte, mål och frågeställning. Även den metod som används samt arbetets avgränsningar och skyddsmål förklaras här.

## 1.1 Syfte

Syftet med arbetet är att utvärdera personsäkerheten vid händelse av brand i Halmstad Arenas ishall D.

## 1.2 Mål

Målet med detta arbete är att genom simuleringar och beräkningar fastställa om en säker utrymning kan ske om persontantalet i hallen ökas. Med detta presenteras även eventuella åtgärder för att ytterligare förstärka brandskyddet.

## 1.3 Frågeställning

Verksamheten har uttryckt att följande frågeställningar undersöks i arbetet:

- Hur stort personantal kan utföra en säker utrymning av lokalen?
- Vilken är den högsta brandbelastning bärverken i hallen klarar av utan att falla?

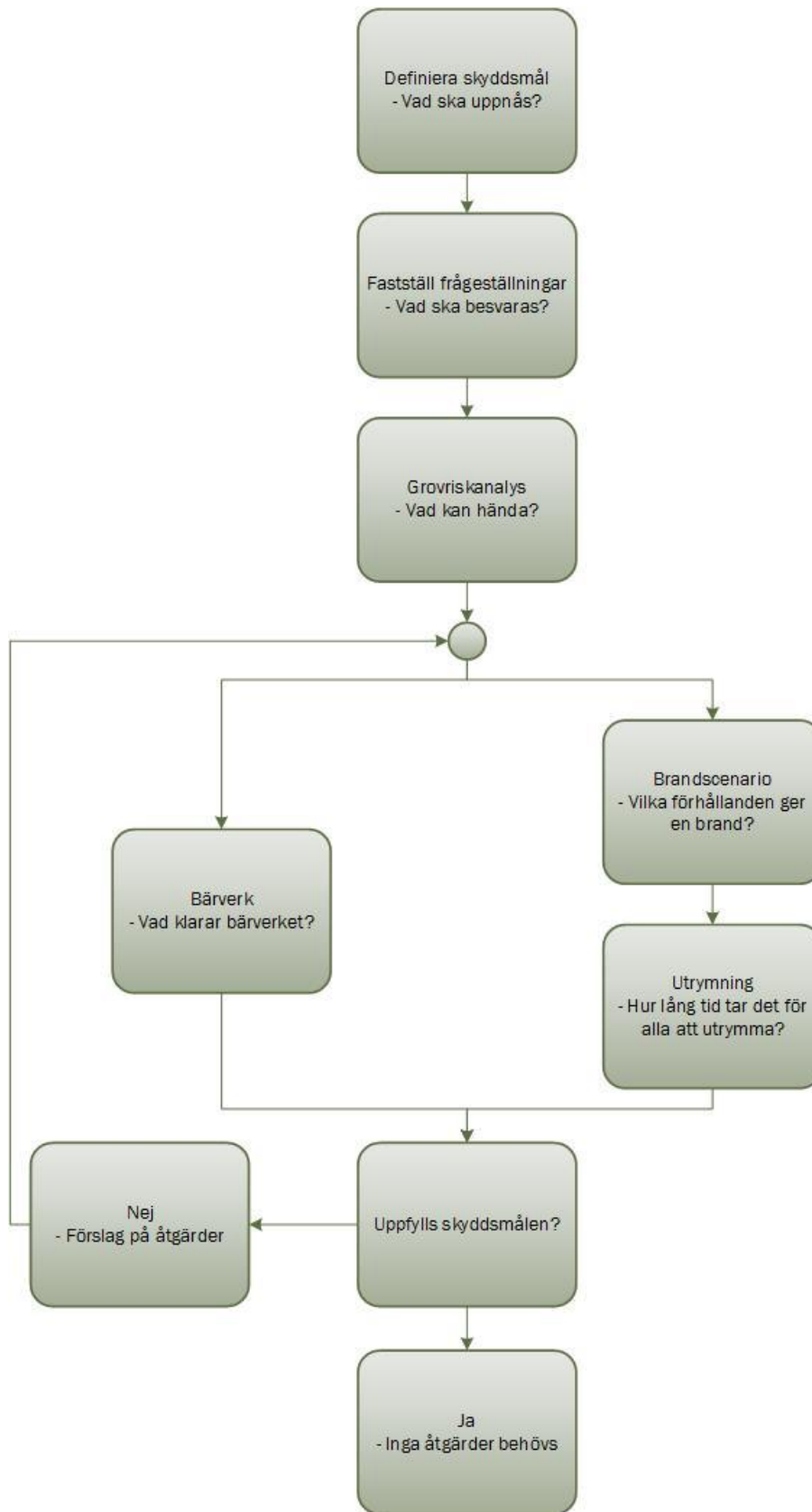
## 1.4 Metod

Arbetes upplägg illustreras i figur 1 nedan. Först definieras skyddsmål och avgränsningar och efter ett platsbesök formuleras frågeställningar. Sedan genomförs en riskinventering som resulterar i en grovriskanalys. Efter detta undersöks frågeställningarna oberoende.

I mer detaljerade simuleringar undersöks olika brandscenarier för att ge tider till kritiska förhållanden som sedan jämförs med tiden det tar för alla att utrymma. Detta genomförs för ett antal scenarier som väljs ur grovriskanalysen.

För att undersöka bärverket och brandbelastning genomförs simuleringar med olika effekter där temperaturen i taket studeras. Dessa simuleringar görs relativt grova då en hel timme ska simuleras. Eftersom simuleringar behöver anpassas för en grov mesh blir dessa simuleringar inte så detaljerade. Efter detta genomförs en simulering av en förfinad mesh för att validera resultaten.

Därefter görs en sammanvägd bedömning om skyddsmålet uppfylls. Om så inte är fallet ges förslag på åtgärder. Processen upprepar sig och skyddsmålet undersöks på nytt med de förslagna åtgärderna. Målet med arbetet är att skyddsmålet ska uppfyllas.



Figur 1. Schematisk bild över arbetsgången som efterföljts i detta arbete.

## **1.5 Avgränsningar**

I arbetet har personsäkerheten vid en eventuell brand undersökts. Ingen hänsyn har tagits till varken skador på miljön eller ekonomiska skador.

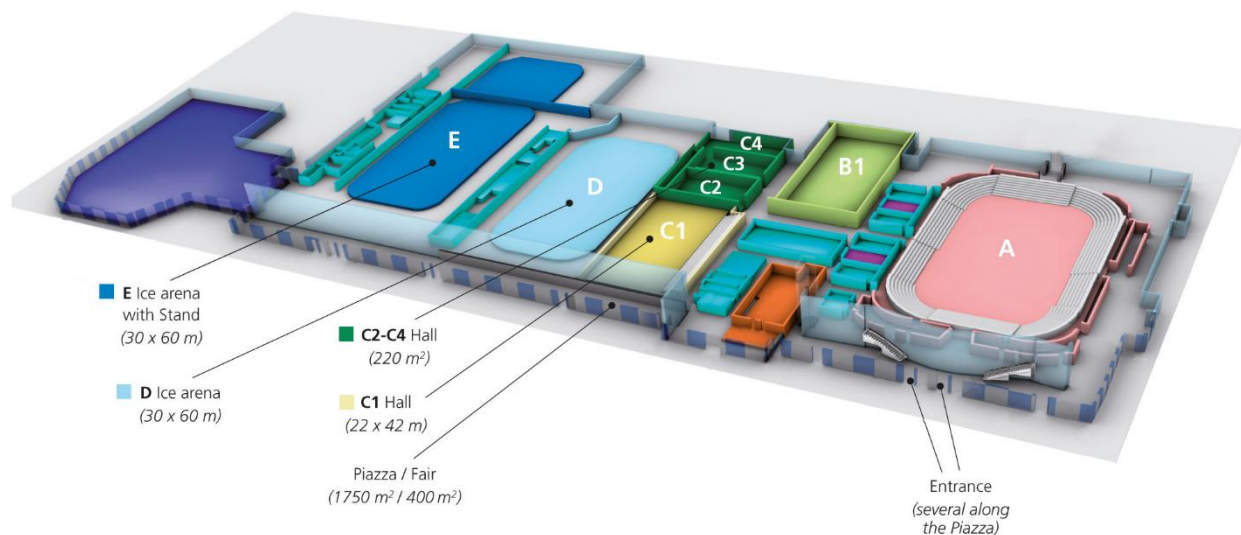
Då Halmstad Arena är ett stort komplex med flera byggnader med varierande verksamheter har arbetet avgränsats till endast ishall D. Ingen påverkan hanteras från övriga delar av anläggningen. Detta motiveras ytterligare med avseende på de brandcellsgränser som finns mellan de olika hallarna.

## **1.6 Skyddsmål**

Arbetet fokuserar huvudsakligen på säkerheten vid utrymning av hall D. Skyddsmål definieras därför som att en säker utrymning ska kunna ske för samtliga besökare som befinner sig i hallen.

## 2 Objektbeskrivning

Halmstad Arena är en multiidrottsanläggning med lokaler för många olika idrottsverksamheter. Arenan består av flera byggnader som sitter ihop i ett komplex (se figur 2 nedan) och ligger i ett ensamt läge, utan direkt angränsande byggnader. En entrégång, kallad Piazzan, löper längs hela arenans södra sida och binder samman byggnadens olika delar. Denna innehåller ett antal stora nödutgångar som leder ut till det fria.



Figur 2. Ritning över Halmstad Arenas första våning.

### 2.1 Brandteknisk dimensionering

Hela arenan är utförd i byggnadsteknisk klass Br1.

Räddningstjänstens insatstid förväntas vara normal. Insats förväntas ske inom 10 minuter.

När hall D byggdes 2009 ändrades några av utrymningsvägarna från den befintliga hall E, som tidigare skett ut i det fria, till att ske genom hall D. Då utrymning från hall E delvis sker genom hall D är viss golvyta i hall D markerad som utrymningsväg. Det får max vistas 150 personer i den ena hallen om antalet i den andra överstiger 150.

### 2.2 Hall D

I hall D finns en fullstor isrink avsedd för allmänhetens åkning, träning och juniormatcher/-tävlingar. Hallen uppfördes år 2009 och byggdes då samman med den redan befintliga ishallen, hall E. Nedan följer en beskrivning av ishallen. För en ritning se figur 3 nedan.

Hall D är ca 80 × 40 meter stor med ett sluttande tak från 12,5 meter på den västra sidan till 10 meter på den östra. Takkonstruktionen utgörs av takstolar av stål som bär upp ett tak av korrugerad plåt, isolering samt yttertak. Fäst i takstolarna finns även en skena monterad över rinken som används vid övning av konståkningshopp.

I söder ansluts hall D till Piazzan via två öppningar: två dubbeldörrar som utgör huvudentré samt en dörr med ramp. Utanför entrén finns ett trapphus och en hiss som leder till lokaler som rymmer bl.a. ett utställningsrum och lokaler som hör till verksamheten i hall E.

Rummen i söder tillträds från en dörr inifrån hallen och rymmer toaletter och tävlingskansli med fönsterpartier ut mot hallen. Längs med denna del samt hallens entré löper en öppen gång med tak och pelare som stöttar upp lokalerna ovanför.

Isrinken i hall D har avbytarbås och sekretariat längs delar av båda långsidorna. Enklare träläktare i tre nivåer finns längs isens östra sida. Rinkens sarg eller delar av den kan monteras ned vid behov, exempelvis vid mässverksamhet. I den västra väggen finns två breda utrymningsöppningar från hall E, som inte går att öppna från hall D. Dessa är markerade som utrymningsvägar i golvet och får ej blockeras.

I det nordvästra hörnet av hallen finns ett laddningsrum för två eldrivna ismaskiner som betjänar de båda ishallarna. Rummet är öppet ut mot hallen och ett område i hallens hörn är avgränsat med ett metallräcke med en grind. I det avgränsade området finns en passage med jalousier till hall E för ismaskinerna samt en dörr och en jalousiport i den norra väggen ut mot det fria. I den norra väggen finns även en öppning med två dubbeldörrar som utgör utrymningsväg tillsammans med ett område markerat i golvet samt en dubbeldörr för utrymning från hall D. Mellan dessa båda öppningar finns avgränsade förrådsrum, fläktrum, vilorum samt teknikrum i ett plan.

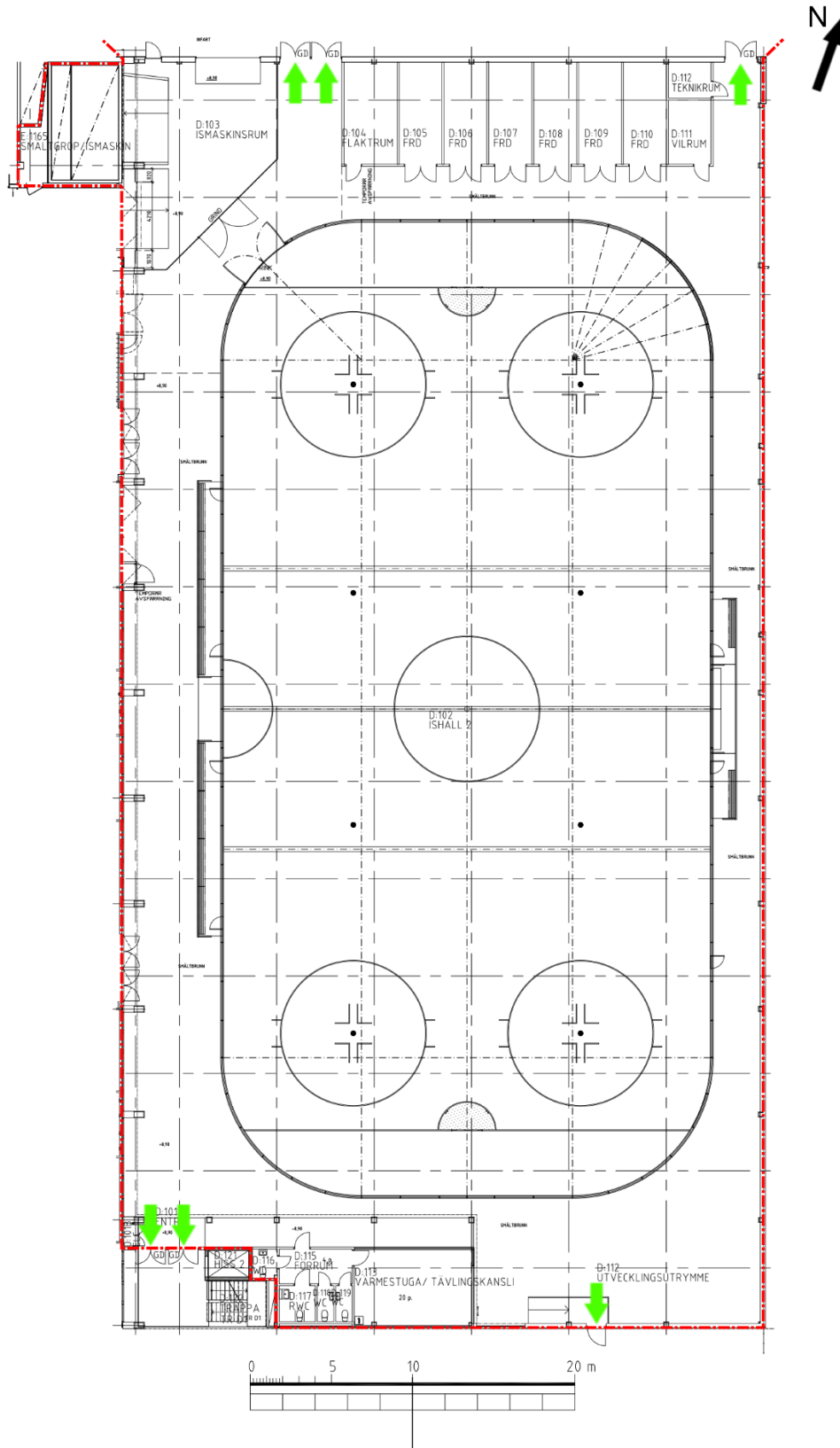
Hall D används under sommarhalvåret periodvis till mässor med ett maxantal på 400 personer i lokalen.

### **2.3 Angränsande lokaler**

Hall E, som delar vägg med hela hall D:s västra långsida, är en fullstor ishockeyarena med läktare som rymmer ca 4000 åskådare. Utrymning från hall E sker delvis via hall D. Hallarna är åtskilda brandceller.

I öster gränsar hall D till flera hallar C1-C4 men inga öppningar finns i väggen, som är brandcellsgräns.

I norr gränsar hall D till det fria och i söder till Piazzan.



Figur 3. Planritning över hall D med inritade brandcellsgränser och utrymningsvägar.



## 3 Befintligt brandskydd

Nedan beskrivs det befintliga brandskyddet som finns i ishallen. Informationen är tagen från arenans brandskyddsdocumentation (WSP, 2010) samt från platsbesök vid Halmstad Arena.

### 3.1 Brandskydd vid vardaglig verksamhet

Brandskyddet beskrivs endast för aktuell del av objektet, hall D, då angränsade lokaler är brandtekniskt avskilda från hallen. Utrymning från hall E sker dock delvis över aktuell del via markerade utrymningsvägar.

Vardaglig verksamhet för hall D är idrottsverksamhet. I hallen finns en fullstor ishockeyrink, en mindre läktare samt avbytarbås och sekretariat. Hallen används för allmänhetens åkning samt för träningsverksamhet. All annan verksamhet är inte att betrakta som vardaglig verksamhet.

Dimensionerande förutsättningar för ishallen är byggnadsteknisk klass 1, Br1, samt verksamhetsklass 2B; samlingslokaler för fler än 150 personer. Hall D är dimensionerad för maximalt 400 personer i dagsläget. Räddningstjänsten förväntas normalt kunna utföra en insats inom 10 minuter.

Brandskyddet har i huvudsak dimensionerats genom analytisk dimensionering. Inga avsteg från gällande regelverk har gjorts, brandskyddet har dock vissa alternativa utformningar från de förenklade reglerna, vilka är:

- Gångavstånd till närmsta utrymningsväg överstiger 30 meter.
- Inget brandtekniskt krav på delar av horisontellt takbärverk.
- Utrymning från hall E sker över annan brandcell som ej innehåller huvudentrén (hall D).

De alternativa utformningarna har verifierats med analytisk dimensionering och dessa är acceptabla i aktuell byggnad (WSP, 2010).

Hall D och E utrymmer via dörrar i fasad och till Piazzan. En förutsättning för lösningen att hall E utrymmer via hall D är att endast en av hallarna får nyttjas som samlingslokal för fler än 150 samtidigt. Fritt passagemått för utrymningsvägar är minst 1,2 meter. Möbler och hinder i utrymningsvägar markerade på ritningar skall inte förekomma. Samtliga dörrar är försedda med panikreglar.

Avskiljande konstruktion är utförd i EI 60. Magnetuppställda dörrar stänger vid brandlarm. Mellan ishall D och E finns en ismaskinspassage, i vilken det finns en jalousi i klass E 60 som stänger vid brandlarm.

Det horisontella bärverket till yttertaket i hall D utförs med temperaturkrav på 200°C. Övrigt bärverk är utformat enligt R 60.

I aktuell del utgörs ventilationssystemet av ett separat system som endast serverar aktuell brandcell. Brandlarm stoppar fläktaggregat.

Heltäckande automatiskt brandlarm finns installerat enligt SBF 110:6. Brandlarmet gör följande:

- Aktiverar utrymningslarm med tvådetektorsberoende
- Stänger magnetuppställda dörrar
- Överför larm till räddningstjänst samt bemannad plats
- Tänder normalbelysning
- Bryter kraftförsörjning till musikanläggning
- Aktiverar brandfunktioner för ventilationssystem.

Larmlagring används vid större evenemang i hall D om det finns en utbildad organisation för detta. Om funktionen används är kvitteringstid 1 minut och sedan 5 minuter för återställning. Vid utebliven kvittering aktiveras brandlarmet enligt ovan.

Hela byggnaden är försedd med utrymningslarm. Utrymningslarmet aktiveras antingen manuellt eller automatiskt från brandlarm. Inom publika utrymmen finns talat utrymningslarm och inom övriga delar finns akustiska don. Larmet är även kompletterat med optiska don där hörselskadade personer kan tänkas vistas ensamma. Utrymningslarmet är sektionerat så att varje hall utgör en egen larmsektion.

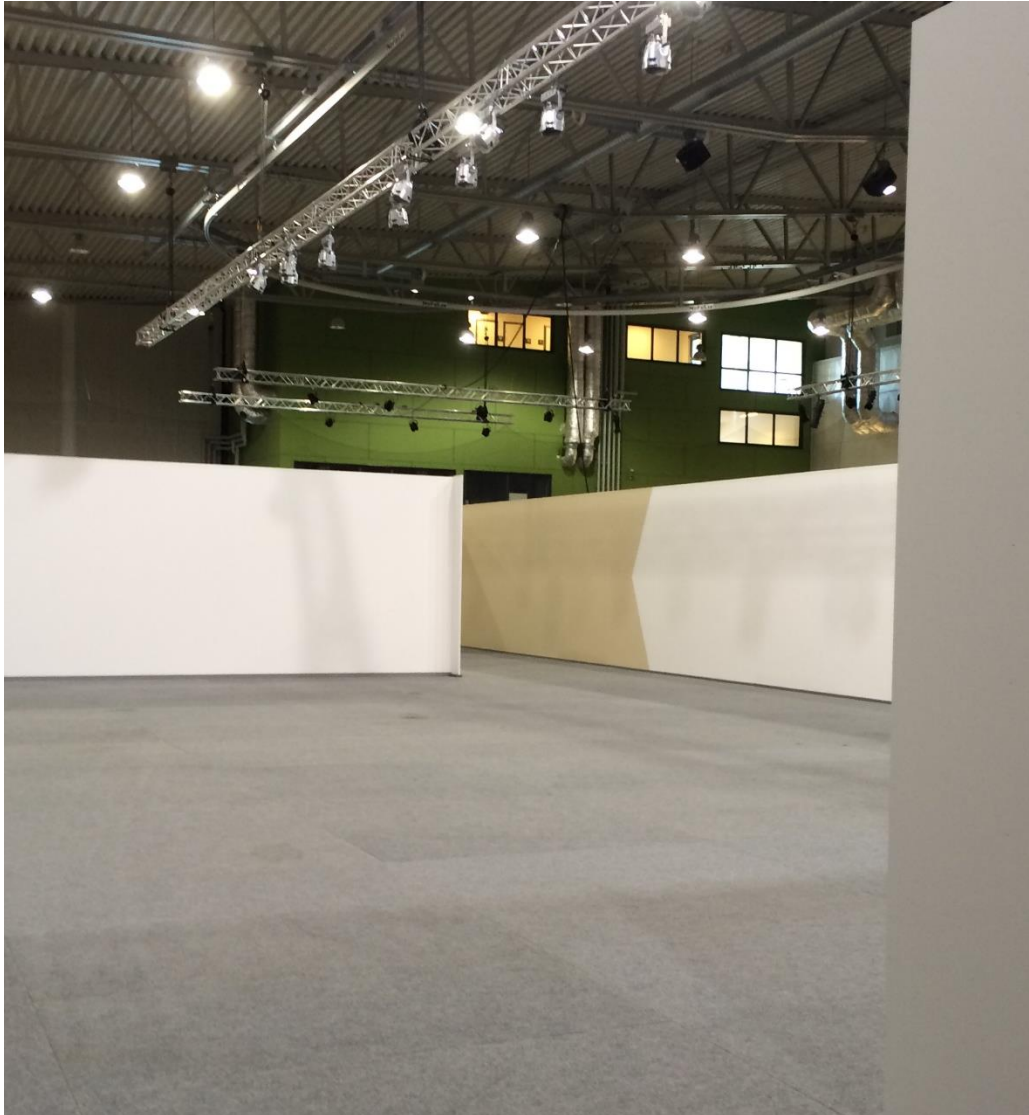
Nödbelysning finns i publika delar samt i utrymningsvägar. Lokalerna är även försedda med vägledande markering.

