

Brandteknisk riskvärdering av

Kriminalvårdsanstalten Norrtälje

Jelena Ivanisevic

Jakob Karlsson

Tor Lindström

David Winberg

Brandteknik
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet

Rapport 9287, Lund 2006



***Brandteknisk riskvärdering av
Kriminalvårdsanstalten Norrtälje***

Jelena Ivanisevic

Jakob Karlsson

Tor Lindström

David Winberg

Lund 2006

Titel/Title:

Brandteknisk riskvärdering av kriminalvårdsanstalten Norrtälje
Fire Safety Evaluation of Norrtälje correctional facility

Av/By:

Jelena Ivanisevic, Jakob Karlsson, Tor Lindström, David Winberg

Rapport/Report: 9287

© Copyright Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2006.

Abstract:

This report is a fire safety evaluation of Norrtälje correctional facility. Inmates in closed institutions are not able to perform an unassisted evacuation in case of fire as they are locked in their cells. This requires the assistance of prison staff to escort every inmate to safety. The focus of this report is to evaluate the possibilities of a safe egress from the concerned building in the case of fire. Four possible scenarios have been chosen and evaluated through computer simulations and calculations. Each scenario includes a study of the fire and the assisted evacuation of the inmates. Interviews with prison staff was carried out to gather information about their methods of how to carry out evacuations. The report results in a number of advice and improvements that should be performed at the facility.

Keywords:

Closed institutions, correctional facilities, prison, evacuation, Norrtälje, critical conditions, smoke, CFAST, ERM, PFS

Sökord:

Slutna anstalter, kriminalvårdsanstalt, fängelse, utrymning, Norrtälje, kritiska förhållanden, brandgaser, CFAST, ERM, PFS

Brandteknik
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se/>

Telefon: 046-222 73 60
Telefax: 046-222 46 12

Department of Fire Safety Engineering
Lund Institute of Technology
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se/>

Telefon: +46 (46) 222 73 60
Telefax: +46 (46) 222 46 12

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.

Sammanfattning

I denna rapport utförs en brandteknisk riskvärdering av tre byggnader på Kriminalvårdsanstalten (KVA) Norrtälje. Rapporten är framtagen i utbildningen och syftar till att utreda personsäkerheten i händelse av brand. Rapporten belyser objektets befintliga brandskydd samt ger förslag på åtgärder som förbättrar brandskyddet och därmed leder till att personsäkerheten ökar.

KVA Norrtälje är en sluten anstalt och flera av de intagna är inlåsta under större delen av dygnet. Anstalten har plats för 206 intagna och nattetid utgörs personalstyrkan av endast sex personer, varav två sitter i centralvakten. I rapporten har en avgränsning till tre byggnader på anstalten gjorts. På de avdelningar som studeras finns intagna med speciella vårdbehov.

I ett tidigt skede av kursen gjordes ett besök på KVA Norrtälje för att få en uppfattning om objektets utrymningsmöjligheter och nuvarande brandskydd. Ett antal olika brandscenarier studerades sedan och från dessa valdes fyra representativa scenarier ut. Dessa simulerades med hjälp av tvåzonsmodelleringsprogrammet CFAST och resultaten utvärderades för att få en uppfattning om när kritiska förhållanden för utrymning uppstår. Tiden för utrymning simulerades med hjälp av datorprogrammet ERM där speciell hänsyn tas till det faktum att de intagna huvudsakligen är inlåsta och inte kan utrymma utan hjälp från personalen.

Resultaten från simuleringarna visar att utrymning av cellavdelningar inte kan ske tillfredställande eftersom kritiska förhållanden uppstår innan samtliga intagna är utrymda. Denna problematik är som störst nattetid då personalstyrkan är liten. Resultaten visar även på brandgasspridning från brandrummet till angränsande celler. Vid brand i andra utrymnen ej i direkt anslutning till cellavdelningar bedöms dock möjligheterna att hinna utrymma berörda delar av anstalten som goda.

För att brandskyddet på anstalten skall bli tillfredställande ur personsäkerhetsynpunkt måste ett antal åtgärder vidtagas. Främst *skall* all personal genomgå utbildning vad gäller brand och utrymning. Blockerade utrymningsvägar *skall* åtgärdas och vägledande markeringar *skall* sättas upp där det saknas. Vidare *skall* brandsläckningsanordningar för första insats vara väl synliga. Slutligen måste funktionskraven nedan uppfyllas genom att kombinera de redovisade åtgärdsförslagen. Vad som är mest kostnadseffektivt lämnas till KVA Norrtälje att utreda.

Anläggning av bränder *skall* försvåras avsevärt, alternativt *skall* eventuella bränders tillväxt begränsas;

- Befintliga madrasser i celler byts ut mot madrasser som motstår anlagd brand med större tändkällor
- Samtliga celler utrustas med sprinkler
- Mer personal på anstalten nattetid

Brandgasspridning till korridor och övriga celler *skall* avsevärt försvåras;

- Samtliga dörrar till celler samt dörrar mellan brandceller utrustas med självstängningsanordning.
- Brandgasspjäll som stängs vid rökdetektion installeras mellan samtliga celler. Alternativt kan ventilationssystemet konfigureras så att frånluften fortsätter vara i drift vid detektion samt installation av en backventil i tilluftssystemet.

Erkännanden

Författarna vill rikta ett stort tack till följande personer som har varit till stor hjälp under arbetets gång.

Hans Arvedahl	<i>Norrtälje räddningstjänst</i>
Per-Göran Börstell	<i>KVA Norrtälje</i>
Magnus Carlstedt	<i>KVA Norrtälje</i>
Oskar Eriksson	<i>Handledare</i>
Håkan Frantzich	<i>Universitetslektor vid Brandteknik, LTH</i>
Daniel Gojkovic	<i>Universitetsadjunkt vid Brandteknik, LTH</i>
Sven-Ingvar Granemark	<i>Forskningsingenjör vid Brandteknik, LTH</i>
Lars Jensen	<i>Professor vid Avdelningen för installationsteknik, LTH</i>
Jan Johansson	<i>Specialfastigheter</i>
Robert Jönsson	<i>Avdelningschef för Brandteknik, LTH</i>
Mathias Karlsson	<i>KVA Norrtälje</i>
Lars Lidén	<i>Teknisk chef, Specialfastigheter</i>
Henry Linnsén	<i>Brandingenjör, Stockholms länsstyrelse</i>
Daniel Nilsson	<i>Doktorand vid Brandteknik, LTH</i>
Personalen på KVA Norrtälje	

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND.....	1
1.2 SYFTE OCH MÅL.....	1
1.3 METOD.....	1
1.4 AVGRÄNSNINGAR.....	1
2. OBJEKTSBESKRIVNING	3
2.1 BYGGNADERNA.....	3
2.2 VERKSAMHETSBEKRIVNING.....	4
2.3 BEFINTLIGT BRANDSKYDD.....	5
3. ENKÄTUNDERSÖKNING	9
3.1 RESULTAT.....	9
4. DIMENSIONERANDE KRITERIER	13
4.1 LAGAR OCH FÖRESKRIFTER.....	13
4.2 KRITISKA FÖRHÅLLANDEN VID UTRYMNING.....	14
4.3 UTRYMNING.....	14
5. VAL AV BRANDSCENARIER	17
5.1 TIDIGARE BRÄNDER PÅ KVA NORRTÄLJE.....	17
5.2 MÖJLIGA SCENARIER.....	18
5.3 VALDA SCENARIER.....	19
5.4 LIKVÄRDIGA SCENARIER.....	20
6. BRANDSCENARIER	21
6.1 SCENARIO 1: BRAND I BOENDECELL PÅ BESÖKSAVDELNING.....	21
6.2 SCENARIO 2: BRAND I AVSKILDHETSCELL.....	26
6.3 SCENARIO 3: BRAND I PERSONALRUM.....	30
6.4 SCENARIO 4: BRAND I VERKSTAD.....	33
7. BRANDGASSPRIDNING VIA VENTILATIONSSYSTEMET	37
7.1 BEFINTLIGT VENTILATIONSSYSTEM.....	37
7.2 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR BERÄKNINGAR.....	37
7.3 SCENARIER.....	38
7.4 SLUTSATS.....	43
8. KÄNSLIGHETSANALYS	45
8.1 SCENARIO 1: BRAND I BOENDECELL PÅ BESÖKSAVDELNING.....	45
8.2 SCENARIO 2: BRAND I AVSKILDHETSCELL.....	46
8.3 SCENARIO 3: BRAND I PERSONALRUM.....	46
8.4 SCENARIO 4: BRAND I VERKSTAD.....	47
8.5 SLUTSATS.....	48
9. DISKUSSION	49
10. FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER	51
BILAGA A. VAL AV EFFEKTKURVOR	57

