



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

Rapport 9219

Brandteknisk Riskvärdering av Nöjesbåten Bonn, Karlshamn



Författare:
Anna Elofsson
Anders Finn
Anders Jonsson
Cecilia Persson

Handledare:
Håkan Frantzich
Monica Svensson

Lund 2003

Avdelningen för brandteknik

Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 Lund
Telefon: 046-222 73 00

Department of Fire Safety Engineering

Lund University
Box 118
S-221 00 Lund, Sweden
Telephone: +46 46-222 73 00

Rapport / Report

9219

Titel

Brandteknisk Riskvärdering av Nöjesbåten Bonn, Karlshamn

Title

Fire Safety Evaluation of Nöjesbåten Bonn, Karlshamn

Av / By

Anna Elofsson
Anders Finn
Anders Jonsson
Cecilia Persson

© Brandteknik, Lunds tekniska Högskola, 2003

Abstract

This report of the fire safety of Nöjesbåten Bonn in Karlshamn has been made as a part of the fire engineering education at Lund's University. Nöjesbåten Bonn is a 70 metre long ferry, today without its engines and permanently moored down in Karlshamn harbour, used as a disco with a main floor and two additional pubs. The main objective is life safety, wherefore property protection and safety for the fire brigade isn't included in the analysis. The report describes the worst credible fire scenarios and compares ASET (available safe egress time), calculated with the software Fire Dynamics Simulator (FDS) with RSET (required safe egress time), calculated with the software SIMULEX. Nöjesbåten, as it is today, needs some changes to reach the required fire safety. These suggested changes are described in the report.

Keywords

Fire, evacuation, life safety, ASET, RSET, FDS, SIMULEX

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.

Förord

Vi vill tacka följande personer för hjälp med information, inspiration och feedback under arbetets gång.

Monica Svensson, Brandingenjör Räddningstjänsten Västra Blekinge för inspiration, erfarenhet och stort engagemang som handledare.

Räddningstjänsten Västra Blekinge, för lunch och boende.

Personalen på Nöjesbåten för verksamhets- och lokalinformation samt ett vänligt och hjälpsamt bemötande.

Håkan Frantzich, Universitetslektor Brandteknik LTH för vägledning, feedback och utlåning av kamerautrustning.

Sven-Ingvar Granemark, Forskningsingenjör Brandteknik LTH för utlåning av mätutrustning, hjälp med fotoframkallning och för inställningen "ingenting är omöjligt".

Daniel Gojkovic, Universitetsadjunkt Brandteknik LTH för granskning av indatafiler till datorsimuleringarna i FDS.

Avdelningen för Brandteknik för utlåning av Brand1:an och därmed säker transport vid objektsbesöken.

Sammanfattning

Denna rapport utvärderar möjligheten till en säker utrymning vid ett brandtillbud på Nöjesbåten Bonn i Karlshamn. Nöjesbåten är ett uteställe i Karlshamn, med diskotek och pubverksamhet, som bedrivs ombord på den gamla flodprämen Bonn.

Förutsättningarna för ett bra brandskydd finns på Nöjesbåten. Det finns två oberoende utrymningsvägar från alla utrymmen och personalen på båten har jobbat där under längre tid och är vana vid sin arbetsplats snarare än en situation där nya människor jobbar var och varannan helg. Men för att uppfylla säkerhetskravet att alla hinner ut på ett säkert sätt vid en brand finns det en del åtgärder som måste göras. De flesta av dessa åtgärder är enkla och relativt billiga samtidigt som de avsevärt förbättrar säkerheten.

Den första stora åtgärden som måste göras är återställandet av brandceller så att källaren, entréplanet och hissen tillhör en brandcell och det övre planet en andra brandcell. Idag finns en öppning från entréplanet upp till akterpuben och ingen avskiljning av hissen på det övre planet. Dessutom stänger inte branddörren från trappan till det övre planet vid larm. Allt detta är påpekat av räddningstjänsten och skall åtgärdas.

Den andra stora åtgärden gäller personantalet. Analysen i denna rapport visar att i dagsläget hinner långt ifrån alla utrymma innan kritiska förhållanden kan uppstå. Analysen har visat på tre alternativ för att åtgärda problemet.

- Alternativ 1 är att minska personantalet i diskoteket på entréplanet till max 200 personer.
- Alternativ 2 är att minska personantalet i diskoteket på entréplanet till max 300 personer samt avlägsna soffan i diskoteket, alternativt byta ut soffan mot en i obrännbart material.
- Alternativ 3 är att avlägsna/byta ut soffan samt installera branddörrar mellan entrén och diskoteket som automatiskt stängs vid larm. Vid denna lösning kan dagens personantal om max 450 personer behållas.

Brandskyddet på Nöjesbåten är starkt beroende av att personalen direkt vet vad de ska göra vid brand. Branddörrarna stänger vid larm, men i många utrymmen krävs det att larmet aktiveras manuellt med larmknapp för att detta ska ske. Eftersom alternativ 3 helt bygger på att minimera rökspridningen till diskoteket *måste* aktivering av larm ske. Utbildning av *all* personal med avseende på brandskyddet är därför absolut nödvändig. Det är också att rekommendera att brandövningar görs med jämna mellanrum samt att personalen utbildas på befintlig släckutrustning.

Andra åtgärder som rekommenderas är att den främre landgången åtgärdas. Idag lutar den så mycket att färre personer kan passera den samtidigt än vad som antas i denna rapportens analys. Vidare bör trappan från akterpuben bytas ut mot en mindre brant trappa och hörbarhet av larmet undersökas, då det vid test utan gäster och musik upplevdes som knappt hörbar. Invändiga trappor bör förses med nödbelysning för att underlätta utrymning.

Innehållsförteckning

1	<u>INLEDNING</u>	<u>11</u>
2	<u>OBJEKTSBESKRIVNING</u>	<u>12</u>
2.1	Allmänt.....	12
2.2	Källarplan.....	12
2.3	Entréplan.....	13
2.4	Övre plan.....	13
2.5	Soldäck.....	14
2.6	Ventilationssystem.....	15
3	<u>BEFINTLIGT BRANDSKYDD</u>	<u>16</u>
3.1	Brandcellsgränser.....	16
3.2	Brandlarm/Utrymningslarm	16
3.3	Släckutrustning.....	17
3.4	Ventilationssystem vid brand	17
3.5	Nödutgångar/Utrymningsvägar.....	18
4	<u>BRANDSCENARIER.....</u>	<u>19</u>
4.1	Förutsättningar för val av scenarier	19
4.2	Val av scenarier	19
4.3	Scenario 1. Brand i akterpuben	20
4.4	Scenario 2. Brand i garderoben	21
4.5	Scenario 3. Brand i diskoteket på entréplanet.....	22
5	<u>ANALYS.....</u>	<u>23</u>
5.1	Metod.....	23
5.2	Kritiska förhållanden.....	23
5.3	Simulering av brandförlopp - FDS	23
5.4	Simulering av utrymningsförlopp.....	25
5.4.1	Allmänt.....	25
5.4.2	Tidsaspekter vid utrymning	26
5.4.3	SIMULEX	27
5.4.4	Förutsättningar.....	27
5.5	Handberäkningar	29
5.5.1	Maxeffekt vid ventilationskontrollerad brand	29
5.5.2	Strålning från brand mot utrymmande personer	29
5.5.3	Kontroll av FDS.....	29
6	<u>RESULTAT.....</u>	<u>30</u>
6.1	Simulering av brandförlopp - FDS	30
6.2	Utrymningsanalys och jämförelse med brandförlopp.....	31
6.2.1	Akterpub.....	31
6.2.2	Garderob	31
6.2.3	Diskotek	32
7	<u>ÅTGÄRDSFÖRSLAG</u>	<u>34</u>
7.1	Brand- och brandgasspridning	34
7.2	Utrymning.....	34
8	<u>REFERENSER.....</u>	<u>37</u>
	<u>BILAGA A. PERSONALINTERVJUER.....</u>	<u>39</u>
	Bakgrund	39
	Sammanställning.....	39

Resultat	40
<u>BILAGA B. INDATA-FILER TILL FDS</u>	<u>41</u>
Akterpub.....	41
Garderob	42
Diskotek	44
Akterpub 2 (större gridstorlek)	47
<u>BILAGA C, FDS RESULTAT</u>	<u>49</u>
Brand i akterpub	49
Brand i garderob.....	50
Brand i diskotek.....	52
<u>BILAGA D, HANDBERÄKNINGAR.....</u>	<u>55</u>
Maxeffekt vid ventilationskontrollerad brand	55
Strålning från brand mot utrymmande personer	55
Kontroll av FDS	57

1 Inledning

Mål

Detta arbete ingår i kursen Brandteknisk riskvärdering 10 p för brandingenjörsprogrammet årskurs 3. Målet är att finna en brandskyddslösning för Nöjesbåten Bonn som säkerställer en säker utrymning vid ett eventuellt brandtillbud.

Syfte

Syftet är att bekanta sig med gällande lagstiftning för utrymning samt att utvärdera ett existerande objekt med de utmaningar som verkligheten ibland innebär.

Tillvägagångssätt

Arbetet har bestått av att bestämma brandscenarier för objektet, jämföra tiden till kritiska förhållanden med tiden för utrymning samt föreslå åtgärder för att uppnå ett fullgott brandskydd. För att få en helhetsuppfattning om objektet och verksamheten har det besökts två gånger. Första besöket inriktades på att kontrollera ritningarna och lära känna lokaliteterna utan någon pågående verksamhet. Därefter detaljstuderades ritningarna och verifierades med verkligheten. Vid andra besöket var avsikten att få en känsla av själva verksamheten: Hur upplevs persontätheten i lokalerna? Hur fungerar de uppgjorda personalrutinerna? Vilken kunskap och medvetenhet finns hos personalen? För att få en uppfattning av kunskapsnivån hos personalen intervjuades samtlig personal. I arbetet med att ta fram brandscenarier, tid till kritiska förhållande och tid för utrymning har handberäkningar samt användande av simuleringsprogrammen FDS och SIMULEX ingått.

Begränsningar

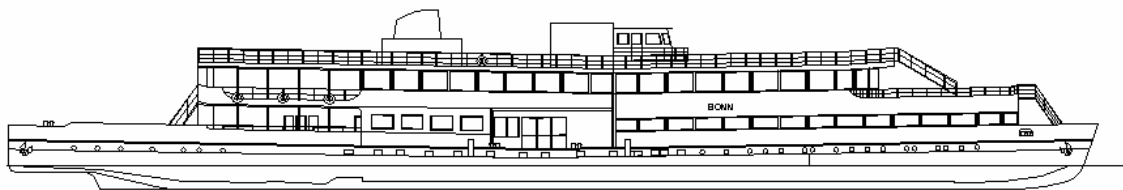
Arbetet begränsas till utrymningen. Skydd av egendom samt säkerheten för räddningstjänsten vid insats mot brand i objektet beaktas inte.

2 Objektsbeskrivning

2.1 Allmänt

Nöjesbåten är ett uteställe i Karlshamn med diskotek och pubverksamhet. Detta bedrivs ombord på den gamla flodprämen Bonn. Bonn utgörs av ett stålskrov, som ej längre går för egen maskin utan numera ligger permanent förtöjd vid kajen i Karlshamns centrum. Med sina 70 meter och 4 plan inrymmer hon idag 3 barer och 2 dansgolv och går under namnet Nöjesbåten. På Nöjesbåten finns även ett restaurangkök. Detta används dock enbart ett fåtal gånger per år i samband med större tillställningar, vanligtvis sommartid.

Nöjesbåten är i dagsläget den populäraste nattklubben i Karlshamn och dess fyra plan består av: En *källare* som endast är till för personalen, *entréplan* som inrymmer garderob och dansgolv med bar. På *övre plan* finns en pub och ett dansgolv i fören samt en pub i aktern och på taket finns ett *soldäck* som kan betjänas utifrån en liten bar.

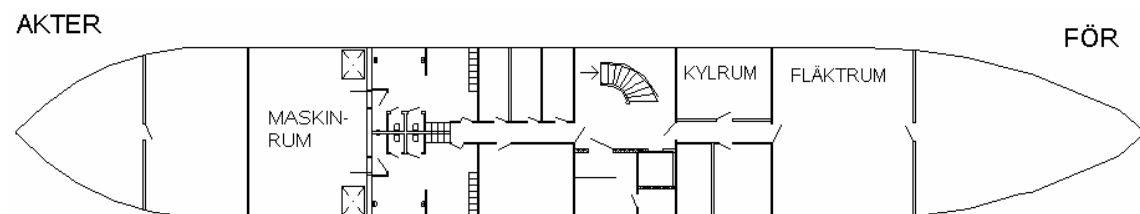


Figur 1. Nöjesbåten Bonn

2.2 Källarplan

Vid trappan finns ett öppet utrymme som används till förvaring av läskbackar. Föröver finns kylrum, ett flertal mindre förrådsutrymnen, glasnedkast från baren på entréplan samt ett större fläktrum med ölpumpar, ventilationsanläggning och elcentral.

Akterut finns ett antal mindre förråd och två personalomklädningsrum med duschar, tvättmaskin och torktumlare. Innanför omklädningsrummen akteröver finns en del som inte nyttjas och till största delen innefattar det gamla maskinrummet.



Figur 2. Källarplan. Pil visar riktning uppåt i trappor.

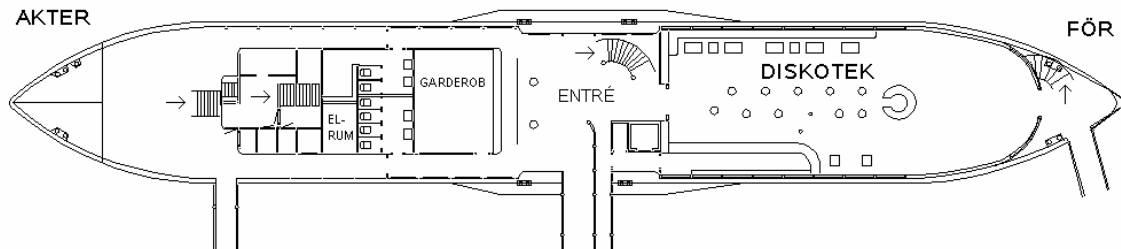


Bild 1. Förvaring av läskbackar i källaren.