### **3.2 Brandskydd vid mässverksamhet**

Brandskyddet i hall D är idag utformat för att 400 personer skall kunna vistas i lokalen. Halmstad Arena har uttryckt viljan om att kunna öka det maximala personantalet vid mässverksamhet i denna hall. Detta är en av de frågeställningar som arbetet syftar till att svara på.

Samma brandskydd som finns beskrivet i kapitlet ovan antas gälla även vid mässor. En mässa eller utställning i hallen innebär att det läggs ut ett golv i isrinken, som inte är spolad under sommarhalvåret. Under utställningar byggs montrar, gångar och förråd upp med väggar (se figur 4) som leder till en helt annan förutsättning för utrymning, fler personer och högre brandbelastning. Gångavstånd till utrymningsvägar blir, som vid normal verksamhet, för långt och vid utställningar blir utrymmet även mer svårnavigerat.

En svårighet är att alla mässor och utställningar kan se olika ut, däremot är det fria passagemåttet i de gångar som byggs upp minst 1,2 meter. Det placeras även ut ordentligt med släckredskap vid utställningar. Sargen kan monteras bort överallt där det önskas och kläs in med någon slags träskivor där den lämnas på plats. I taket hängs lampor och el dras ut till elcentraler på utställningsgolvet som sedan förser montrar och utrustning.



*Figur 4. Uppbyggda väggar inför en tidigare utställning i hall D.*

## 4 Utrymningsteori

Enligt BBR kapitel 5:3 ska byggnader utformas så att de personer som befinner sig i den aktuella byggnaden alltid ska kunna utrymma till en säker plats vid uppkomst av brand. Detta innebär att de utrymmande inte ska utsättas för nedfallande byggnadsdelar, hög temperatur, hög värmestrålning, giftiga brandgaser eller dålig sikt som skulle kunna förhindra utrymningen.

### 4.1 Utrymningsförloppet

En tillfredsställande utrymning innebär att alla personer i lokalen har utrymt till säker plats innan kritiska förhållanden uppstår. Hänsyn tas även till att utgångar kan blockeras av en brand. I de olika scenarierna simuleras att olika dörrar är blockerade. Tiden till färdig utrymning kallas utrymningstiden och skall understiga tiden till kritiska förhållanden. Utrymningstiden består av varseblivningstid, förberedelsetid och förflyttningstid vilka beskrivs närmare nedan (Boverket, 2013). Det bör även tas hänsyn till om vissa individer har exempelvis nedsatt rörelseförmåga som kan påverka utrymningstiden. Utrymningstiden beräknas enligt följande:

$$t_{kritisk} > t_{utrymning} = t_{varseblivning} + t_{förberedelse} + t_{förflyttning}$$

### 4.2 Varseblivningstid

Varseblivningstid är den tid det tar tills personer blir medvetna om att det brinner och/eller att de ska utrymma. I praktiken sätts denna till antingen när en person ser branden eller tills det att utrymningslarmet startar. Ett bra brandlarmsystem är viktigt för en kort varseblivningstid för den största andelen personer. Larmlagring kan fördröja tiden till varseblivning då den första detektionen av rök inte aktiverar utrymningslarmet – antingen krävs en till aktiverad detektor, manuell aktivering eller att kvitteringstiden går ut innan utrymningslarmet startar.

### 4.3 Förberedelsetid

Larmet har nu aktiverat men personer börjar inte utrymma direkt. Tiden från larm till påbörjad rörelse kallas förberedelsetid och det är nu personer håller på att bestämma sig om de ska utrymma. För en kort förberedelsetid skall det finnas tydlig information om vad som hänt och vad som skall göras. Åtgärder som anvisning av personal och talat utrymningslarm möjliggör en kortare förberedelsetid.

### 4.4 Förflyttningstid

Efter att individer påbörjat utrymningen är den sista komponenten i den totala utrymningstiden förflyttningstiden. Detta är tiden det tar för personer från att de börjar gå tills att de är på säker plats (i annan brandcell eller det fria).

### 4.5 Kritiska förhållanden

Kritiska förhållanden råder då det finns risk för personers säkerhet och/eller då det inte finns möjlighet att sätta sig själv i säkerhet. I tabell 1 nedan anges de godtagbara värden som används för verifiering av icke kritiska förhållanden vid utrymning av brand enligt BBRAD 3 (Boverket, 2013). För att uppnå en godtagbar nivå bör kriterium 1 eller 2 vara uppfyllda, samt kriterium 3-5 enligt Boverket. I detta arbete anses dock kritiska förhållanden råda när något kriterium är uppfyllt, då detta är konservativt och lokalens storlek gör utrymning svårt om något av kriterium 1 eller 2 är uppfyllda. Sikten bör beräknas mot vägledande markeringar, utrymningsvägar eller motsvarande.

Dessa värden är relativt konservativa och reglerar därmed utrymningen strikt. Värdena bör därför ses som riktlinjer och tillämpning av ingenjörsmässiga resonemang kring en tillfredställande utrymning bör föras vid varje enskilt scenario.

*Tabell 1. Nivå till kritisk påverkan vid utrymning enligt BBRAD 3.*

Kriterium	Nivå
<b>1. Brandgaslagrets nivå ovan golv</b>	Lägst $1,6 + (\text{rumshöjden (m)} \times 0,1)$
<b>2. Sikt, 2 m ovan golv</b>	10,0 m i utrymmen $> 100 \text{ m}^2$ 5,0 m i utrymmen $\leq 100 \text{ m}^2$ Kriteriet kan även tillämpas för situationer där köbildning inträffar i ett tidigt skede vid den plats kön uppstår.
<b>3. Värmestrålning/Värmedos</b>	Max $2,5 \text{ kW/m}^2$ eller en kortvarig strålning på max $10 \text{ kW/m}^2$ i kombination med max $60 \text{ kJ/m}^2$ utöver energin från en strålningsnivå på $1 \text{ kW/m}^2$
<b>4. Temperatur</b>	Max $80 \text{ }^\circ\text{C}$
<b>5. Toxicitet, 2,0 m ovan golv</b>	Kolmonoxidkoncentration ( $\text{CO}$ ) $< 2\ 000 \text{ ppm}$ Koldioxidkoncentration ( $\text{CO}_2$ ) $< 5 \%$ Syrigaskoncentration ( $\text{O}_2$ ) $> 15 \%$

För att bedöma när de kritiska förhållandena uppstår används en kombination av visualiseringsprogrammet Smokeview samt slice files och mätpunkter från FDS (se avsnitt 8).

## 5 Datormodeller

Arbetet har utförts med stor hjälp av programvara och datormodeller, nedan beskrivs de program som använts i arbetet.

### 5.1 FDS och Smokeview

För brandsimuleringar och bedömningar av kritiska förhållanden används simuleringsprogrammet FDS version 6. FDS är en CFD-programvara, utvecklat av det amerikanska NIST, där volymen delas in i små celler. För varje cell löses sedan en variant av Navier-Stokes ekvationerna som beaktar massans och energins bevarande.

För att modellens utdata ska vara tillförlitligt är storleken på cellerna mycket viktigt. Som vägledning för att bedöma om storleken på celler är tillfredställande finns följande ekvation (NIST, 2014):

$$D^* = \left( \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}} \quad \text{Ekvation 1}$$

Där

$D^*$	=	Karaktäristisk diameter	[kW/s <sup>2</sup> ]
$\dot{Q}$	=	Effektutveckling	[kW]
$\rho_{\infty}$	=	Omgivningens densitet	[kg/m <sup>3</sup> ]
$c_p$	=	Specifik värmekapacitet	[kJ/(kg×K)]
$T_{\infty}$	=	Omgivningens temperatur	[K]
$g$	=	Gravitationskonstanten	[m/s <sup>2</sup> ]

Kvoten mellan  $D^*/\delta x$ , där  $\delta x$  är cellstorleken, rekommenderas ligga mellan 4 och 16 enligt utvecklingarna av programmet. Kvoten kan beskrivas som det antal celler som finns över den karaktäristiska diametern av branden. Det observeras även att denna kvot gäller för cellerna nära branden och inte för hela beräkningsdomänen. För byggnader med högt tak rekommenderas att kvoten är högre än 15 (Svensk avdelning i Society of Fire Protection Engineers (BIV) 2013).

Antalet celler har en stor inverkan på tidsåtgången för simuleringar då en halvering av cellstorlek innebär åtta gånger fler celler (eftersom celler är i tre dimensioner) samt en halvering av tidssteget. Sammanlagt tar det, teoretiskt, 16 gånger längre tid att simulera med halva cellstorleken. För att simulera i detta arbete har det funnits tillgång till beräkningsklustret LUNARC. För att få en uppfattning kan det nämnas att det har tagit cirka tre dygn att simulera varje scenario och cirka en vecka att simulera den förfinade simuleringen till bärverksanalysen.

För att behandla resultaten från FDS-simuleringarna används Smokeview, som är ett program som kan visualisera FDS-simuleringar. Programmet är liksom FDS utvecklat av NIST.

## 5.2 Pyrosim

Pyrosim av Thunderhead Engineering är ett program som i princip ger FDS ett grafiskt gränssnitt. Indatafiler som används till CFD-simuleringarna i detta arbete har skapats i Pyrosim. Programmet har använts för att skapa hela indatafilen inklusive geometri, öppningar, meshkonfigurationer, enheter och slice files, reaktioner samt brandens egenskaper. När ett scenario är färdigt i programmet har en FDS-fil exporterats som sedan laddats upp till LUNARC och använts i Pathfinder.

## 5.3 Pathfinder

Pathfinder är ett program som är utvecklat av Thunderhead Engineering och används för att simulera utrymningar. Programmet är utvecklat på det sättet att användaren kan se hur utrymningen genomförs. Det är dessutom användaren som bygger upp hur själva byggnaden ska vara utförd, om det exempelvis finns förhinder vid vissa dörrar eller om personer inte går direkt mot utgången på grund av olika anledningar. Detta gör att det via detta program kan skapas mycket verklighetstroga scenarier för utrymning, under förutsättning att utförandet av hur byggnaden är uppbyggd och underliggande studier för människors beteende vid brand är korrekta. Detta görs i 3D (Thunderhead Engineering 2015).

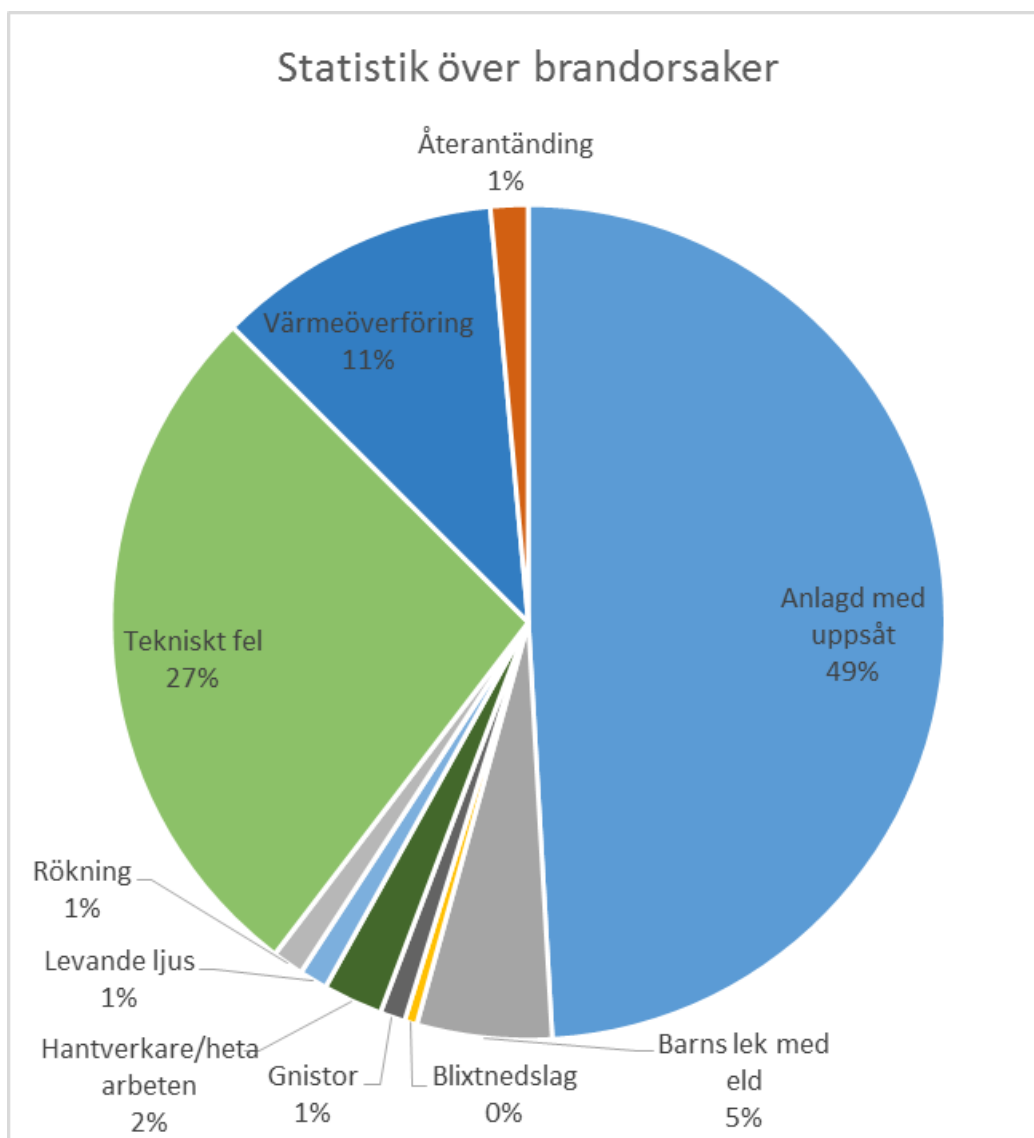
För utrymningssimuleringar har den FDS-fil som exporterats ur Pyrosim importerats i Pathfinder. Detta säkerställer att exakt samma geometri används för både brand- och utrymningssimuleringar.

## 5.4 @RISK

För statistisk bearbetning av utrymningstider har datorprogrammet @RISK använts. Detta är ett insticksprogram till Microsofts Excel och har använts för att anpassa en fördelning till en samling data (utrymningstider) samt att återsampla värden från en given fördelning.

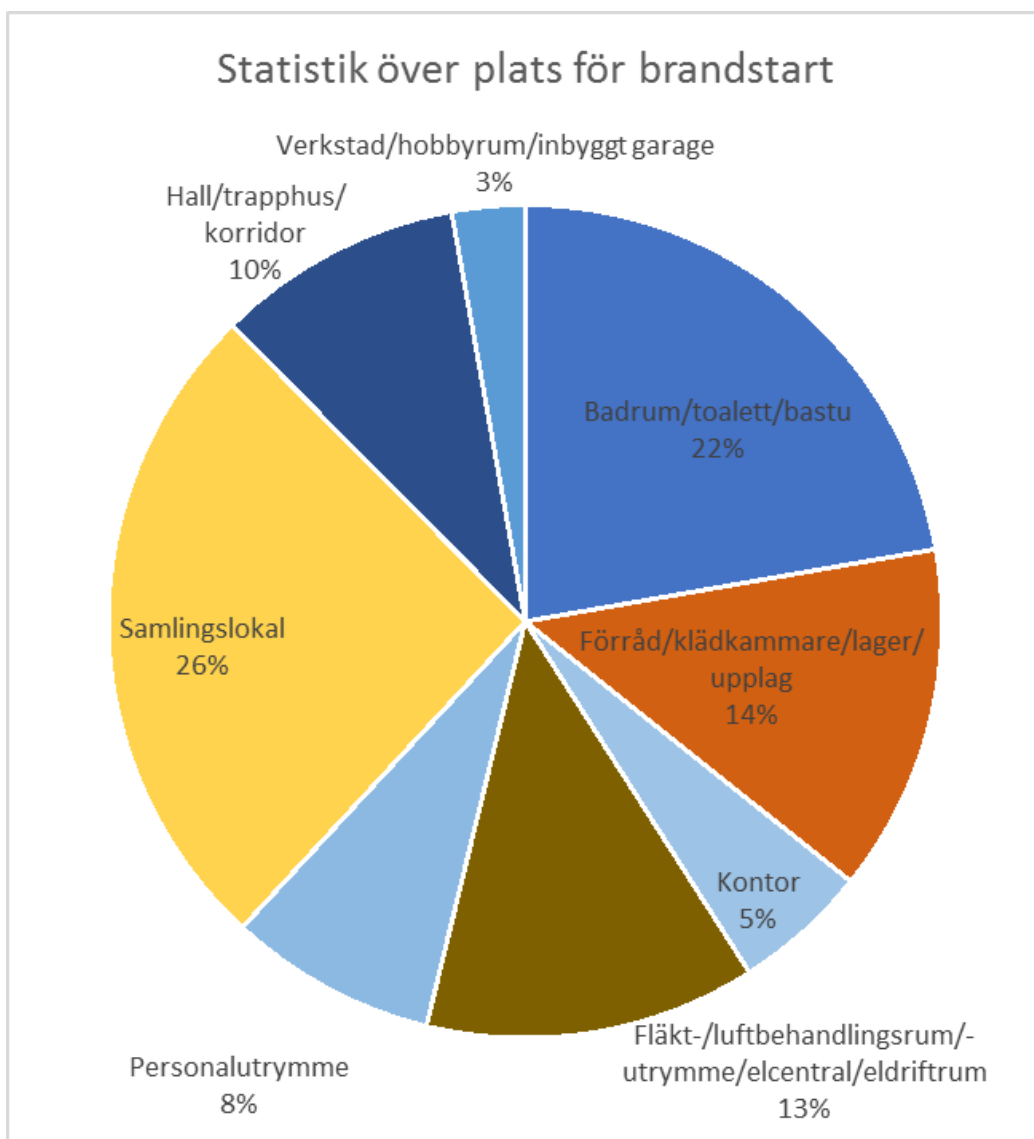
## 6 Statistik

För att få en uppfattning om frekvensen av olika sorters bränder studerades data insamlad av MSB mellan 1998 och 2014 (MSB, 2014). Den brandstatistik som bedömdes mest relevant var statistik om brandorsaker samt startutrymme. Mycket av datan innehöll statistik om irrelevanta brandorsaker, till exempel fyrverkerier, glömd spis och okänd, samt irrelevanta startutrymmen, som till exempel djurstall, kök och utomhus. Dessa sorterades därför ut och endast statistik som på något sätt kan hänvisas till objektet undersöktes. Vissa data var snarlika och adderades för att få en mer rättvis bild, exempelvis bränder orsakade av hantverkare och heta arbeten samt startutrymmena hall, trapphus och korridor. Den utvalda statistiken kan ses i figur 5 och 6 nedan.



Figur 5. Utsorterad statistik över brandorsaker. Statistiken hämtad från IDA (MSB, 2014).





Figur 6. Utsorterad statistik över startutrymme för brand. Statistiken hämtad från IDA (MSB, 2014).

Den klart vanligaste brandorsaken i statistiken är anlagd brand. Anlagda bränder är ett stort samhällsproblem, och sker ofta på offentliga platser. Mellan 50-80% av de anlagda bränderna anläggs av barn (MSB, 2009). Då hall D är en offentlig anläggning samt att det vistas barn i lokalen leder detta till en förhöjd risk för anlagda bränder. Det finns även ett antal fall registrerade med barns lek med eld.

Den andra dominerande kända brandorsaken är tekniskt fel, vilket står för ca en fjärdedel av de utvalda brandorsakerna. Tekniskt fel kan bero på många olika saker och tänkbara scenarier kring brandorsaken kan därför utformas. Vid mässverksamhet tillförs dessutom kablar, grenuttag belysning samt andra elektriska komponenter som kan öka denna typ av fel (Widlund, 2009).

I statistiken över plats för brandstart finns det flera lokaler, till exempel samlingslokal, fläktrum och förråd, som kan tillämpas på ishall D i Halmstad Arena.

Enligt räddningstjänsten har det inte inträffat några tillbud i aktuell hall.

## 7 Grovanalys

Nedan presenteras tänkbara brandscenarier i hall D. För att bedöma vilka scenarier att undersöka närmare har gruppen fört diskussion som underbyggs med kvalitativa resonemang och statistiken i avsnitt 6. Scenarierna graderas därefter på en sannolikhets- och konsekvensbedömningskala för att kunna jämföras inbördes. Beskrivning av denna skala ges i tabell 2 och 3 nedan.

*Tabell 2. Modell för sannolikhetsbedömning.*

---

Värde	Beskrivning
1	Mycket låg sannolikhet
2	Låg sannolikhet
3	Medel sannolikhet
4	Hög sannolikhet
5	Mycket hög sannolikhet

*Tabell 3. Modell för konsekvensbedömning.*

---

Värde	Beskrivning
1	Mycket låg konsekvens Mycket liten påverkan på utrymning med mycket låg risk för personskada
2	Låg konsekvens Liten påverkan på utrymning med låg risk för personskada
3	Medel konsekvens Märkbar påverkan på utrymning med risk för personskada
4	Hög konsekvens Tydlig påverkan på utrymning med överhängande risk för personskada
5	Mycket hög konsekvens Mycket stor påverkan på utrymning med stor risk för personskada

## 7.1 Brandscenarier

Nedan presenteras de brandscenarier som kan tänkas förekomma i ishall D. Deras möjliga placering i lokalen framgår av figur 7.

### Ismaskiner

I nordvästra hörnet av hall D finns en laddningsstation för två stycken eldrivna ismaskiner. Det finns en risk att laddningsstationerna eller batterierna orsakar en brand i en ismaskin. Detta kan ske via glappkontakter i laddningshandsken, överhettning och överledning i laddningsutrustningen (Widlund, 2009). Tekniska fel är även en vanlig brandsorsak enligt statistiken i föregående kapitel.

*Sannolikhet 3*

*Konsekvens 4*

Konsekvensen av en brand i ismaskinerna skulle medföra överhängande risk för personskada då effektutvecklingen från två ismaskiner bedöms som hög samt att de är placerade i närheten av de nordvästra nödutgångarna.

### Montrar

Under somrarna hålls ofta mässor i hall D och det finns då risk för brand i de montrar eller väggar som byggts upp. Beroende på typ av mässo och vilket material som använts i montrarna samt väggarna som byggts upp kan brandrisken variera i stor grad. Risk för att antändning sker finns vid en överbelastning av elektrisk ledning, glappkontakt eller en överhettning av någon komponent (Widlund, 2009). Då samlingslokaler är den vanligaste platsen för brandstart enligt den studerade statistiken är brand i lokalen under en mässo även trolig.

*Sannolikhet 4*

*Konsekvens 4*

Konsekvensen av en brand i monter skulle kunna medföra en överhängande risk för personskada, beroende på utformning och typer av material i montern. Oavsett utformning är det antagligen brännbart material som används, vilket leder till en snabb och relativt hög effektutveckling.

### Förråd

Vid den norra sidan av rinken finns det ett antal förråd som ej utgör en egen brandcell. Vid mässarrangemang finns också en möjlighet att det byggs upp tillfälliga förråd inom mässområdet. Förråd är enligt statistiken en vanlig plats för brandstart och beroende på innehåll och antändning av förråden kan konsekvensen av brand i förråd variera.

*Sannolikhet 3*

*Konsekvens 3*

Konsekvensen av en brand i ett förråd skulle medföra en snabb brandutveckling och eventuellt en hög effektutveckling då det kan ske förvaring av mycket brännbart material. I ett stängt förråd kan dessutom en brand få tillväxa någorlunda obemärkt.

## **Garderob**

Vid mässarrangemang finns en möjlighet att en mobil garderob sätts upp i hallen för besökarna att hänga upp sina ytterkläder. Antändning av ytterkläderna skulle leda till en snabb effektutveckling då de ofta består av olika slags syntetmaterial samt att de kommer hänga väldigt tätt.