A.1 SCENARIO 1: BRAND I BOENDECELL PÅ BESÖKSAVDELNING	57
A.2 SCENARIO 2: BRAND I AVSKILDHETSCELL	61
A.3 SCENARIO 3: BRAND I PERSONALRUM.....	62
A.4 SCENARIO 4: BRAND I VERKSTAD	63
BILAGA B. VENTILATIONSBERÄKNINGAR	65
B.1 PROGRAM FLOW SYSTEMS	65
B.2 TRYCKAVLASTNINGSBERÄKNINGAR.....	66
BILAGA C. UPPMÄTT EFFEKTUTVECKLING	67
BILAGA D. ESCAPE AND RESCUE MODEL	69
D.1 BESKRIVNING AV ERM	69
D.2 BEGRÄNSNINGAR	69
D.3 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR UTRYMNINGSSIMULERINGAR.....	69
D.4 SCENARIO 1: BRAND I BOENDECELL PÅ BESÖKSAVDELNINGEN	70
D.5 SCENARIO 2: BRAND I AVSKILDHETSCELL.....	72
D.6 SCENARIO 3: BRAND I PERSONALRUM.....	75
BILAGA E. CFAST	77
E.1 ALLMÄNT	77
E.2 TVÅZONSMODELLEN	77
E.3 BEGRÄNSNINGAR	77
E.4 MODELLENS GILTIGHET	78
E.5 FÖRUTSÄTTNINGAR	78
BILAGA F. VALIDERING AV SPRINKLERSYSTEM	83
F.1 TILLVÄGAGÅNGSSÄTT.....	83
F.2 ANTAGANDEN	83
F.3 RESULTAT	83
BILAGA G. ENKÄT	85

1. Inledning

Denna rapport behandlar säkerhet vad gäller brand och utrymning på Kriminalvårdsanstalten (KVA) Norrtälje och riktar sig främst till de säkerhetsansvariga på anstalten, men även till övrig personal.

1.1 Bakgrund

Rapporten är en del i kursen Brandteknisk Riskvärdering som ges vid avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Huvuddelen av kursen utgörs av ett projektarbete där en värdering av säkerhetsnivån med avseende på brand och utrymning på ett större offentligt byggnadsobjekt görs.

1.2 Syfte och mål

Syftet med föreliggande rapport är att utvärdera brand- och utrymnings säkerheten vid KVA Norrtälje. Här ingår en värdering av personsäkerheten vid brand och en belysning av det befintliga brandskyddet samt förslag på åtgärder för att förbättra objektets brandskydd och höja personsäkerheten.

1.3 Metod

Kursen har en relativt fri arbetsgång och arbetet med rapporten inleddes med en genomgång av objektet via ritningar och brandskyddsdocumentation. I ett tidigt skede gjordes sedan ett besök i Norrtälje där brandskyddet på objektet inventerades. Besöket gjordes tillsammans med en representant från räddningstjänsten i Norrtälje, Hans Arvedahl samt brandingenjör Henry Linnsén och en handledare från Lund Tekniska Högskola, Oskar Eriksson. Efter besöket valdes värsta troliga brandscenarier ut. Dessa simulerades för att på så sätt utvärdera säkerheten för intagna och personal beträffande brand och utrymning. Värden som använts i simuleringarna grundar sig på litteratur, statistik samt försök genomförda av författarna. Enkäter angående rutiner vid brand och utrymning har även besvarats av personal på anstalten.

1.4 Avgränsningar

KVA Norrtälje är uppbyggd av flera, oftast inte sammanhängande, byggnader med olika sorters verksamheter. På grund av anstaltens storlek och verksamhet kan endast en del av den granskas i denna rapport med tanke på kursens omfattning. I samverkan med Norrtälje räddningstjänst har en byggnad valts ut. Byggnaden består av tre delar, hus 14, 15 och 16. Byggnaden utgör anstaltens senast tillbyggda del, vilket innebär att materialunderlaget är bra. Ytterligare anledning till varför byggnaden har valts är att det finns tidigare brandtillbud dokumenterade samt att utrymningsförhållandena är svåra då det finns intagna med speciella vårdbehov i denna byggnad.

Rapporten utvärderar säkerheten beträffande utrymning. Vad som händer i brandförloppet efter utrymning har inte beaktats. Skydd av byggnaden, dess bärighet och räddningstjänstens säkerhet vid räddningsinsats är således inte medtaget. I tid till kritiska förhållanden beaktas sikt, temperatur, strålningsintensitet, toxicitet samt brandgaslagrets höjd. Kostnadseffektivitet är inte medtaget i enlighet med kursplanen.

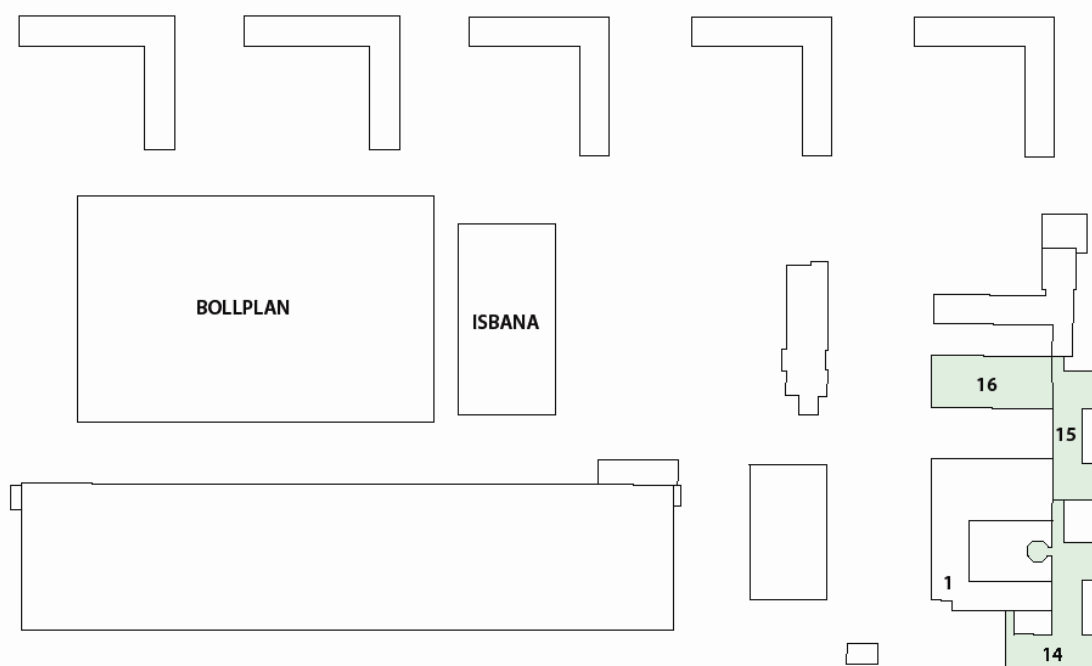
2. Objektsbeskrivning

KVA Norrtälje är en sluten anstalt för manliga intagna och öppnade 1959.

Kriminalvårdsstyrelsen klassificerar sina anstalter i olika klasser A-F efter förmågan att motstå rymningar och fritagningsförsök samt förmågan att ta hand om svårhanterligt klientel, där klass A innebär högst säkerhet. KVA Norrtälje är en klass B-anstalt, och har kapacitet för 206 interner. År 1998 genomfördes ombyggnad av hus 1 och 2, och tillbyggnad av hus 14, 15 och 16. Samtliga av anstaltens byggnader ägs av Specialfastigheter AB.

2.1 Byggnaderna

Överblicksbilden nedan visar de byggnader som behandlas i denna rapport. Bilden visar anstaltens utsträckning, men vissa detaljer har tagits bort på grund av den sekretess som gäller för Kriminalvårdsverkets anstalter. Samtliga hus i avgränsningen består av tre våningsplan.