2.3 Entréplan

På styrbordssidans mitt finns två dörrar, en enkeldörr och en dubbeldörr, varav enkeldörren används som ingång och dubbeldörren som utgång. Dessa dörrar leder in till entrén där det finns garderob med klädförvaring för ca 700 personer och en trappa som leder ned till källaren samt upp till övre plan. I entrén finns en passage för personalen som leder in till baren i diskoteket. Passagen är avstängd då verksamheten är igång och innefattar även hiss och ett mindre förråd. På var sida om garderoben akteröver finns två korridorer som slutar med varsin nödutgång. Bakom garderoben finns toaletter med ingång från korridorerna. Bakom damernas toalett ligger elcentralen där även brandlarmets huvudcentral sitter. Resterande delen akterut består av ett utrymme som inte används. På akterdäck finns ett soprum och en landgång med grind mot kajen.

Föröver ligger diskoteket med ingång genom en dubbeldörr från entrén. Detta är uppdelat i en bardel och ett dansgolv som tillsammans rymmer 450 personer. Längs ena sidan i bardelen finns en bardisk och längs den andra en lång soffa med tillhörande bord. På golvet mellan bar och soffa finns ett antal barbord utplacerade. Mellan bardel och dansgolv finns ett dj-bås och längst in på dansgolvet en scen med en nödutgång mot däck, där en landgång med grind mot kajen är belägen.



Figur 3. Entréplan. Pil visar riktning uppåt i trappor.



Bild 2. Garderoben i entrén.

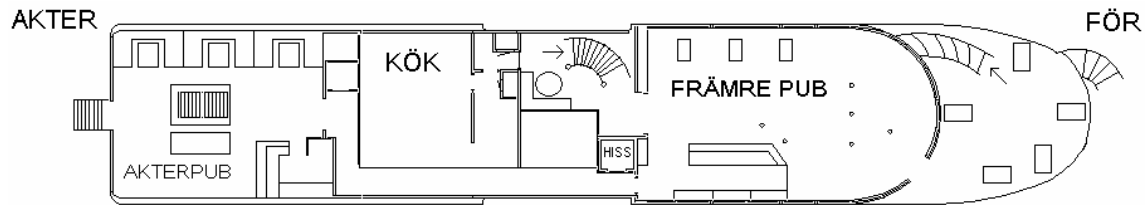


Bild 3. Diskoteket.

2.4 Övre plan

På detta något kortare våningsplan finns två pubar och ett storkök. De två pubarna ligger på var sin ände med köket och trapphuset mellan sig. Längst akterut ligger "akterpuben" där en liten bar med fyra soffbås betjänar gästerna. Här finns en mängd tv-apparater till gästernas förfogande. På pubens kortsida finns en nödutgång med utvändigt trapphus som leder ner på entréplanets akterdäck. Från akterpuben parallellt med köket går en smal korridor som leder in till den främre puben. Denna är större än akterpuben och innefattar ett litet dansgolv samt ett antal bord med tillhörande stolar. Längst förut i puben är en nödutgång belägen. Denna leder ut till en altan varifrån trappor leder upp till soldäck samt ner till entréplanet.

I korridoren mellan pubarna finns även hissen. Entréplan och övre plan förbinds via en spiraltrappa som på övre plan mynnar ut i ett trapprum. Trappan fortsätter även upp till personalingången för soldäckets bar och i andra riktningen ända ned till källaren.



Figur 4. Övre plan. Pil visar riktning uppåt i trappor.



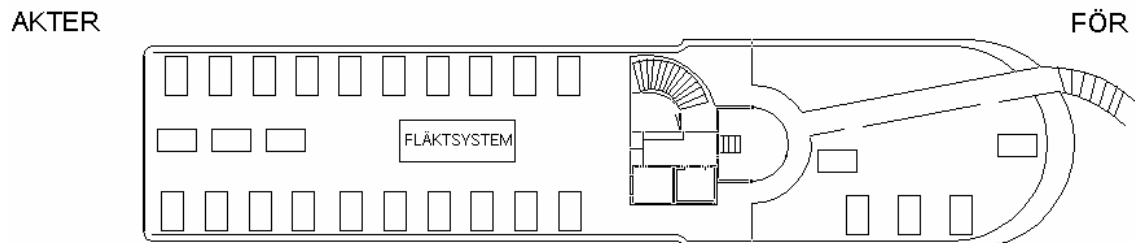
Bild 4. Akterpuben.



Bild 5. Främre puben.

2.5 Soldäck

Soldäcket fungerar som en uteservering med bord och bänkar fast monterade i däck. Baren är endast öppen sommartid och under den sk. "Östersjöfestivalen" serveras även lunch.



Figur 5. Soldäck.



Bild 6. Soldäcket.

2.6 Ventilationssystem

Ventilationen består av två separata system varav det ena serverar diskoteket på entréplanet och det andra hela övre planet.

Tilluften till diskoteket kommer fram under dj-båset mitt i lokalen och frånluften tas ut i takhöjd på var sida om nödutgången föröver i lokalen. Fläktar och central som driver ventilationssystemet sitter i källaren mitt under diskoteket. Luften tas in på båtens sidor vid kölen.

Fläktar och central till övre planets ventilationssystem sitter i "skorstenen" på soldäck där både till- och frånluft tas in respektive ut. Därifrån går systemet vidare ned i köket och ut till övriga delar av övre planet: akterpuben, korridoren och den i fören belägna puben.

3 Befintligt brandskydd

3.1 Brandcellsgränser

Det finns en avskiljning mellan entréplan och övre plan vid trappan där trapphuset avskiljs mot övre plan och soldäck.

På övre plan hålls dörren mellan kök och trapphus (EI30) stängd, dörrarna mellan främre puben och trapphuset (EI30-C) är magnetuppställda och mellan soldäck och trapphus är branddörr (EI30) igenspikad. Båten innefattar i dagsläget dock endast en brandcell eftersom både hissen och trappan i akterdelen går mellan planen utan att vara brandtekniskt avskiljda. Hissen har tidigare varit avskiljd på övre plan, men vikedörren i korridoren har byggts in då köket slutat användas. Köket används numera endast en vecka om året under den s k. "Östersjöfestivalen". Den invändiga trappan i akterpuben är inte avskiljd genom entréplan och övre plan eftersom den går hela vägen från källaren till övre plan (endast blockerad med en låst träskiva mellan entréplan och övre plan).



Bild 7. De magnetuppställda dörrarna mellan trapphus och främre pub på övre plan.

3.2 Brandlarm/Utrymningslarm

Nöjesbåten är installerad med ett automatiskt brandlarm som direkt går vidare till räddningstjänsten utan larmlagring. En del brandtekniska funktioner på båten är även kopplade via larmet och aktiveras vid larm. Detta innebär att larmklockorna (utrymningslarmet) startar, samtliga magnetlåsta nödutgångar låses upp, ventilationen stängs av och branddörrar mellan trapphus och främre pub på övre plan går igen.

Det finns en rökdetektor i mitten av källaren och kombinerade rök/värmedetektorer placerade ovanför baren i diskoteket och i korridoren på övre plan. För övrigt baseras larmet på larmknappar som personalen ska använda vid brandtillbud. Vid besök på objektet var kunskapen om larmet och larmknapparna begränsad hos personalen. Därmed riskeras att ingen larmning sker vilket innebär att utrymningslarmet inte aktiveras med konsekvenserna att:

- Ingen utrymning påbörjas.
- Nödutgångarna öppnas ej.
- Branddörren mellan trapphus och främre pub på övre plan stängs ej.
- Räddningstjänsten larmas ej.

Personalen har alltså stort ansvar för att brandskyddet på båten skall fungera.

Utrymningslarmet på Nöjesbåten består av ringsignal. Larmdon sitter i akterdelen av källaren, i garderoben på entréplan och i akterpuben på övre plan. Hörbarheten av larmet ifrågasätts när Nöjesbåten används och musiken är igång. Vid prov av larmet i en helt tom och tyst båt upplevs signalen som svag. Larmet hörs inte alls upp på soldäck och väldigt svagt i främre delen av övre plan och främre delen av källaren.

Larmknappar finns i baren på diskoteket och i garderoben samt i vardera pubar på övre plan varav den i främre puben är inlåst i ett skåp som kräver nyckel för att komma åt. All barpersonal har sådan nyckel som även går till kassorna. Det sitter även en larmknapp i köket.

Personal

Vid utrymning finns rutiner för hur personalen ska agera för att lotsa ut gästerna. Dessa innefattar:

- Personalen ska trycka på öppningsknapparna i köket för samtliga låsta utrymningsdörrar och grindar till landgångarna som en extra säkerhetsåtgärd.
OBS! Öppningsknapparna skall inte förväxlas med larmknapparna, utan består av en kontrollpanel med knappar för öppning av enskilda dörrar utan att aktivera larmet. Normalt används de för att personalen ska kunna ta ut sopor, ta in mer läsk mm.
- De som arbetar i diskoteket samt i akterpuben ska stänga av musiken, tända upp och se till att alla kommer ut.
- Vakterna ska hjälpa till att visa gästerna till nödutgångarna för att förhindra att alla söker sig till samma väg. Om strömmen skulle gå finns en megafon som kan användas vid utrymning. Det finns även ett larmsystem i alla barer som är kopplat till ett "trafikljus" hos vakterna som direkt ser var det behövs hjälp.

Efter intervjuer med samtlig personal (under en kväll) framkom dock att flertalet var dåligt informerade om brandskyddet, sin roll och direkta uppgifter vid en utrymning. Se bilaga A.

3.3 Släckutrustning

Alla plan är utrustade med ett antal handbrandsläckare som årligen kontrolleras av Karlshamns brandservice.

Källare

I källaren finns en pulversläckare nedanför trappan.

Entréplan

Det finns en pulversläckare i baren på diskoteket och en vattensläckare i garderoben.

Övre plan

Koldioxidsläckare finns i köket och i baren i främre puben. I akterpuben finns en pulversläckare.

Soldäck

Släckutrustning saknas.

3.4 Ventilationssystem vid brand

Eftersom ventilationen består av två separata system för entréplan och övre plan finns ingen risk för brandgasspridning mellan planen via ventilationssystemen. Vid brandlarm stängs dessutom ventilationssystemen automatiskt av.

3.5 Nödutgångar/Utrymningsvägar

Samtliga utrymningsvägar leder vidare till kaj via de tre landgångarna vid fören, aktern och entrén och är skyltade med genomlysta skyltar med batteribackup. Landgångarna i för och akter (1.4m breda) är försedda med grindar med magnetlås som automatiskt öppnas vid brandlarm. Utrymningsplaner saknas helt.

Entréplan

Utrymningsvägar är huvudentrén (2.45m bred), dörren vid scenen inne i diskoteket (1.65m bred) samt de två sidodörrarna mot akterdäcket (1m breda). De båda sidodörrarna och dörren från diskoteket är utrustade med magnetlås som öppnas automatiskt vid brandlarm. Takhöjden i entrén är 2.10m och i diskoteket 2.15m (bardelen) samt 2.35m (dansgolvet).

Övre plan

Utrymningsvägar är spiraltrappan till entrén (1.35m bred) samt dörrar från akterpub (1.20m bred) och främre pub (1.05m bred), som öppnas med nödöppningsreglage, vidare via trappan ner på akterdäck respektive främre däck. Takhöjden i akterpuben är 2.50m och i främre puben 2.05m.



Bild 8. Entréplanets akterdäck där trappan leder ned från akterpubens nödutgång. Till höger ses grind och landgång som leder till kajen.

Soldäck

Soldäcket utryms via yttre trappa ned till övre plan och därifrån vidare ned till entréplanets främre däck.

4 Brandscenarier

4.1 Förutsättningar för val av scenarier

Denna brandtekniska riskvärdering avser personsäkerhet och utrymningssäkerhet. Därför har tonvikt vid framtagning av brandscenarier lagts på initialskedet av branden samt den del av den fullt utvecklade branden som pågår under utrymningen. Hur branden antas avta beaktas bara i de fall där branden antas brinna ut innan utrymningen är avslutad.

De valda brandscenarierna har som målsättning att vara bränder som skapar stora problem för säkerheten vid utrymning. Möjligheten för personal eller gäster att släcka branden innan den vuxit till sin maxeffekt finns och kan till och med vara mer sannolik än att branden får växa okontrollerad. Detta ses dock som en säkerhetsmarginal i analysen och i analysen får branden växa okontrollerad.

Å andra sidan berörs inte medvetet, organiserat sabotage som flera bränder anlagda samtidigt av en organiserad grupp människor. Ett sådant förlopp skulle av naturliga orsaker ge värre förhållanden än de som uppkommer i denna analys.

Valet av brandscenarier gjordes med avseende på hur lokalerna ser ut idag. Detta innebär att en förändring i användning och/eller en betydande förändring av möblering, som medför att brandbelastningen i en del av objektet ändras, förändrar resultatet från denna riskvärdering. En ny riskvärdering bör då genomföras.

Denna analys avser normal verksamhet, det vill säga den berör ej Östersjöfestivalen, då köket på övre planet används och annan möblering och personalantal förekommer. Denna avgränsning av problemet gjordes eftersom Östersjöfestivalen pågår under en vecka per år och Nöjesbåtens aktiviteter under denna vecka starkt avviker från normal verksamhet. Slutsatser från denna analys av maximalt personantal med mera gäller därför inte för förhållandena under Östersjöfestivalen. En separat analys bör eventuellt göras för förhållandet under denna vecka.

4.2 Val av scenarier

Urvalet av brandscenarier är gjorda med tanke på utrymningssituationen i de olika utrymna. Tanken har varit att hitta de värsta fallen för varje del av båten där brandgasspridning och värmeutveckling får konsekvenser för tillgängliga utrymningsvägar på olika sätt.

Branden i akterpuben valdes med tanke på den stora mängden brännbart material med många soffor och väggbeklädnad av trä. Detta förväntas ge ett snabbt brandförlopp där nödutgången snabbt blir oanvändbar eftersom strålningen från branden blir så kraftig att den inte går att passera. I främre puben finns inte alls samma mängd brännbart material och eftersom utrymningssituationen blir likartad utreds inte det scenariot.

I entréplanet är garderoben och den långa soffan i diskoteket de platser där riktigt stora bränder kan utvecklas. Vid båda fallen finns det gott om brännbart material med risk för stor brandgasutveckling. Entréplanet är också det plan med störst personantal, vilket ger en svårare utrymningssituation som invägs i valet av scenarier.

Ett scenario i källarplan med en brand i exempelvis läskbackarna nedanför trappan skulle med ett snabbt brandförlopp, hög värmeutveckling och kraftig brandgasspridning ge allvarliga konsekvenser. Detta scenario valdes dock bort eftersom utrymningsituationen blir den samma som för garderobsbranden.