*Sannolikhet 2*

*Konsekvens 2*

Brand i garderob kan ses som en relativt stor risk, men då mässverksamheten i första hand sker under sommarhalvåret finns troligen ingen garderob att hänga av sig i, vilket reducerar sannolikheten för brand i garderob. Konsekvensen bedöms också som låg då det troligtvis inte kommer hängas in en tillräcklig mängd ytterkläder, när det väl finns en garderob, för att utgöra en märkbar fara för de utrymmande.

## **Personalutrymme**

I den södra delen av lokalen finns ett värmeutrymme som vid mässarrangemang används som personalutrymme. Man kan här anta att det finns mycket löst brännbart material samt viss köksutrustning såsom kaffebryggare, värmeplattor och kylskåp vilket kan leda till en brand. Detta backas upp av statistiken då personalutrymmen är en förekommande plats för brandstart enligt föregående kapitel.

*Sannolikhet 3*

*Konsekvens 2*

En brand i personalutrymme skulle medföra en låg risk för personskada och en liten påverkan på utrymning. Resonemanget kring detta är underbyggt av placeringen av personalutrymmet samt att det kan förväntas finnas personer som är medvetna om nödutgångar samt brandskyddsutrustning.

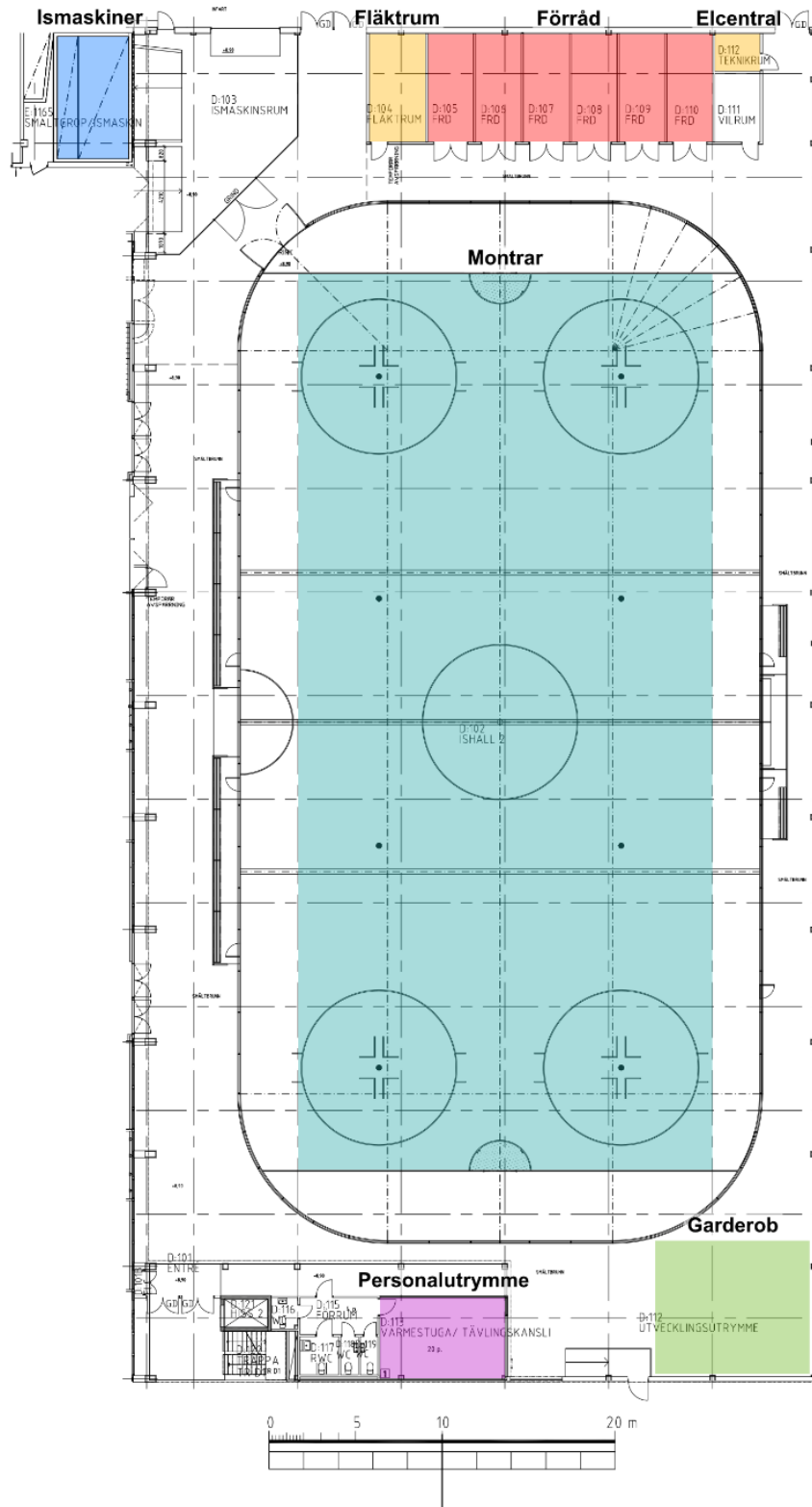
## **Elcentral och fläktrum**

I anslutning till förråden i den norra delen av lokalen finns ett fläktrum och en elcentral. Här finns risk för överledning, överhettning samt överbelastning vilket skulle kunna orsaka en brand.

*Sannolikhet 3*

*Konsekvens 2*

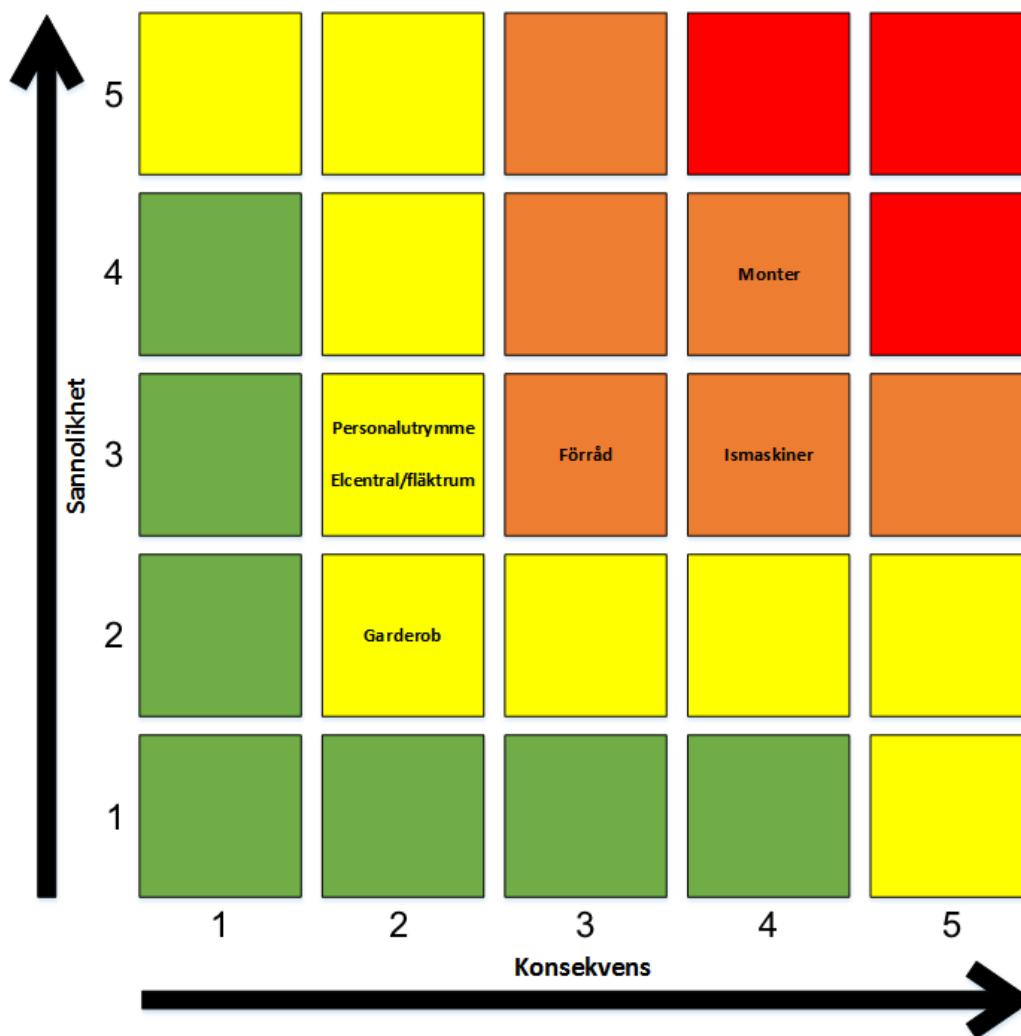
En brand i elcentralen eller i fläktrummet medför en liten risk för personskada och en liten påverkan på utrymning. Detta då brand i elcentral/fläktrum sällan medför en öppen brand. Istället sker en rökutveckling (Widlund, 2009).



Figur 7. De olika brandsceneriernas placering i hallen. De färgade områdena visar ungefär var respektive scenario är tänkt att kunna inträffa.

## 7.2 Riskmatris

I figur 8 placeras de tänkta brandscenarierna ut i en riskmatris med konsekvens på x-axeln och sannolikhet på y-axeln. Gruppen väljer att gå vidare och undersöka de tre fall som anses vara de värsta, det vill säga de med högst sannolikhet och konsekvens. Dessa fall är de som ligger i det orangea området i riskmatrisen; monter, förråd samt ismaskiner.



Figur 8. Riskmatris med de olika scenarierna inplacerade efter sannolikhet och konsekvens.

## 8 Gemensamt för de valda scenarierna

Många parametrar är likadana för alla scenarier och här beskrivs det som alla simuleringar har gemensamt. Information om varje enskilt brandscenario återges i respektives avsnitt i arbetet. En sammanställning av resultat från scenarierna kan ses i avsnitt 13.

### 8.1 FDS-simulering

De tre scenarierna som undersöks har mycket gemensamt i sina indata till simuleringarna. Därför beskrivs här det mesta av det ingående i FDS-koden för simuleringarna.

Hallen delas upp på längden i nio lika stora mesher samt en mindre mesh för ismaskinsrummet. Cellstorleken sätts till 20 cm, vilket med den lägsta scenarioeffekten på 4 MW ger följande förhållande mellan den karaktäristiska branddiametern och cellstorleken (se beräkning av kvoten för samtliga scenarier i bilaga 1):

$$D^* = \left( \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}} = \left( \frac{4000}{1,2 * 1 * 293 * \sqrt{9,81}} \right)^{\frac{2}{5}} \approx 1,6752$$
$$\frac{D^*}{\delta x} = \frac{1,6752}{0,2} \approx 8,38$$

Hallen har ett heltäckande brandlarm med rökdetektorer installerat. I simuleringen finns rökdetektorerna inlagda som de var placerade i hallen. Rökdetektorerna aktiverar vid en ljusdämpning på 3,24 % per meter (motsvarar en sikt på 70 meter) och är programmerade med rekommenderade standardvärden.

En kombination av slice files och mätpunkter används för att bedöma när kritiska förhållanden råder, se avsnitt 4.5.

Brandgaslagrets nivå mäts på flera punkter i simuleringen med enheten "layer height", nivån rimlighetkontrolleras därefter genom ett jämförande i Smokeview.

För att bedöma sikten används slice file "soot visibility" i planet två meter över golvet. Då visas sikten för varje enskild cell i planet. Sikten i en enskild cell är inte intressant då en cell är 0,2 meter stor. Istället görs bedömningen att kritiska förhållanden råder när ett område på 10 meter inte går att se igenom, när det inte längre går att se någon utrymningsväg eller när sikten på annat sätt inte längre ger möjlighet till utrymning.

Värmestrålningen i lokalen bedöms genom mätpunkter i simuleringen, på en höjd av två meter.

Temperaturförhållandena bedöms genom att en slice file placerad två meter över golvet används för att bedöma temperaturförhållandena.

För att bedöma toxiciteten används slice file på två meters höjd. Med dessa kontrolleras halterna koldioxid, kolmonoxid och syre.

Hallens geometri återskapades från ritningsunderlag (med hänsyn till mått jämnt delbara med 0,2 meter till följd av cellstorleken). Taket och väggar har getts sina korrekta termiska egenskaper och taket lutar även i simuleringen. Golvet är satt som betong, väggar är sandwichelement och taket som plåt och isolering. Sandwichelementen består av lättbetong och isolering med deras respektive

tjocklekar från konstruktionsritningar. Samtliga termiska egenskaper för materialen är tagna ifrån Enclosure Fire Dynamics, EFD (Karlsson & Quintiere, 2000).

Brandens tillväxt modelleras med fire spread-funktionen i FDS för att behålla en korrekt HRRPUA (värmeavgivning per area) och låta ytan som brinner växa. Areal på brännare anpassas så att HRRPUA hamnar omkring 800 kW/m<sup>2</sup>, vilket motsvarar ett värde på Q\* på drygt 0,5 (BIV, 2013). Då alla scenarier är placerade i en samlingslokal ges alla tillväxthastigheten snabb (Nystedt).

Eftersom FDS kräver en välventilerad brand för att fungera bra var alla öppningar på norra sidan öppna mot atmosfär. Detta är kanske inte representativt för verkligheten under en längre tid men i en så stor lokal bedöms det som att syretillgången inte kommer vara ett problem för en brand, se bilaga 3.

FDS-filen till det värsta simulerade scenariot kan ses i bilaga 6.

## 8.2 Utrymningssimulering

Utrymningen simulerades på samma sätt i de olika scenarier varför det beskrivs nedan. Här presenteras hur varje del av utrymningstiden (se avsnitt 4) behandlades i simuleringarna.

För varje scenario och personantal simulerades utrymningen 11 gånger. Inför varje gång placerades nya personer ut i lokalen, vilket innebär att i varje scenario randomiserades allas egenskaper från fördelningarna beskrivna nedan samt deras position. Placeringen av personer med nedsatt rörelseförmåga är av vikt att bli slumpmässig varje gång då denna också påverkar utrymningstiden. Efter att alla 11 utrymningar per scenario och personantal har simulerats används @RISK för att anpassa den bästa normalfördelningen till samlingsdata. Det valdes att normalfördelning skulle användas då utrymmandes egenskaper är normal- och uniformt fördelade. Sedan återsamlades 1000 normalfördelade värden från den givna fördelningen med Monte Carlo sampling. Denna nya fördelning representerar sedan resultatet för utrymningstid. I bilaga 5 presenteras några av de framtagna fördelningarna. Där fördelningar presenteras i tabellform syftar minsta och största värdet genomgående i arbetet till det minsta respektive största värdet i det 95-procentiga konfidensintervallet.

Då hallarna är larmsektionerade anses det osannolikt vid brand att utrymningslarmet startar i både hall D och E samtidigt. Därför kommer inga personer vid en utrymning i hall D utrymma från den angränsade hall E. Dock kan hela byggnaden komma att behöva utrymmas för andra anledningar än brand, som exempelvis hot. Detta anses inte utgöra något problem då det maximala personantalet i hall E vid verksamhet i hall D är begränsat till 150 personer.

### Varseblivningstid

Varseblivningstiden sätts till den tid som det tar för utrymningslarmet att starta. Denna varierar för varje scenario och tiden till detektoraktivering fås genom simulering i FDS. Utrymningslarm startas antingen manuellt eller automatiskt med tvådetektorberoende då larmlagring används. Detta innebär att tiden till att utrymningslarmet startar inte blir längre än tiden till att två detektorer aktiverar. Inför varje utrymningssimulering har varseblivningstiden hämtats ur utdatan från brandsimuleringen genom att kontrollera tiden tills två rökdetektorer aktiverar. Denna tid kallas även "Tid till detektion".



### **Förberedelsetid**

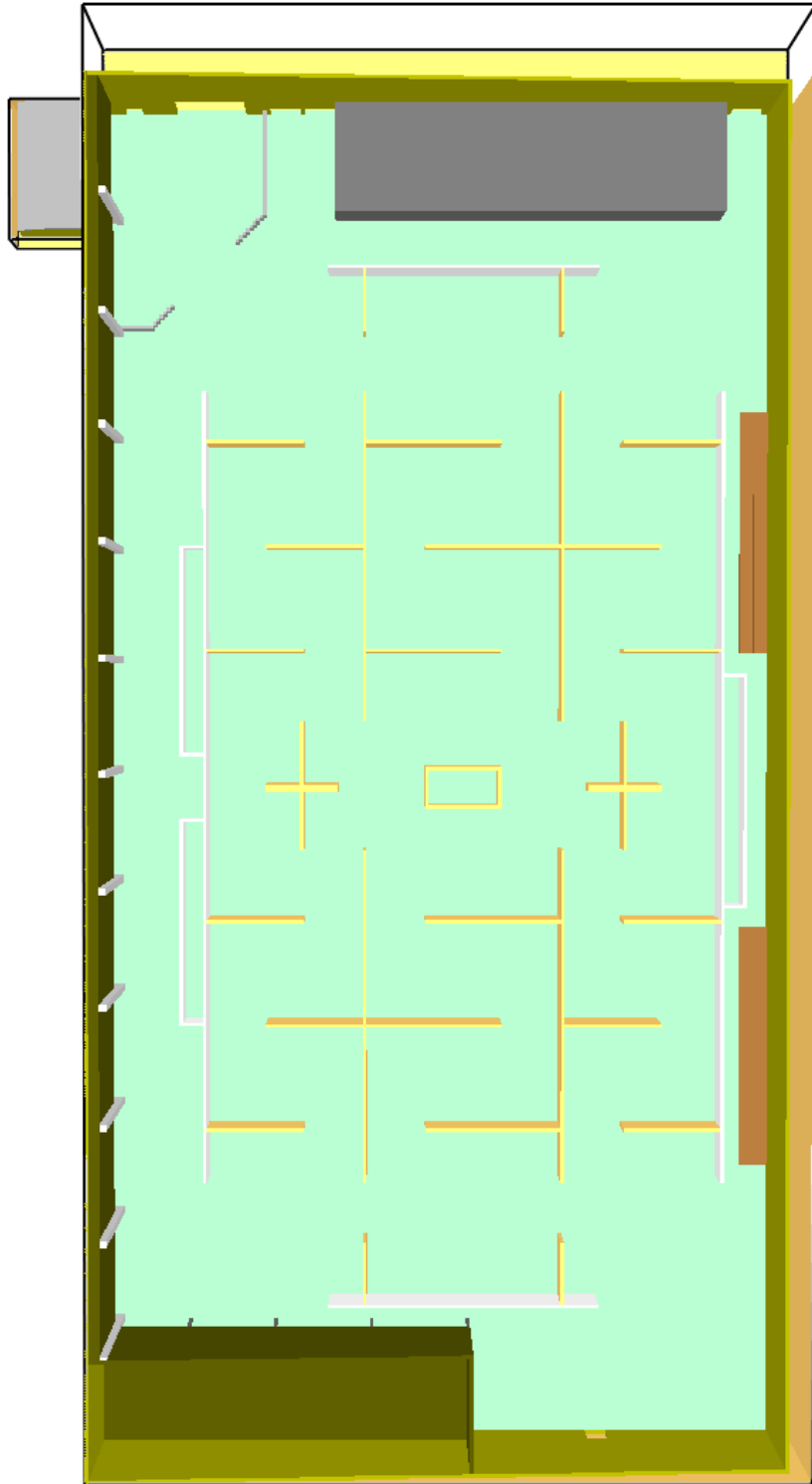
Förberedelsetiden anges som en uniform fördelning för alla utrymmande med ett minsta värde på 1 minut och största värde på 2 minuter. Fördelningen motiveras med att respektive värde rekommenderas i Utrymningsdimensionering (Frantzich, 2001) för informativt talat meddelande samt enkelt talat meddelande. Vilket som används i lokalen är okänt. Intervallet sätts även så smalt eftersom personer gärna utrymmer i grupp; om någon påbörjar en utrymning följer de flesta efter.

### **Förflyttningstid**

Förflyttningstiden modelleras i Pathfinder. Personerna fördelas slumpmässigt ut i lokalen. Generellt för personerna i lokalen sätts gånghastigheten som en normalfördelning med medelvärde 1,3 m/s (Boverket, 2006) och en antagen standardavvikelse på 0,15 m/s. För att eliminera extremvärden trunkeas fördelningen vid 1,0 m/s och 1,6 m/s. Enligt allmänna råd från Boverket kan 1 % av personer antas ha nedsatt rörelseförmåga. Denna andel antas ha en gånghastighet uniform fördelad mellan 0,3-0,5 m/s (Frantzich, 2001).

## **8.3 Antagen utformning av mässgolv**

Varje mässas utformning ser annorlunda ut. Därför antas ett mässgolv som är konservativt och används i alla simulerade scenarier. Detta mässgolv ska ge långa gångavstånd och därmed långa utrymningstider. För en ritning över det konstruerade mässgolvet se figur 9 nedan. För att sedan bekräfta att det antagna utseendet är konservativt avbildades ett faktiskt mässgolv i en ny simuleringsmodell och simuleringarna jämfördes, se avsnitt 12.



*Figur 9. Mässgolvet utformning som används i simuleringarna av scenarierna.*

## 9 Scenario 1 – Ismaskiner

Från grovriskanalysen valdes att vidare undersöka scenariot då brand uppstår i arenans två ismaskiner. Ismaskinerna har sin laddningsstation i det nordvästra hörnet av lokalen, se figur 7, och antas befinna sig där vid brand i ismaskinerna, se figur 10. Varje ismaskin antas brinna likt en bil då båda fordonen består av metaller och plaster. Branden antas utvecklas med snabb tillväxthastighet. Då ismaskinerna är placerade i en samlingslokal bör ett värde på  $0,047 \text{ kW/s}^2$  för tillväxthastigheten användas (Nystedt). Försök på gamla bilar har visat en tillväxthastighet på  $0,047 \text{ kW/s}^2$  och att de brinner med en maximal effekt på knappt 2 MW (Särdqvist, 1993). Det antas att ismaskinerna brinner med samma värden. I simuleringen antas att de båda ismaskinerna antänds vid samma tidpunkt. Beräkningarna för tid till kritiska förhållanden utförs därefter i FDS med en uppbyggd rumsgeometri med 20 cm stora celler. I detta scenario antas att ingen utrymmer via utrymningsvägarna i det nordvästra hörnet.

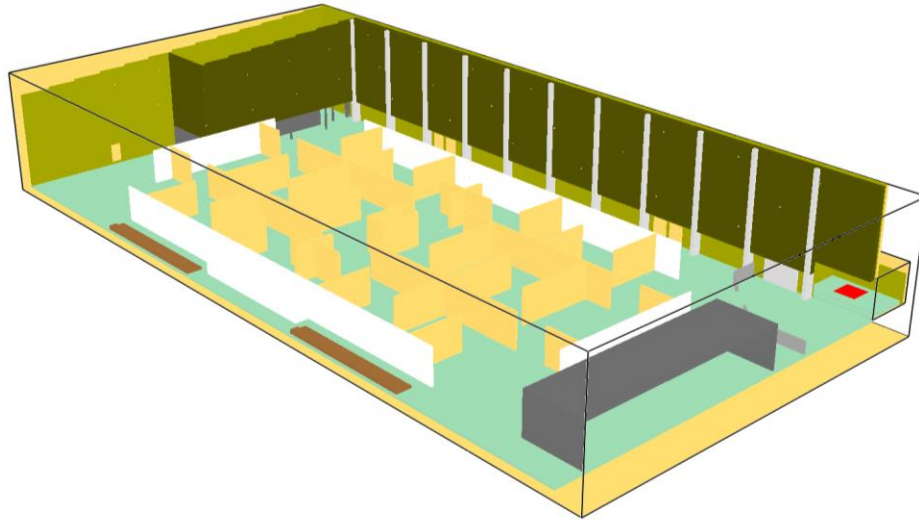


Figur 10. Laddningstationen med de två ismaskinerna i hallens nordvästra del.