Figur 2.1 Överblicksbild över KVA Norrtälje med hus 14-16 samt centralvakten (hus 1) markerade

2.1.1 Hus 14

På plan 1 finns en besöksavdelning bestående av sju mindre besöksrum och en större besökslägenhet, alla anslutande till en gemensam korridor. I korridoren finns ett pentry med kylskåp, mikrovågsugn och vattenkokare. I brist på utrymme används ofta de små besöksrummen som boendeceller för de intagna. Övriga lokaler på plan 1 utgörs av ett kök/matrum, ett grupprum, en mindre tvättstuga, ett utrymme för textiltvättning samt ett andaktsrum.

På plan 2 finns tre avdelningar varav två är avskildhetsavdelningar, samtliga bestående av sex celler, ett dagrum och ett samtalsrum. Avskildhetscellerna är till utformningen identiska med besöksrummen på bottenplanet. Dagrummen används antingen som personalrum eller som uppehållsrum för interner.

Plan 3 utgörs av ett fläktrum.

2.1.2 Hus 15

Plan 1 i hus 15 utgörs av korridor med anslutande elrum.

På plan 2 finns två avskildhetsavdelningar, vilka enligt ritningarna är byggtkniska likadana som de i hus 14. Vid besök på anstalten fanns inte möjlighet att tillträda dessa avdelningar.

Plan 3 utgörs av fläktrum.

2.1.3 Hus 16

Plan 1 innehåller endast korridorer.

Plan 2 inrymmer två verkstäder i anslutning till en korridor. Båda verkstäderna har även varsitt rökrum och pausrum och andra mindre anslutande utrymmen.

Det tredje planet har ett motionsrum för friskvård samt omklädningsrum, duschutrymme och bastu. Vid besök på anstalten fanns inte möjlighet att tillträda denna del av byggnaden.

2.1.4 Centralvakten

Centralvakten ligger i den sydvästra delen av hus 1 (se Figur 2.1). Brandlarmcentralen är placerad här.

2.2 Verksamhetsbeskrivning

På avdelningarna inom den gjorda avgränsningen finns interner med speciella vårdbehov. Detta medför att flera av de intagna är medicinerade med starka lugnande medel, framförallt nattetid, och kan därför vara mycket svårväckta under nattens första timmar.

Dagtid är det mycket personal i rörelse på anstalten och som mest arbetar ca 100 personer. Varje enskild avdelning är alltid bemannad av minst tre vårdare. Detta innebär att det arbetar cirka 15 vårdare inom avgränsningen. Nattetid arbetar endast sex personer på hela anstalten, varav två sitter i centralvakten och fyra patrullerar över hela området i par. Centralvakten är alltid bemannad av minst en person som stannar på sin post oavsett vad som händer.

I besöksrummen får maximalt tre vuxna besökare vistas tillsammans med en intern. Utöver dem får även barn vistas där samtidigt. Besöksavdelningen har vid behov kapacitet att inhysa sex interner i besöksrum omgjorda till boendeceller. På avskildhetsavdelningen sitter internerna inlåsta 23 timmar om dygnet. Varje avskildhetsavdelning har kapacitet att inhysa sex interner. Internerna får inte lov att röra sig fritt inom byggnaden, utan hålls alltid under uppsyn då de befinner sig utanför sina boendeceller. I verkstäderna vistas högst sex interner samtidigt, tillsammans med minst två vårdare.

Alla dörrar på anstalten hålls alltid låsta på grund av säkerhetsskäl. Samtliga fönster där interner vistas är av säkerhetsglas och är ej öppningsbara.

Internerna är tillåtna att röka i sina boendeceller och har därför tillgång till tändstickor eller tändare¹.

¹ Carlstedt, 2006

2.3 Befintligt brandskydd

I detta avsnitt beskrivs befintligt brandskydd², utrymningsstrategi³ samt räddningstjänstens insatsmöjligheter inom avgränsningen.

2.3.1 Detektionssystem

I de delar intagna vistas består brandlarm av adresserbara detektorer utfört som totalskydd (detektorer i varje rum). Detektorer består till störst del av rökdetektorer, men inom våta utrymmen och kök/pentry finns differentialvärmedetektorer installerade och i bastu maximalvärmedetektor. Utlöst brandlarm går till brandlarmcentral i centralvakten. Det drabbade området undersöks av personal innan centralvakten vid behov larmar SOS Alarm. Om brandlarm utlöses i Hus 16 nattetid larmar centralvakten SOS Alarm direkt utan att kontrollera området. Detta görs eftersom inga personer vistas där nattetid samt för att det finns stora mängder brännbart material i verkstäderna.

2.3.2 Utrymningslarm

Utrymningslarm aktiveras på brandlarmscentral av centralvakten. Larm aktiveras husvis beroende på brandhärds lokalitet. I korridorer och husdelar där intagna vistas utgörs utrymningslarmen av optiska larmdon (blixtljus) med rött sken. Inom bostadsdelar finns inga larmdon installerade, detta för att inte skapa panik bland de inlåsta.

2.3.3 Ventilationssystem

Ventilationssystemet är av typ mekanisk från- och tilluft med värmeåtervinning. Från- och tilluftskanaler är gemensamma för flera boendeceller/avskildhetsceller inom samma brandcell. Skydd mot brandgasspridning mellan brandceller är utfört med brandgasspjäll i brandteknisk klass E 60 i både från- och tilluftskanaler. Vid rökdetektion stoppas fläktar och brandgasspjäll stängs automatiskt. Trapphus är utrustade med brandgasventilation som startas manuellt med strömbrytare i trapphusets bottenplan.



Figur 2.2 Brytare för brandgasventilation

2.3.4 Släckutrustning

Handbrandsläckare finns så att de kan nå inom max 25 meter. I korridoren utanför verkstäderna i Hus 16 finns centrumslangrulle. Brandfiltar finns i närhet av utrymningsvägar. Inom fängelseområdet finns ett brandpostnät tillgängligt för räddningstjänsten.

2.3.5 Brandcellsindelning

Brandcellsavdelande byggnadsdelar är utförda i klass EI 60. Varje avskildhetsavdelning utgör egen brandcell. Trapphus, ventilationsschakt, hisschakt och korridorerna utanför avskildhetsavdelningarna utgör egna brandceller. Väggar och dörrar mellan avskildhetsceller och bostadsceller är brandtekniskt klassade, men cellerna utgör inga egna brandceller då

² Bengtson, 2000

³ Kriminalvårdsverket, 2006

genomförningar inte är brandtekniskt klassade samt att de är sammankopplade via ventilationssystem. Se även avsnitt 4.1.

2.3.6 Ytskikt

Ytskikt och material på tak och väggar har de egenskaper som krävs för en Br1-byggnad. Takytorna är därmed utförda med ytskikt B-s1,d0 (klass I) fäst på beklädnad i K₂10/B-s1,d0 (tändskyddande beklädnad) eller på A2-s1,d0 (obrännbart material). Väggytor är utförda i lägst klass C-s2,d0.

2.3.7 Utrymningsvägar

Utrymningsvägar utgörs av brandavskiljda trapphus, via annan brandcell och i vissa fall av ca 1 meter höga luckor vid golvnivå, så kallade "kattluckor" (se Figur 2.4) som måste öppnas utifrån. I samtliga fall finns minst två av varandra oberoende utrymningsmöjligheter. Samtliga dörrar till utrymningsvägar är låsta och kräver att personal med nycklar finns tillgänglig. Bredden på anstaltens dörrar varierar mellan 0,9 m och 1,2 m, men antas inte påverka utrymningsförloppet då få personer utrymmer samtidigt.

2.3.8 Utrymningsstrategi

Vid brand i avdelningen skall personal först tillse att intagna kommer i säkerhet och därefter försöka släcka branden. Antalet intagna skall räknas och räddningstjänsten skall meddelas om någon saknas. Personalen skall även starta brandgasventilation i angränsande trapphus. För att undvika spridning av brandgaser skall dörrar stängas.