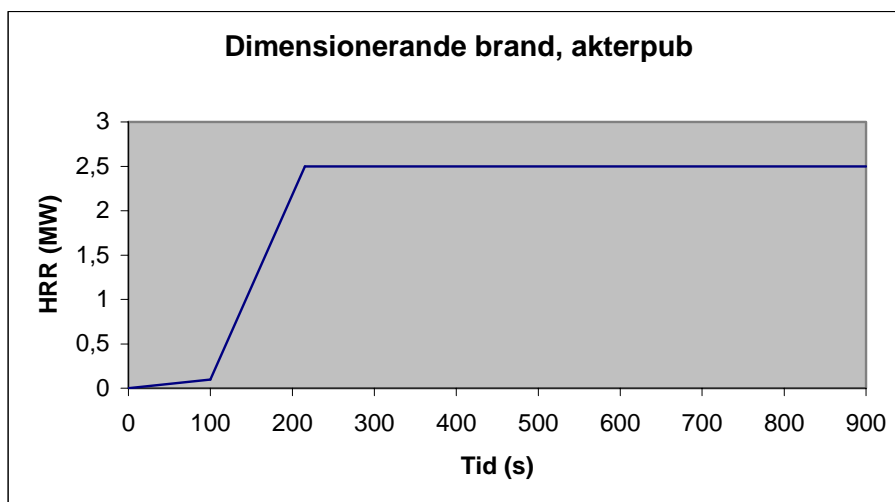
4.3 Scenario 1. Brand i akterpuben



I akterpuben finns många soffor som idag har flera brännmärken från cigaretter. Golv och väggar består av trä vilket skulle kunna ge en snabb brandtillväxt. Branden blir ventilationskontrollerad. Fönster antas inte gå sönder under den tid det tar att utrymma båten även om de längre fram i förloppet skulle kunna gå sönder och därigenom ventileras ut en del av brandgaserna.

Bild 8. Akterpuben.

- Antändningskälla: servett bakom soffa som antänds av element alternativt cigarett (vid objektsbesöket låg servetter på elementen).
- Brandtillväxt: totaltid från initialskedet till maxeffekt uppnåts motsvarar snabb αt^2 -kurva, men förloppet antas ske linjärt
- Maxeffekt: 2,5 MW baserat på ventilationskontrollerande förhållanden med hela fönster (se Avsnitt 5.5)



Figur 6. Effektutvecklingskurva för brand i akterpuben.

4.4 Scenario 2. Brand i garderoben



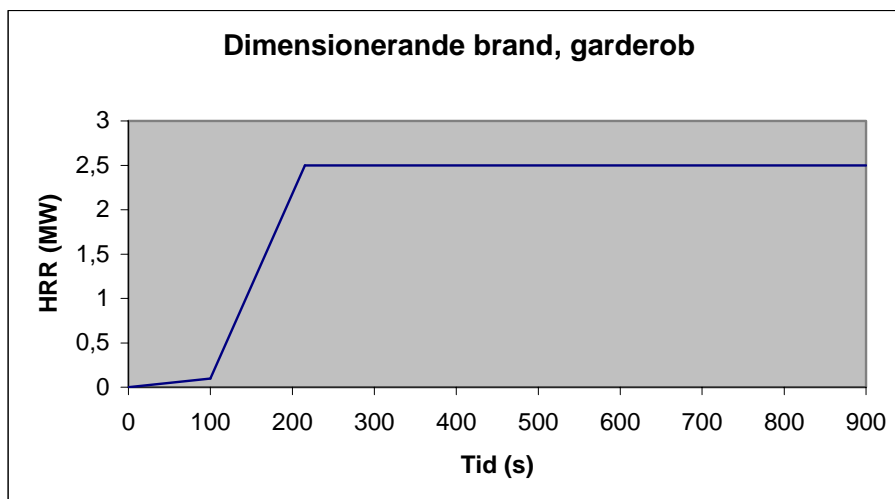
Bild 9. Garderoben.

I garderoben finns plats för ca 700 jackor. Själva garderoben och utrymmet utanför garderoben är av trä och hela konstruktionen och entrén kan bli involverad i branden. Under den tid det tar att utrymma kommer dock branden i huvudsak beröra garderoben.

Antändningskälla: cigarett i jackficka.

Brandtillväxt: totaltid från initialskedet till maxeffekt uppnåts motsvarar snabb αt^2 -kurva, men förloppet antas ske linjärt

Maxeffekt: 2,5 MW baserat på ventilationskontrollerade förhållanden (se Avsnitt 5.5)



Figur 7. Effektutvecklingskurva för brand i garderoben.

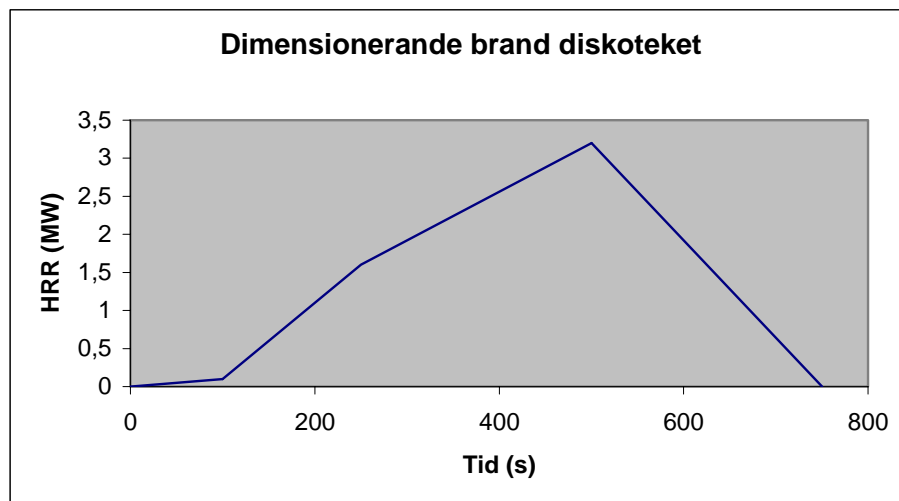
4.5 Scenario 3. Brand i diskoteket på entréplanet



Bild 10. Diskoteket.

Längs väggen i diskoteket löper en soffa, ca 12 meter lång. Väggar och tak består av obrännbart material så branden involverar endast soffan. Hela soffan kommer inte att brinna samtidigt eftersom den del där branden startat brinner av innan flammorna spridit sig till kanten av soffan. Därför ses soffan som tre soffor bredvid varandra, där branden sprids när den första delen nått sin maxeffekt. Det värsta scenariot är att branden startar i mitten av soffan.

- Antändningskälla: anlagd brand i soffan, tändare eller cigarett.
- Brandtillväxt: motsvarande tre soffor (Särdqvist, Initial fires) där branden sprids från en soffa till en annan när branden i den första soffan når sin maxeffekt.
- Maxeffekt: 3,2 MW baserat på maxeffekt från respektive soffa i enlighet med Initial Fire samt flamspridning som beskrivet ovan.



Figur 8. Effektutvecklingskurva för brand i diskoteket.

5 Analys

5.1 Metod

Analysen syftar till att värdera säkerhetsnivån och hitta lösningar för ett fullgott brandskydd. Skyddsnivån för ett fullgott brandskydd i analysen innebär att utrymningen skall vara avslutad då kritiska förhållanden inträder. Analysmetodiken som används går ut på att bestämma tid för kritiska förhållande (se Avsnitt 5.3) och tid för utrymning (se Avsnitt 5.4) i de olika scenarierna med simuleringsmodeller. Tiderna jämförs sedan med varandra för att ta reda på om utrymningen fungerar tillräckligt bra ($t_{krit} - t_{utr} = 0$) eller om det behövs brandskyddstekniska åtgärder.

5.2 Kritiska förhållanden

I det tidiga brandförloppet är personsäkerheten viktigast. Därför finns det vissa kritiska förhållanden som beskriver den brandmiljö då utrymningen ska vara avslutad.

Följande parametrar bestämmer tiden till kritiska förhållanden:

- Temperatur - maximalt 80°C under brandgaslagret.
- Strålning - kortvarig strålningsintensitet på 10kW/m² (någon sekund) eller maximal strålningsintensitet på 2,5kW/m².
- Sikt - siktbarhet på minst 5m i brandrummet och 10m i utrymningsvägarna.
- Toxicitet - CO<2000ppm, CO₂<5%, O₂>15%
- Brandgaslagrets höjd (förutsatt att brandgasen innehåller kritiska värden inom någon av de övriga parametrarna) - lägst 1,6+0,1H meter över golvnivån där H är rumshöjden. (*Brandskyddshandboken, 2002*)

Genom att jämföra utrymningssimuleringar i SIMULEX med brandsimuleringar i FDS är det möjligt att avgöra om utrymning kan ske innan kritiska förhållanden uppstått.

5.3 Simulering av brandförlopp - FDS

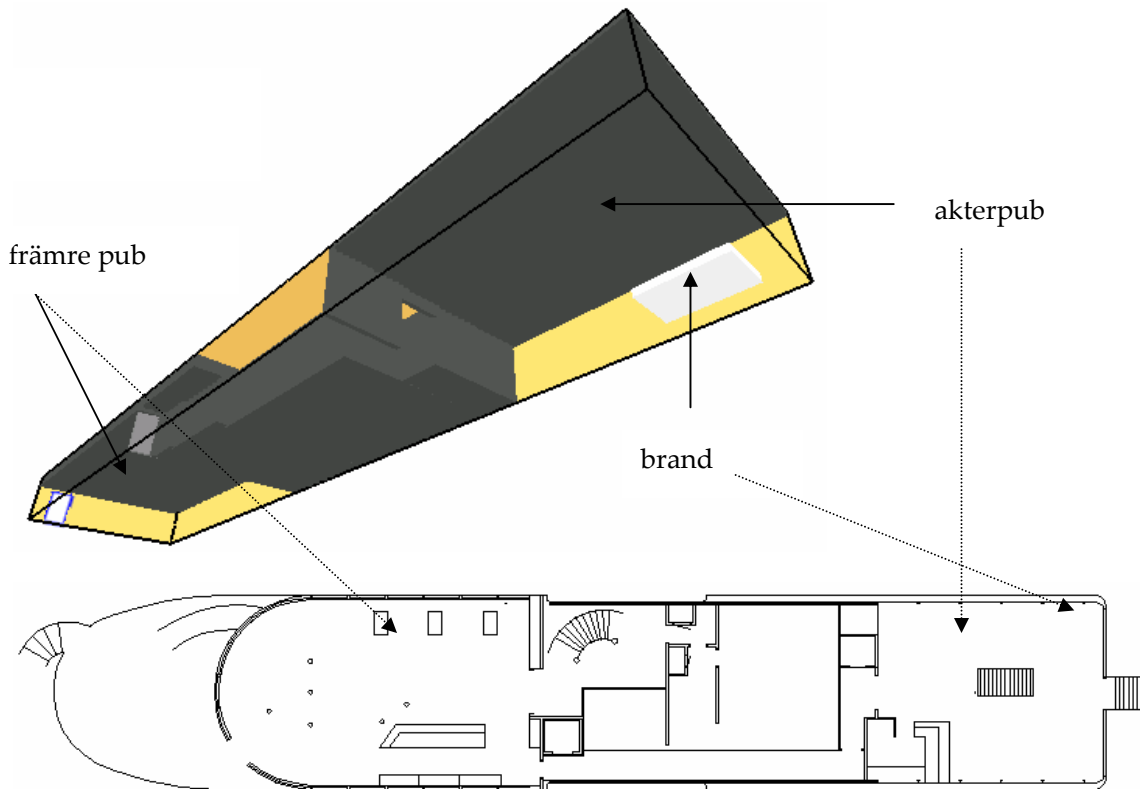
Simuleringen av brandförloppet gjordes med fältmodellen Fire Dynamics Simulator, FDS, version 3.1, utvecklad av National Institute of Standards and Technology, NIST. FDS är en fältmodell (CFD, Computational Fluid Dynamics) speciellt utvecklad för simulering av brand och flöden av brandgaser. Fältmodeller delar in den analyserade volymen i många små kuber (en grid) där ekvationer för massa och energi löses för varje kub och tidssteg. Fördelen med att använda en fältmodell snarare än en tvåzonsmodell är att det ger en mer detaljerad bild av spridningen av rök där temperaturgradienten och siktförhållandet i olika delar av brandgaslagret beaktas. Nackdelen är att simuleringarna tar lång tid, i vissa fall flera dagar.

Indata-filerna till simuleringarna finns i Bilaga B.

Vissa förenklingar av geometrin var tvungna att göras eftersom programmet bara klarar 90°-vinklar, volymen av varje rum är dock korrekt. Bränslet simuleras i alla fallen som polyuretan vilket bör producera sot och rök i samma storleksordning som de okända stoppningsmaterialen i sofforna och kläderna i garderoben. Gridstorleken är i normalfallet 0,2 x 0,2 x 0,1 meter. En extra simulering gjordes med gridstorleken 0,4 x 0,4 x 0,2 meter för att säkerställa en gridoberoende lösning, dvs. att resultaten av simuleringarna inte beror på gridstorleken (vilket sker vid för stor gridstorlek).

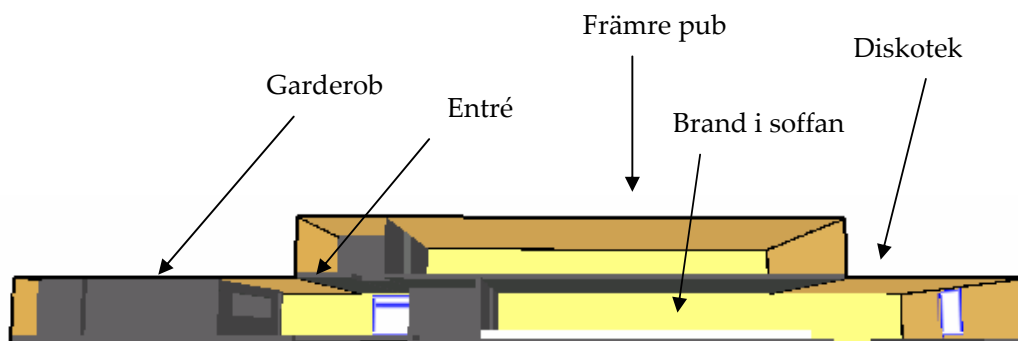
Vid brand i akterpuben modelleras endast övre planet. Eftersom hisschaktet ska vara i egen brandcell och detta sannolikt kommer att åstadkommas med en magnetuppställd dörr

mellan främre pub och korridor stänger en sådan dörr efter 5 minuter i simuleringen. Övre planets geometri ses nedan i figur 11. Den magnetuppställda dörren syns i ljusgrå färg och branden i vitt.