### 9.1 Simulering av scenario

Den brinnande ytan i simuleringen är  $2,2 \times 2,2 \text{ m}^2$  med ett HRRPUA på  $826 \text{ kW/m}^2$ . För att modellera brandens tillväxt användes fire spread i FDS, som istället för att långsamt höja effekten på arean som brinner låter arean växa med bibehållen HRRPUA. Då branden skall växa enligt en snabb  $\alpha^2$ -kurva ställdes hastigheten in så att hela ytan brinner 4:53 min efter antändning. Det material som brinner i ismaskinen antas vara plasten polypropylen, som har förbränningsvärme på  $44 \text{ MJ/kg}$ . Andel massa som blir till sot respektive kolmonoxid sattes till  $0,06 \text{ kg/kg}$  samt  $0,024 \text{ kg/kg}$  (Staffansson, 2010). Massan som blir till sot är relativt hög i en jämförelse med trä, där andelen som blir till sot ligger på ett värde runt  $0,015 \text{ kg/kg}$ . Kvoten  $D^*/\delta x$  (se avsnitt 5.1) blir 8,38 för denna simulering.

Branden placerades i det nordvästra hörnet av lokalen, i det utrymme som är avsett för laddning av ismaskiner (se figur 11). Utrymningsvägen som är belägen i denna del av byggnaden förväntas då vara blockerad. Detta innebär att den totala dörrbredden för utrymning minskas från 10,2 m till 6,6 m.

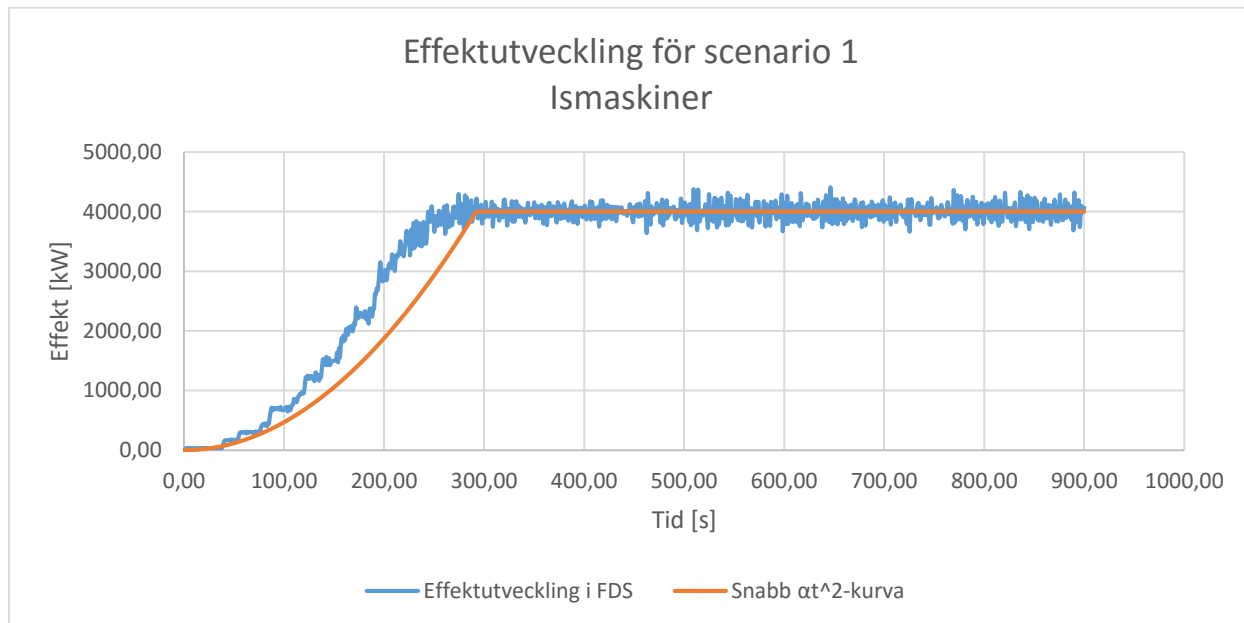


*Figur 11. FDS-simulering av scenario 1. Branden är den röda ytan i ismaskinsrummet.*

I Pathfinder importerades geometrin från FDS-simuleringen och golvytor tillgängliga för besökare sattes som gångbara ytor. Tiden till detektion blev 1:06 min och denna tid adderades till förberedelsetiden som programmerades i Pathfinder som en fördröjning. Alla dörrar förutom de nordvästra sattes som utgångar och personer placerades ut slumpmässigt på golvet. Längsta gångavstånd ges av Pathfinder under simuleringen och blev ca 50 meter. Utrymningar simulerades 11 gånger och varje gång placerades personer ut slumpmässigt. Tiderna från utrymningssimuleringen anpassades sedan med en normalfördelning som återsamlades 1000 gånger.

## 9.2 Resultat

Effektutvecklingen i FDS-simuleringen kan ses i figur 12 nedan. Observera att den simulerade branden i början har en för snabb tillväxt men når maxeffekt vid rätt tid, något som kommenteras i avsnitt 17.



Figur 12. Effektkurva för scenario 1.

Analys av resultatet från simuleringen gav följande tabell över tider till kritiska förhållanden:

Tabell 4. Tid till kritiska förhållanden i scenario 1.

Kriterium	Nivå	Tid
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	Lägst $1,6 + (\text{rumshöjden (m)} \times 0,1) = 1,6 + (10 \times 0,1) = 2,6 \text{ m}$	Uppnås ej (2,7 m efter 15 minuter)
2. Sikt, 2 m ovan golv	10,0 m i utrymmen > 100 m <sup>2</sup>	10:50 min
3. Värmestrålning/värmedos	Max 2,5 kW/m <sup>2</sup> eller en kortvarig strålning på max 10 kW/m <sup>2</sup> i kombination med max 60 kJ/m <sup>2</sup> utöver energin från en strålningsnivå på 1 kW/m <sup>2</sup>	Uppnås ej (0,2 kW/m <sup>2</sup> efter 15 minuter)
4. Temperatur	Max 80 °C	Uppnås ej (50 °C på 2 m höjd)
5. Toxicitet, 2,0 m ovan golv	Kolmonoxidkoncentration (CO) < 2 000 ppm Koldioxidkoncentration (CO <sub>2</sub> ) < 5 % Syrgaskoncentration (O <sub>2</sub> ) > 15 %	Uppnås ej

Resultatet visar att det tar ca 11 minuter tills kritiskt förhållande för sikt uppnås. Fyra av fem kritiska förhållanden uppnås inte på 15 minuter.

Resultatet från återsamlingen av utrymningstider vid olika personantal gav värden enligt tabell 5 (för 95-procentigt konfidensintervall).

Tabell 5. Simulerade utrymningstider i scenario 1.

Personantal	Minsta värde	Största värde	Väntevärde	Standardavvikelse
800	4:03 min	5:17 min	4:42 min	18 s
1000	4:42 min	5:22 min	5:02 min	10 s
1200	4:56 min	5:28 min	5:13 min	8 s

I tabell 5 går det att utläsa att utrymningstiden är mycket kortare än tiden till kritiska förhållanden vid alla personantal. Observera även hur lite det största värdet minskar i förhållande till personantalsökningen och hur standardavvikelsen minskar med ökande personantal.

Resultaten från brandsimuleringen och utrymningssimuleringen visar att det inte finns risk för att 1200 personer inte hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår.

### 9.3 Diskussion

Som resultatet ovan visar finns ingen risk att personerna i hall D inte skulle hinna utrymma vid brand i ismaskinerna. Detta trots att konservativa värden använts vid simuleringarna. Ismaskinernas maximala effekt sattes till 2 MW per maskin vilket är hämtat från en bils effekt (Särdqvist, 1993). En bil har betydligt mer brännbart material än en ismaskin, då ismaskinerna till stor del består av en vattentank samt är eldrivna. Valet av en maximal effekt på 2 MW per ismaskin ses därför som konservativt.

I simuleringen antas också att de båda ismaskinerna antänds och brinner samtidigt, antingen för att de antänds av samma källa eller för att branden sprids. Då sannolikheten för att detta skulle inträffa är liten ses även detta som ett konservativt antagande.

Tiden tills kritiska förhållanden nås i lokalen är cirka 11 min. Det är sikten som då understigit 10 m på 2 m höjd, i en del av lokalen. Bränsle i simuleringen av detta scenario sattes till polypropylen, vilket är en plast med relativt hög andel massa som blir till sot vid förbränning. Detta anses vara anledningen till att det är det kritiska förhållandet för sikten som uppnås först.

## 10 Scenario 2 – Mässbrand

Det andra scenariot som valdes att utredas vidare var brand i mässmonter. Detta scenario är förhållandevis svårt att definiera, då ingen mässa är den andra lik. Dock antas att själva mässområdet alltid ligger inom isrinkens sarg. Vid simuleringarna har en mässliknande struktur byggts upp i lokalen. Figur 13 illustrerar hur en utställning i hallen kan se ut.



*Figur 13. Ett exempel på hur hallen kan se ut under en mässa. Fotot är taget under "Titanic - The Exhibition" som ställde ut i hallen år 2014.*

Branden antas starta i det sydvästra hörnet av hallen, det vill säga precis vid hallens huvudingång. Detta antagande ger det värsta troliga fallet av en mässbrand. Den nödutgång med störst kapacitet och som personerna i lokalen är vana vid att använda är då blockerad. Vid tidigare utställningar har det anordnats en informationsdisk på denna plats. Effektutvecklingen antas vara liknande som för ett kontor då båda består av någon möbel, träprodukter, plast och dator. Enligt experiment utförda i Japan konstaterades att en arbetsstation hade en effektutveckling på nästan 2,5 MW (Kakegawa, 2003). Receptionen där branden startar i scenariot antas motsvara två sådana arbetsstationer. För att få ett så konservativt resultat som möjligt sätts därför maxeffekten till 5 MW.

Strålningen från branden beräknas med handberäkningar för att kunna ta reda på ett säkert avstånd där branden inte sprider sig vidare, se bilaga 2. Detta görs för att kunna dela upp mässan i olika sektioner.

Detta scenario anses troligt för en mässbrand, relevant för arbetets frågeställningar och utmanande för utrymningen.

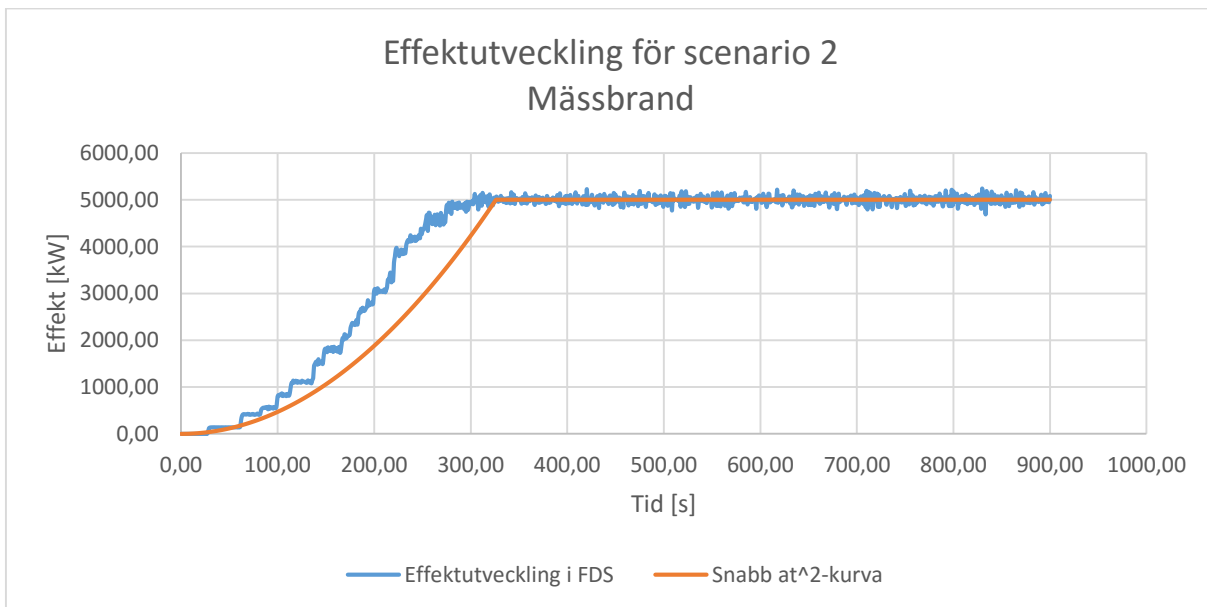
## 10.1 Simulering av scenario

Branden för detta scenario sattes som en  $2,4 \times 2,4$  m<sup>2</sup> brinnande yta med HRRPUA på 868 kW/m<sup>2</sup>. Funktionen spread rate i FDS användes och sattes så att tiden tills dess att hela ytan brinner är samma som tiden för att nå maxeffekt enligt en  $\alpha t^2$ -kurva med snabb tillväxt (Nystedt). Reaktionen i FDS sattes som polyetylen-plast. Detta antagande grundar sig i att plasten kan antas finnas i montrar samt har en hög sotproduktion vid förbränning, vilket är intressant att undersöka. Förbränningsvärdet sattes till 44 MJ/kg och produktionen sot respektive kolmonoxid sattes till 0,089 kg/kg samt 0,08 kg/kg. (Staffansson, 2010) För övrigt simulerades scenariot som angivet i avsnitt 8.

Aktuellt scenario innebär att utrymning ej sker via den stora huvudentrén. Detta innebär att den tillgängliga dörrbredden reducerats från 10,2 meter till 6,6 meter (samma som för scenario 1). För att erhålla en fördelning genomfördes 11 olika simuleringar av utrymningen där personers egenskaper och placering slumpades varje gång. Till de 11 olika utrymningstiderna anpassades en normalfördelning som sedan återsamlades 1000 gånger.

## 10.2 Resultat

En figur över effektutvecklingen i FDS-simuleringen kan ses nedan i figur 14. Observera att den simulerade branden växer för fort men når maxeffekt vid rätt tid, något som kommenteras i avsnitt 17.



Figur 14. Effektkurva för scenario 2.

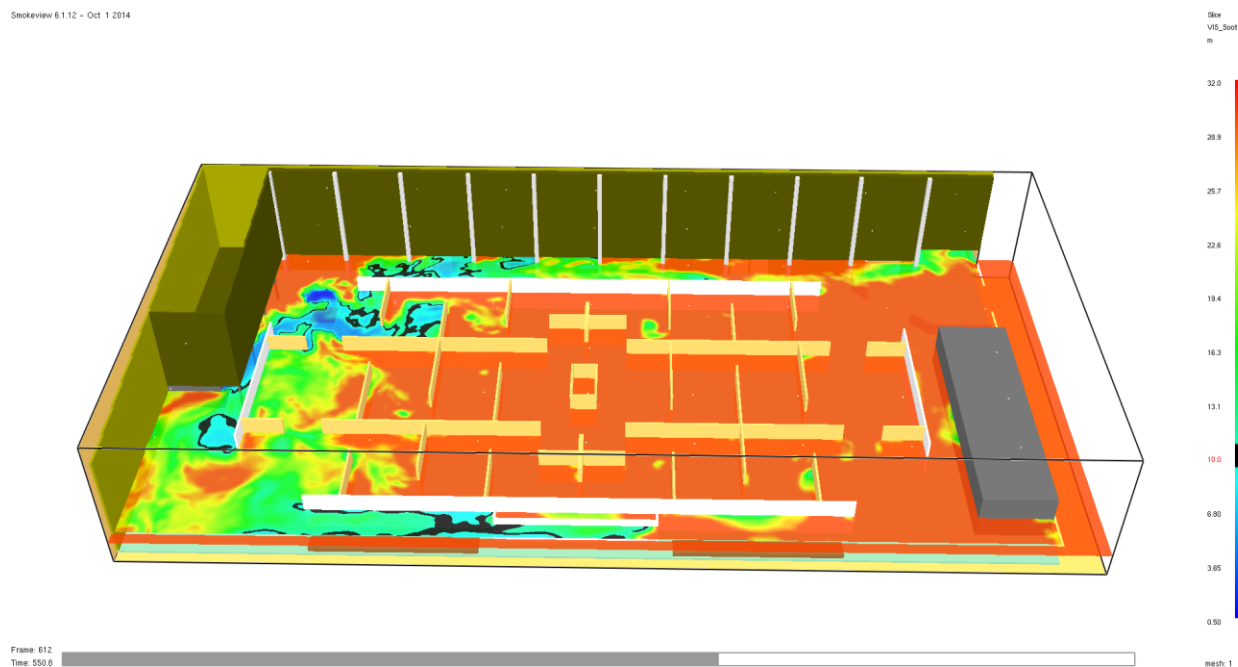


Från brandsimuleringen erhöles tider tills att respektive kritiskt förhållande uppnås enligt tabell 6. Tiden tills sikten är mindre än 10 meter anges här som tiden då ett område nära en nödutgång på ca 10 meter har så dålig sikt att personer inte ser igenom det.

Tabell 6. Tid till kritiska förhållanden i scenario 2.

Kriterium	Nivå	Tid
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	Lägst $1,6 + (\text{rumshöjden (m)} \times 0,1)$	11:40 min
2. Sikt, 2 m ovan golv	10,0 m i utrymmen > 100 m <sup>2</sup>	9:10 min
3. Värmestrålning/värmedos	Max 2,5 kW/m <sup>2</sup> eller en kortvarig strålning på max 10 kW/m <sup>2</sup> i kombination med max 60 kJ/m <sup>2</sup> utöver energin från en strålningsnivå på 1 kW/m <sup>2</sup>	Uppnås ej (0,25 kW/m <sup>2</sup> efter 15 minuter)
4. Temperatur	Max 80 °C	Uppnås ej på 2,6 meters höjd (40-50 °C)
5. Toxicitet, 2,0 m ovan golv	Kolmonoxidkoncentration (CO) < 2 000 ppm Koldioxidkoncentration (CO <sub>2</sub> ) < 5 % Syrgaskoncentration (O <sub>2</sub> ) > 15 %	Uppnås ej

Figur 15 nedan visar en slice file över sikten vid brandsimuleringen av scenario 2 vid tiden 9:10 min där sikten bedöms vara otillräcklig för att möjliggöra en fortsatt säker utrymning. De blå områdena motsvarar en sikt på under 10 m. I detta scenario uppstår kritiska förhållanden först.



Figur 15. Slice file över sikt på 2 meters höjd för scenario 2.

I tabell 7 nedan redovisas värdena för det 95-procentiga konfidensintervallet av återsamplade utrymningstider.

*Tabell 7. Simulerade utrymningstider i scenario 2.*

<b>Personantal</b>	<b>Minsta värde</b>	<b>Största värde</b>	<b>Väntevärde</b>	<b>Standardavvikelse</b>
<b>800</b>	4:05 min	4:48 min	4:26 min	11 s
<b>1000</b>	4:33 min	4:50 min	4:41 min	4 s
<b>1200</b>	4:38 min	5:35 min	5:06 min	15 s

Brandsimuleringen och utrymningssimuleringarna visar på att det inte finns risk för att 1200 personer inte hinner utrymma innan kritiska förhållanden nås.

### **10.3 Diskussion**

En mässbrand är förhållandevis svår att definiera, detta på grund av att varje mässa är unik och har olika innehåll. Placeringen av mässbranden i detta scenario anses som den värsta troliga placeringen. Detta antagande grundar sig i att branden då blockerar den nödutgång med störst kapacitet och som personer är vana vid att använda.

Likt scenario 1 ansattes även i detta scenario att det är en plast som förbränns i simuleringen. I detta fall polyetylen, vilket är en vanlig plast som kan antas finnas i montrar. Denna plast har likt polypropylen en relativt hög sotproduktion vid förbränning. Detta leder till att det är sikten som är det kritiska förhållande som uppnås först, även i detta scenario.

Den absolut längsta utrymningstiden som simuleringen av detta scenario genererade var 5:35 min vilket innebär en god säkerhetsmarginal till kritiska förhållanden som infaller efter cirka nio minuter.

## 11 Scenario 3 – Förråd

Vid scenariot brand i förråd simuleras en brand i de permanenta förråd som är belägna längs den norra sidan av rinkens, se figur 16. I dessa förråd förvaras normalt olika sorters utrustning från föreningarna som hyr in sig i hall D. Utrustningen består delvis av brännbart material, vilket uppskattas till olika typer av plast och trä. De båda utrymningsvägarna som finns i den norra delen av hallen blockeras vid utrymningssimuleringen.



Figur 16. T.h. i bilden kan man se de förråd som finns i norra delen av hallen.

### 11.1 Simulering av scenario

I simuleringen av detta scenario har taket på det brinnande förrådet plockats bort för att kunna genomföra simuleringen med rätt effekt. Materialet som brinner är trä och den kemiska sammansättning sattes som cellulosa ( $C_6H_{10}O_5$ ). Förbränningsvärme sattes som 18,7 MJ/kg med en kolmonoxid- samt sotproduktion på 0,004 kg/kg samt 0,015 kg/kg.

Scenariot simulerades med snabb tillväxthastighet med användning av spread rate. För detta scenario sattes effekten till 8 MW som ska uppnås på 6:54 min. HRRPUA i detta scenario är 826 kW/m<sup>2</sup> och brandens area är 2,2 × 4,4 m<sup>2</sup>. Brandens area blev rektangulär då det inte fick plats en kvadratisk brännare med samma area i förrådet.

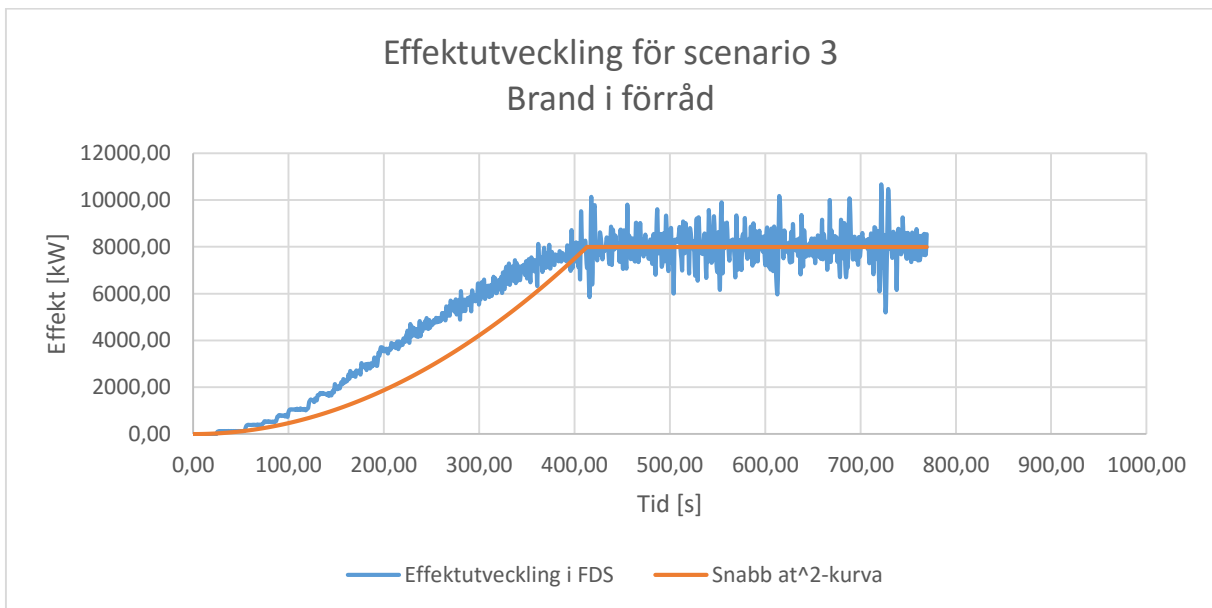
Utrymningen i detta scenario antas endast ske via utgångarna i den södra delen av lokalen då det är osannolikt att personer väljer en nödutgång i brandens riktning. Den kända ingången för besökarna, huvudingången, ligger även i den södra delen. Tillgänglig dörrbredd för detta scenario

är 4,8 m av det totala 10,2 m. Maximalt gångavstånd är ca 95 m. För övrigt skedde utrymningssimulering som angivet i det gemensamma avsnittet om brandscenarierna.