Figur 2.3 Utrymningsväg i verkstad

Beroende av situationen kan det krävas att interner utryms en åt gången till olika samlingsplatser. Tungt medicinerade interner kan även orsaka svårigheter och kräva assistans av fler än en personal.

2.3.9 Räddningstjänstens insatsmöjligheter

Anstalten är belägen så att insattiden understiger 10 minuter.⁴ Vid ankomst skall räddningstjänsten mötas upp av personal utanför huvudporten med uppgift att:⁵

- tala om var branden finns,
- beskriva hur man kör för att komma till platsen,
- informera om brandens omfattning,
- informera om läget på anstalten (eventuell upploppsstämning etc.),
- informera om någon saknas efter evakueringen,
- informera om vilka åtgärder som vidtagits,
- förse räddningstjänsten med aktuella nycklar.

⁴ Bengtson, 2000

⁵ Kriminalvårdsverket, 2006

2.3.10 Observationer vid besök

Vid besöket på anstalten observerades att ett antal utrymningsvägar var helt eller delvis blockerade, däribland två av de s.k. kattluckorna. Skyltning av utrymningsvägar bedöms som tillfredställande inom avgränsningen förutom i verkstad 1 där vägledande markering saknades. I verkstaden var även en brandfilt delvis dold bakom en soptunna.

I trapphuset nedanför fläktrummet i hus 14 förvarades två stora skåp, toalettpapper samt flera plaststolar. Trapphuset är utrymningsväg och ska därför inte vara helt eller delvis blockerat.

Samtliga celldörrar samt vissa dörrar mellan brandceller saknade dörrstängare.



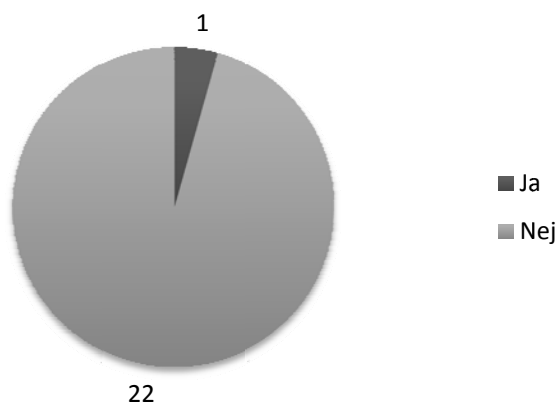
Figur 2.4 Blockerad kattlucka i hus 14

3. Enkätundersökning

På grund av de svåra utrymningsförhållandena på slutna anstalter är det avgörande att personal agerar på ett riktigt sätt vid brand. Därför är det viktigt att personal har god kännedom om byggnadens utrymningsstrategi och är säker på sin roll vid utrymning. Enkätundersökningen syftar till att få en uppfattning om hur KVA Norrtälje arbetar för att utbilda sin personal i ämnet, och hur vårdarna ser på sin kunskap kring ämnet utrymning. Enkäten innehåller även frågor angående hur utrymning av anstalten genomförs i praktiken. Dessa har inkluderats för att kunna utvärdera utrymningsförhållandena på anstalten. Enkäten består av åtta frågor, och besvarades av 23 vårdare. Enkäten återfinns i Bilaga G.

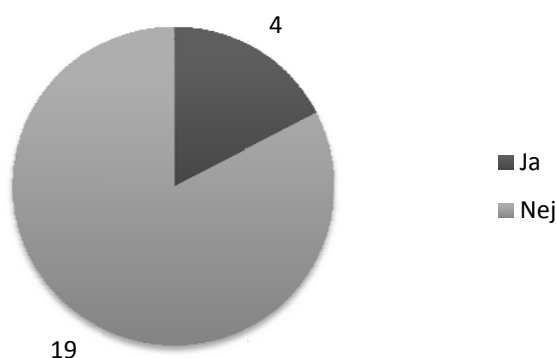
3.1 Resultat

1. Har du deltagit i någon brandutbildning på anstalten?



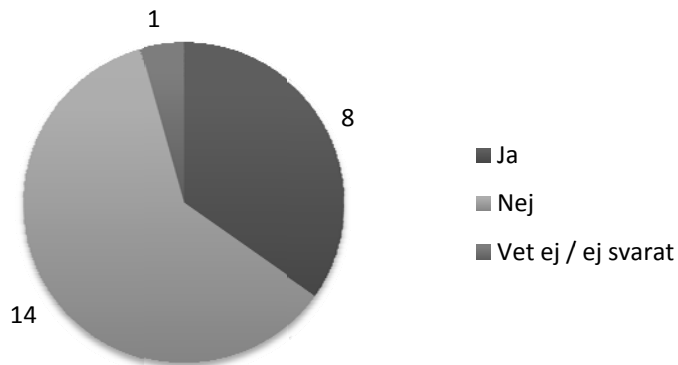
Den vårdare som svarat *ja* på denna fråga, har deltagit i en enda brandutbildning som genomfördes 1993. Denna brandutbildning innehöll bl.a. instruktioner kring användande av handbrandsläckare.

2. Har du deltagit i någon utrymningsövning på anstalten?



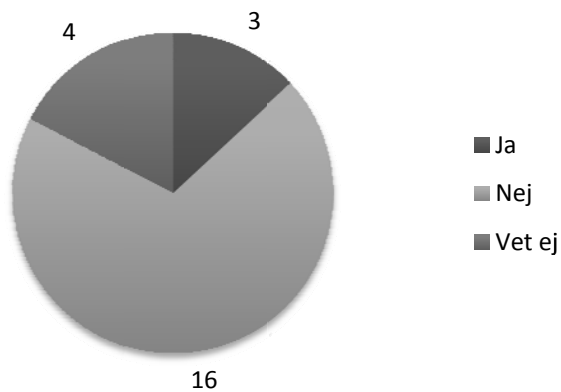
Samtliga fyra som svarade *ja* på denna fråga har varit med på endast en utrymningsövning. Att så få vårdare har erfarenhet av utrymningsövning är mycket anmärkningsvärt. Dock antyds en positiv trend, då alla redovisade övningar har genomförts under 2000-talet.

3. Har du tagit del av utrymningstrategierna för anstalten?



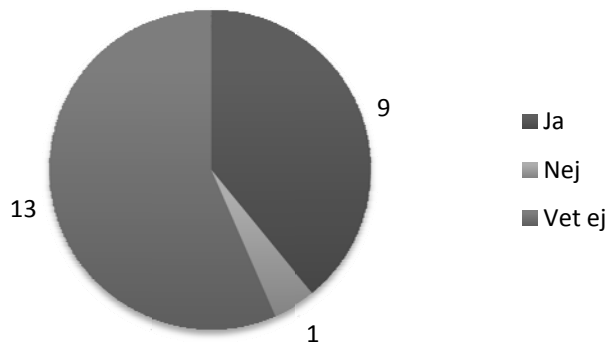
En övervägande del av de tillfrågade har inte tagit del av anstaltens utrymningstrategi. För att utrymning skall kunna ske effektivt, är det viktigt att personal har tydliga direktiv och handlingsplaner för hur de skall agera.

4. Känner du dig säker i din roll vid utrymning?



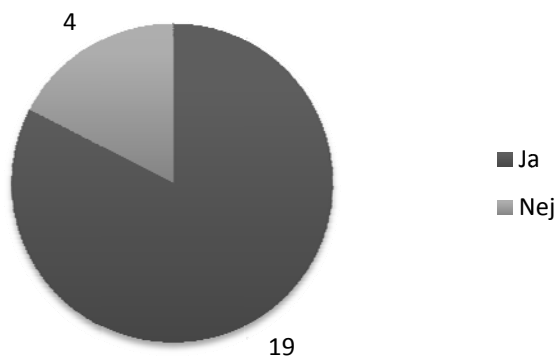
Undersökningen visar att en stor majoritet av vårdarna är osäker i sin roll vid utrymning. En av de tillfrågade kommenterar att han/hon inte är säker på sin roll, då personen i fråga aldrig har deltagit i någon utrymningsövning. Osäkerhet innebär fördröjning av utrymningsförloppet.