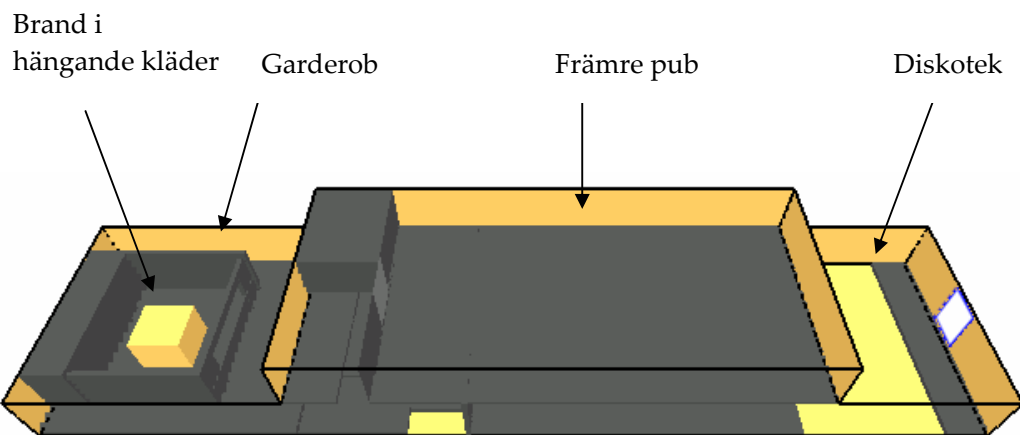


Figur 11. Övervåningens förenklade och verkliga geometri. Modellen ses från undersidan.

Vid brand på entréplan, dvs. diskoteks- och garderobsbrand, modelleras både entréplan och främre delen av övre plan. Eftersom den främre puben på övre plan är avskild med en magnetuppställd dörr som stänger vid larm modelleras en sådan dörr som stängs efter 5 minuter. Geometrin ses nedan i Figur 12 och 13.



Figur 12. Den förenklade geometrin vid diskoteksbrand.



Figur 13. Den förenklade geometrin vid garderobsbrand.

Resultaten från simuleringarna presenteras som "slice-files" (visar resultatet i ett visst plan genom modellen, t.ex. planet $y = 4,5$) Data till slice-files sparas för varannan sekund. De data som sparas är temperatur, sikt och kolmonoxidhalt.

Optimalt skulle känslighetsanalys utföras för FDS, där brandscenariernas tillväxt- och maxeffektberoende undersöks. På grund av tidsbrist, en enda FDS simulering kan ta flera dagar att köra, har denna analys ej gjorts. Dock ger inte detta alltför stora konsekvenser eftersom:

- Den låga takhöjden i objektet gör att kritiska förhållanden uppträder innan maxeffekten nås vilket medför att tiden för utrymning är oberoende av maxeffekten.
- Tillväxthastigheten som valts i respektive brandscenario är konservativ. En ännu snabbare tillväxthastighet vore inte rimlig. En långsammare brandtillväxt, vilket inte är osannolikt, ger en säkerhetsmarginal i analysen. Dock skulle detta antagligen ge en längre reaktionstid hos gästerna eftersom hotet inte skulle kännas lika påtagligt. Därtill är det så många personer i grundanalysen som inte hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår att en långsammare brandtillväxt i sig inte skulle påverka slutresultatet.

5.4 Simulering av utrymningsförlopp

5.4.1 Allmänt

Utrymning är förknippat med ökad nivå av stress och fara. Människors beteende vid dessa situationer är individuella och varierar kraftigt. En stor faktor som påverkar hur människor reagerar är tillgång på information och orsak till utrymning. Studier har genomförts för att kartlägga beteendet vid utrymning. Mönstret som beskrivs är att en individ som utsätts för en nödsituation agerar under tre moment.

- Förståelse och tolkning av situationen
- Förberedelse
- Genomförande

Vid stark oro för att inte kunna sätta sig i säkerhet kan panik bryta ut vilket innebär att individer kan skada varandra vid utrymning. Detta är ett fenomen som kan förebyggas genom att informera om den rådande situationen och på så sätt eliminera osäkerheter.

Andra viktiga faktorer som påverkar utrymningen är personers auktoritet. Svaga initiativ av personer som förväntas ge besked kan försvåra utrymningen. Detta innebär att personalen har ett stort ansvar.

Utrymningens struktur och effektivitet beror på faktorer såsom antal personer i byggnaden, rörelseförmågan hos de utrymmande, grupptillhörighet, lokalkännedom, vakenhet, brandgaspåverkan m.m. En stor faktor är utrymningslarmets utformning och konstruktion. Ett talat meddelande vid larm minskar exempelvis behovet av individens egen informationssökning. Båtens brandlarm gav enligt vår bedömning ett väldigt vagt förtroende vilket kommer leda till att gästerna inte känner sig nöjda med denna information som underlag för att se anledning till att lämna sin plats. Troligtvis kommer detta innebära att folk först inser att fara råder när tydliga tecken som brandrök, flammor och hetta uppenbarar sig.

5.4.2 Tidsaspekter vid utrymning

Den totala utrymningstiden från brand till att personer befinner sig i säkerhet kan delas in i en utrymningsmodell bestående av tre delar.

- Varselblivning (den tid det tar från brandens start till att personen uppfattat detta).
- Beslut och reaktion (den tid det tar från uppfattad information om brand till att förflyttning påbörjas).
- Förflyttning (tiden för förflyttning till säkerhet).

En kort varselblivningstid är beroende av hur larmet är konstruerat och individernas klarhet och kännedom om larmrutinerna. Om Nöjesbåten är i drift kommer troligtvis en snabb larmning ske vilket gör att en kort detektionstid erhålles.

Beslut- och reaktionstid är däremot svårare att bestämma. Särskilt svårt är detta i de delar av båten där personer inte förväntas märka tidiga tecken på brand som tex. brandgaser. Dessa personer har tilldelats reaktionstider enligt referenslitteraturen *Tid för utrymning*, H. Frantzich, där uppgifter om nattklubbsutrymning finns att tillgå. Beslut- och reaktionstid för denna typ av verksamhet för personer som inte påverkas av branden är uppskattad till ca 4 min och 35 sek med en standardavvikelse på 2 min och 5 sek. Värdet som användes vid simuleringarna är summan av detektionstid och reaktionstid för de våningsplan som inte är brandhärjade. Denna tid förkortas dock om FDS-analysen påvisar att större mängd brandgaser når personerna i fråga.

På de våningsplan där branden härjar har en ingenjörsmässig bedömning gjorts av reaktionstiden utifrån FDS-analysen. I bedömningen har hänsyn tagits till individers direkta påverkan av brandgaser vilket förkortar reaktionstiden avsevärt. Enligt *Tid för utrymning*, H. Frantzich anses en person som ser rök eller flammor ha en reaktionstid på ca en minut. Nedan visas en tabell av reaktionstiden som är framtagen med hjälp av FDS-analys. Dessa tider har använts vid utrymningssimuleringarna i SIMULEX.

Tabell 1. Reaktions tid vid de olika scenarierna

Brandscenario	Summa detektionstid och beslutstid
Brand i akterpub	Akterpub: 40 sek ± 15 sek. Främre pub: 2,5 min ± 0,5 min.
Brand i garderob	I brandens närhet: 1 min ± 20 sek. Diskoteket: 1,5 min ± 0,5 min. Övre plan främre pub: 3 min ± 0,5min. Toalett: ca 3 min.
Brand i diskotek	I brandens närhet: 1 min ± 20 sek. Övriga gäster i diskoteket: 1,5 min ± 15 sek. Toalett: ca 3 min.

Personer som inte befinner sig på brandplanet: 4 min 35 sek ± 2 min 5 sek.

Förflyttningstiden, som är tiden från att fysisk transport påbörjas till att individen befinner sig i säkerhet, kommer att uppskattas med hjälp av utrymningsprogrammet SIMULEX.

5.4.3 SIMULEX

Utrymningssimuleringarna har genomförts med SIMULEX version 11.1.3.

Programmet är uppbyggt så att personer placeras ut i de miljöer som skall studeras och därefter får personerna leta sig ut. I programmet kan man bestämma personernas agerande vid utrymning utifrån de omständigheter man vill skall råda. De parametrar som är viktiga att ange är vart personen skall gå ut, hur snabbt personen reagerar samt gånghastighet. Personerna väljer alltid den kortaste vägen utifrån de förutsättningar som råder. Genom att ange en medelreaktionstid och hur stor differensen får vara så skapas en relativt bra simulering av människors agerande vid utrymning. I programmet anges en responstid tills personer skall börja reagera. Responstiden består av både detektionstid och reaktionstid.

Vid simuleringarna kan man avläsa tider för utrymning av delar av objektet och även se den totala utrymningstiden.

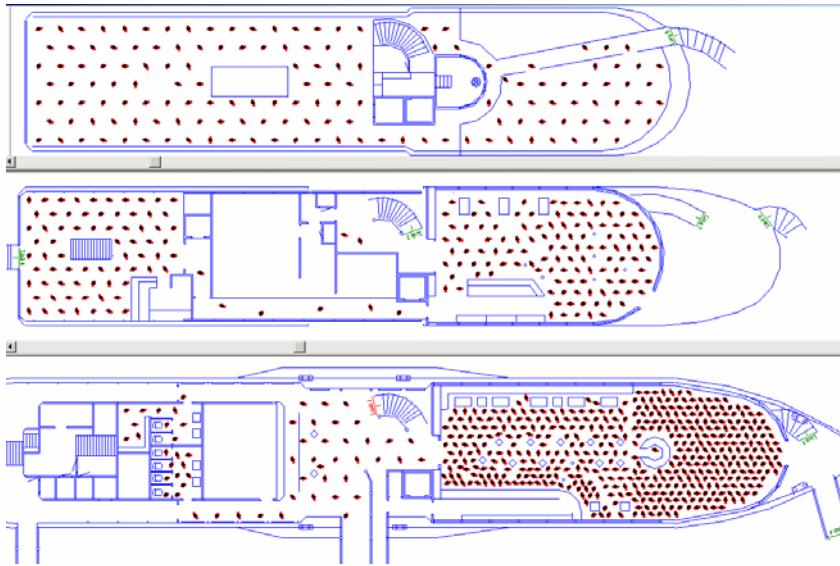
5.4.4 Förutsättningar

Eftersom personsäkerheten skall kontrolleras måste det värsta utrymningsfallet studeras. Detta innebär att de mest kritiska förutsättningarna skall råda för utrymning av båten vilket sker när maximalt antal gäster är ombord. I dagsläget tar Nöjesbåten in 700 gäster och enligt personalen på objektet tas ytterligare 150 personer ombord om soldäck är öppet. Maximalt antal angivna personer enligt ritningar är

- Entréplan: 500 personer,
- Övre plan akterpub: 70 personer
- Övre plan främre pub: 100 personer

Med denna information som riktlinje har 850 personer placerats ut på följande sätt

- Entréplan: 450 personer i diskoteket
- Övre plan: 80 personer i akterpuben och 120 personer i främre puben
- Soldäck: 150 personer
- Övriga utrymmen: 50 personer



Figur 14. Grunduppställning för 850 personer

En viktig faktor som påverkar utrymningssäkerheten är avståndet och tillgängligheten till nödutgångar. För Nöjesbåten som helhet är tillgången till nödutgångar och valmöjligheterna till alternativa utrymningsvägar goda vilket underlättar en utrymning avsevärt.

I de brandscenarier som studeras kommer branden att förändra de givna utrymningsförutsättningarna dels genom direkt strålning och dels genom brandgasernas påverkan. Detta medför att vistelse i brandens närhet blir otänkbar och i vissa fall försvåras eller eventuellt förhindras utrymning genom att de tänkta utrymningsvägarna blir obrukbara. För att kunna utvärdera utrymningssäkerheten måste det värsta tänkbara fallet studeras. Detta innebär att branden i de valda scenarierna kommer vara så placerad att utrymning försvåras genom att nödutgångar och utrymningsvägar görs obrukbara då kritiska förhållanden uppnåtts.

Akterpub

Det värsta tänkbara brandscenariot med hänsyn taget till utrymningssäkerheten är om tillgängligheten till nödutgången i puben försvåras tidigt i ett brandförlopp. Detta inträffar troligast om en brand utbryter i möblemanget nära nödutgången.

I simuleringen kommer största delen av pubens gäster hänvisas mot främre puben.

Garderob

Här kommer det sämsta tänkbara fallet för utrymningssäkerheten råda om strålningen och röken tidigt i utrymningskedet förhindrar passage i entrén. Vid ett sådant fall förändras utrymningsförutsättningarna framförallt för gästerna i diskoteket som då bara har en nödutgång att tillgå.

I simuleringarna kommer utrymning genom entrén bara kunna ske i ett tidigt skede av utrymningen.

Diskotek

Här blir det värsta utrymningsförhållandet vid brand nära öppningen mellan diskoteket och entrén. Detta kommer innebära att brandens strålning gör denna utrymningsväg omöjlig tidigt i utrymningsprocessen.

Simuleringarna liknar garderobsbranden. Dock kommer passage mellan diskoteket och garderoben omöjliggöras tidigare pga. det korta avståndet mellan diskotekets dörröppning och branden.

5.5 Handberäkningar

Handberäkningarna är gjorda för att ge indata till och kontrollera simuleringarna i FDS samt för att ge information om när strålningen från bränderna är så hög att utrymning genom vissa passager omöjliggörs. För beräkningsgång och resultat se bilaga D.

5.5.1 Maxeffekt vid ventilationskontrollerad brand

Vid brand i akterpuben och i garderoben antas branden bli ventilationskontrollerad. Detta för att det finns mycket brännbart material i ett begränsat utrymme med stor bränslevolym i förhållande till volymen luft. För att få fram effektutvecklingskurvorna som sedan används som indata i FDS-simuleringarna har maxeffekten vid givna ventilationsförhållanden beräknats.

5.5.2 Strålning från brand mot utrymmade personer

Vid brand i garderob och diskotek kan utrymmade personer passera branden till dess rökfylldad eller strålning omöjliggör detta. När det inte längre är möjligt att passera bränderna kan ingen utrymma genom huvuddörrarna i entrén. Detta innebär att personer i diskoteket och i främre puben på övre plan är hänvisade till den främre landgången. För att få en uppskattning om när det inte längre är möjligt att passera branden beräknas strålningen från branden mot förbipasserande. Kritiskt värde för maxstrålning är $2,5 \text{ kW/m}^2$ (*Brandkyddshandboken, 2002*).