## 11.2 Resultat

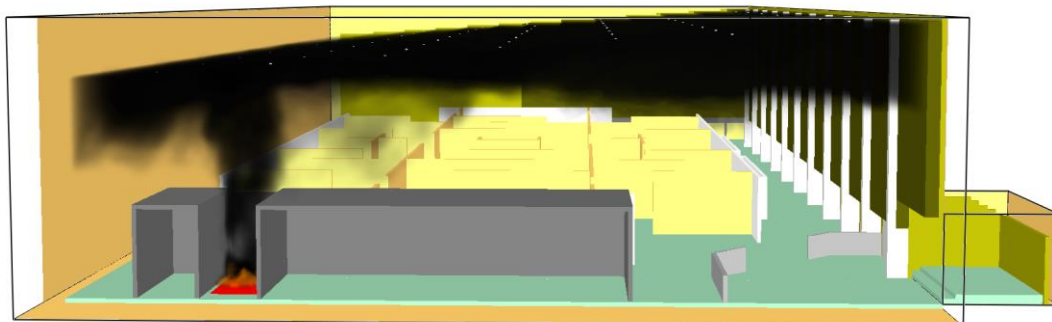
Observera att brandsimuleringen av detta scenario blev avbruten innan den var färdig, då simuleringen tog längre tid än väntat, och utdata finns endast till 12:50 min.

En figur över effektutvecklingen i FDS-simuleringen kan ses i figur 17 nedan.



Figur 17. Effektkurva för scenario 3.

Figur 18 nedan visar rökfyllnaden av lokalen vid brandsimuleringen av scenario 3.



Figur 18. Bild från Smokeview över rökfyllnaden i simuleringen av scenario 3.

Tider till kritiska förhållanden som bestämdes från utdatan av simuleringarna presenteras i tabell 8 nedan.

Tabell 8. Tid till kritiska förhållanden i scenario 3.

Kriterium	Nivå	Tid
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	Lägst 1,6 + (rumshöjden (m) × 0,1)	Uppnås ej (4 meter vid slut)
2. Sikt, 2 m ovan golv	10,0 m i utrymmen > 100 m <sup>2</sup>	Uppnås ej
3. Värmestrålning/värmedos	Max 2,5 kW/m <sup>2</sup> eller en kortvarig strålning på max 10 kW/m <sup>2</sup> i kombination med max 60 kJ/m <sup>2</sup> utöver energin från en strålningsnivå på 1 kW/m <sup>2</sup>	Uppnås ej (0,3 kW/m <sup>2</sup> vid slut)
4. Temperatur	Max 80 °C	Uppnås ej på 2,6 meters höjd (30 °C vid slut)
5. Toxicitet, 2,0 m ovan golv	Kolmonoxidkoncentration (CO) < 2 000 ppm Koldioxidkoncentration (CO <sub>2</sub> ) < 5 % Syrgaskoncentration (O <sub>2</sub> ) > 15 %	Uppnås ej

Fördelningarna som erhölls från återsamlingen av utrymningssimuleringarna presenteras i tabell 9 nedan.

Tabell 9. Simulerade utrymningstider i scenario 3.

Personantal	Minsta värde	Största värde	Väntevärde	Standardavvikelse
800	4:38 min	5:49 min	5:12 min	19 s
1000	5:04 min	6:11 min	5:38 min	17 s
1200	5:45 min	6:08 min	5:56 min	6 s

Det visas även i detta scenario att 1200 personer hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Observera att detta scenario är det värsta ur utrymningssynpunkt och trots att en mycket kraftigare brand än tidigare scenarier uppstår kritiska förhållanden inte alls på ca 13 minuter.

### 11.3 Diskussion

Förrådsscenario designas att vara ett "worst case-scenario" där de båda utrymningsvägarna i den norra delen av hallen blir obrukbara. Detta anses relativt rimligt då branden är placerad i denna del av lokalen och människorna som befinner sig i hallen väljer troligtvis att gå mot en utrymningsväg som inte ligger i brandens riktning.

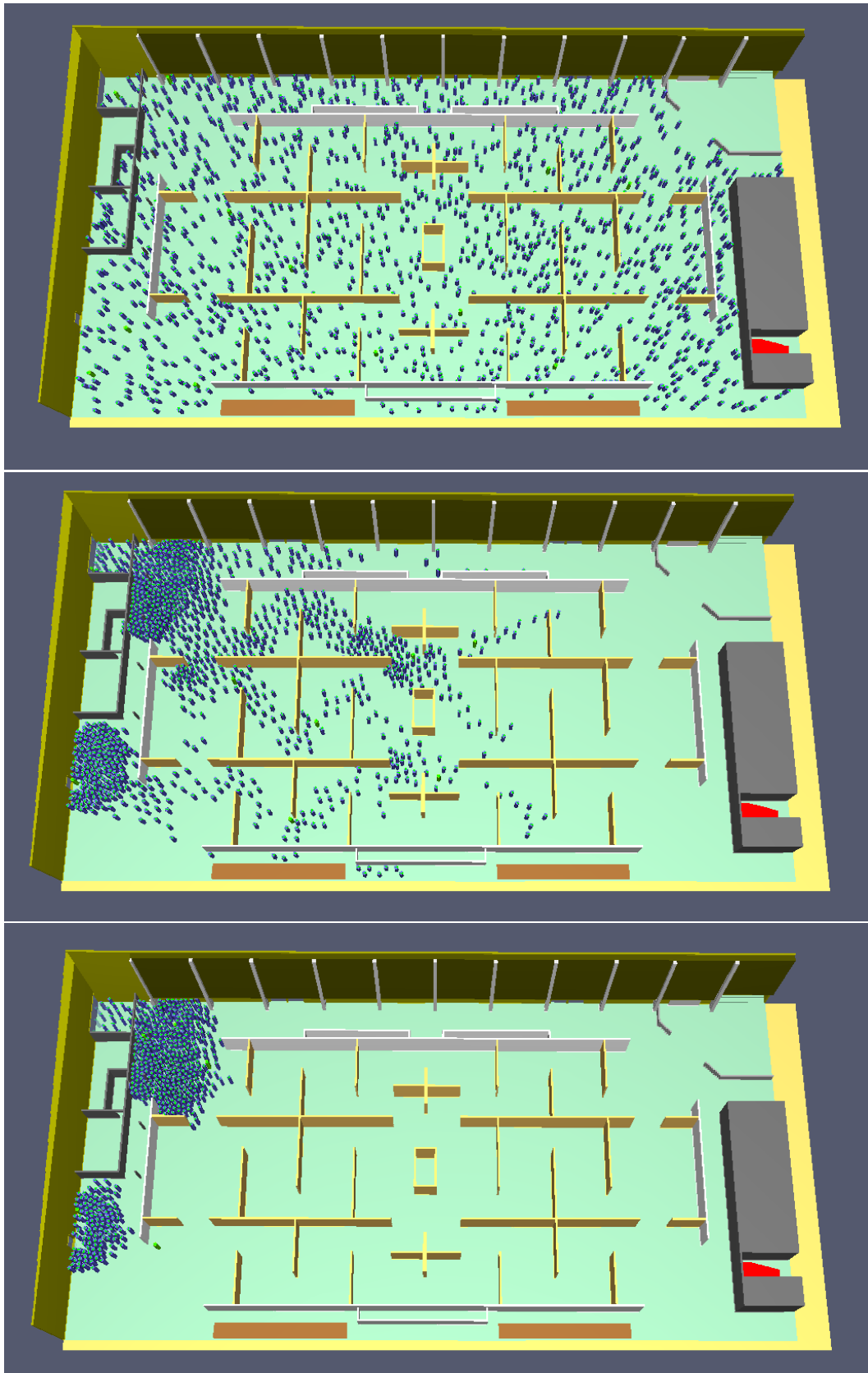
Då förråden inte utgör en egen brandcell plockas taket på den brinnande delen av förrådet bort i simuleringen. Givetvis brinner inte taket på förrådet bort direkt men i simuleringen är detta nödvändigt för att få ett bra resultat och det är dessutom konservativt då branden får mer syretillgång i ett öppet läge.

Simuleringen som genomfördes avbröts innan dess fulla längd hann uppnås. Detta anses inte vara problematiskt då utrymning ändå ska vara färdig inom denna tid. På grund av förrådets yta kan inte en kvadratisk brännare användas i detta scenario och detta påverkar tillväxten av branden. När spread rate-funktionen används växer radien på den istället rektangulära brinnande ytan, vilket innebär att branden i aktuellt scenario växer långsammare när den nått bredden på brännaren.

Som väntat tog utrymningen längst tid i detta scenario. Detta då mer än hälften av tillgänglig dörrbredd var blockerad. Eftersom alla utrymningsvägarna på ena kortsidan av hallen var blockerade blev det långa gångavstånd för en större del av personerna i detta scenario. Det längsta gångavståndet blev uppemot 100 meter. De långa gångavstånden är den främsta anledningen till att största värdet på utrymningstid för 1000 personer är större än för 1200 personer. De rörelsenedsatta blev i den simuleringen placerade långt från utgångarna. Detta medförde att dessa personer var de som krävde längst tid för att utrymma. Programmet Pathfinder placerar ut personerna med rörelsenedsättning helt slumpmässigt. Det är förklaringen till att det i fallet med 1000 personer är ett större maxvärde på utrymningstiden än i simuleringen med 1200 personer.

Att de rörelsenedsatta personerna skulle lämnas att utrymma på egen hand i ett verkligt utrymningsscenario är inte särskilt troligt. I figur 19 nedan, visas tidssekvenser från utrymningssimulering för 1200 personer. Alla personer beger sig mot utrymningsvägarna i den södra delen av lokalen, vilket leder till viss köbildning. Detta är det fall av alla scenarier där köbildningen är som störst. Köbildningen bidrar till att de rörelsenedsattas något långsammare gånghastighet inte påverkar den totala utrymningstiden i detta scenario.

Förvånande i denna simulering var dock att det inte blev kritiska förhållanden i hallen på ca 13 minuter, trots en hög effekt. Detta beror på att sotproduktionen är mycket lägre för den aktuella branden än för tidigare scenarier. Sotproduktionen beror av materialet som satts som bränsle. I denna simulering är bränslet cellulosa, vilket har en mycket lägre sotproduktion vid förbränning än de plaster ansatts som bränsle i simuleringen av scenario 1 och 2.



Figur 19. Utrymningssimulering av scenario 3 med 1200 personer vid olika tidpunkter i utrymningen.

## 12 Känslighetsanalys

Nedan presenteras känslighetsanalyser av de olika parametrar som har bedömts kunna påverka resultaten från simuleringarna.

### 12.1 Meshstorlek

Meshens storlek i en FDS-simulering är alltid viktig att undersöka då en för grov mesh kan ge missvisande resultat. I detta arbete gjordes simuleringarna med en cellstorlek som gav ett minsta förhållande mellan den karaktäristiska branddiametern och cellstorleken på 8,38, vilket är ett oftast godtagbart förhållande. För att undersöka meshstorlekens påverkan hade en simulering med mindre meshstorlek kunnat genomföras. Detta har inte gjorts i detta arbete då det hade lett till oerhört långa simuleringstider som det inte finns utrymme för i tidsplanen.

### 12.2 Utrymning

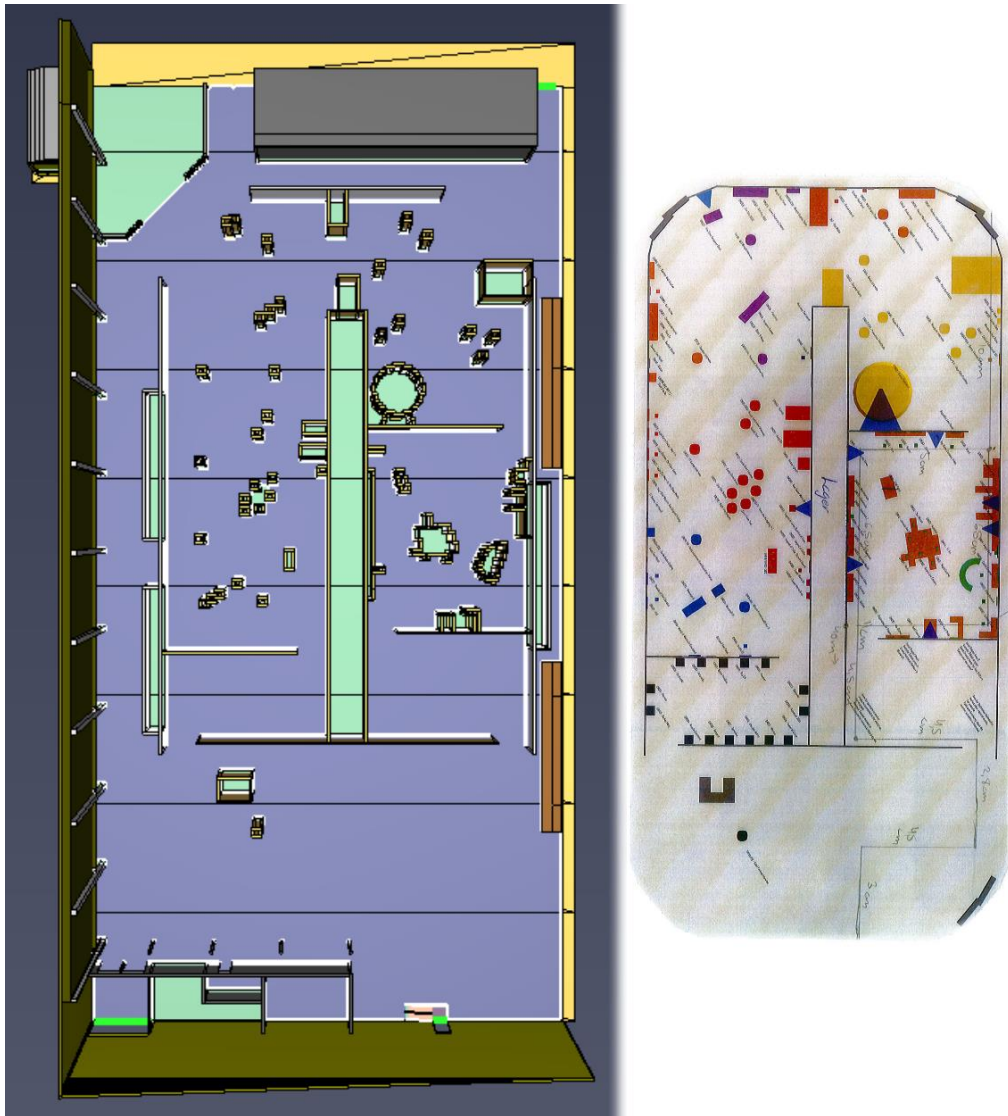
De utrymningssimuleringar som genomförts i Pathfinder har innehållit flera fördelade parametrar, vilket i sig blir en känslighetsanalys för varje parameter. De parametrar som tilldelats fördelningar är gånghastigheter och reaktionstider. Påverkan av placeringen av personer har eliminerats manuellt genom att varje simulering genomfördes ett flertal gånger med olika randomiserade placeringar av personer för varje simulering.

En viktig skillnad mellan brand- och utrymningssimuleringarna som är värd att nämna är att brandsimuleringarna skiljer sig relativt mycket åt mellan scenarierna medan den enda faktorn som faktiskt påverkar utrymningssimuleringarna är vilka utrymningsvägar som antas vara användbara i respektive scenario. Denna faktor har således också undersökts genom att de olika scenarierna har haft olika dörrar tillgängliga för utrymning. De olika tiderna för utrymning vid ett givet personantal är direkt jämförbara mellan scenarierna.

### 12.3 Mässgolvet utformning

I arbetet har mässgolvet utseende och geometri antagits. För att inte arbetet bara ska undersöka utrymning för en given geometri testas även en annan utformning av mässgolvet. Den nya geometrin som testas är avbildad från en faktisk utställning som har ägt rum i hall D i Halmstad Arena. Figur 20 nedan visar en ritning från mässan och en bild på den avbildade geometrin i Pathfinder.





*Figur 20. Mässgolvet alternativa utformning i utrymningssimuleringarna. Bilden t.v. är en skärmbild från Pathfinder som är baserad på bilden t.h. som är en ritning över mässgolvet utformning under en tidigare utställning i lokalen.*

På samma sätt som tidigare beskrivits gjordes utrymningssimuleringar i denna geometri. Syftet är att säkerställa att den antagna geometrin är "worst-case", d.v.s. att en riktig geometri inte ger längre utrymningstider. På så sätt kan det bekräftas att den geometri som antagits inte är mindre utmanande än en verklig geometri.

I tabell 10 och 11 nedan redovisas resultaten från utrymningssimuleringar med denna alternativa utformning. Precis som innan redovisas värden från konfidensintervallen av den återsamlade fördelningen. I tabellerna finns även de jämförbara väntevärdena från respektive scenario.

*Tabell 10. Resultat av utrymningssimuleringar vid personantal på 800. Det jämförbara väntevärdet är från simuleringarna med det antagna mässgolvet vid samma personantal och brandscenario.*

Scenario	Minsta värde	Största värde	Väntevärde	Jämförbart väntevärde	Standardavvikelse
Scenario 1	4:14 min	5:19 min	4:46 min	4:42 min	16 s
Scenario 2	4:11 min	4:42 min	4:26 min	4:26 min	8 s
Scenario 3	4:43 min	6:50 min	5:46 min	5:12 min	31 s

*Tabell 11. Resultat av utrymningssimuleringar vid personantal på 1200. Det jämförbara väntevärdet är från simuleringarna med det antagna mässgolvet vid samma personantal och brandscenario.*

Scenario	Minsta värde	Största värde	Väntevärde	Jämförbart väntevärde	Standardavvikelse
Scenario 1	4:57 min	5:24 min	5:10 min	5:13 min	7 s
Scenario 2	4:46 min	5:24 min	5:04 min	5:06 min	10 s
Scenario 3	5:25 min	6:31 min	5:59 min	5:56 min	16 s

Mässgolvet utformning kan, förutom att påverka utrymningstiderna, även påverka brandförloppet. Detta hade kunnat undersökas genom att göra en brandsimulering med en annan utformning av mässgolvet. I detta arbete gjordes inte detta då det inte bedömdes utgöra någon stor påverkan på tiden till de kritiska förhållanden som undersöks i simuleringarna.

Simuleringar av denna alternativa (och verkliga) geometri stämmer mycket bra överens med de jämförbara värdena. Det är endast i scenario 3 för 800 personer som väntevärdet skiljer något nämnvärt. Det observeras dock att standardavvikelsen är stor för detta fall. Detta beror antagligen på att personer med nedsatt rörelseförmåga kan bli placerade där gångavståndet är långt och detta påverkar utrymningstiden mycket. Anmärkningsvärt är även hur lika tiderna är vid simuleringar med 1200 personer. Detta visar att tillgänglig dörrbredd är viktigare än gångavståndet vid högt personantal och därmed begränsande.

Slutsatsen av analysen med annan utformning är att det mässgolv som antagits i scenarierna är tillräckligt konservativt och utmanande.

## 13 Resultatsammanfattning

Nedan följer en sammanfattning av resultat från varje scenario med de viktigaste egenskaperna listade. De flesta resultat presenteras i tabell 12.

Tabell 12. Sammanfattning med resultat från simuleringarna i de olika scenarierna.

	<b>Scenario 1 Ismaskiner</b>	<b>Scenario 2 Mässbrand</b>	<b>Scenario 3 Brand i förråd</b>
<b>Brandsimulering</b>			
Effekt	4 MW	5 MW	8 MW
Brinnande material	Polypropylen	Polyetylen	Trä
Sotproduktion	0,06 kg/kg	0,089 kg/kg	0,015 kg/kg
Kolmonoxidproduktion	0,024 kg/kg	0,08 kg/kg	0,004 kg/kg
HRRPUA	826 kW/m <sup>2</sup>	868 kW/m <sup>2</sup>	826 kW/m <sup>2</sup>
$D^*/\delta x$	8,38	9,16	11,05
Tid till detektion	1:06 min	47 s	43 s
Tid till kritiska förhållanden	10:50 min	9:10 min	Uppnås ej på 12:50 min
<b>Utrymningssimulering</b>			
Tillgänglig dörrbredd	6,6 meter	6,6 meter	4,8 meter
Längsta gångavstånd	Ca 50 meter	Ca 50 meter	Ca 95 meter
Konfidensintervall utrymningstid 800 pers	243-317 s (4:03 – 5:17 min)	245-288 s (4:05- 4:48 min)	278-349 s (4:38–5:49 min)
Konfidensintervall utrymningstid 1000 pers	282-322 s (4:42 – 5:22 min)	273-290 s (4:33 – 4:50 min)	304-371 s (5:04 – 6:11 min)
Konfidensintervall utrymningstid 1200 pers	296-328 s (4:56 – 5:28 min)	278-335 s (4:38 – 5:35 min)	345-368 s (5:45 – 6:08 min)

### 13.1 Utrymning och personantal

En av frågeställningarna arbetet syftar till att svara på är hur många personer som kan tänkas få vistas i lokalen samtidigt. För denna bedömning används tabell 13 med riktlinjer från genomförda simuleringar och allmänna råd från Boverket (BBR, 2015).

Tabell 13. Dimensionerande antal personer efter olika kriterier.

Kriterium	Dimensionerande antal
Personantal per dörrmeter (150 pers/m), allmänt råd	1530 personer
Personantal per dörrmeter då största utgång är blockerad (300 pers/m), allmänt råd	1980 personer
Dimensionerande personantal för museum och konsthall (BBR tabell 5:333). Ytan som avses är endast rinkens.	450 personer
Dimensionerande personantal för köpcentrum, varuhus och butik (BBR tabell 5:333). Ytan som avses är endast rinkens.	900 personer
Åtgärder för att förebygga hög persontäthet och köbildning vid utrymning av lokaler för stort antal personer. Fyra stycken oberoende utrymningsvägar på minst 1,2 meter bredd, allmänt råd.	> 1000 personer
Utrymningsdimensionering med Pathfinder	1200 personer

Det observeras att det i princip bara finns två maximala gångavstånd i hallen. Antingen är det möjligt att utrymma via utgångar på båda kortsidor eller bara en kortsida. Avstånden blir då ca 50 meter respektive 95 meter (vid bägge utformningar på mässgolv).

Det maximala antalet människor som enligt förenklad dimensionering i BBR är 150 personer per meter dörröppning. Detta innebär i hall D att det får finnas dryga 1500 personer. Om man skulle översätta detta personantal till en persontäthet på rinkens yta skulle denna troligtvis bli för hög för att omgivningen skulle upplevas som behaglig för besökarna. Det är dessutom svårt att förutse vilka personer som besöker mässorna då det aldrig är samma upplägg. Med olika upplägg blir det också en utmaning att lyckas märka ut tydliga utrymningsvägar.

Vid utrymningssimuleringarna i Pathfinder ses att köbildning uppstår vid utrymningsvägarna. Enligt BBRAD bör kötiden begränsas så att den inte överstiger åtta minuter. I bedömningen av maximalt tillåten kötid vägs också faktorer som påverkar risken för personskador in. Den totala simulerade utrymningstiden i scenario 1-3 understiger åtta minuter. Ingen åtgärd för köbildningen behöver därför antas.

Resultat från samtliga simuleringar visar att ett personantal på 1200 i lokalen är acceptabelt. Med ytterligare motivering i Boverkets allmänna råd bedöms det att 1200 personer kan utföra en säker utrymning.