5. Tror du att det finns risk för spridning av brandgaser mellan celler vid en mindre brand?



Vid brand i en boendecell på KVA Norrtälje år 2005, spreds brandgaser till närliggande celler. Dock utrymdes interner i de intilliggande cellerna först när räddningstjänst anlände till platsen (se avsnitt 5.1). En förklaring till detta kan tänkas vara bristande kunskap hos personalen angående risken för spridning av brandgaser mellan celler. Cellerna på KVA Norrtälje utgör inte egna brandceller. Det för cellerna gemensamma ventilationssystemet hindrar inte spridning av brandgaser, det finns även brister i genomföringarna mellan cellerna⁶. Resultatet är svårtolkat, men enkätundersökningen visar trots allt att endast en av de tillfrågade tror att det inte finns risk för spridning av brandgaser. De 13 vårdare som svarat *vet ej*, kan dock anses ha bristande kunskaper om det brandtekniska skyddet. En intressant notering är att en av de tillfrågade kommenterar att spridningen av brandgaser mellan celler sker p.g.a. att celldörrarna inte är helt täta.

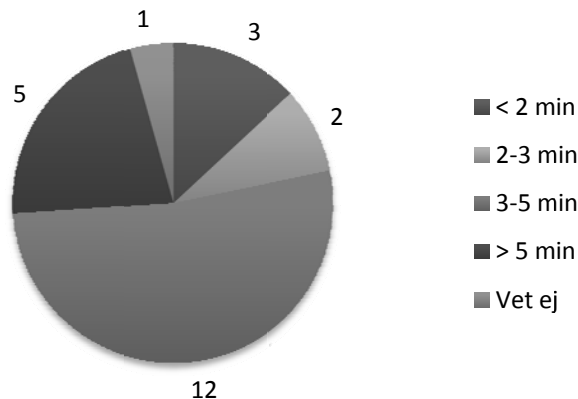
6. Vet du var handbrandsläckare finns?



En majoritet av vårdarna vet var handbrandsläckare finns att tillgå. Insats med handbrandsläckare bör ske vid ett tidigt skede av brandförloppet. Att fort lokalisera en handbrandsläckare är därför avgörande för insatsens resultat. Däremot visar svaren på fråga 1 att endast en av de tillfrågade har deltagit i någon brandutbildning. Vetskap om var handbrandsläckare finns innebär inte per automatik kunskap om hur användande skall ske.

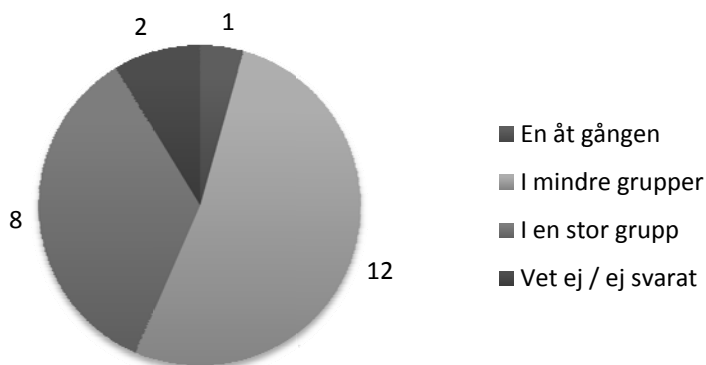
⁶ Arvedahl, 2005

7. Hur lång tid uppskattar du att det tar att utrymma en hel avdelning (sex boendeceller), från det att personal blir larmad tills internerna befinner sig på säker plats?



Enligt kriminalvårdsmyndigheten i Norrtälje överstiger inte tiden mellan aktiverad rökdetektor och fullständig utrymning av hela brandcellen 2-3 minuter⁷. En avdelning sträcker sig inte över mer än en brandcell. Resultatet från undersökningen visar att uppfattningen om utrymningstiden är spridd, men att en övervägande del av vårdarna tror att det tar 3-5 minuter. Giltigheten i detta resultat kan dock anses vara osäker med tanke på hur få av vårdarna som har deltagit i någon utrymningsövning (se fråga 2).

8. Vid utrymning av en hel avdelning, hur förs internerna till säker plats?



En majoritet av de tillfrågade anser att internerna utryms i mindre grupper. Resultatets giltighet är dock osäkert, p.g.a. två huvudsakliga anledningar. Den första är det faktum att endast ett fåtal av de tillfrågade har deltagit i någon utrymningsövning (se resultat fråga 2). Kommentarer på enkäter visar även att en del av de tillfrågade tror att denna fråga avser utrymning av avdelningar med 30 interner. Utrymning av en sådan avdelning skiljer sig mycket, från utrymning av de avdelningar som denna rapport avser, på grund av ett större antal interner och mindre medicinering.

⁷ Bengtson, 2000

4. Dimensionerande kriterier

I detta avsnitt redogörs för de lagar och föreskrifter som gäller för det brandtekniska skyddet samt kritiska förhållanden för utrymning.

4.1 Lagar och föreskrifter

Det brandtekniska skyddets utformning bestäms av lagar och förordningar. Beroende av byggnaders utformning, verksamhet och utrymningsmöjligheter indelas de i klasserna Br1, Br2 och Br3. Br1 är den klass som ställer högst krav på det brandtekniska skyddet. Krav för slutna anstalter omnämns bristfälligt i befintliga lagar och förordningar.

Boverkets Byggregler (BBR), avsnitt 5 behandlar byggnaders brandskydd. Den typ av verksamhet som närmst kan jämföras med slutna anstalter är vårdanläggningar, vilka i BBR sägs ha "särskilda förutsättningar" med avseende på utrymning. Eftersom intagna vid slutna anstalter inte har någon möjlighet att utrymma själva bör högre krav dock ställas. Finns det stor risk för personskador vid brand skall byggnaden utföras i Br1 enligt BBR. Vid bedömning av hur stor risken för personskador är skall utrymningsmöjligheterna beaktas. Utrymningsmöjligheterna för slutna anstalter försvåras starkt av det faktum att dörrar i utrymningsvägar hålls låsta. I BBR ges även rådet att byggnader med två eller fler våningsplan vilka är avsedda för personer med svårigheter att själva sätta sig i säkerhet bör utföras i Br1.⁸ De områden av KVA Norrtälje som denna rapport omfattar, har delvis tre våningsplan över mark. I enlighet med detta har samtliga lokaler projekterats med de krav som gäller för en Br1-byggnad.⁹

Slutna anstalter, Referens och erfarenhetsdokumentation för utformning av slutna anstalter (SA), är en rekommendation utgiven av Specialfastigheter Sverige AB samt Kriminalvårdsstyrelsen. Enligt SA skall slutna anstalter lägst utföras i Br2, och i överensstämmelse med BBR skall slutna anstalter med fler än ett våningsplan utföras i klass Br1. Vidare säger SA att ytskikt på väggar utförs i klass C-s2,d0 (klass II), ytskikt i tak i klass B-s1,d0 (klass I) och ytskikt på både väggar och tak i utrymningsvägar utförs i klass B-s1,d0 (klass I). Brandcellsavgränsande väggar och bjälklag utförs i klass EI 60, medan dörrar och mindre partier utförs i klass EI 30. SA ställer även krav på brandtekniskt klassad avskiljning mellan bostadsrum inom samma brandcell. Varje boendecell skall avskiljas från övriga utrymmen i klass E 30. Däremot behöver ventilationen mellan bostadsrum och övriga utrymmen endast avsevärt försvåra brand och brandgasspridning.¹⁰ KVA Norrtälje uppfyller dessa rekommendationer angående ytskikt och brandtekniskt avskiljande byggnadsdelar (se avsnitt 2.3).