5.5.3 Kontroll av FDS

För att kontrollera att FDS-simuleringarna ger rimliga resultat beräknas rökfylldad med en alternativ beräkningsmetod. På grund av den komplicerade geometrin har det varit svårt att beräkna rökfylldaden av båten med handberäkningar. Vid exempelvis garderobsbranden sprids en del rök upp på övre plan medan en del sprids in i diskoteket. Det samt de olika takhöjderna gör en handberäkning ytterst komplicerad. Därför har handberäkning gjorts enbart för brand i diskoteket och då antas all rök stanna i diskoteket. Detta är en grov förenkling av verkligheten men det bör ändå visa om FDS ger rimliga resultat.

6 Resultat

6.1 Simulering av brandförlopp - FDS

I bilaga C visas resultaten från FDS med avseende på sikt eftersom sikten är den faktor som tidigast ger kritiska förhållanden. Resultaten visas i gråskala, där vitt är klar sikt och svart är tät rök med näst intill ingen sikt.

Vid brand i akterpuben fylls själva puben med rök på en och en halv minut, kritiska förhållanden uppstår efter cirka en minut. Korridoren mellan pubarna på övre plan rökfylls efter två och en halv minut, kritiska förhållanden uppstår efter två minuter. I dagsläget finns ingen avskiljande dörr mellan de två pubarna. På grund av krav att hissen skall tillhöra den nedre brandcellen kommer sådana dörrar att krävas i framtiden. Dessa dörrar kommer även hindra rökspridning in i den främre puben. Utan dörrar rökfylls den främre puben efter fyra minuter, kritiska förhållanden uppstår efter tre.

Vid brand i garderoben uppnås kritiska förhållanden i entrén och trappan upp till övre plan efter två och en halv minut. Diskoteket på entréplan rökfylls efter fyra och en halv minut, kritiska förhållanden uppstår efter tre. På övre plan finns en dörr som ska stänga vid larm. Om larmet aktiveras och dörren stänger uppstår inga kritiska förhållanden på övre plan under utrymningstiden. Utan larm rökfylls den främre puben på övre plan efter fyra och en halv minut, kritiska förhållanden uppstår efter tre och en halv.

Vid brand i diskoteket rökfylls diskoteket efter tre minuter. Om dörren på övre plan inte stänger börjar rök spridas till den främre puben efter fyra och en halv minut. Om larmet aktiveras och dörren stänger uppstår inga kritiska förhållanden på det övre planet under utrymningstiden.

Tabell 2. FDS-Resultat

Scenario	Plats	Tid till kritiska förhållande	Tid tills utrymmet är helt rökfyllt
Brand i akterpub	Akterpub	1 min	1 min 30 s
	Korridor	2 min	2 min 30 s
	Främre pub*	(3 min)	(4 min)
Brand i garderob	Entré	2 min 30 s	3 min
	Diskotek	3 min	4 min 30 s
	Främre pub, övre plan*	(3 min 30 s)	(4 min 30 s)
Brand i diskoteket	Entré	3 min	4 min 30 s
	Diskotek	2 min	3 min
	Främre pub, övre plan*	(> 5 min)	(>5 min)

* När branddörr åtgärdats skall i princip ingen rök spridas till detta utrymme. Tiden inom parantes är tiden om branddörr saknas.

6.2 Utrymningsanalys och jämförelse med brandförlopp

Vid simuleringarna användes båtens befintliga utformning samt grunduppställningen för 850 personer. Utrymningstiderna för simuleringarna av de olika scenarierna gav följande resultat

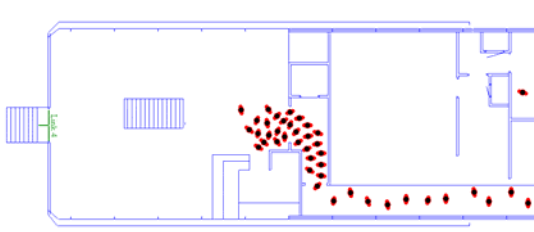
Tabell 3. Jämförelse mellan FDS och SIMULEX

Scenario	Tid till kritiska förhållanden	Tid till utrymning
Akterpub	1 min (akterpuben)	1 min 20 sek (akterpuben)
Garderob	3 min (diskoteket)	7 min 10 sek (diskoteket)
Diskotek	2 min (diskoteket)	4 min 40 sek (diskoteket)

Resultaten från simuleringarna visar att utrymning inte är möjlig innan kritiska förhållanden uppstått (detta gäller alla scenarier). För att kunna ta fram nödvändiga åtgärder och möjliggöra utrymning krävs en närmare analys av varje enskilt scenario.

6.2.1 Akterpub

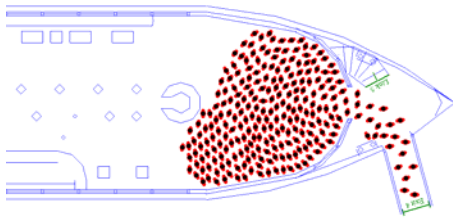
Vid brand i akterpuben uppstår kritiska förhållanden efter ca 1 minut. Vid denna tidpunkt har i stort sett alla personer utrymt puben (se Figur 15). Vid utrymningssimuleringen har de flesta personer hänvisats till den ordinarie utgången. Om nödutgången ned till akterdäcket används kan utrymningen ske innan kritiska förhållanden uppstått. Efter 2 minuter uppstår kritiska förhållanden i korridoren utanför puben. Vid denna tidpunkt befinner sig inga personer där. I övriga delar av båten uppstår inga kritiska förhållanden. Hela båten är utrymd efter ca 7 minuter och 40 sekunder. Detta medför att hela övre planet går att utrymma innan kritiska förhållanden uppstår och scenariot i akterpuben kan anses vara godtagbart ur utrymningssynpunkt.



Figur 15. Utrymning av akterpub efter en minut.

6.2.2 Garderob

Efter 2 minuter och 30 sekunder efter brandens start uppstår kritiska förhållanden i entrén och trappan upp till övre plan. Detta medför att denna utrymningsväg blir obrukbar och passage genom entrén och trappan omöjliggörs. Även strålningen från branden i garderoben gör att det är omöjligt att passera (se Avsnitt 5.5). Om dörren på övre plan stängs uppstår inga kritiska förhållanden på detta planet och utrymning kan ske via fören. I diskoteket på entréplanet uppstår kritiska förhållanden efter 3 minuter. Enligt simulering kräver denna utrymning 7 minuter och 10 sekunder (se Figur 16). Detta beror på att trappan i entrén rökfylls vilket medför att personerna på övre planet måste utrymma i fören. Följden blir att utrymningsvägen i fören inte räcker till för både diskoteket och övre planet, därav den långa tiden.



Figur 16. Utrymning av diskoteket efter 3 minuter. Vid denna tidpunkt befinner sig ca 220 personer kvar inne i diskoteket.

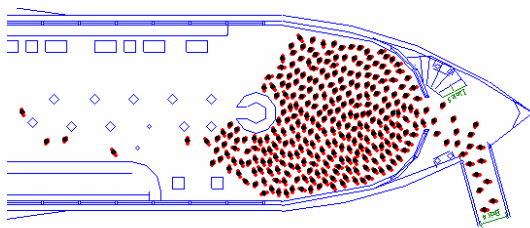
Känslighetsanalys av utrymning vid garderobsbrand

För att utrymning skall kunna ske innan kritiska förhållanden uppstått finns två alternativ till åtgärder. Ett alternativ är att begränsa personantalet i diskoteket till 300 personer. Detta medför att utrymning kan ske innan 3 minuter passerat. Det andra alternativet är att sätta in magnetuppställda dörrar som stänger vid larm mellan diskoteket och entrén. På så sätt förhindras rökspridning in i diskoteket och utrymning kan ske genom fören.

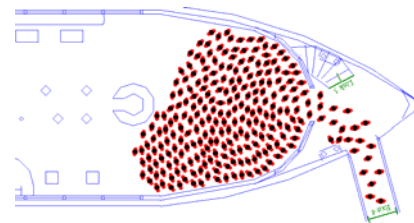
Det finns även en möjlighet att bredda nödutgångarna eller sätta in en nödutgång till och på så sätt underlätta utrymningen. Eftersom diskoteksbranden har kortare tid tills kritiska förhållanden börjar råda än garderobsbranden blir diskoteksbranden den dimensionerande branden för att kunna analysera acceptabla dörrbredder eller behov av en extra nödutgång.

6.2.3 Diskotek

Enligt simuleringarna är entréplanet tömt efter ca 4 minuter och 40 sekunder. Hela båten är utrymd efter ca 7 minuter och 20 sekunder. Vid en brand i sofforna råder kritiska förhållanden efter 2 minuter. Vid denna tidpunkt är strålningen från sofforna så kraftig att förbipassage enligt de uppsatta kriterierna för kritiska förhållanden omöjliggörs. Vid denna tidpunkt befinner sig ca 270 personer inne i diskoteket och enbart den i fören belägna nödutgången är brukbar. Efter tre minuter från brandens start är hela diskoteket rökfyllt. Vid denna tidpunkt befinner sig ca 150 personer kvar inne i diskoteket. Dessa förhållanden är oacceptabla.



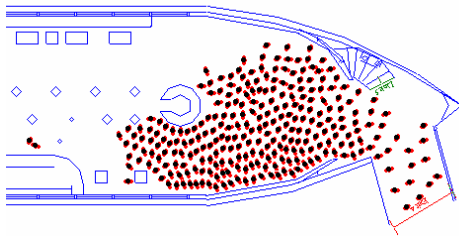
Figur 17. 2 min efter brandens start. Kritiska förhållanden har nu börjat råda (se avsnitt 6.1.) Vid denna tidpunkt befinner sig ca 270 personer kvar inne i diskoteket.



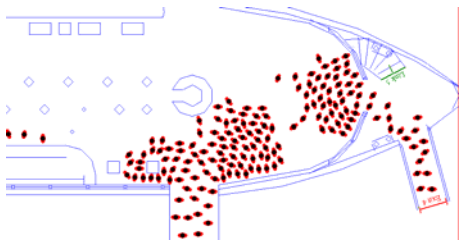
Figur 18. Efter 3 min, diskoteket är nu helt rökfyllt.

Känslighetsanalys av utrymningen i diskoteket

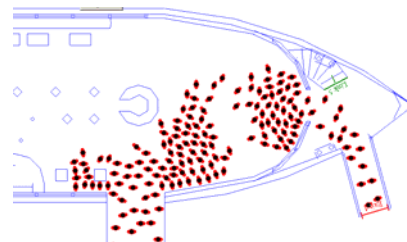
Scenariot i diskoteket ger kritiska förhållanden inom kortast tid. Därför har en känslighetsanalys genomförts av detta scenario för att undersöka om en breddning av nödutgången och landgången i fören eller en extra nödutgång i mitten av diskoteket skulle kunna leda till mer acceptabla utrymningstider. Resultatet kan ses i figur 19-23 nedan. Tidpunkten i alla figurer är 2 minuter, när kritiska förhållanden uppstår.



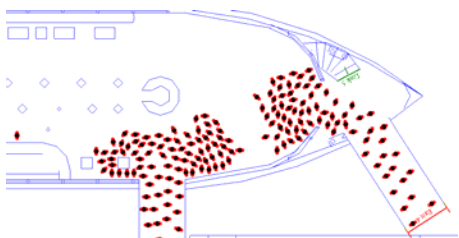
Figur 19. Breddad öppning till 4 meter samt breddad landgång till 3,5 meter.



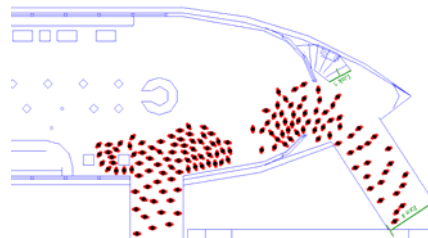
Figur 20. En 2,5 meter bred nödutgång vid mitten av diskoteket. Resten är i grundutförande



Figur 21. En 3 meter bred nödutgång. Resten är i grundutförande



Figur 22. En 2,5 meter bred nödutgång samt breddad öppning och landgång i fören till 2,5 meter.



Figur 23. En 3 meter bred nödutgång samt breddad öppning och landgång i fören till 3 meter.

Resultatet av analysen visar att varken en extra nödutgång eller bredare befintliga nödutgångar räcker för att alla personer skall hinna utrymma diskoteket innan kritiska förhållanden uppstår. Ytterligare en öppning skulle leda till en nästan halverad utrymningstid gentemot dagens utförande men denna åtgärd är ändå inte tillräcklig för att skapa en utrymning under acceptabla förhållanden.

Analysen visar även att bredden på nödutgångarna inte har så stor betydelse. Det är istället reaktionstiden på personerna som är den avgörande faktorn. Denna tid beror till stor del på när under kvällen ett brandtillbud sker. Sent på kvällen är personerna oftast mindre uppmärksamma på grund av exempelvis trötthet och berusning. Ovanstående känslighetsanalys kan antas vara gjord i ett tidigt skede av kvällen då personerna fortfarande är relativt uppmärksamma på händelser runtomkring dem. Även med detta antagande hinner inte alla personer utrymma innan kritiska förhållanden uppstår.

De alternativ som nu kvarstår är att antingen sänka personantalet i diskoteket till 200 personer eller eliminera brandrisken. En sänkning av personantalet till 200 personer medför att utrymning kan ske innan 2 minuter passerat och en eliminering av brandrisken innebär att de brännbara materialen i diskoteket skall tas bort eller bytas ut vilket betyder att soffan skall bytas ut mot ett obrännbart alternativ.

7 Åtgärdsförslag

7.1 Brand- och brandgasspridning

I rapporten har förutsatts att åtgärder för brandcellsindelning kommer att vidtagas i enlighet med gällande lagstiftning. Övre plan skall därmed avskiljas från entréplan och källare vilket även kommer innebära en förbättring mot brandspridningen mellan pubarna på övre plan.

Åtgärderna är:

- Magnetuppställda branddörrar mellan den främre puben på övre plan och trapphuset skall stängas automatiskt vid utlösning av brandlarmet. Detta fungerade inte vid test av larmet.
- Hissen skall avskiljas brandtekniskt från övre plan eftersom den löper mellan samtliga plan. Detta uppnås med två magnetuppställda dörrar på varsin sida om hissen på övre plan, som stängs automatiskt vid utlösning av brandlarmet.
- Den invändiga trappan i akterpuben löper mellan brandcellerna och skall antingen byggas igen eller försättas med branddörr för att upprätta brandcellsgränsen.