## 14 Bärverk

I detta arbete undersöks även bärverken i taket då detta efterfrågades på platsbesöket. Detta görs genom att simulera ett brandförlopp i hall D i FDS med olika brandeffekter för att få fram en temperatur på brandgaslagret. En maxeffekt för lokalen kan då fås fram, vilken är den högsta effekt som bärverken kan klara av. Simuleringarna körs i en hel timme för att säkerställa säkerheten för räddningstjänstens personal vid insats i byggnaden.

### 14.1 FDS-simulering

Simuleringen genomförs i FDS med 50 cm stora celler. Detta för att minska simuleringstiden, då simuleringen ska täcka en hel timme. Indatafilen till FDS görs i PyroSim. Hallen delas upp i nio lika stora mesher i hallens längdriktning.

En cellstorlek på 50 cm och brandeffekt på 5 MW ger följande förhållande mellan den karaktäristiska branddiametern och cellstorleken.

$$D^* = \left( \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}} = \left( \frac{5000}{1,2 * 1 * 293 * \sqrt{9,81}} \right)^{\frac{2}{5}} \approx 1,8316$$
$$\frac{D^*}{\delta x} = \frac{1,8316}{0,5} \approx 3,66$$

Detta är egentligen inte en tillräckligt fin cellstorlek för att uppnå meshoberoende. Därför görs en andra simulering med halva cellstorleken, dvs. 25 cm stora celler, för att validera resultaten. Detta ger följande förhållande.

$$\frac{D^*}{\delta x} = \frac{1,8316}{0,25} \approx 7,33$$

Sju stycken mätpunkter för temperatur sätts ut på höjden 10 m längs taket i breddriktningen, samt mätpunkter för brandgaslagrets höjd och övre temperatur. Slice files med temperatur sätts ut i alla tre plan, x-, y- och z-led, på olika platser i hallen.

Uppbyggnaden av hallens geometri i simuleringen baseras på planritningen och mätningar gjorda på plats. Geometrin förenklas avsevärt på grund av den grova cellstorleken. Hallens lutande tak anses vara viktigt för simuleringen av bärverken så taket görs i en sågtandad form trots den ökande turbulensen som då uppstår. Hallens golv sätts till betong, väggarna till sandwichelement bestående av isolering omgivet av lättbetong och taket till isolering. Alla materialegenskaper är hämtade från EFD (Karlsson & Quintiere, 2000).

Reaktionen för branden sätts till polyuretan, som är standardreaktionen i PyroSim. Det anses inte vara väsentligt vilken sorts reaktion det är i denna simulering, då det endast är brandgastemperaturen som efterfrågas. Brandens tillväxt sätts till en  $\alpha t^2$ -kurva med snabb tillväxt ( $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$ ) och branden placeras mitt i hallen. Brandens effekt varieras genom att ändra brandens area med samma maxeffekt per kvadratmeter för de olika simuleringarna.

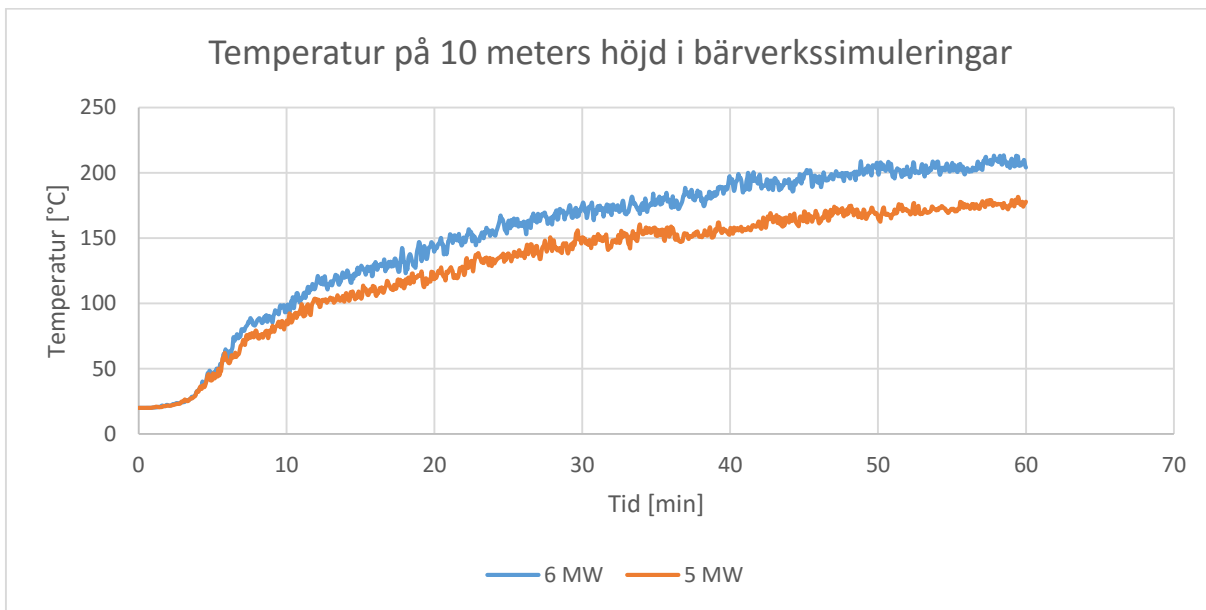
Som öppning för luftinflöde sätts porten i hallens norra vägg. Denna anses tillräckligt stor för att försörja branden med syre.

Med den slutliga simuleringens maxeffekt genomförs en andra simulering med 25 cm cellstorlek för att validera resultaten.

## 14.2 Resultat

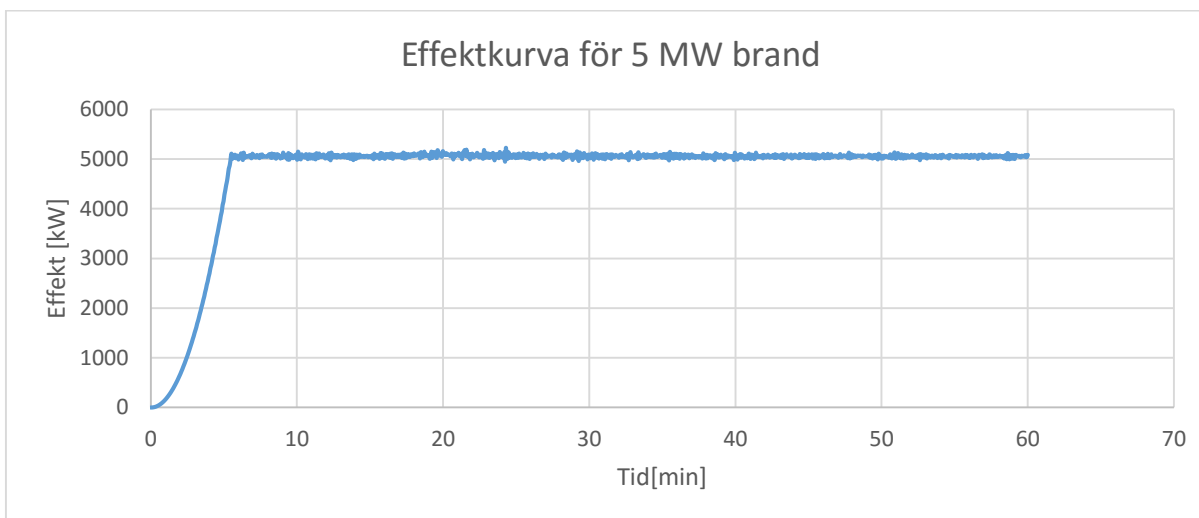
FDS är inte användbart för beräkningar av värmeledning i exempelvis bärverk. Därför antas bärverket ha samma temperatur som det omgivande brandgaslagret, vilket blir ett konservativt antagande. Då bärverken enligt brandskyddsdocumentation är designade att klara 200 °C är detta bärverkets kritiska temperatur. Om denna temperatur överstigs i brandgaslagret antas bärverket falla.

Brandeffekten i simuleringarna sattes först till 20 MW, vilket gav en brandgastemperatur på långt över 200 °C. Effekten minskades sedan nedåt stegvis och vid effekten 5 MW understegs den kritiska temperaturen. En brandeffekt på 5 MW ger en maximal brandgastemperatur på ca 180 °C och 6 MW ger ca 210 °C. Figur 21 nedan visar temperaturen i mätpunkten där högst temperatur i brandgaslagret uppmätts för 5 MW- och 6 MW-bränden.



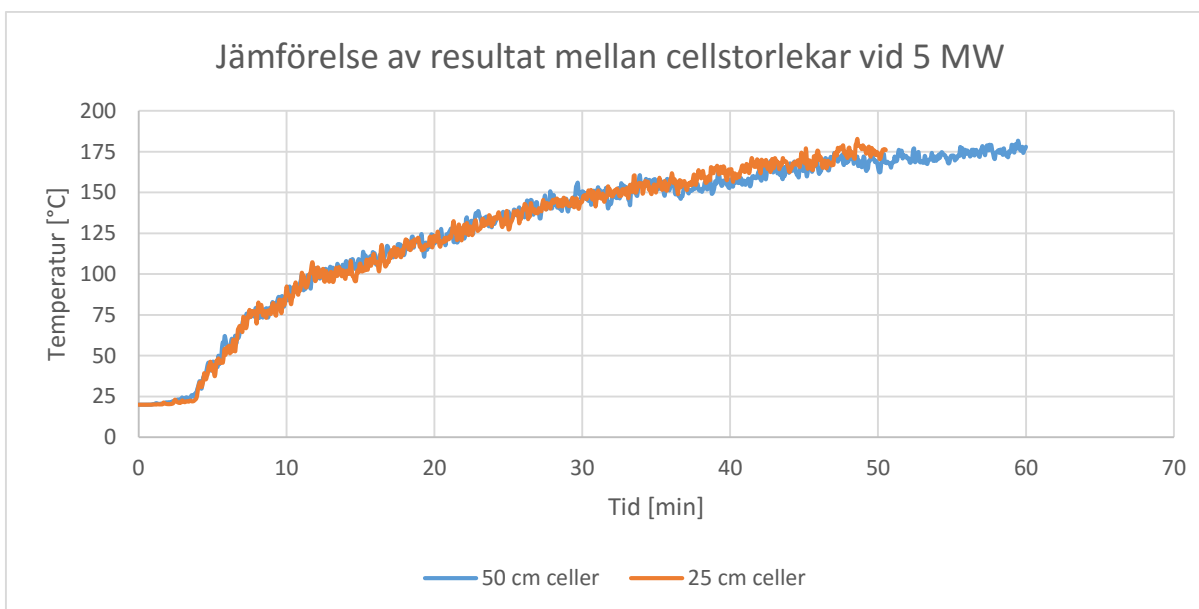
Figur 21. Temperaturen för den mätpunkt på 10 meters höjd som ger högst temperatur under brandförloppet i 5 och 6 MW bränderna.

Figur 22 nedan visar effektkurvan för simuleringen med 5 MW-branden.



Figur 22. Effektkurva för 5 MW branden. Integralen fås av arean under kurvan.

Simuleringen med 25 cm celler gav resultat som i hög grad överensstämde med den grövre meshen, vilket validerar simuleringen. Detta kan ses i figur 23 nedan, som visar en jämförelse mellan temperaturerna i en mätpunkt för simuleringarna med olika cellstorlekar.



Figur 23. Jämförelse av temperaturen i en mätpunkt med 25 och 50 cm celler och 5 MW brand. Här kan man se att kurvorna med de olika cellstorlekarna stämmer väl överens, vilket validerar den grövre simuleringen. Notera att simuleringen med finare mesh avbröts innan hela tiden på 60 minuter hann uppnås, därav slutar den kurvan tidigare än den andra.

En effekt på 5 MW är alltså den maximala effekt som varaktigt får uppnås av en brand i hall D för att bärverken ska hålla i en timme efter brandstart. Den frigjorda energin under ett sådant brandförlopp blir efter integrering av effektkurvan över en timme ca 16,9 GJ, vilket är det maximala energiinnehåll som får frigöras i en brand för att bärverken ska hålla i en timme efter brandstart.

### 14.3 Diskussion och giltighet

Metoden som använts för att undersöka brandbelastning och bärverk är en grov förenkling och bygger på flera antaganden. Simuleringarna som gjorts i FDS är endast för att få reda på brandgaslagrets temperatur vid en brand och hur det påverkar bärverken. Då FDS inte är tillförlitligt när det gäller plymtemperaturer finns det en viss risk att plymtemperaturen i simuleringarna är underskattad, vilket betyder att temperaturen kan komma att bli högre rakt över branden och leda till att bärverken når över 200 °C och därmed riskerar att falla. Därför bör resultaten av bärverkssimuleringarna beaktas med stor försiktighet.

Ingen hänsyn tas till hur effektkurvan ser ut mer än att dess integral ska vara 16,9 GJ. Detta innebär att en effektkurva kan vara 30 minuter men utveckla 10 MW, ett scenario som inte testats. Det finns väldigt många effektkurvor med en integral på 16,9 GJ som hade gett samma mängd brännbart material. Detta är en kraftig förenkling och ett kort men intensivt brandförlopp kan ske och ge för höga temperaturer i taket.

Lokal påverkan undersöks ej i detta arbete. Plymen från branden når troligen högre temperaturer än brandgaslagret och kan möjligen överstiga 200 °C lokalt, vilket gör resultatet tvivelaktigt. Samtidigt tas ingen hänsyn till värmeövergångstalet till stålet och den energi som krävs att värma en stor massa stål från 20 till 200 °C är inte försumbar.

Den sammanlagda effekten av både konservativa och icke-konservativa antaganden är mycket svår att bedöma och därför rekommenderas stor försiktighet vid användning av resultatet.



## 15 Åtgärdsförslag

Nedan följer de förslag på åtgärder som anses lämpliga för hall D i Halmstad Arena.

### 15.1 Brandvakter och extra släckmedel

En möjlig åtgärd i hallen är att ha brandvakter vid offentliga evenemang. Dessa kan dels upptäcka, larma och påbörja släckinsats vid brand, dels hjälpa till vid utrymning. Detta skulle kunna reducera risken för både materiella skador och personskador samt anses vara en lämplig åtgärd vid evenemang med många besökare, till exempel vid mässor och utställningar då vägen ut kan vara något komplicerad. Tillsammans med brandvakterna är det även lämpligt att placera ut extra handbrandsläckare så att de alltid finns nära till hands för att möjliggöra en snabb insats.

### 15.2 Sektionering vid mässverksamhet

Vid de mässarrangemang som involverar uppbyggnad av väggar på mässgolvet innanför rinken bör utformningen av väggarna vara placerade på ett sätt som inte försvårar utrymning. Utformningen får inte innebära för långa avstånd till närmaste utrymningsväg. Detta kan genomföras genom att ha vissa passager som kan användas vid utrymning. Det bör även vara en viss bredd mellan mässmontrarna för att få ett bra flöde på folk vid utrymning. Avståndet har också funktionen att minska risken för brandspridning via strålning vid brand i mässmonter. Detta kan genomföras genom att sektionera mässmontrarna i grupper som ej understiger ett säkert avstånd mellan dessa sektioner för att förhindra brandspridning. Detta valideras i avsnitt 16. Vägledande markeringar ska sättas upp vid mässverksamhet.

### 15.3 Andra åtgärder

Nedan diskuteras åtgärder som är möjliga men som inte rekommenderas för detta objekt.

#### Sprinkler

Sprinkler anses inte som en lämplig åtgärd ur ekonomisk eller rent praktisk synpunkt. I detta objekt måste den höga kostnaden att installera ett sprinklersystem ställas mot vinningen i att ha det som branddämpande åtgärd. Det finns också praktiska problem med sprinkler i hallen. Den höga takhöjden gör att dropparna från ett sprinklerhuvud hinner förångas innan de når branden. Detta hade kunnat förhindras med stordroppsprinkler. Dock gör det lutande taket att det ändå kan leda till problem då brandgaserna kan utlösa ett sprinklerhuvud längre bort som då inte kan begränsa branden. Aktiveringstiden blir även lång med den höga takhöjden.

#### Avskiljning av laddningsstation för ismaskiner

En möjlig åtgärd för att förhindra att scenario 1 får för stora konsekvenser är att på något sätt avskilja ismaskinsrummet, där laddningen sker, från ishallen. Denna åtgärd är troligtvis väldigt kostsam i förhållande till nyttan då resultatet från simuleringarna visar att säker utrymning kan ske trots en stor brand i ismaskinsrummet. Därför anses inte åtgärden vara lämplig.

## **Brandgasventilation**

Att installera brandgasventilation skulle släppa ut rök och på så sätt fördröja tiden till kritiska förhållanden. Dock är hallen så pass stor och takhöjden tillräckligt hög för att kritiska förhållandena inte ska uppstå förrän alla utrymmande är ute. Detta gör att denna åtgärd är mindre kostnadseffektiv i förhållande till nyttan. Ur egendomsskydd kan dock brandgasventilation vara en intressant åtgärd.

## **Skydd av bärverk**

I nuläget är takbjälkarna helt oskyddade och som man kan se i avsnittet om bärverk finns det risk för att bärverken kan kollapsa vid en för hög brandeffekt. En säkerhetsåtgärd för att förhindra detta är att bygga in de bärande takbjälkarna för att skydda dem mot höga temperaturer i ett brandgaslager. Ett annat alternativ är att måla dem med brandskyddsmålning. Båda dessa alternativ är omständliga och dyra i förhållande till nyttan de gör. Därför rekommenderas de inte som åtgärd i detta arbete, som främst syftar till personsäkerhet. Däremot kan detta vara en lämplig åtgärd för egendomsskydd.

## 16 Validering av åtgärd

Nedan följer en validering av en av åtgärderna som rekommenderas.

### 16.1 Sektionering vid mässverksamhet

Analysen av lokalens bärverk visar att den största branden som ger en temperatur som inte överstiger 200 grader i taket under en timmes tid är 5 MW. Integralen av effektkurvan över tid ger att den totala energin som frigörs blir 16,9 GJ. För att säkerställa att bärverket håller vid en eventuell brand bör inte energiinnehållet i det brännbara materialet som förvaras i hallen överstiga 16,9 GJ.

En åtgärd för att förvara mer brännbart än angivet är att sektionera utställningsgolvet så att varje sektion har en brandbelastning som understiger 16,9 GJ. En uppfattning om hur mycket brännbart material 16,9 GJ är kan ses i bilaga 4. Sektioneringen kan utgöras av en brandavskiljande vägg (EI 60) eller av erforderligt avstånd mellan sektioner. Avståndet kan utgöras av exempelvis en bred gång för besökare som delar utställningsgolvet på längden och/eller bredden.

För att verifiera att en lösning där utställningar sektioneras med ett avstånd genomförs strålningsberäkningar från en sida till en annan. En lämplig strålningsnivå under vilken branden inte antas spridas vidare sätts till 10 kW/m<sup>2</sup> som, enligt Kim (2000), antänder tunnare material. Att just 10 kW/m<sup>2</sup> väljs motiveras dels med att det är konservativt och dels med att mässväggarna med största sannolikhet kommer vara klädda i tyg eller något liknande material.

Mellan 4 och 5 meter från branden ligger den infallande strålningen mellan 14 och 8 kW/m<sup>2</sup>. Strålningsberäkningarna kan ses i bilaga 2.

## 17 Slutdiskussion

I detta avsnitt diskuteras arbetet i sin helhet.

I utrymningssimuleringar vid de olika scenarierna har allmänna råd från Boverket används. 1 % av personerna som befinner sig i lokalen kan enligt dessa allmänna råd antas ha nedsatt rörelseförmåga. I allmänhet anses denna fördelning konservativ, dock kan det finnas tillfällen då detta är en grov underskattning. Verksamheten bör observera detta i de fall hallen används till evenemang som riktar sig till personer med nedsatt rörelseförmåga. Detta har inte undersökts i känslighetsanalysen.

Gånghastigheten för de övriga 99 % av personerna i lokalen sattes som en normalfördelning med ett rekommenderat värde som medelvärde i fördelningen. Vidare ansattes standardavvikelsen till 0,15 m/s för att 95 % av alla värden skulle ligga mellan 1,0–1,6 m/s. Detta intervall anses vara rimligt och representera de flesta personer. Vidare trunkerades fördelningen vid 1,0 m/s och 1,6 m/s. Anledningen till detta var att det skapades en egen grupp med rörelsenedsatta som gavs andra egenskaper och de behöver alltså inte täckas av detta intervall. Fördelningen trunkerades i överkant för ett mer konservativt, och verkligt, resultat.

Till datasamlingen av utrymningstider som erhöles från varje scenario har en normalfördelning anpassats. Det har dock funnits tillfällen där en normalfördelning har passat dåligt till den samling tider som den ska anpassas efter. Trots att andra fördelningar då har passat bättre har normalfördelning fortsatt användas för att fördelningar ska vara jämförbara. I de flesta fall har dock en normalfördelning passat bra, vilket inte är förvånande då egenskaper sattes normal- och uniformt fördelade.

En intressant anmärkning är att standardavvikelsen (och därmed spridningen) för utrymningstiderna minskar generellt med ökande personantal. Detta tolkas som att dörrarnas flödeskapacitet blir mer avgörande än gångavstånd. Vid låga personantal och flera utgångar har det observerats att placeringen av rörelsenedsatta blir avgörande för den totala tiden till färdig utrymning. När personantalet i lokalen ökar blir inverkan mindre av att rörelsenedsatta kan vara placerade långt från utgångarna. Detta beror på att det bildas köer vid utgångarna.

Av de fem kritiska förhållanden som tidigare angetts har endast två av kriterierna, sikt och brandgaslager, uppnåtts i simuleringarna. Resultaten visar att en brand med hög sotproduktion når kritiska förhållanden först, även då effekten på branden är lägre. Brandscenariot och den tillgängliga tiden till utrymning är därför väldigt beroende av det brinnande materialet. Lokalen är tillräckligt stor för att temperatur, strålning och toxicitet inte uppnår kritiska förhållanden inom simuleringstiden. Tiden till kritiska förhållanden i aktuell byggnad blir rökberoende.

Jämförs de simulerade effektkurvorna i figur 12, 14 och 17 med de snabba  $\alpha^2$ -kurvor som respektive effekt ska efterlikna växer de simulerade bränderna snabbare. Detta då brandspridningen växer radiellt vid användning av fire spread i FDS och brandytans geometri i simuleringen är kvadratisk. Brandspridningshastigheten blir således något snabbare innan brandfronten nått kvadratens kant. Fire spread är inställd så att hela ytan brinner samtidigt som maxeffekt skulle nåts av en  $\alpha^2$ -kurva. Detta påverkar dock inte resultatet i sådan utsträckning att det bör justeras.

## 18 Slutsats

Sammanfattningsvis kan det konstateras att det befintliga brandskyddet är tillräckligt för att säker utrymning ska kunna ske för 1200 personer. Även vid de längsta utrymningarna finns en god tidsmarginal för de utrymmande att sätta sig i säkerhet.

För att öka säkerheten för räddningspersonal under insats bör mässor sektioneras. Det rekommenderas även att vid större arrangemang placera ut brandvakter och extra släckmedel.

Detta arbete kan inte garantera räddningspersonalens säkerhet vid insats. För att garantera bärverkens hållfasthet under insats bör vidare undersökningar utföras.

Skyddsmålet anses vara uppfyllt utan vidare åtgärder. Dock rekommenderas de tidigare förslagna åtgärderna för att ytterligare höja säkerheten vid större arrangemang.

## Referenser

Boverket (2006) *Utrymningsdimensionering*

Boverket (2015) *Boverkets byggregler*, BBR 22. (föreskrifter och allmänna råd)

Boverket (2013) *Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd*. (BBRAD 3)

Kakegawa, S., et al. (2003) *Design Fires for Means of Egress in Office Buildings based on Full-scale Fire Experiments*

Frantzich, H. (2001) *Tid för utrymning vid brand*. Lunds Tekniska Högskola, Räddningsverket, Karlstad.