För att utrymning skall kunna ske inom kort tid skall bostadsrum och andra utrymmen vilka används för övernattning vara utrustade med heltäckande automatiskt brandlarm och utrymningslarm utformat enligt riktlinjer. Dessutom säger SA att det är viktigt att anstalten har god planering och kontinuerligt genomför brandövningar. Sedan Lagen (2003:778) om skydd mot olyckor trädde i kraft årsskiftet 2003/2004 har mer ansvar över brandskyddet lagts på fastighetsägare. Lagen och dess tillämpning innebär också att slutna anstalter skall bedriva ett Systematiskt Brandskyddsarbete (d.v.s. bedriva förebyggande brandskyddsverksamhet).¹¹

⁸ Boverket, 2002

⁹ Bengtson, 2000

¹⁰ Nilsson, 2005

¹¹ Nilsson, 2005

4.2 Kritiska förhållanden vid utrymning

Vid dimensionering av utrymningssäkerheten får förhållandena i byggnaden inte bli sådana att gränsvärdena för kritiska förhållanden överskrids under den tid som behövs för utrymning. Vid värdering av kritiska förhållanden bör siktbarhet, värmestrålning, temperatur, giftiga gaser samt kombinationer av dessa beaktas. Följande råd kan normalt tillämpas¹²:

Siktbarhet:	Avståndet mellan golvet och brandgaslagret får inte vara lägre än $1,6 + (0,1 \times H)$ meter, där H är rumshöjden, eller en siktsträcka på minst 10 meter i okänd miljö och minst 5 meter i känd miljö (bostäder och kontor).
Värmestrålning:	Maximal strålningsintensitet på $2,5 \text{ kW/m}^2$ eller kortvarig strålningsintensitet på max 10 kW/m^2 .
Temperatur:	Högst 80 °C lufttemperatur
Toxicitet: ¹³	Kolmonoxid (CO): < 2000 ppm Koldioxid (CO ₂): < 5 % Syre (O ₂): > 15 %

4.3 Utrymning

Det finns två metoder att dimensionera brandskyddsprojektering efter *Förenklad dimensionering* och *Analytisk dimensionering*.¹⁴ Det första innebär att byggnaden följer Boverkets rekommendationer. Om dessa inte uppfattas som lämpliga för det aktuella objektet kan analytisk dimensionering användas för att verifiera säkerheten. Analytisk dimensionering är också godkänd enligt Boverket. Denna kan baseras på beräkning, provning eller objektsspecifika försök, samt kombinationer av dessa. Simuleringar av utrymningens händelseförlopp jämförs med ett tänkbart brandförlopp. Tiden för utrymning skall understiga tiden till det att branden orsakat kritiska förhållanden. Även en kvalitativ analys med ett logiskt resonemang kan ingå som en del av den analytiska dimensioneringen. Då personer på KVA Norrtälje är inlåsta måste analytisk dimensionering tillämpas i denna rapport.

4.3.1 Utrymningsförloppet¹⁵

Den beräknade utrymningstiden delas normalt upp i tre faser, *varseblivning*, *beslut och reaktion* samt *förflyttning*. Kriteriet för säker utrymning kan således beskrivas med uttrycket:

$$tid_{kritiska\ förhållanden} > tid_{varseblivning} + tid_{beslut\ \&\ reaktion} + tid_{förhållanden}$$

Varseblivningstid är den tid som förflyter fram till att personen upptäcker att något onormalt inträffat. Denna beror normalt på vilken typ av utrymningslarm som finns samt på om branden kan ses eller inte. Om ett automatiskt brandlarm finns installerat kan den teoretiska aktiveringstiden för en detektor beräknas utifrån en given brandtillväxt. Denna tid kan användas som varseblivningstid.

¹² Boverket, 2002

¹³ Brandteknik, 2005

¹⁴ Boverket, 2006

¹⁵ Boverket, 2006

Besluts- och reaktionstiden består av tiden som går åt för att personen ska förstå att det brinner, lyssna på utrymningslarm, hjälpa andra att utrymma, förbereda sig, försöka bekämpa branden med mera. Besluts- och reaktionstiden beror även på om personerna är vakna och medvetna om vad som sker omkring dem. Hotell, restauranger, danslokaler och vårdanläggningar är exempel på platser där personer kan vara sovande eller på annat sätt ha sämre förutsättningar för att reagera snabbt. För den typen av verksamhet måste längre reaktionstider förutsättas.

Förflyttningstiden beror på hur personerna är fördelade i lokalen, vilka personer det är frågan om, deras hjälpbehov, förmåga att förflytta sig med mera. Dessutom påverkas gånghastigheten av yttre faktorer som belysningsnivå och vägledande markeringar. Förflyttningstiden kan beräknas för hand med enkla formler eller med hjälp av datormodeller.

5. Val av brandscenarier

För att kunna välja troliga och representativa brandscenarier har samtliga lokaler i de byggnader som ingår i denna rapport utvärderats. Tidigare tillbud har studerats och sannolikheten för brand samt konsekvensen av brand har varit avgörande vid val av brandscenarier.

5.1 Tidigare bränder på KVA Norrtälje

På morgonen den 31 augusti 2005 utbröt en misstänkt anlagd brand i en boendecell på plan 1 i hus 14. Branden detekterades av en rökdetektor i boendecellen, varpå centralvakten larmade SOS Alarm. Cirka sex minuter därefter anlände Norrtälje räddningstjänst till anstalten och påbörjade släckinsatsen.¹⁶ Vid räddningstjänstens ankomst var internen i den drabbade cellen utrymd, men det visade sig att det fortfarande fanns internen kvar på avdelningen. Brandens utbredning begränsades till internens säng och intilliggande vägg, medan brandgaser spreds sig till korridor och övriga boendeceller. Enligt uppgift ”vällde det ut rök” ur den drabbade boendecellen då kriminalvårdens personal utrymde internen, men även räddningstjänstens släckinsats bör ha bidragit till spridning av brandgaser till korridor. Brandgasspridningen till de övriga boendecellerna var liten, och misstänks ha skett via ett tekniskt utrymme med otäta genomföringar mellan cellerna. När branden var släckt och hela avdelningen utrymd, avslutade räddningstjänsten sin insats genom att ventilerade med fläktar. Resultatet av branden blev att den intagne som vistades i cellen samt två kriminalvårdare fördes till sjukhus för vård av rökskador.¹⁷

Ytterligare en brand har inträffat på KVA Norrtälje inom det avgränsade området, dock saknas dokumentation. Branden uppstod i verkstad 1 i hus 16, och orsakades av att en trasa med linolja självantände. Tillbudet skedde nattetid, då ingen vistas i utrymmet, varpå larmet kopplades direkt till SOS Alarm. Släckinsatsen gick problemfritt med undantag av att räddningstjänsten upplevde att dörrarna in till verkstaden var svåröppnade.¹⁸



Figur 5.1 Den brandhärjade cellen på besöksavdelningen

¹⁶ Granberg, 2005

¹⁷ Arvedahl, 2005

¹⁸ Carlstedt, 2006

5.2 Möjliga scenarier

Vid val av scenarier har för varje utrymme sannolikheten för brand och konsekvensen av brand varit avgörande.

Sannolikhet – sannolikheten att en brand uppstår i lokalen. Sannolikheten för att brand ska uppstå beror på flera faktorer, en av dessa är personnärvaro. Med personnärvaro avses hur ofta det finns personer i lokalen. Sannolikheten för brand bedöms vara större i de utrymmen där människor vistas ofta på grund av den mänskliga faktorn. Vårdare och interner vistas betydligt mer i vissa utrymmen inom anstalten än i andra, därmed bedöms risken för brand vara större i dessa. Dock kan en hög personnärvaro även medföra större chans för en första släckinsats. Detta har inte tagits hänsyn till i denna rapport eftersom det fortfarande finns risk för att släckinsats misslyckas och att branden fortsätter tillväxa. Sannolikheten för brand påverkas även av vad för verksamhet som bedrivs i lokalen, samt hur mycket lättantändligt material det finns.

Konsekvens – konsekvensen, med avsikt på personskador, av att en brand får utvecklas i lokalen. Konsekvensen av brand är starkt beroende av resultatet av utrymning. Utrymning försvåras kraftigt när fångar är inlåsta i sina celler. Utrymning påverkas även av antalet interner inom utrymmet samt avstånd till säker plats. Vid bedömning av utrymning tas även hänsyn till att branden kan blockera utrymningsvägar för andra lokaler. En annan avgörande faktor för konsekvensen av brand är brandbelastningen. Med brandbelastning avses mängden brännbart material i förhållande till lokalens yta.

I Tabell 5.1 redovisas de ovan beskrivna faktorerna, för samtliga utrymmen inom den gjorda avgränsningen. Resultatet grundar sig på en sammanvägning av insatsstatistik från Räddningsverket¹⁹ och författarnas ingenjörsmässiga bedömningar. Faktorerna i tabellen är rangordnade i tre steg; *låg*, *mellan* och *hög*, samt i utrymningsfallet *lätt*, *medel* och *svår*.