7.2 Utrymning

Analysen i denna rapport visar att i dagsläget hinner långt ifrån alla utrymma innan kritiska förhållanden kan uppstå. Analysen har visat på tre alternativ för att åtgärda problemet.

Alternativ 1

Personantalet anpassas efter lokalens befintliga förutsättningar och utrymningsmöjligheter enligt följande:

- Diskoteket: max 200 personer
- Akterpuben: max 80 personer
- Främre puben: max 120 personer
- Övriga utrymmen (entré, toaletter, trapphus mm): ca 50 personer
- Soldäck: max 150 personer

Det totala personantalet uppkommer till 600 personer, men man bör beakta att soldäcket troligtvis inte bemannas i någon större omfattning och därmed ifrågasätta om det personantalet skall inräknas.

Alternativ 2

Soffan i diskoteket tas bort och ersätts med alternativ i obrännbart material för att förhindra en brand i större omfattning.

- Diskoteket: max 300 personer
- Akterpuben: max 80 personer
- Främre puben: max 120 personer
- Övriga utrymmen (entré, toaletter, trapphus mm): ca 50 personer
- Soldäck: max 150 personer

Det totala personantalet uppkommer till 700 personer, men man bör beakta att soldäcket troligtvis inte bemannas i någon större omfattning och därmed ifrågasätta om det personantalet skall inräknas.

Alternativ 3

Dörrarna mellan diskoteket och entrén ersätts med brandklassade magnetuppställda dörrar som stängs vid larm för att hindra brandgasspridning från en eventuell garderobsbrand. Soffan i diskoteket tas bort och ersätts med flamsäkra alternativ eller sittplatser utan stoppning för att förhindra en större brand med förödande konsekvenser.

- Diskoteket: max 450 personer
- Akterpuben: max 80 personer
- Främre puben: max 120 personer
- Övriga utrymmen (entré, toaletter, trapphus mm): ca 50 personer
- Soldäck: max 150 personer

Det totala personantalet uppkommer till 850 personer, men man bör beakta att soldäcket troligtvis inte bemannas i någon större omfattning och därmed ifrågasätta om det personantalet skall inräknas.

Utrymningslarm/Brandlarm

Fler larmdon skall installeras på båten och ljudnivån på larmet ökas så att gäster och personal uppfattar larmet. Larmdon skall placeras:

- I främre puben på övre plan eftersom larmdonet i akterpuben inte hörs tillräckligt bort dit.
- På soldäck eftersom larmet inte alls hörs här.
- I främre delen av källaren, så att personal som befinner sig nere i källaren för att plocka fram dricka inte riskerar att ta hissen upp till de övre planen och där överraskas av brand.
- I diskoteket. Här kan man med fördel även komplettera med ljussignal hos DJn. Skulle larmet inte höras över musiken ser DJn ljussignalen och stänger av musiken. Detta förutsätter att DJn vet vad ljussignalen betyder och vilka åtgärder som ska göras vid larm. Ett annat alternativ är att strömmen till musikanläggningarna automatiskt bryts vid larm.

I många fall har personalen totalt ansvar för att larmning sker via larmknapp. Det är därför en absolut nödvändighet att all personal vet exakt hur brand/utrymningslarmet fungerar, var larmknappar sitter och vad de förväntas göra vid brand. Denna kunskap saknas i stort idag.

Övriga åtgärder

För att utrymningsituationen skall fungera på ett optimalt sätt gäller att alla inrättade brandskyddsåtgärder fungerar fullt ut. Ett flertal brister har uppmärksammats och följande åtgärder skall göras:

- Samtliga nödutgångar skall vara upplåsta och lätt öppningsbara utan nyckel, vilket innebär att de magnetlåsta dörrarna skall ersättas med mekaniska vred. Nödutgångarna skall vara väl uppmärkta av fungerande genomlysta skyltar med batteribackup. Utgångarnas tillgänglighet skall även uppmärksammas vintertid med snöröjning och halkbekämpning.
- Utrymningsstrategin skall förankras och arbetas in hos samtlig personal. Utrymningsövningar bör hållas regelbundet dels för att arbeta in strategin men även för att kunna hitta och bli medveten om svårigheter och eventuell problematik. Allt för att kunna utveckla en så realistisk och effektiv strategi som möjligt.

- För att i ett inledningsskede kunna ingripa och därmed förhindra att ett tillbud leder till en fullt utvecklad brand skall samtlig personal utbildas på befintlig släckutrustning.
- Hela utrymningsvägen skall hållas fri och vara säker vilket i detta fallet även innefattar vägen till landgångar och över dem. Landgångarna skall vara hela, stabila och inte luta, så att man kan ta sig över på ett betryggande sätt. Trappan ut från akterpuben ner till akterdäck är väl brant och kan innebära en fördröjning av utrymning. Här är det extra viktigt med halkbekämpning vintertid och att akterdäcket hålls fritt.
- Invändiga trappor och utrymningsvägar skall förses med nödbelysning enligt gällande regler för samlingslokaler.

8 Referenser

Brandteknik LTH (2002) *Brandskyddshandboken, rapport 3117*. Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Drysdale D. (1998) *An Introduction to Fire Dynamics*. John Wiley & Sons, Chichester.

Frantzich H. (2001) *Tid för utrymning vid brand, ISBN 91-7253-092-8*. Räddningsverket, Karlstad.

Karlsson B. & Quintiere J.G. (1999) *Enclosure Fire Dynamics*. CRC Press LLC

Särdqvist S. (1993) *Initial Fires, rapport 3070*. Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Bilaga A. Personalintervjuer

Bakgrund

För att utrymning ska fungera på ett lugnt och effektivt sätt krävs en bra och inarbetad strategi där all personal har en betydelsefull roll. På Nöjesbåten finns en utrymningsstrategi som bl a innefattar att personalen ska se till att alla utrymningsvägar öppnas så att de blir tillgängliga och hur gästerna ska slussas ut via dem på, under rådande förutsättningar, säkraste sätt. För att få en inblick i personalens troliga agerande vid ett tillbud och därmed få en bild av hur utrymning skulle fungera i verkligheten intervjuades personalen under en kväll. Frågorna som ställdes var:

- Hur länge har du varit anställd?
- Hur går brandlarmet igång?
- Har personalen givna uppgifter vid brandtillbud? Om ja:
 - Vad har du för uppgift
 - vid upptäckt av brand?
 - om larmet går?
 - för att underlätta utrymning?
- Tror du att utrymningen kommer att fungera om det blir en riktig brand?
- Har du deltagit i någon utrymningsövning? När?
- Har du fått någon utbildning på befintlig släckutrustning?

Sammanställning

Antal intervjuer: 11(11)

Entré: 3 Vakter, 1 Garderob, 1 Kassar

Främre pub: 2 Baren, 1 Diskplock

Diskotek: 2 Baren, 1 DJ

Anställningstid:

1mån, 3mån, 1½ år, 2år, 2½ år, 3-4år, 3-4år, 6år, 7år, 10år,15år

Fråga	Svar	Antal
Kunskap om brandlarmet:	Vet ej	6
	Rökdetektorer	5
	Larmknappar	2
Tilldelad uppgift vid brandtillbud:	Ja	5
	Nej	6
	Visa gästerna till nödutgångarna	4
	Larma vakter	1
	Stänga av musiken	1
	Kontrollera att alla lås öppnats	3
Fungerar utrymning vid brand:	Ja	11*
	Nej	0
Deltagande i utrymningsövning:	Ja	0
	Nej	11**
Utbildning på släckutrustning:	Ja	0
	Nej	11***

* Båten har haft ett tillbud med en rökbomb då utrymning genomfördes med "lyckat resultat" (upplevdes fungera lugnt och sansat men inga tider finns noterade).

** 2 personer har deltagit i utrymningsövningar på andra platser.

*** 6 personer har utbildning på släckutrustning sedan tidigare.

Resultat

Trots att större delen av personalen har varit anställd under en längre tid (i genomsnitt 4-5 år) är det inte många som vet hur brandlarmet fungerar. Några vet att det finns rökdetektorer på ett par ställen och någon nämner larmknappen men ingen verkar ha en helhetsbild över alla funktioner. Det är inte heller många utöver vakterna som är införstådda med hur de skall agera för att underlätta utrymningen vid ett tillbud. Samtliga tror dock att en utrymning skulle fungera tillfredsställande om det blev en riktig brand även om det inte förekommit någon utrymningsövning eller utbildning på befintlig släckutrustning vilket snarare tyder på okunskap än bra organisation.

Bilaga B. Indata-filer till FDS

Akterpub

&HEAD CHID='övervaning', TITLE='2,5MW fast brand i puben på övervåningen'/

&GRID IBAR=216, JBAR=45, KBAR=27/ grid size 0.2x0.2x0.1m, 257 580 celler
&PDIM XBAR=42.5, YBAR=9, ZBAR=2.7/

&TIME TWFIN=900./

&MISC REACTION='POLYURETHANE',

DATABASE='c:\nist\fds\database3\database3.data', NFRAMES=450/

/BRANDEN

&SURF ID='FIRE', HRRPUA=500., RAMP_Q='akterpub'/

&RAMP ID='akterpub', T=0.0, F=0.0/

&RAMP ID='akterpub', T=100.0, F=0.03/

&RAMP ID='akterpub', T=215.0, F=1.0/

&OBST XB= 1.0, 4.0, 1.0, 3.0, 0.0, 0.3,

SURF_IDS= 'FIRE', 'INERT', 'INERT', BLOCK_COLOR='BLACK'/

/GEOMETRI

/TRAPP OCH KÖK

&OBST XB= 10.8, 13.0, 0.0, 4.4, 0.0, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/

&OBST XB= 12.6, 21.0, 0.0, 7.0, 0.0, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/

&OBST XB= 20.6, 25.0, 0.0, 7.6, 0.0, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/

&OBST XB= 24.6, 26.6, 0.0, 7.8, 0.0, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/

/VÄGG TILL LILLA BAREN

&OBST XB= 10.8, 11.0, 6.0, 9.0, 0.0, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/

&OBST XB= 10.8, 11.0, 4.0, 7.0, 2.0, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/

/DÖRR TILL STORA BAREN

&OBST XB= 26.4, 26.6, 7.6, 8.0, 0.0, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/

&OBST XB= 26.4, 26.6, 7.6, 9.0, 2.0, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/

/TAKHÖJD

&OBST XB= 0.0, 11.0, 0.0, 9.0, 2.5, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/

Brandteknisk Riskvärdering av Nöjesbåten Bonn, Karlshamn

```
&OBST XB= 20.6,      26.6,      7.0,      9.0,      2.1,      2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 26.4,      42.5,      0.0,      9.0,      2.1,      2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
```

/DÖRREN TILL HISSUTRYMMET

```
&OBST XB= 26.4,      26.6,      7.6,      9.0,      0.0,      2.1,
RGB=0.5, 0.5, 0.5, T_CREATE= 300./
```

/DÖRR UT FRÅN STORA BAREN

```
&VENT XB= 42.5,      42.5,      7.0,      8.2,      0.0,      2.0,
SURF_ID= 'OPEN', VENT_COLOR= 'BLUE'/
```

/UTDATA

```
&SLCF PBX= 8.0, QUANTITY='TEMPERATURE'/
&SLCF PBX= 8.0, QUANTITY='visibility'/
&SLCF PBX= 8.0, QUANTITY='carbon monoxide'/
&SLCF PBX= 2.0, QUANTITY='TEMPERATURE'/
&SLCF PBX= 2.0, QUANTITY='visibility'/
&SLCF PBX= 2.0, QUANTITY='carbon monoxide'/
&PL3D DTSAM= 30., QUANTITIES= 'TEMPERATURE', 'U-VELOCITY', 'V-VELOCITY', 'W-
VELOCITY', 'visibility'/
```

Garderob

```
&HEAD CHID='garderob', TITLE='garderobsbrand 2,5MW, snabb tillv,,xt efter 100s'/
```

```
&GRID IBAR=180, JBAR=45, KBAR=24/ grid size 0.2x0.2x0.1m, 372 600 celler
&PDIM XBAR=36.6, YBAR=9.0, ZBAR0=2.2, ZBAR=4.6/
```

```
&GRID IBAR=50, JBAR=24, KBAR=15/ grid size 0.4x0.4x0.2m, 18 000 celler
&PDIM XBAR0=10.0, XBAR=30.0, YBAR=9.0, ZBAR0=4.0, ZBAR=6.8/
```

```
&TIME TWFIN=900./
```

```
&MISC REACTION='POLYURETHANE',
DATABASE='c:\nist\fds\database3\database3.data', NFRAMES=450/
```

/BRANDEN

```
&SURF ID='FIRE', HRRPUA=250.0, RAMP_Q='x'/
&RAMP ID='x', T=0.0, F=0.0/
&RAMP ID='x', T=100.0, F=0.03/
&RAMP ID='x', T=215.0, F=1.0/
&OBST XB= 3.0,      5.0,      3.0,      5.0,      2.5,      4.0,
SURF_ID6= 'INERT', 'INERT', 'FIRE', 'FIRE', 'INERT', 'FIRE', BLOCK_COLOR='BLACK'/
```

Brandteknisk Riskvärdering av Nöjesbåten Bonn, Karlshamn

/GEOMETRI

/KÄLLAREN OCH GOLV

&OBST XB= 0.0, 0.3, 0.3, 0.3/	10.0,	0.0,	9.0,	0.0,	2.5, RGB=
&OBST XB= 9.6, 0.3, 0.3, 0.3/	14.2,	0.0,	9.0,	2.3,	2.5, RGB=
&OBST XB= 14.0, 0.3, 0.3, 0.3/	16.6,	1.0,	9.0,	2.3,	2.5, RGB=
&OBST XB= 16.4, 0.3, 0.3, 0.3/	29.4,	0.0,	9.0,	2.2,	2.4, RGB=
&OBST XB= 29.2, 0.3, 0.3, 0.3/	36.6,	0.0,	9.0,	0.0,	2.2, RGB=
&OBST XB= 35.0, 0.3, 0.3, 0.3/	36.6,	0.0,	9.0,	2.0,	2.4, RGB=