Kim, H. & Lilley, D. (2000) *Heat Release Rates of Burning Items in Fires*, American Institute of Aeronautics & Astronautics

Karlsson, B. & Quintiere, J. G. (2000) *Enclosure fire dynamics*

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) (2009) *Barn och Eld*  
<https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Brandskydd/Anlagd-brand/Barn--eld/> [2016-03-10]

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) (2014) *IDA - Informationssystem för statistik och analys* [2016-03-06]

National Institute of Standards and Technology's (NIST) (2014) *Fire Dynamics Simulator User's Guide*

Nystedt, F *Brandscenarier och dimensionerande bränder*. WUZ

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

Svensk avdelning i Society of Fire Protection Engineers (BIV) (2013) *CFD-beräkningar med FDS*

Särdqvist, S. (1993) *Intial fires*, Lunds Tekniska Högskola, Brandteknik, BRANDFORSK

Thunderhead Engineering (2015) *Pathfinder, User Manual*

Widlund, D. (2009). *Kap.4 Elektricitet och bränder med inriktning på brandutredning*. Karlstad: MSB

WSP Brand & Risk (2010) *Brandskyddsdocumentation, Halmstad Arena*

## Bilaga 1 – Kvot för FDS-simuleringar

Nedan finns beräkningarna för  $D^*/\delta x$  för de tre scenarierna.

### Scenario 1

$$\dot{Q} = 4000 \text{ kW}$$

$$D^* = \left( \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}} = \left( \frac{4000}{1,2 * 1 * 293 * \sqrt{9,81}} \right)^{\frac{2}{5}} \approx 1,6752$$

$$\frac{D^*}{\delta x} = \frac{1,6752}{0,2} \approx 8,38$$

### Scenario 2

$$\dot{Q} = 5000 \text{ kW}$$

$$D^* = \left( \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}} = \left( \frac{5000}{1,2 * 1 * 293 * \sqrt{9,81}} \right)^{\frac{2}{5}} \approx 1,8316$$

$$\frac{D^*}{\delta x} = \frac{1,8316}{0,2} \approx 9,16$$

### Scenario 3

$$\dot{Q} = 8000 \text{ kW}$$

$$D^* = \left( \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}} = \left( \frac{8000}{1,2 * 1 * 293 * \sqrt{9,81}} \right)^{\frac{2}{5}} \approx 2,2105$$

$$\frac{D^*}{\delta x} = \frac{2,2105}{0,2} \approx 11,05$$

## Bilaga 2 – Strålningsberäkningar

För att beräkna strålningen mellan monterväggarna används ekvationerna nedan.

Flamhöjden beräknas enligt:

$$L = -1,02 \times D + 0,235 \times \dot{Q}^{\frac{2}{5}} \quad [\text{m}]$$

Där

$$D = \text{Brandens diameter} \quad [\text{m}]$$

$$\dot{Q} = \text{Brandens effekt} \quad [\text{kW}]$$

För att beräkna den infallande strålningen används:

$$\dot{q}'' = T^4 \times \varepsilon \times \sigma \times \phi \quad [\text{W/m}^2]$$

Där

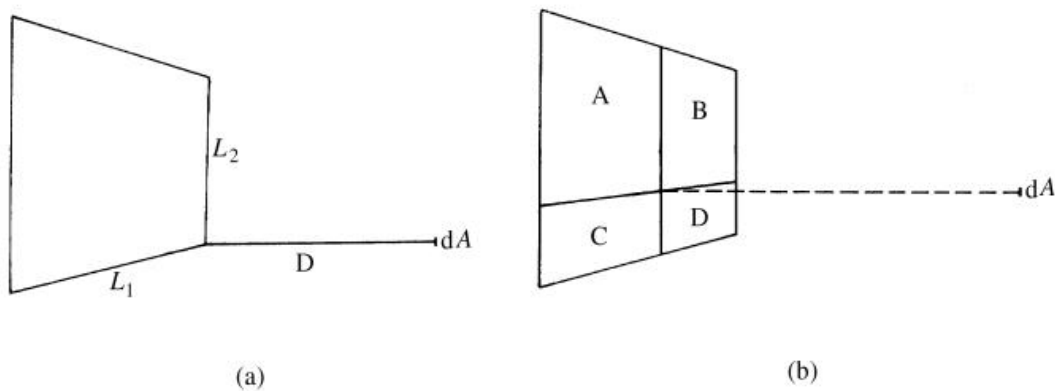
$$T = \text{Flamtemperatur} \quad [\text{K}]$$

$$\varepsilon = \text{Emissionstal} \quad [-]$$

$$\sigma = \text{Stefan-Boltzmanns konstant} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K}^4)]$$

$$\phi = \text{Synfaktor} \quad [-]$$

Beräkningsgången av synfaktorn illustreras nedan.



**Figure 2.23** (a) Receiver element  $dA$  lying on the perpendicular from a corner of a parallel rectangle (see Figure 2.22). (b) Receiver element  $dA$  lying on the perpendicular from a point on the radiant rectangle, to illustrate that the configuration factors of rectangles A–D are additive (Equation (2.67))

Från figuren ovan beräknas sedan  $S$  och  $\alpha$  enligt:

$$S = \frac{L_1}{L_2}$$

$$\alpha = \frac{L_1 \times L_2}{D^2}$$



Från dessa värden avläses sedan synfaktorn ur tabellen nedan.

**Table 2.8** Values of  $\phi(\alpha, S)$  for various values of  $\alpha$  and  $S^a$

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

<sup>a</sup> $S = L_1/L_2$  and  $\alpha = (L_1 \times L_2)/D^2$  (see Figure 2.22). From McGuire (1953). Reproduced by permission of The Controller, HMSO. © Crown copyright.

Höjden på flammen beräknas med Heskestads flamhöjdsmodell. Diametern är tagen från simuleringarna där denna motsvarar en brand i informationsdisken i scenario 2. Flamhöjden blir då följande:

$$L = -1,02 \times 2,7 + 0,235 \times 5000^{\frac{2}{5}} = 4,3 \text{ m}$$

Synfaktorn beräknas från mitten av flammen på olika avstånd för att få fram ett maximalt avstånd vilket branden inte sprider sig mellan. Synfaktorn för olika avstånd redovisas i tabellen nedan.

$D$ (avstånd)	$L_1$	$L_2$	$S$	$\alpha$	$\phi$	$\phi_{tot}$
1	1,35	2,15	0,63	2,90	-	-
2	1,35	2,15	0,63	0,73	0,112	0,448
3	1,35	2,15	0,63	0,32	0,067	0,268
4	1,35	2,15	0,63	0,18	0,049	0,196
5	1,35	2,15	0,63	0,12	0,028	0,112
10	1,35	2,15	0,63	0,03	0,009	0,036

För att sedan beräkna den infallande strålningen antas emissiviteten till 1,0 och flamtemperaturen till 1073 K (Karlsson & Quintiere, 2000). Då blir strålningen från flammen följande:

$$\dot{q}_2'' = 1073^4 \cdot 1,0 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,448 = 33671,3 \text{ W/m}^2$$

$$\dot{q}_3'' = 1073^4 \cdot 1,0 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,268 = 20142,7 \text{ W/m}^2$$

$$\dot{q}_4'' = 1073^4 \cdot 1,0 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,196 = 14731,2 \text{ W/m}^2$$

$$\dot{q}_5'' = 1073^4 \cdot 1,0 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,112 = 8417,8 \text{ W/m}^2$$

$$\dot{q}_{10}'' = 1073^4 \cdot 1,0 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,036 = 2705,7 \text{ W/m}^2$$

De beräknade strålningsnivåerna understiger  $10 \text{ kW/m}^2$  då avståndet är mellan 4 och 5 m.

## Bilaga 3 – Beräkning av lufttillgång

### Beräkning av lufttillgång

$$\text{Volym hall D} = 80 \times 40 \times 11,25 = 36\,000 \text{ m}^3$$

$$\text{Volym förbränt syre till släckgräns 15 \%} = 36\,000 \times (0,21 - 0,15) = 2\,160 \text{ m}^3$$

$$\text{Massa förbränt syre} = 2160 \times 1,2 = 2592 \text{ kg}$$

$$5 \text{ MW brand i 1 h förbränner: } \frac{16,9 \times 10^9}{13,1 \times 10^6} = 1\,290 \text{ kg}$$

Slutsats: Syrebrist kommer inte vara ett problem för 5 MW branden även då alla dörrar är stängda.

## Bilaga 4 – Uppskattning av brännbart material

5 MW brand i en timme motsvarar 16,9 GJ. Nedan redovisas översiktliga beräkningar för att få en uppfattning om hur mycket brännbart material 16,9 GJ motsvarar. Resultaten från dessa beräkningar bör ej användas praktiskt vid planering av mässgolvet utformning.

### Trä

Förbränningsvärme trä = 20 MJ/kg

$$\text{Antal kg trä} = \frac{16,9 \times 10^9}{20 \times 10^6} = 845 \text{ kg}$$

1 trästol = 6 kg

845 kg trä = 140 trästolar

### Spånskiva/ Particle board

Förbränningsvärme spånskiva = 18 MJ/kg

$$\text{Antal kg trä} = \frac{16,9 \times 10^9}{18 \times 10^6} = 939 \text{ kg}$$

1 IKEA Billy bokhylla = 37 kg

939 kg spånskiva = 24 Billy bokhyllor

### Polyester

Förbränningsvärme polyester = 31 MJ/kg

$$\text{Antal kg polyester} = \frac{16,9 \times 10^9}{31 \times 10^6} = 545 \text{ kg}$$

1 madrass 2 × 0,8 m = 5,6 kg

545 kg polyester = 97 madrasser

### Polyetylen

Förbränningsvärme polyetylen = 44 MJ/kg

$$\text{Antal kg polyetylen} = \frac{16,9 \times 10^9}{44 \times 10^6} = 384 \text{ kg}$$

1 20 liters plastdunk = 0,9 kg

384 kg polyetylen = 427 plastdunkar

### Polypropylen

Förbränningsvärme polypropylen = 44 MJ/kg

$$\text{Antal kg polypropylen} = \frac{16,9 \times 10^9}{44 \times 10^6} = 384 \text{ kg}$$

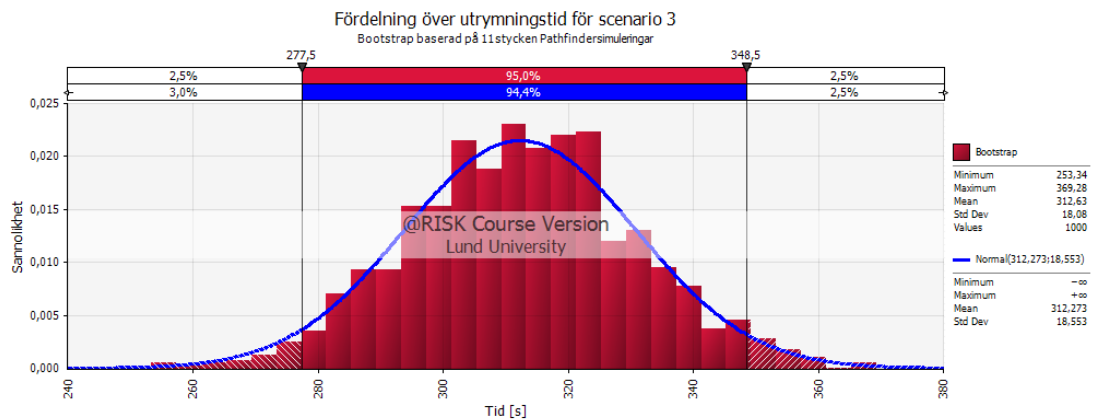
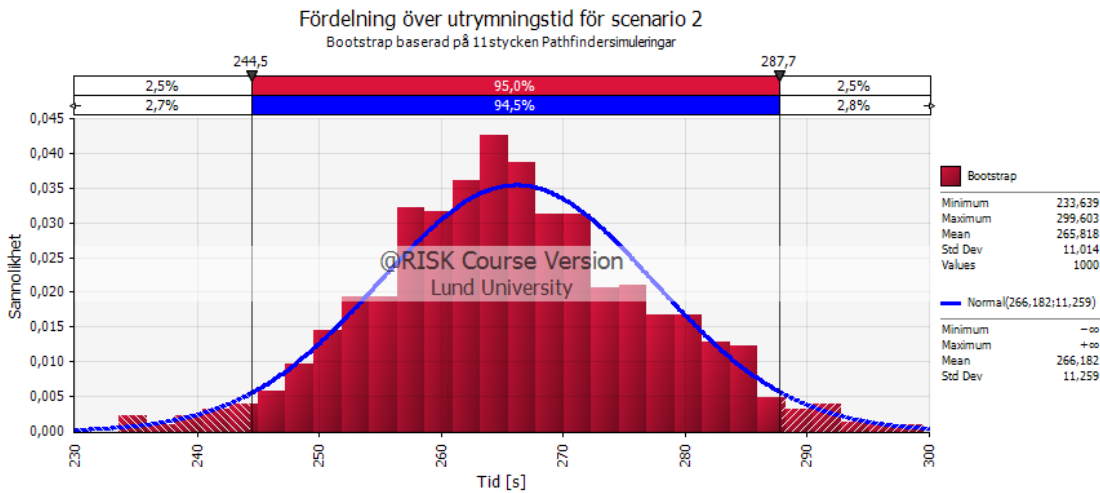
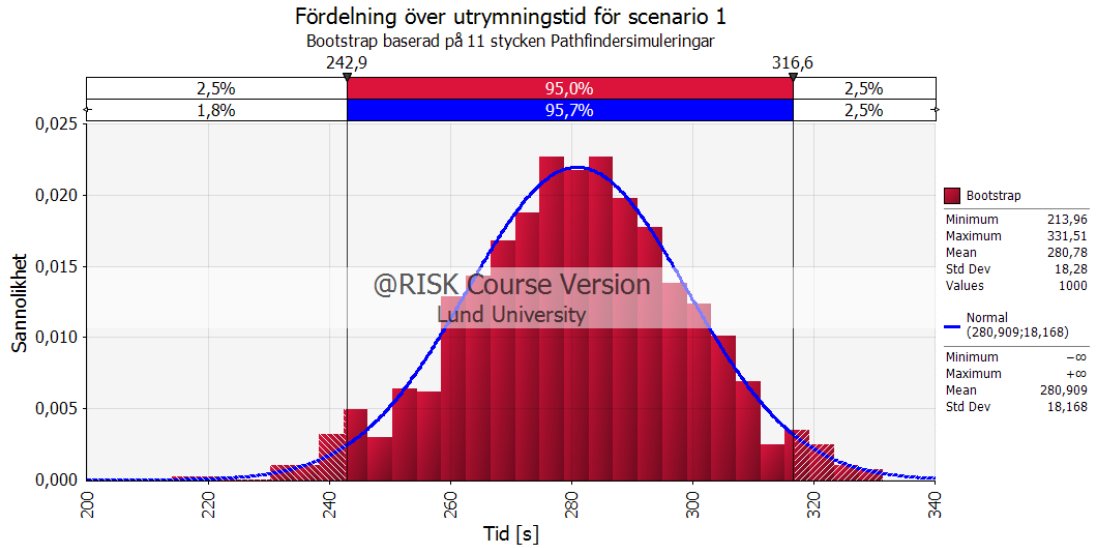
1 plaststol = 4 kg

384 kg polypropylen = 96 plaststolar

Källhänvisning förbränningsvärme: Staffansson, L. (2010) *Selecting design fires* Lunds Tekniska Högskola, Brandteknik och Riskhantering.

## Bilaga 5 – Exempel på fördelningar

Nedan redovisas figurer på fördelningars utseende för olika scenariers utrymningstider. Samtliga figurer är för återsamlingen av tider för simuleringar med 800 personer.



## Bilaga 6 – FDS-kod till scenario 2

Nedan presenteras den FDS-kod som användes vid simuleringen av scenario 2.

Hall\_D\_scen2.fds

Generated by PyroSim - Version 2014.4.1208

2016-apr-05 10:48:41

```
&HEAD CHID='Hall_D_scen2'/
&TIME T_END=900.0/
&DUMP RENDER_FILE='Hall_D_scen2.ge1', DT_RESTART=300.0/

&MESH ID='Mesh01-a', IJK=200,45,64, XB=0.0,40.0,0.0,9.0,-0.2,12.6/
&MESH ID='Mesh01-b', IJK=200,45,64, XB=0.0,40.0,9.0,18.0,-0.2,12.6/
&MESH ID='Mesh01-c', IJK=200,45,64, XB=0.0,40.0,18.0,27.0,-0.2,12.6/
&MESH ID='Mesh01-d', IJK=200,45,64, XB=0.0,40.0,27.0,36.0,-0.2,12.6/
&MESH ID='Mesh01-e', IJK=200,45,64, XB=0.0,40.0,36.0,45.0,-0.2,12.6/
&MESH ID='Mesh01-f', IJK=200,45,64, XB=0.0,40.0,45.0,54.0,-0.2,12.6/
&MESH ID='Mesh01-g', IJK=200,45,64, XB=0.0,40.0,54.0,63.0,-0.2,12.6/
&MESH ID='Mesh01-h', IJK=200,45,64, XB=0.0,40.0,63.0,72.0,-0.2,12.6/
&MESH ID='Mesh01-i', IJK=200,45,64, XB=0.0,40.0,72.0,81.0,-0.2,12.6/
&MESH ID='MESH', IJK=25,40,20, XB=-5.0,0.0,69.4,77.4,0.0,4.0/

&REAC ID='Monter',
FYI='Polyethylene terephthalate, polyester yield selecting design fires',
FUEL='REAC_FUEL',
FORMULA='C10H8O4',
CO_YIELD=0.08,
SOOT_YIELD=0.089,
HEAT_OF_COMBUSTION=4.4E4,
IDEAL=.TRUE./

&PROP ID='Cleary Ionization I1',
QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',
ALPHA_E=2.5,
BETA_E=-0.7,
ALPHA_C=0.8,
BETA_C=-0.9/

&DEVC ID='SD101', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=35.9,4.3,9.9/
&DEVC ID='SD102', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=35.9,12.9,9.9/
&DEVC ID='SD103', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=35.9,21.5,9.9/
&DEVC ID='SD104', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=35.9,30.1,9.9/
&DEVC ID='SD105', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=35.9,38.7,9.9/
&DEVC ID='SD106', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=35.9,47.3,9.9/
&DEVC ID='SD107', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=35.9,55.9,9.9/
&DEVC ID='SD108', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=35.9,64.5,9.9/
&DEVC ID='SD109', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=35.9,73.1,9.9/
&DEVC ID='SD201', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=30.5,4.3,10.3/
&DEVC ID='SD202', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=30.5,12.9,10.3/
&DEVC ID='SD203', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=30.5,21.5,10.3/
&DEVC ID='SD204', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=30.5,30.1,10.3/
&DEVC ID='SD205', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=30.5,38.7,10.3/
&DEVC ID='SD206', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=30.5,47.3,10.3/
&DEVC ID='SD207', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=30.5,55.9,10.3/
&DEVC ID='SD208', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=30.5,64.5,10.3/
&DEVC ID='SD209', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=30.5,73.1,10.3/
&DEVC ID='SD301', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=25.1,4.3,10.7/
&DEVC ID='SD302', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=25.1,12.9,10.7/
&DEVC ID='SD303', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=25.1,21.5,10.7/
```

&DEVC ID='SD304', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=25.1,30.1,10.7/  
&DEVC ID='SD305', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=25.1,38.7,10.7/  
&DEVC ID='SD306', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=25.1,47.3,10.7/  
&DEVC ID='SD307', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=25.1,55.9,10.7/  
&DEVC ID='SD308', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=25.1,64.5,10.7/  
&DEVC ID='SD309', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=25.1,73.1,10.7/  
&DEVC ID='SD402', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=19.7,12.9,11.1/  
&DEVC ID='SD403', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=19.7,21.5,11.1/  
&DEVC ID='SD404', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=19.7,30.1,11.1/  
&DEVC ID='SD405', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=19.7,38.7,11.1/  
&DEVC ID='SD406', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=19.7,47.3,11.1/  
&DEVC ID='SD407', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=19.7,55.9,11.1/  
&DEVC ID='SD408', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=19.7,64.5,11.1/  
&DEVC ID='SD409', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=19.7,73.1,11.1/  
&DEVC ID='SD502', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=14.3,12.9,11.5/  
&DEVC ID='SD503', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=14.3,21.5,11.5/  
&DEVC ID='SD504', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=14.3,30.1,11.5/  
&DEVC ID='SD505', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=14.3,38.7,11.5/  
&DEVC ID='SD506', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=14.3,47.3,11.5/  
&DEVC ID='SD507', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=14.3,55.9,11.5/  
&DEVC ID='SD508', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=14.3,64.5,11.5/  
&DEVC ID='SD509', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=14.3,73.1,11.5/  
&DEVC ID='SD602', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=8.9,12.9,11.7/  
&DEVC ID='SD603', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=8.9,21.5,11.7/  
&DEVC ID='SD604', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=8.9,30.1,11.7/  
&DEVC ID='SD605', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=8.9,38.7,11.7/  
&DEVC ID='SD606', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=8.9,47.3,11.7/  
&DEVC ID='SD607', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=8.9,55.9,11.7/  
&DEVC ID='SD608', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=8.9,64.5,11.7/  
&DEVC ID='SD609', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=8.9,73.1,11.7/  
&DEVC ID='SD702', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=3.5,12.9,12.3/  
&DEVC ID='SD703', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=3.5,21.5,12.3/  
&DEVC ID='SD704', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=3.5,30.1,12.3/  
&DEVC ID='SD705', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=3.5,38.7,12.3/  
&DEVC ID='SD706', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=3.5,47.3,12.3/  
&DEVC ID='SD707', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=3.5,55.9,12.3/  
&DEVC ID='SD708', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=3.5,64.5,12.3/  
&DEVC ID='SD709', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=3.5,73.1,12.3/  
&DEVC ID='Brandgashojd\_1->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=13.0,13.0,20.0,20.0,0.0,11.6/  
&DEVC ID='Brandgashojd\_1->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE',  
XB=13.0,13.0,20.0,20.0,0.0,11.6/  
&DEVC ID='Brandgashojd\_2->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=26.0,26.0,20.0,20.0,0.0,10.8/  
&DEVC ID='Brandgashojd\_2->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE',  
XB=26.0,26.0,20.0,20.0,0.0,10.8/  
&DEVC ID='Brandgashojd\_3->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=13.0,13.0,40.0,40.0,0.0,11.6/  
&DEVC ID='Brandgashojd\_3->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE',  
XB=13.0,13.0,40.0,40.0,0.0,11.6/  
&DEVC ID='Brandgashojd\_4->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=26.0,26.0,40.0,40.0,0.0,10.8/  
&DEVC ID='Brandgashojd\_4->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE',  
XB=26.0,26.0,40.0,40.0,0.0,10.8/  
&DEVC ID='Brandgashojd\_5->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=13.0,13.0,60.0,60.0,0.0,11.6/  
&DEVC ID='Brandgashojd\_5->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE',  
XB=13.0,13.0,60.0,60.0,0.0,11.6/  
&DEVC ID='Brandgashojd\_6->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=26.0,26.0,60.0,60.0,0.0,10.8/  
&DEVC ID='Brandgashojd\_6->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE',  
XB=26.0,26.0,60.0,60.0,0.0,10.8/  
&DEVC ID='Stralning\_1', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=13.0,20.0,2.0,  
ORIENTATION=0.0,0.0,1.0/  
&DEVC ID='Stralning\_2', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=26.0,20.0,2.0,  
ORIENTATION=0.0,0.0,1.0/

```

&DEVC ID='Stralning_3', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=13.0,40.0,2.0,
ORIENTATION=0.0,0.0,1.0/
&DEVC ID='Stralning_4', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=26.0,40.0,2.0,
ORIENTATION=0.0,0.0,1.0/
&DEVC ID='Stralning_5', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=13.0,60.0,2.0,
ORIENTATION=0.0,0.0,1.0/
&DEVC ID='Stralning_6', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=26.0,60.0,2.0,
ORIENTATION=0.0,0.0,1.0/

&MATL ID='Betong',
FYI='egenskaper från EFD',
SPECIFIC_HEAT=0.88,
CONDUCTIVITY=1.1,
DENSITY=2100.0/
&MATL ID='Laetbetong',
FYI='egenskaper från EFD',
SPECIFIC_HEAT=1.0,
CONDUCTIVITY=0.15,
DENSITY=500.0/
&MATL ID='Isolering',
FYI='egenskaper från EFD',
SPECIFIC_HEAT=0.1,
CONDUCTIVITY=0.041,
DENSITY=800.0/
&MATL ID='Staal',
FYI='egenskaper från EFD',
SPECIFIC_HEAT=0.46,
CONDUCTIVITY=45.0,
DENSITY=7820.0/

&SURF ID='Betongyta',
RGB=146,202,166,
BACKING='VOID',
MATL_ID(1,1)='Betong',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.3/
&SURF ID='Sandwichelement',
RGB=153,153,0,
BACKING='VOID',
MATL_ID(1,1)='Laetbetong',
MATL_ID(2,1)='Isolering',
MATL_ID(3,1)='Laetbetong',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
MATL_MASS_FRACTION(2,1)=1.0,
MATL_MASS_FRACTION(3,1)=1.0,
THICKNESS(1:3)=0.12,0.15,0.07/
&SURF ID='Takyta',
COLOR='GRAY 60',
BACKING='VOID',
MATL_ID(1,1)='Staal',
MATL_ID(2,1)='Isolering',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
MATL_MASS_FRACTION(2,1)=1.0,
THICKNESS(1:2)=0.003,0.2/
&SURF ID='Isoleringsyta',
RGB=76,76,0,
BACKING='VOID',
MATL_ID(1,1)='Isolering',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.2/
&SURF ID='Burner',