Tabell 5.1 Tabell för möjliga scenarier i händelse av brand

Lokal	Personnärvaro	Brandbelastning	Utrymning	Sannolikhet	Konsekvens
HUS 14					
Andaktsrum	Låg	Mellan	Lätt	Mellan	Låg
Besökslägenhet	Mellan	Hög	Svår	Låg	Hög
Boendecell	Hög	Hög	Svår	Hög	Hög
Tvättrum	Låg	Mellan	Lätt	Mellan	Låg
Kök/Matrum	Låg	Mellan	Lätt	Mellan	Låg
Grupprum	Låg	Mellan	Lätt	Låg	Låg
Textilrum	Låg	Mellan	Lätt	Låg	Mellan
Avskildhetscell	Hög	Hög	Svår	Hög	Hög
Personalrum	Hög	Hög	Mellan	Mellan	Mellan
Samtalsrum	Mellan	Mellan	Lätt	Låg	Låg
Fläktrum	Låg	Låg	Lätt	Låg	Låg
HUS 15					
Elrum	Låg	Låg	Lätt	Mellan	Låg
Avskildhetscell	Hög	Hög	Svår	Hög	Hög
Personalrum	Hög	Hög	Mellan	Mellan	Mellan
Samtalsrum	Mellan	Mellan	Lätt	Låg	Låg
HUS 16					
Verkstad 1	Mellan	Hög	Lätt	Mellan	Mellan
Verkstad 2	Mellan	Hög	Lätt	Mellan	Mellan
Motionsrum	Mellan	Mellan	Lätt	Låg	Låg

¹⁹ Räddningsverket, 2006

5.3 Valda scenarier

Genom utvärdering av innehållet i Tabell 5.1 har fyra brandscenarier valts ut. Stor hänsyn har framförallt tagits till hur utrymningen försvåras samt hur väl de valda scenarierna kan representera övriga lokaler i byggnaden. De fyra valda scenarierna anses representera de värsta troliga brandscenarierna inom den gjorda avgränsningen.

5.3.1 Scenario 1: Brand i boendecell på besöksavdelning

Ett av de valda scenarierna är brand i boendecell på besöksavdelningen i hus 14. Det finns en stor risk att intagna anlägger brand i sin cell. Under åren 1996-2002 var 134 av 234 brandtillbud på anstalter anlagda.²⁰ På anstalten har det dessutom varit en misstänkt anlagd brand i cell år 2005 som resulterade i personskador (se avsnitt 5.1). De intagna har även tillgång till tändare vilket ytterligare gör detta scenario troligt. Utrymning av celler försvåras av det faktum att samtliga intagna är inlåsta. Konsekvensen av en brand i cell blir väldigt beroende på hur lång tid det tar för vårdarna att ta sig till den berörda cellen eller avdelningen. Cellens storlek gör också att kritiska förhållanden snabbt kommer att uppnås.

5.3.2 Scenario 2: Brand i avskildhetscell

Trots att brand i avskildhetscell har många likheter med brand i boendecell, kommer även scenariot brand i avskildhetscell att utvärderas p.g.a. den försvårade utrymningsituationen. Scenarier med inlåsta interner är de mest intressanta med avseende på utrymningsproblematik.

5.3.3 Scenario 3: Brand i personalrum på avskildhetsavdelning

Personalrummet som innehåller både ett mindre kök och en kontorsdel har en hög brandbelastning. Statistik från Räddningsverket visar att spis är ett vanligt förekommande startföremål vid brand.²¹ Dessutom rör det sig mycket människor i personalrummet under dagen och den mänskliga faktorn gör sannolikheten för uppkomst av brand hög, t.ex. i samband med matlagning. I stora delar av anstalten har vårdarna konstant kontakt med de intagna och måste därför vara uppmärksamma. I personalrummet är miljön mer avslappnad vilket kan medföra att fler misstag begås. Vidare ger personalrummets placering en risk för spridning av brand och brandgaser till den anslutande korridoren. Detta är allvarligt då korridoren utgör utrymningsväg för de i avskildhetscellerna inlåsta internerna.

²⁰ Nilsson, 2005

²¹ Räddningsverket, 2006

5.3.4 Scenario 4: Brand i verkstad

Sannolikheten att brand uppstår i verkstad bedöms vara hög, vilket bl.a. motiveras av att brandtillbud har inträffat (se avsnitt 5.1). I verkstäderna finns brännbara vätskor och elektriska verktyg och brandbelastningen är mycket hög. Det är också ett av de utrymmen i anstalten där ett flertal personer vistas, vilket innebär att påverkan från den mänskliga faktorn ökar.



Figur 5.2 Verkstaden

5.4 Likvärdiga scenarier

Vid besök på objektet studerades tillgängliga lokaler inom avgränsningen. På grund av objektets natur som kriminalvårdsanstalt fanns inte möjlighet att besöka samtliga lokaler. Flera lokaler i byggnaden kan dock jämföras i brandavseende. Ur utrymnings- och brandspridningssynpunkt är var och en av cellerna jämförbara med alla andra inom samma avdelning. I hus 14 har den stora besökslägenheten en något högre brandbelastning än de små, men sannolikheten för brand bedöms vara större i de små boendecellerna. Detta baseras på antagandet att då även besökande personer vistas i besökslägenheten är sannolikheten för anlagd brand liten. Därför får ett eventuellt scenario i besökslägenheten representeras av scenariot i boendecell.

Samtliga avskildhetsavdelningar kan jämföras med varandra, då de är i det närmaste identiska. Även här är cellerna, inom en enskild avdelning, jämförbara med varandra ur utrymnings- och brandspridningssynpunkt. Detta innebär att scenariot *brand i avskildhetscell* är representativt för samtliga avskildhetsceller. Dock har en brand i avskildhetsavdelningens personalrum andra förutsättningar, och måste därför representeras av ett eget scenario.

Övriga utrymmen inom avgränsningen såsom tvättstugan, matrummet, andaktsrummet samt alla grupp- och samtalsrum är lokaler där intagna endast vistas tillsammans med vårdare. Då tillgången och närheten till utrymningsvägar och personal i dessa lokaler är jämförbara med förhållandena i verkstaden kan lokalerna representeras av scenariot i verkstaden. Brandbelastningen i dessa utrymmen är dessutom mindre än i verkstaden. Av samma anledning representeras motionsrummet av scenariot i verkstaden.

6. Brandscenarier

I detta avsnitt redovisas förutsättningarna och resultaten för de fyra valda brandscenarierna.

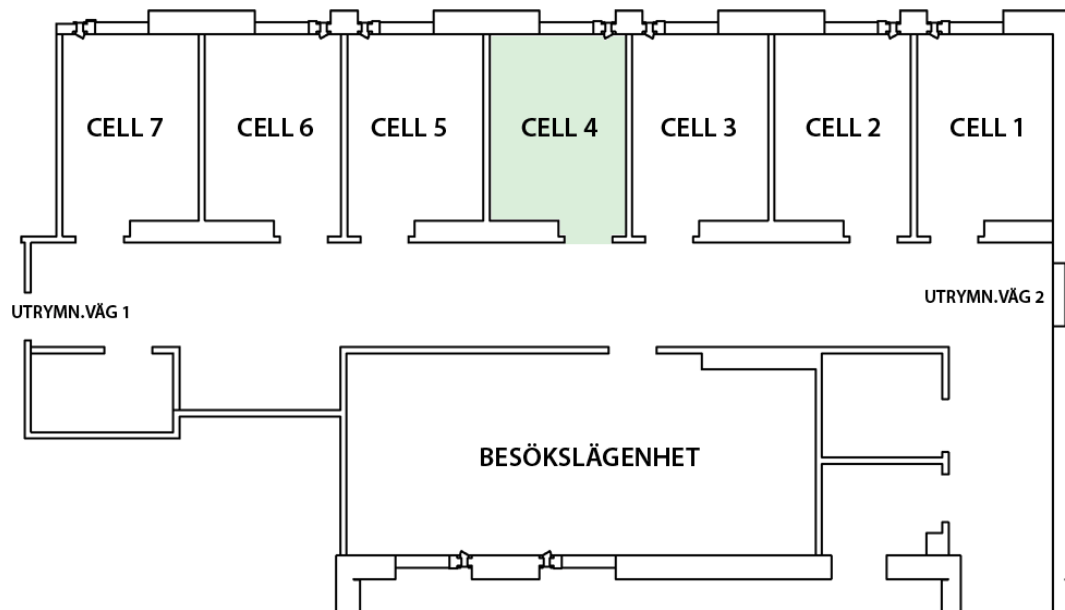
6.1 Scenario 1: Brand i boendecell på besöksavdelning