/väggar första våningen

&OBST XB= 16.4, 0.3, 0.3, 0.3/	16.6,	0.0,	3.6,	2.2,	4.6, RGB=
&OBST XB= 13.0, 0.3, 0.3, 0.3/	16.6,	5.4,	9.0,	2.2,	4.6, RGB=

/wc

&OBST XB= 0.0, 0.3, 0.3, 0.3	1.6,	1.1,	7.6,	0.0,	4.6, RGB=
---------------------------------	------	------	------	------	-----------

/GARDEROB

&OBST XB= 1.4, 0.3, 0.3, 0.3/	6.8,	1.2,	1.4,	2.3,	4.6, RGB=
&OBST XB= 1.4, 0.3, 0.3, 0.3/	6.8,	7.4,	7.6,	2.3,	4.6, RGB=
&OBST XB= 6.6, 0.3, 0.3, 0.3/	6.8,	1.2,	7.6,	2.3,	3.3, RGB=
&OBST XB= 6.6, 0.3, 0.3, 0.3/	6.8,	1.2,	7.6,	4.2,	4.6, RGB=
&OBST XB= 6.6, 0.3, 0.3, 0.3/	6.8,	1.2,	2.4,	2.3,	4.6, RGB=
&OBST XB= 6.6, 0.3, 0.3, 0.3/	6.8,	6.2,	7.6,	2.3,	4.6, RGB=

/DÖRRAR

&VENT XB= 10.6, SURF_ID= 'OPEN', VENT_COLOR= 'BLUE'/	13.2,	9.0,	9.0,	2.5,	4.5,
&VENT XB= 36.6, SURF_ID= 'OPEN', VENT_COLOR= 'BLUE'/	36.6,	4.0,	5.6,	2.5,	4.5,
&VENT XB= 30.0, SURF_ID= 'OPEN', VENT_COLOR= 'BLUE'/	30.0,	4.0,	5.0,	4.8,	4.8,

/ÖVERVÅNING

Brandteknisk Riskvärdering av Nöjesbåten Bonn, Karlshamn

&OBST XB= 10.0, 0.3, 0.3, 0.3/	11.8,	0.0,	9.0,	4.6,	4.8, RGB=
&OBST XB= 11.6, 0.3, 0.3, 0.3/	13.2,	1.0,	9.0,	4.6,	4.8, RGB=
&OBST XB= 13.0, 0.3, 0.3, 0.3/	30.0,	0.0,	9.0,	4.6,	4.8, RGB=
&OBST XB= 10.0, 0.3, 0.3, 0.3/	13.2,	5.0,	9.0,	4.6,	6.8, RGB=
&OBST XB= 13.0, 0.3, 0.3, 0.3/	13.2,	0.0,	3.2,	4.6,	6.8, RGB=
&OBST XB= 13.0, 0.5, 0.5, 0.5, T_CREATE=300./ dörr på magnetlås som stängs vid larm	13.2,	3.0,	5.2,	4.6,	6.8, RGB=

/UTDATA

&SLCF PBX= 0.5, QUANTITY='TEMPERATURE'/

&SLCF PBX= 0.5, QUANTITY='visibility'/

&SLCF PBX= 0.5, QUANTITY='carbon monoxide'/

&SLCF PBX= 4.5, QUANTITY='TEMPERATURE'/

&SLCF PBX= 4.5, QUANTITY='visibility'/

&SLCF PBX= 4.5, QUANTITY='carbon monoxide'/

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

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

&SLCF PBX= 4.0, QUANTITY='carbon monoxide'/

&PL3D DTSAM= 30., QUANTITIES= 'TEMPERATURE', 'U-VELOCITY', 'V-VELOCITY', 'W-VELOCITY', 'visibility'/

Diskotek

&HEAD CHID='diskotek', TITLE='brand i soffu 3MW'/

&GRID IBAR=180, JBAR=45, KBAR=24/ grid size 0.2x0.2x0.1m, 372 600 celler

&PDIM XBAR=36.6, YBAR=9.0, ZBAR0= 2.2, ZBAR=4.6/

&GRID IBAR=50, JBAR=24, KBAR=15/ grid size 0.4x0.4x0.2m, 18 000 celler

&PDIM XBAR0=10.0, XBAR=30.0, YBAR=9.0, ZBAR0=4.0, ZBAR=6.8/

&TIME TWFIN=900./

&MISC REACTION='POLYURETHANE',

DATABASE='c:\nist\fds\database3\database3.data', NFRAMES=450/

/BRANDEN

&SURF ID='FIRE1', HRRPUA=400.0, RAMP_Q='del1'/

&RAMP ID='del1', T=0.0, F=0.0/

&RAMP ID='del1', T=100.0, F=0.036/

&RAMP ID='del1', T=250.0, F=1.0/

&RAMP ID='del1', T=500.0, F=0.0/

Brandteknisk Riskvärdering av Nöjesbåten Bonn, Karlshamn

```

&OBST XB= 20.6,      24.6,      0.0,      1.0,      2.4,      2.7,
SURF_ID6= 'INERT', 'INERT', 'INERT', 'INERT', 'INERT', 'FIRE1', BLOCK_COLOR='BLACK'/

&SURF ID='FIRE2', HRRPUA=400., RAMP_Q='del2'/
&RAMP ID='del2', T=0.0, F=0.0/
&RAMP ID='del2', T=250.0, F=0.0/
&RAMP ID='del2', T=500.0, F=1.0/
&RAMP ID='del2', T=750.0, F=0.0/
&OBST XB= 16.6,      20.6,      0.0,      1.0,      2.4,      2.7,
SURF_ID6= 'INERT', 'INERT', 'INERT', 'INERT', 'INERT', 'FIRE2', BLOCK_COLOR='BLACK'/

&SURF ID='FIRE3', HRRPUA=400., RAMP_Q='del3'/
&RAMP ID='del3', T=0.0, F=0.0/
&RAMP ID='del3', T=250.0, F=0.0/
&RAMP ID='del3', T=500.0, F=1.0/
&RAMP ID='del3', T=750, F=0.0/
&OBST XB= 24.6,      28.6,      0.0,      1.0,      2.4,      2.7,
SURF_ID6= 'INERT', 'INERT', 'INERT', 'INERT', 'INERT', 'FIRE3', BLOCK_COLOR='BLACK'/

/GEOMETRI
/KÄLLAREN OCH GOLV
&OBST XB= 0.0,      10.0,      0.0,      9.0,      0.0,      2.5, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 9.6,      14.2,      0.0,      9.0,      2.3,      2.5, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 14.0,      16.6,      1.0,      9.0,      2.3,      2.5, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 16.4,      29.4,      0.0,      9.0,      2.2,      2.4, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 29.2,      36.6,      0.0,      9.0,      0.0,      2.2, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 35.0,      36.6,      0.0,      9.0,      2.0,      2.4, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/

/väggar första våningen
&OBST XB= 16.4,      16.6,      0.0,      3.6,      2.2,      4.6, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 13.0,      16.6,      5.4,      9.0,      2.2,      4.6, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/

/wc
&OBST XB= 0.0,      1.6,      1.1,      7.6,      0.0,      4.6, RGB=
0.3, 0.3, 0.3

/GARDEROB
&OBST XB= 1.4,      6.8,      1.2,      1.4,      2.3,      4.6, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/

```

Brandteknisk Riskvärdering av Nöjesbåten Bonn, Karlshamn

```

&OBST XB= 1.4,      6.8,      7.4,      7.6,      2.3,      4.6, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 6.6,      6.8,      1.2,      7.6,      2.3,      3.3, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 6.6,      6.8,      1.2,      7.6,      4.2,      4.6, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 6.6,      6.8,      1.2,      2.4,      2.3,      4.6, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 6.6,      6.8,      6.2,      7.6,      2.3,      4.6, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/

```

/DÖRRAR

```

&VENT XB= 10.6,     13.2,     9.0,     9.0,     2.5,     4.5,
SURF_ID= 'OPEN', VENT_COLOR= 'BLUE'/
&VENT XB= 36.6,     36.6,     4.0,     5.6,     2.5,     4.5,
SURF_ID= 'OPEN', VENT_COLOR= 'BLUE'/
&VENT XB= 30.0,     30.0,     4.0,     5.0,     4.8,     4.8,
SURF_ID= 'OPEN', VENT_COLOR= 'BLUE'/

```

/ÖVERVÅBBNING

```

&OBST XB= 10.0,     11.8,     0.0,     9.0,     4.6,     4.8, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 11.6,     13.2,     1.0,     9.0,     4.6,     4.8, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 13.0,     30.0,     0.0,     9.0,     4.6,     4.8, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 10.0,     13.2,     5.0,     9.0,     4.6,     6.8, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 13.0,     13.2,     0.0,     3.2,     4.6,     6.8, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 13.0,     13.2,     3.0,     5.2,     4.6,     6.8, RGB=
0.5, 0.5, 0.5, T_CREATE=300./ dörr på magnetlås som stängs vid larm

```

/UTDATA

```

&SLCF PBX= 0.5, QUANTITY='TEMPERATURE'/
&SLCF PBX= 0.5, QUANTITY='visibility'/
&SLCF PBX= 0.5, QUANTITY='carbon monoxide'/
&SLCF PBX= 4.5, QUANTITY='TEMPERATURE'/
&SLCF PBX= 4.5, QUANTITY='visibility'/
&SLCF PBX= 4.5, QUANTITY='carbon monoxide'/
&SLCF PBX= 4.0, QUANTITY='TEMPERATURE'/
&SLCF PBX= 4.0, QUANTITY='visibility'/

&SLCF PBX= 4.0, QUANTITY='carbon monoxide'/
&PL3D DTSAM= 30., QUANTITIES= 'TEMPERATURE', 'U-VELOCITY', 'V-VELOCITY', 'W-
VELOCITY', 'visibility'/

```

Akterpub 2 (större gridstorlek)

&HEAD CHID='övervaning2', TITLE='3MW fast brand i puben på övervåningen,
gridoberoende'/

&GRID IBAR=108, JBAR=20, KBAR=12/ grid size 0.4x0.4x0.2m, 25 920 celler
&PDIM XBAR=42.5, YBAR=9, ZBAR=2.7/

&TIME TWFIN=900./
&MISC REACTION='POLYURETHANE',
DATABASE='c:\nist\fds\database3\database3.data', NFRAMES=450/

/BRANDEN

&SURF ID='FIRE', HRRPUA=500., RAMP_Q='akterpub'/
&RAMP ID='akterpub', T=0.0, F=0.0/
&RAMP ID='akterpub', T=100.0, F=0.03/
&RAMP ID='akterpub', T=215.0, F=1.0/
&OBST XB= 1.0, 4.0, 1.0, 3.0, 0.0, 0.3,
SURF_IDS= 'FIRE', 'INERT', 'INERT', BLOCK_COLOR='BLACK'/

/GEOMETRI

/TRAPP OCH KÖK

&OBST XB= 10.8, 13.0, 0.0, 4.4, 0.0, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 12.6, 21.0, 0.0, 7.0, 0.0, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 20.6, 25.0, 0.0, 7.6, 0.0, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 24.6, 26.6, 0.0, 7.8, 0.0, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/

/VÄGG TILL LILLA BAREN

&OBST XB= 10.8, 11.0, 6.0, 9.0, 0.0, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 10.8, 11.0, 4.0, 7.0, 2.0, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/

/DÖRR TILL STORA BAREN

&OBST XB= 26.4, 26.6, 7.6, 8.0, 0.0, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 26.4, 26.6, 7.6, 9.0, 2.0, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/

/TAKHÖJD

&OBST XB= 0.0, 11.0, 0.0, 9.0, 2.5, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/

Brandteknisk Riskvärdering av Nöjesbåten Bonn, Karlshamn

&OBST XB= 20.6, 26.6, 7.0, 9.0, 2.1, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/
&OBST XB= 26.4, 42.5, 0.0, 9.0, 2.1, 2.7, RGB=
0.3, 0.3, 0.3/