```



COLOR='RED',  
HRRPUA=868.0/

&OBST XB=0.0,39.0,0.0,0.2,0.0,10.0, SURF\_ID='Sandwichelement'/ V ägg s  
&OBST XB=0.0,35.8,0.0,0.2,10.0,10.2, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak s [Segment]  
&OBST XB=0.0,32.8,0.0,0.2,10.2,10.4, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak s [Segment]  
&OBST XB=0.0,29.8,0.0,0.2,10.4,10.6, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak s [Segment]  
&OBST XB=0.0,26.8,0.0,0.2,10.6,10.8, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak s [Segment]  
&OBST XB=0.0,23.8,0.0,0.2,10.8,11.0, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak s [Segment]  
&OBST XB=0.0,20.8,0.0,0.2,11.0,11.2, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak s [Segment]  
&OBST XB=0.0,17.8,0.0,0.2,11.2,11.4, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak s [Segment]  
&OBST XB=0.0,14.8,0.0,0.2,11.4,11.6, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak s [Segment]  
&OBST XB=0.0,11.8,0.0,0.2,11.6,11.8, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak s [Segment]  
&OBST XB=0.0,8.8,0.0,0.2,11.8,12.0, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak s [Segment]  
&OBST XB=0.0,5.8,0.0,0.2,12.0,12.2, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak s [Segment]  
&OBST XB=0.0,2.8,0.0,0.2,12.2,12.4, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak s [Segment]  
&OBST XB=0.0,0.2,0.0,0.2,12.4,12.6, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak s [Segment]  
&OBST XB=0.0,0.2,0.2,71.2,0.0,12.6, SURF\_ID='Sandwichelement'/ V ägg v  
&OBST XB=0.0,39.0,77.2,77.4,0.0,10.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/ V ägg n  
&OBST XB=0.0,35.8,77.2,77.4,10.0,10.2, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=0.0,32.8,77.2,77.4,10.2,10.4, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=0.0,29.8,77.2,77.4,10.4,10.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=0.0,26.8,77.2,77.4,10.6,10.8, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=0.0,23.8,77.2,77.4,10.8,11.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=0.0,20.8,77.2,77.4,11.0,11.2, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=0.0,17.8,77.2,77.4,11.2,11.4, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=0.0,14.8,77.2,77.4,11.4,11.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=0.0,11.8,77.2,77.4,11.6,11.8, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=0.0,8.8,77.2,77.4,11.8,12.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=0.0,5.8,77.2,77.4,12.0,12.2, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=0.0,2.8,77.2,77.4,12.2,12.4, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=0.0,0.2,77.2,77.4,12.4,12.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=38.8,39.0,0.2,77.2,0.0,10.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/ V ägg o  
&OBST XB=0.0,0.2,71.2,77.2,3.8,12.6, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Ismaskinv ägg  
&OBST XB=0.2,0.4,66.0,69.6,0.0,2.2, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='Isoleringsyta'/ Port v  
&OBST XB=0.2,0.8,6.8,71.2,2.4,12.4, SURF\_ID='Isoleringsyta'/ Tjocka innerv äggar övre del  
&OBST XB=0.2,0.8,71.2,77.2,3.8,12.4, SURF\_ID='Isoleringsyta'/ Tjock innerv äggar vid ismaskin  
&OBST XB=0.8,1.2,70.8,71.2,0.0,12.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk  
&OBST XB=0.8,1.2,64.2,64.6,0.0,12.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk  
&OBST XB=0.8,1.2,58.0,58.4,0.0,12.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk  
&OBST XB=0.8,1.2,51.6,52.0,0.0,12.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk  
&OBST XB=0.8,1.2,45.2,45.6,0.0,12.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk  
&OBST XB=0.8,1.2,38.8,39.2,0.0,12.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk  
&OBST XB=0.8,1.2,32.4,32.8,0.0,12.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk  
&OBST XB=0.8,1.2,26.0,26.4,0.0,12.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk  
&OBST XB=0.8,1.2,19.4,19.8,0.0,12.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk  
&OBST XB=0.8,1.2,13.0,13.4,0.0,12.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk  
&OBST XB=0.8,1.2,6.8,7.0,0.0,12.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk

&OBST XB=0.2,0.8,70.8,71.2,0.0,2.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk nedre del  
&OBST XB=0.2,0.8,64.2,64.6,0.0,2.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk nedre del  
&OBST XB=0.2,0.8,58.0,58.4,0.0,2.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk nedre del  
&OBST XB=0.2,0.8,51.6,52.0,0.0,2.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk nedre del  
&OBST XB=0.2,0.8,45.2,45.6,0.0,2.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk nedre del  
&OBST XB=0.2,0.8,38.8,39.2,0.0,2.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk nedre del  
&OBST XB=0.2,0.8,32.4,32.8,0.0,2.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk nedre del  
&OBST XB=0.2,0.8,26.0,26.4,0.0,2.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk nedre del  
&OBST XB=0.2,0.8,19.4,19.8,0.0,2.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk nedre del  
&OBST XB=0.2,0.8,13.0,13.4,0.0,2.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk nedre del  
&OBST XB=0.2,0.8,6.8,7.0,0.0,2.4, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Balk nedre del  
&OBST XB=0.2,1.2,6.6,6.8,0.0,2.6, COLOR='GRAY 80', SURF\_ID='INERT'/ Pelare v  
&OBST XB=-4.4,-0.6,70.2,77.2,0.0,0.4, SURF\_ID='Betongyta'/ Ismaskingolv  
&OBST XB=-4.4,0.0,70.0,70.2,0.0,3.0, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Ismaskinvägg s  
&OBST XB=-4.2,0.0,70.0,70.2,3.0,3.2, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Ismaskinvägg s [Segment]  
&OBST XB=-3.8,0.0,70.0,70.2,3.2,3.4, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Ismaskinvägg s [Segment]  
&OBST XB=-3.4,0.0,70.0,70.2,3.4,3.6, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Ismaskinvägg s [Segment]  
&OBST XB=-3.0,0.0,70.0,70.2,3.6,3.8, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Ismaskinvägg s [Segment]  
&OBST XB=-4.6,-4.4,70.0,77.4,0.0,3.0, SURF\_ID='Sandwichelement'/ Ismaskinvägg v  
&OBST XB=-4.4,2.5192E-14,77.2,77.4,0.0,3.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/  
Ismaskinvägg n  
&OBST XB=-4.2,0.0,77.2,77.4,3.0,3.2, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/  
Ismaskinvägg n [Segment]  
&OBST XB=-3.8,0.0,77.2,77.4,3.2,3.4, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/  
Ismaskinvägg n [Segment]  
&OBST XB=-3.4,0.0,77.2,77.4,3.4,3.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/  
Ismaskinvägg n [Segment]  
&OBST XB=-3.0,0.0,77.2,77.4,3.6,3.8, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Sandwichelement'/  
Ismaskinvägg n [Segment]  
&OBST XB=-4.6,-4.2,70.0,77.4,3.0,3.2, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Takyta'/ Ismaskintak  
&OBST XB=-4.2,-3.8,70.0,77.4,3.2,3.4, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Takyta'/ Ismaskintak  
&OBST XB=-3.8,-3.4,70.0,77.4,3.4,3.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Takyta'/ Ismaskintak  
&OBST XB=-3.4,-3.0,70.0,77.4,3.6,3.8, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Takyta'/ Ismaskintak  
&OBST XB=-3.0,0.0,70.0,77.4,3.8,4.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Takyta'/ Ismaskintak  
&OBST XB=0.2,3.0,64.6,64.8,0.0,1.2, COLOR='GRAY 60', SURF\_ID='INERT'/ Räcke s  
&OBST XB=3.0,3.2,64.8,65.0,0.0,1.2, COLOR='GRAY 60', SURF\_ID='INERT'/ Räcke [Segment] s  
&OBST XB=3.2,3.4,65.0,65.2,0.0,1.2, COLOR='GRAY 60', SURF\_ID='INERT'/ Räcke [Segment] s  
&OBST XB=3.4,3.6,65.2,65.4,0.0,1.2, COLOR='GRAY 60', SURF\_ID='INERT'/ Räcke [Segment] s  
&OBST XB=3.6,3.8,65.4,65.6,0.0,1.2, COLOR='GRAY 60', SURF\_ID='INERT'/ Räcke [Segment] s  
&OBST XB=3.8,4.0,65.6,65.8,0.0,1.2, COLOR='GRAY 60', SURF\_ID='INERT'/ Räcke [Segment] s  
&OBST XB=4.0,4.2,65.8,66.0,0.0,1.2, COLOR='GRAY 60', SURF\_ID='INERT'/ Räcke [Segment] s  
&OBST XB=7.8,8.0,69.6,69.8,0.0,1.2, COLOR='GRAY 60', SURF\_ID='INERT'/ Räcke [Segment] n  
&OBST XB=8.0,8.2,69.8,70.0,0.0,1.2, COLOR='GRAY 60', SURF\_ID='INERT'/ Räcke [Segment] n  
&OBST XB=8.2,8.4,70.0,70.2,0.0,1.2, COLOR='GRAY 60', SURF\_ID='INERT'/ Räcke [Segment] n  
&OBST XB=8.4,8.6,70.2,70.4,0.0,1.2, COLOR='GRAY 60', SURF\_ID='INERT'/ Räcke [Segment] n  
&OBST XB=8.6,8.8,70.4,70.6,0.0,1.2, COLOR='GRAY 60', SURF\_ID='INERT'/ Räcke [Segment] n  
&OBST XB=8.8,9.0,70.6,70.8,0.0,1.2, COLOR='GRAY 60', SURF\_ID='INERT'/ Räcke [Segment] n  
&OBST XB=9.0,9.2,70.8,71.0,0.0,1.2, COLOR='GRAY 60', SURF\_ID='INERT'/ Räcke [Segment] n  
&OBST XB=9.2,9.4,71.0,71.2,0.0,1.2, COLOR='GRAY 60', SURF\_ID='INERT'/ Räcke [Segment] n  
&OBST XB=9.4,9.6,71.2,71.4,0.0,1.2, COLOR='GRAY 60', SURF\_ID='INERT'/ Räcke [Segment] n  
&OBST XB=9.4,9.6,71.4,77.2,0.0,1.2, COLOR='GRAY 60', SURF\_ID='INERT'/ Räcke n  
&OBST XB=13.6,13.8,71.0,77.2,0.0,4.0, COLOR='GRAY 40', SURF\_ID='INERT'/ Förrådvägg v  
&OBST XB=13.8,35.8,71.0,71.2,0.0,4.0, COLOR='GRAY 40', SURF\_ID='INERT'/ Förrådvägg s  
&OBST XB=35.8,36.0,71.0,77.2,0.0,4.0, COLOR='GRAY 40', SURF\_ID='INERT'/ Förrådvägg o  
&OBST XB=13.2,28.8,67.8,68.0,0.0,3.6, COLOR='WHITE', SURF\_ID='INERT'/ Sargvägg n  
&OBST XB=35.8,36.0,15.2,60.8,-7.43849E-15,3.6, COLOR='WHITE', SURF\_ID='INERT'/ Sargvägg o  
&OBST XB=13.2,28.8,8.0,8.2,0.0,3.6, COLOR='WHITE', SURF\_ID='INERT'/ Sargvägg s  
&OBST XB=6.0,6.2,15.2,60.8,0.0,3.6, COLOR='WHITE', SURF\_ID='INERT'/ Sargvägg v  
&OBST XB=4.6,6.0,24.2,24.4,0.0,2.6, COLOR='WHITE', SURF\_ID='INERT'/ Avbytarbås  
&OBST XB=4.6,4.8,24.4,36.0,0.0,2.6, COLOR='WHITE', SURF\_ID='INERT'/ Avbytarbås  
&OBST XB=4.6,6.0,36.0,36.2,0.0,2.6, COLOR='WHITE', SURF\_ID='INERT'/ Avbytarbås

&OBST XB=4.6,6.0,39.8,40.0,0.0,2.6, COLOR='WHITE', SURF\_ID='INERT'/ Avbytarbås  
&OBST XB=4.6,4.8,40.0,51.8,0.0,2.6, COLOR='WHITE', SURF\_ID='INERT'/ Avbytarbås  
&OBST XB=4.6,6.0,51.8,52.0,0.0,2.6, COLOR='WHITE', SURF\_ID='INERT'/ Avbytarbås  
&OBST XB=36.0,37.4,44.4,44.6,0.0,2.6, COLOR='WHITE', SURF\_ID='INERT'/ Sekretariat n  
&OBST XB=37.2,37.4,31.2,44.4,0.0,2.6, COLOR='WHITE', SURF\_ID='INERT'/ Sekretariat o  
&OBST XB=36.0,37.4,31.0,31.2,0.0,2.6, COLOR='WHITE', SURF\_ID='INERT'/ Sekretariat s  
&OBST XB=37.2,38.8,45.8,59.8,0.0,0.2, RGB=149,100,50, SURF\_ID='INERT'/ Läktare n nedre  
&OBST XB=37.2,38.8,15.8,29.8,0.0,0.2, RGB=149,100,50, SURF\_ID='INERT'/ Läktare s nedre  
&OBST XB=21.2,21.4,0.2,6.8,2.8,11.0, SURF\_ID='Isoleringsyta'/ Övre vägg o  
&OBST XB=0.2,21.2,6.6,6.8,2.8,11.0, SURF\_ID='Isoleringsyta'/ Övre vägg n  
&OBST XB=0.2,20.8,6.6,6.8,11.0,11.2, SURF\_ID='Isoleringsyta'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=0.2,17.8,6.6,6.8,11.2,11.4, SURF\_ID='Isoleringsyta'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=0.2,14.8,6.6,6.8,11.4,11.6, SURF\_ID='Isoleringsyta'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=0.2,11.8,6.6,6.8,11.6,11.8, SURF\_ID='Isoleringsyta'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=0.2,8.8,6.6,6.8,11.8,12.0, SURF\_ID='Isoleringsyta'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=0.2,5.8,6.6,6.8,12.0,12.2, SURF\_ID='Isoleringsyta'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=0.2,2.8,6.6,6.8,12.2,12.4, SURF\_ID='Isoleringsyta'/ Snedtak n [Segment]  
&OBST XB=21.2,21.4,6.6,6.8,0.0,2.6, COLOR='GRAY 40', SURF\_ID='INERT'/ Pelare  
&OBST XB=15.6,15.8,6.6,6.8,0.0,2.6, COLOR='GRAY 40', SURF\_ID='INERT'/ Pelare  
&OBST XB=10.0,10.2,6.6,6.8,0.0,2.6, COLOR='GRAY 40', SURF\_ID='INERT'/ Pelare  
&OBST XB=5.0,5.2,6.6,6.8,0.0,2.6, COLOR='GRAY 40', SURF\_ID='INERT'/ Pelare  
&OBST XB=0.2,21.2,4.8,5.0,0.0,2.6, COLOR='GRAY 40', SURF\_ID='INERT'/ Nedre vägg n  
&OBST XB=21.2,21.4,0.2,2.5,0.0,2.6, COLOR='GRAY 40', SURF\_ID='INERT'/ Nedre vägg o  
&OBST XB=5.0,5.2,0.2,4.8,0.0,2.6, COLOR='GRAY 40', SURF\_ID='INERT'/ Innervägg  
&OBST XB=9.4,9.6,2.6,4.8,0.0,2.6, COLOR='GRAY 40', SURF\_ID='INERT'/ Innervägg  
&OBST XB=9.6,14.2,2.6,2.8,0.0,2.6, COLOR='GRAY 40', SURF\_ID='INERT'/ Innervägg  
&OBST XB=14.2,14.4,0.2,4.8,0.0,2.6, COLOR='GRAY 40', SURF\_ID='INERT'/ Innervägg  
&OBST XB=15.2,15.4,41.8,60.8,-4.44089E-16,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=26.6,26.8,41.8,60.8,-4.44089E-16,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=6.2,11.8,57.8,58.0,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=30.2,35.8,57.8,58.0,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=9.6,15.2,51.8,52.0,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=26.8,32.4,51.8,52.0,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=6.2,11.8,45.8,46.0,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=30.2,35.8,45.8,46.0,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=15.4,23.2,57.8,58.0,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=18.8,26.6,51.8,52.0,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=15.4,23.2,45.8,46.0,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=30.2,35.8,18.2,18.4,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=26.8,32.4,24.2,24.4,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=18.8,26.6,18.2,18.4,-4.44089E-16,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=30.2,35.8,30.2,30.4,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=26.6,26.8,15.2,34.4,-4.44089E-16,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=15.2,15.4,15.2,34.4,-4.44089E-16,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=6.2,11.8,30.2,30.4,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=18.8,26.6,30.2,30.4,-4.44089E-16,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=9.6,15.2,24.2,24.4,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=15.4,23.2,24.2,24.4,-4.44089E-16,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=6.2,11.8,18.2,18.4,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=18.8,23.2,39.0,39.2,-4.44089E-16,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=18.8,23.2,36.7674,37.0,-4.44089E-16,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=30.2,30.4,34.4,41.8,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=11.6,11.8,34.4,41.8,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=9.6,11.6,37.8,38.2,-4.44089E-16,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=11.8,13.8,37.8,38.2,-4.44089E-16,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=30.4,32.4,37.8,38.2,-4.44089E-16,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=28.2,30.2,37.8,38.2,-4.44089E-16,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=18.8,19.0,37.0,39.0,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=23.0,23.2,37.0,39.0,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=15.2,15.4,64.2,67.8,-4.44089E-16,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar  
&OBST XB=26.6,26.8,64.2,67.8,0.0,3.6, SURF\_ID='INERT'/ Mässväggar





```

&OBST XB=20.8,23.8,72.0,77.4,11.0,11.2, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Takyta'/ Tak [Segment]
&OBST XB=23.8,26.8,72.0,77.4,10.8,11.0, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Takyta'/ Tak [Segment]
&OBST XB=26.8,29.8,72.0,77.4,10.6,10.8, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Takyta'/ Tak [Segment]
&OBST XB=29.8,32.8,72.0,77.4,10.4,10.6, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Takyta'/ Tak [Segment]
&OBST XB=32.8,35.8,72.0,77.4,10.2,10.4, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Takyta'/ Tak [Segment]
&OBST XB=35.8,39.0,72.0,77.4,10.0,10.2, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Takyta'/ Tak [Segment]
&OBST XB=-0.6,2.16493E-15,70.2,77.2,0.0,0.2, SURF_ID='Betongyta'/ Ismaskingolv slab
&OBST XB=13.6,36.0,71.0,72.0,4.0,4.2, COLOR='GRAY 40', SURF_ID='INERT'/ Förrådtak
&OBST XB=13.6,36.0,72.0,77.2,4.0,4.2, COLOR='GRAY 40', SURF_ID='INERT'/ Förrådtak
&OBST XB=38.0,38.8,45.8,54.0,0.2,0.4, RGB=149,100,50, SURF_ID='INERT'/ Läktare n övre
&OBST XB=38.0,38.8,54.0,59.8,0.2,0.4, RGB=149,100,50, SURF_ID='INERT'/ Läktare n övre
&OBST XB=38.0,38.8,15.8,18.0,0.2,0.4, RGB=149,100,50, SURF_ID='INERT'/ Läktare s övre
&OBST XB=38.0,38.8,18.0,27.0,0.2,0.4, RGB=149,100,50, SURF_ID='INERT'/ Läktare s övre
&OBST XB=38.0,38.8,27.0,29.8,0.2,0.4, RGB=149,100,50, SURF_ID='INERT'/ Läktare s övre
&OBST XB=0.2,21.4,0.2,6.8,2.6,2.8, SURF_ID='Isoleringsyta'/ Golv 2 vån

&HOLE XB=1.40507,2.40717,77.15,77.45,0.0,2.0/ Dörr 1
&HOLE XB=4.4,8.4,77.15,77.45,0.0,4.0/ Port n
&HOLE XB=9.8,11.6,77.15,77.45,0.0,2.0/ Dörr 2
&HOLE XB=11.8,13.6,77.15,77.45,0.0,2.0/ Dörr 3
&HOLE XB=36.6,38.4,77.15,77.45,0.0,2.0/ Dörr 4
&HOLE XB=28.2,29.4,-0.05,0.25,0.2,2.2/ Dörr 5
&HOLE XB=10.6,11.6,4.75,5.05,0.0,2.0/ Dörr kansli
&HOLE XB=14.15,14.45,3.8,4.8,0.0,2.0/ Kanslidörr
&HOLE XB=2.8,4.6,4.75,5.05,0.0,2.0/ Dörr 6
&HOLE XB=0.8,2.6,4.75,5.05,0.0,2.0/ Dörr 7
&HOLE XB=0.2,5.0,-0.05,0.25,0.0,2.6/ Öppning s
&HOLE XB=-0.05,0.25,20.0,21.8,0.0,2.0/ Dörr 8
&HOLE XB=-0.05,0.25,22.0,23.8,0.0,2.0/ Dörr 9
&HOLE XB=-0.05,0.25,52.4,54.2,0.0,2.0/ Dörr 10
&HOLE XB=-0.05,0.25,54.4,56.2,0.0,2.0/ Dörr 11

&VENT SURF_ID='OPEN', XB=0.0,0.0,77.4,81.0,-0.2,12.6, COLOR='INVISIBLE'/ Vent
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=0.0,40.0,77.4,81.0,12.6,12.6, COLOR='INVISIBLE'/ Vent01
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=40.0,40.0,77.4,81.0,-0.2,12.6, COLOR='INVISIBLE'/ Vent02
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=0.0,40.0,81.0,81.0,-0.2,12.6, COLOR='INVISIBLE'/ Vent03
&VENT SURF_ID='Burner', XB=6.4,8.8,10.6,13.0,0.0,0.0, XYZ=7.6,11.8,0.0, SPREAD_RATE=0.0052/
Burner

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=2.6/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=2.0/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=2.0/
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', PBZ=2.0/
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', PBZ=2.0/
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', PBZ=2.0/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=7.0/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=30.0/

&TAIL /

```