/DÖRREN TILL HISSUTRYMMET

&OBST XB= 26.4, 26.6, 7.6, 9.0, 0.0, 2.1,
RGB=0.5, 0.5, 0.5, T_CREATE= 300./

/DÖRR UT FRÅN STORA BAREN

&VENT XB= 42.5, 42.5, 7.0, 8.2, 0.0, 2.0,
SURF_ID= 'OPEN', VENT_COLOR= 'BLUE'/

/UTDATA

&SLCF PBY= 8.0, QUANTITY='TEMPERATURE'/

&SLCF PBY= 8.0, QUANTITY='visibility'/

&SLCF PBY= 8.0, QUANTITY='carbon monoxide'/

&SLCF PBX= 2.0, QUANTITY='TEMPERATURE'/

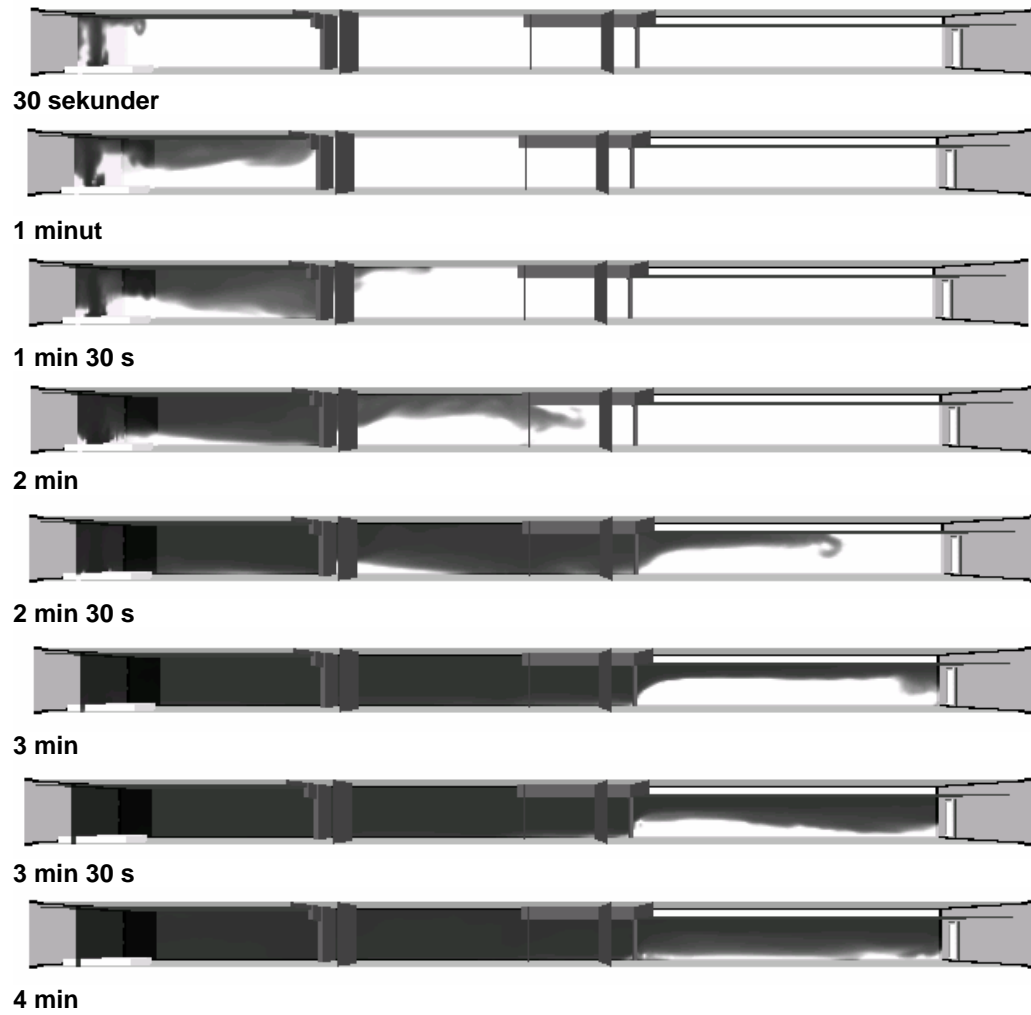
&SLCF PBX= 2.0, QUANTITY='visibility'/

&SLCF PBX= 2.0, QUANTITY='carbon monoxide'/

&PL3D DTSAM= 30., QUANTITIES= 'TEMPERATURE', 'U-VELOCITY', 'V-VELOCITY', 'W-
VELOCITY', 'visibility'/

Bilaga C, FDS resultat

Brand i akterpub



Brand i garderob



30 sekunder



1 minut



1 min 30 s



2 min



2 min 30 s



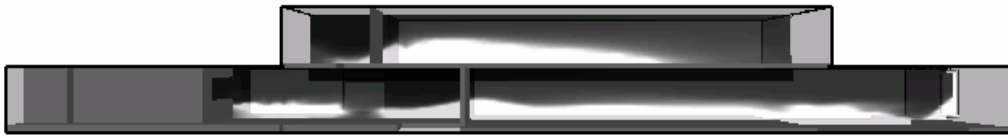
3 min



3 min 30 s



4 min



4 min 30 s



5 min

Brand i diskotek



30 sekunder



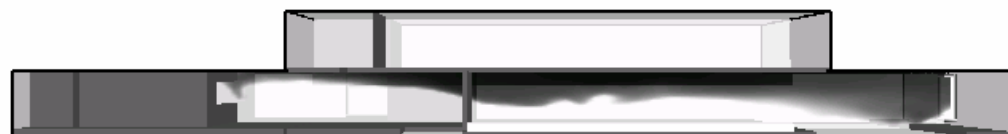
1 minut



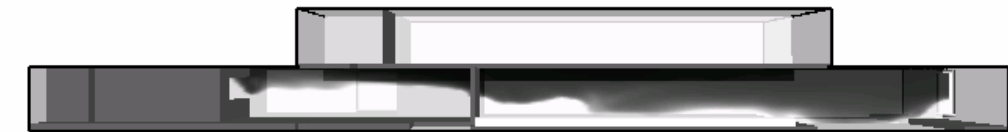
1 min 30 s



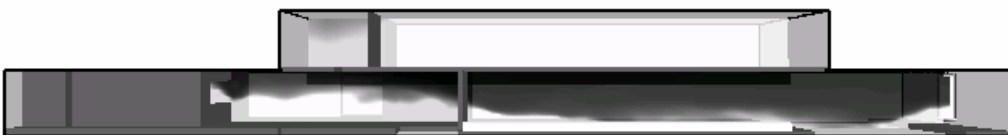
2 min



2 min 30 s



3 min



3 min 30 s



4 min



4 min 30 s



5 min

Bilaga D, Handberäkningar

Alla formler och värden är tagna från *Enclosure Fire Dynamics* och *An Introduction to Fire Dynamics*.

Maxeffekt vid ventilationskontrollerad brand

Maxeffekt akterpub

Beräkningarna är baserade på att endast nödutgången förser akterpuben med luft. Trappan i mitten av puben skall vara igensatt och branddörren vid hissen (som i dagsläget är obrukbar) skall vara i funktion. Dörrar till köket antas vara stängda.

$$A_{\text{öppning}} = 2,4\text{m}^2$$

$$H_{\text{öppning}} = 2\text{m}$$

$$\dot{m}_a = 0,5 \cdot A_{\text{öppning}} \cdot \sqrt{H_{\text{öppning}}} \approx 1,70\text{kg} / \text{s}$$

$$\Delta H_{c,ox} = 13100\text{kJ} / \text{kg}$$

Syrehalt i luft ca:21%

Antagen andel förbrukad syre ca:50%

$$\dot{Q}_{\text{max}} = \Delta H_{c,ox} \cdot (0,21 - 0,10) \cdot \dot{m}_a \approx 2,5\text{MW}$$

Maxeffekten beräknas till 2,5 MW.

Maxeffekt garderob

Öppningen för inlämning av ytterkläder förser garderoben med luft.

$$A_{\text{öppning}} = 3,5\text{m}^2$$

$$H_{\text{öppning}} = 1,0\text{m}$$

$$\dot{m}_a = 0,5 \cdot A_{\text{öppning}} \cdot \sqrt{H_{\text{öppning}}} \approx 1,75\text{kg} / \text{s}$$

$$\Delta H_{c,ox} = 13100\text{kJ} / \text{kg}$$

Syrehalt i luft ca:21%

Antagen andel förbrukad syre ca:10%

$$\dot{Q}_{\text{max}} = \Delta H_{c,ox} \cdot (0,21 - 0,10) \cdot \dot{m}_a \approx 2,5\text{MW}$$

Maxeffekten beräknas till 2,5 MW.

Strålning från brand mot utrymmande personer

Strålning från garderob

Strålning från flammor i öppningen och 4,0 meter ut beräknas för att kontrollera om utrymning är möjlig.

Beräkning av synfaktor

Avstånd från flammor $d=4,0\text{m}$

Öppningens bredd $=3,5\text{m}$

Öppningens höjd $=1,0\text{m}$

$L_1=0,5\text{m}$

$L_2=1,75\text{m}$

$$S = \frac{L_1}{L_2} = 0,3$$

$$\alpha = \frac{L_1 \cdot L_2}{d^2} = 0,05$$

Synfaktorn ϕ fås ur tabell 2.7 i *An Introduction to Fire Dynamics* med hjälp av S och α ovan.

$$\phi = 4 \cdot 0,014 = 0,056$$

Synfaktorn anger hur stor del av den utsända strålningen som träffar passerande personer.

Beräkning av strålning

$$T_{\text{flamma}} = 1100\text{K}$$

$$\varepsilon = 1$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$$

$$E = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_{\text{flamma}}^4 \cdot \phi = 4,6 \text{ kW/m}^2$$

Denna strålning fås om flammor finns i hela garderobsöppningen. Detta sker då branden blir ventilationskontrollerad och lågor slår ut genom öppningen efter ca 200 sekunder.

Kritiskt värde för maxstrålningen $2,5 \text{ kW/m}^2$ nås, med resonemanget ovan, efter ca 170 sekunder

Strålning från diskotek

Strålning från flamma till centrum av dörröppning beräknas för att kontrollera om utrymning är möjlig.

Beräkning av flammhöjd

Soffbrandens medelarea antas vara $A = B \cdot b = 3 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ m}^2 \Rightarrow D = 1,4 \text{ m}$ (diameter)

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

Beräkning av synfaktor

Avstånd från flaman till centrum av dörröppningen $d = 4 \text{ m}$

$$L_1 = L/2$$

$$L_2 = B/2 = 1,5 \text{ m}$$

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

$$\alpha = \frac{L_1 \cdot L_2}{d^2}$$

Synfaktorn ϕ fås ur tabell 2.7 i *An Introduction to Fire Dynamics* med hjälp av S och α ovan.

Resultatet visas i tabell nedan.

Beräkning av strålning

$$T_{\text{flamma}} = 1100\text{K}$$

$$\varepsilon = 1$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$$

$$E = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_{\text{flamma}}^4 \cdot \phi$$

Tabellen nedan visar tiden t från brandens start, brandens effektutveckling, halva flammans höjd, S och α för beräkning av synfaktorn, synfaktorn samt strålningen vid tiden t .

t (s)	\dot{Q} (kW)	L_1 (m)	S	α	ϕ	E (kW/m ²)
50	50	0			0	0
100	100	0,05			0	0
150	600	1,6	0,5	0,075	0,088	7,3

Kritiskt värde för maxstrålningen nås efter ca 120 sekunder.

Kontroll av FDS

Rökfyllnaden av diskoteket beräknas enligt ekvation 8.50-55 i Enclosure Fire Dynamics (Smoke Filling: The non-steady problem). Beräkningsvägen är:

1. Gissa ett värde på ρ_g .

2. Beräkna konstanten k

$$k = \frac{0,21 \left(\frac{\rho_a^2 g}{c_p T_a} \right)}{\rho_g}$$

3. Beräkna brandgaslagrets höjd z

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

4. Kontrollera ρ_g , iterera fram lösning

$$\rho_g = \rho_a \left(1 - \frac{\alpha t^{n+1}}{(n+1)(H-z)Sc_p 353} \right)$$

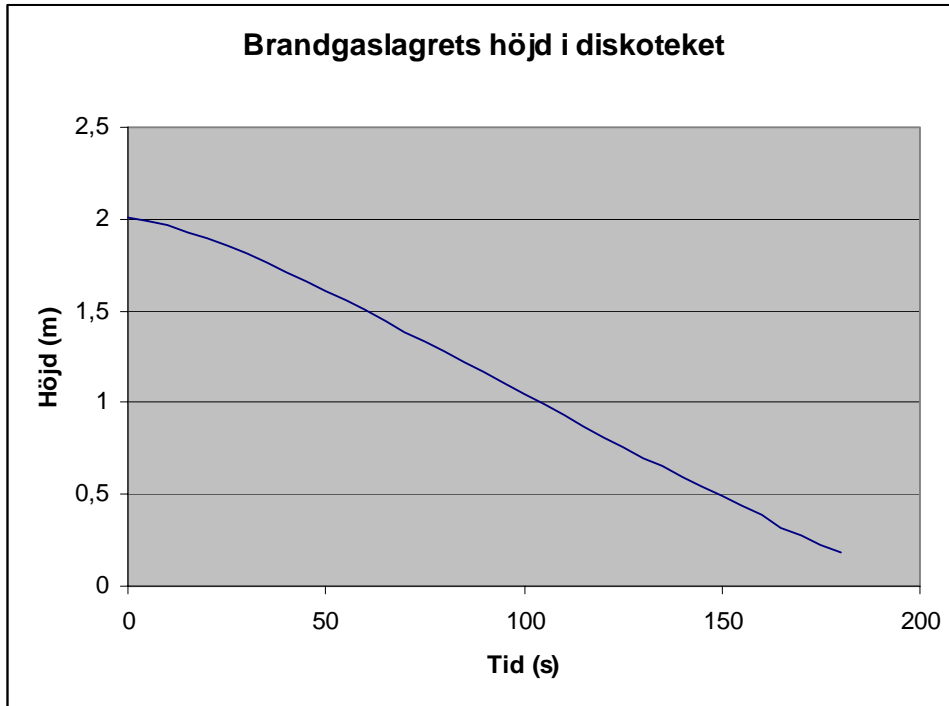
- ρ_g brandgasens densitet (kg/m³)
- ρ_a luftens densitet (kg/m³)
- g allmänna gaskonstanten (m/s²)
- c_p luftens värmekapacitet (kJ/kg K)
- T_a luftens temperatur (K)
- α brandens tillväxtfaktor (här förenklad till 1600kW/250s = 6,4 kW/s)
- t tid (s)
- n får ur $Q=\alpha t^n$, här $n=1$
- S golvarea (m²)
- H takhöjd

Resultaten från beräkningarna visas i tabell nedan. Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden visas i ett diagram. Jämförelse med resultaten från FDS visar att diskoteket rökfylls på ungefär samma tid. Det går något snabbare i handberäkningarna men i simuleringen sprids rök även till andra utrymmen.

Tabell. Kontroll av FDS

ρ_g (itererad)	k	z	ρ_g (kontroll)	t
0,9	0,07499	2,006943	0,9	0
0,8	0,084364	1,989824	0,795605	5
0,78	0,086527	1,963292	0,784242	10
0,76	0,088804	1,931169	0,761096	15
0,74	0,091204	1,894643	0,738671	20
0,72	0,093738	1,854387	0,717611	25
0,7	0,096416	1,810868	0,697794	30
0,68	0,099252	1,764443	0,679018	35
0,66	0,102259	1,71541	0,6611	40
0,64	0,105455	1,66403	0,643882	45
0,62	0,108857	1,610538	0,627233	50
0,61	0,110641	1,561154	0,607093	55
0,59	0,114392	1,504862	0,591047	60
0,57	0,118406	1,447106	0,575286	65
0,55	0,122711	1,388076	0,559737	70
0,54	0,124984	1,336887	0,539544	75
0,52	0,129791	1,276658	0,52403	80
0,5	0,134982	1,215709	0,508549	85
0,49	0,137737	1,1652	0,487695	90
0,47	0,143598	1,104081	0,47195	95
0,45	0,14998	1,042751	0,456094	100
0,44	0,153389	0,994208	0,434213	105
0,42	0,160693	0,933621	0,417841	110
0,4	0,168728	0,873296	0,401227	115
0,38	0,177608	0,813398	0,384328	120
0,36	0,187476	0,754088	0,367096	125
0,34	0,198504	0,695529	0,349485	130
0,33	0,204519	0,653696	0,324771	135
0,31	0,217714	0,597502	0,306159	140
0,29	0,232728	0,542485	0,28703	145
0,27	0,249967	0,488804	0,267328	150
0,25	0,269965	0,436623	0,246996	155
0,23	0,29344	0,386106	0,225966	160
0,2	0,337456	0,320563	0,211156	165
0,18	0,374951	0,274054	0,18848	170
0,16	0,42182	0,229872	0,16483	175
0,14	0,48208	0,188234	0,140095	180

Brandgaslagrets höjd i diskoteket enligt handberäkningarna.



Brandgaslagrets höjd i diskoteket enligt FDS.