Branden antas vara anlagd och starta i madrassen. Tändkällan utgörs av papper som antänds med tändstickor eller tändare. För att få största möjliga ventilation, vilket medför högre effektutveckling, förutsätts att vädringsluckan i cellen är öppen. Om scenariot inträffar nattetid finns endast sex vårdare i tjänst. Sex av de sju cellerna antas vara belagda då en cell alltid är obelagd för att kunna användas som besöksrum. På grund av liten tillgång till personal och medicinerade interner försvåras utrymningen. Två vårdare antas anlända 90 sekunder efter detektion (se Bilaga D), öppna den låsta celldörren och låta denna stå öppen. Detta då branden på psykiatriska avdelningen på Sigfridsområdet i Växjö visar att vårdare lätt kan glömma att stänga dörren vid det tumultartade förhållande som uppstår vid brand.²² Då cellen är liten och utrustad med rökdetektor kommer detektion ske snabbt eftersom madrassen utvecklar mycket brandgaser. Branden som simulerats i CFAST (se Bilaga E) antas även tillväxa utan förbrinntid, därför sätts detektionstiden till samma tidpunkt som branden börjar tillväxa.



Figur 6.1 Bilder från cell

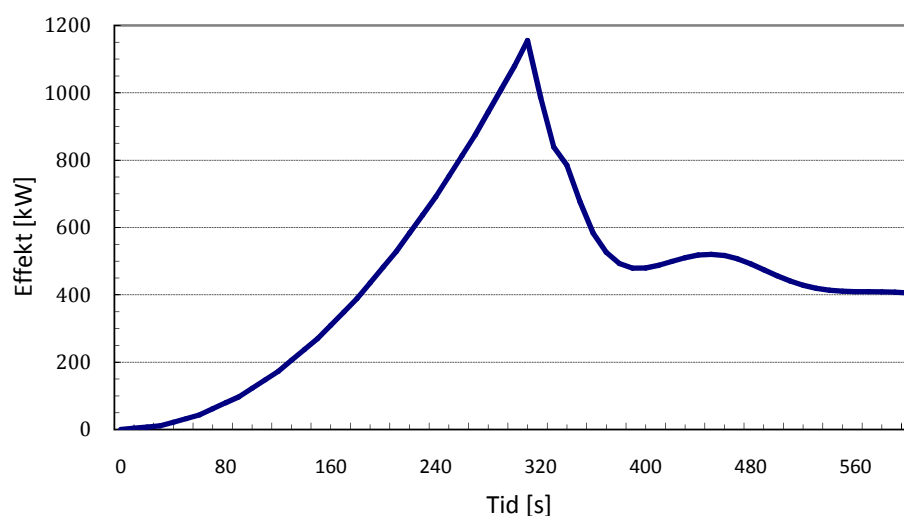
²² Nilsson, 2005



Figur 6.2 Överblicksbild över boendecellerna med brandrummet markerat

6.1.1 Dimensionerande brand

För resonemang kring framtagande av effektkurva, se Bilaga A.1. Den framtagna effektkurvan har simulerats i CFAST. Förenklingar och antaganden redovisas i Bilaga E.



Figur 6.3 Effektkurva för boendecell enligt CFAST

Enligt Bilaga A.1 tillåter inredningen i cellen en effektutveckling på 2,3 MW och ventilationen även den en maximal effektutveckling på 2,3 MW. Effektkurvan enligt CFAST uppgår dock endast till 1,2 MW för att sedan avta. Denna skillnad beror på att ventilationsberäkningarna är gjorda med antagandet att frisk luft strömmar in i rummet från korridoren. CFAST visar dock att brandgaslagret i korridoren når ända ner till golvet efter ungefär sex minuter (se Tabell 6.1). Att effekten då avtar istället för att tillväxa verkar därmed rimligt.

6.1.2 Tid till kritiska förhållanden

Gränsvärden för kritiska förhållanden redovisas i avsnitt 4.2. Den kritiska nivån för brandgaslagrets höjd är 1,9 meter i cellen och korridoren. Simulering i CFAST gav tider till kritiska förhållanden enligt Tabell 6.1. Sikten i brandgaslagret blir nästan omedelbart obefintlig p.g.a. den kraftiga sotutvecklingen från madrassen. Därför blir brandgaslagrets höjd den dimensionerande faktorn för när kritiska förhållanden uppnås.

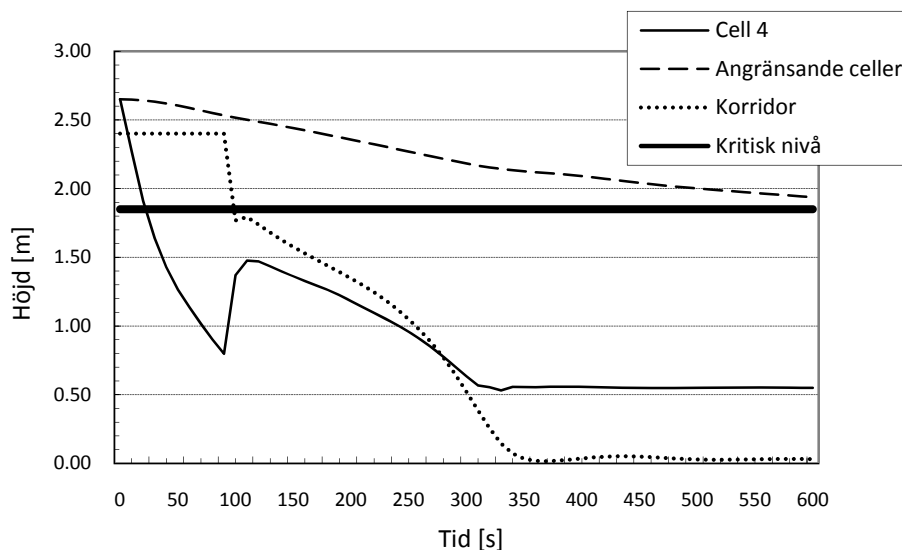
Tabell 6.1 Tider tills kritiska förhållanden uppnås beroende på olika faktorer. Temperatur, toxicitet och sikt avser zonen under brandgaslagret

	Brandgaslagrets höjd	Temperatur	Strålning	Toxicitet	Sikt
Cell 4	½ min	5 ½ min	1 min	6 min (Syre)	1 ½ min
Korridor	1 ½ min	-	-	-	6 min

Kritiska förhållanden uppstår väldigt snabbt i den brandhärjade cellen. Gränsvärden för brandgaslagrets höjd och strålningsintensitet uppnås innan vårdare öppnar dörren oavsett om scenariot inträffar dagtid eller nattetid. Kort efter att dörren öppnats inträffar kritiska förhållanden i korridoren på grund av brandgaslagrets höjd. Tillåts dörren stå öppen i 40 sekunder, vilket kan anses vara den tid det tar att dra ut en intern baserat på försök gjorda av författarna, ger CFAST ett brandgaslager med en temperatur på över 80 °C på 1,7 meters höjd. På grund av begränsningar gällande längd- och breddförhållande i CFAST (se Bilaga E.4) har korridoren delats upp i tre delar. Det som i Tabell 6.1 benämns ”korridor” är den del som ligger närmast den brandhärjade cellen. Övriga delar angränsar till denna.

Brandgaslagrets höjd i dessa delar följer ungefär samma kurva med en liten förskjutning i tid. Läckorna mellan cellerna (se Bilaga E.5.1) medför att brandgaser sprids till de angränsande cellerna. I de två närmast angränsade cellerna sjunker brandgaslagret lika snabbt, men kritisk nivå uppnås aldrig i dessa. Resultaten från CFAST har endast analyserats för omnämnda delar då resultaten blir mindre tillförlitliga längre bort från brandrummet. Eftersom brandgaserna kyls ju längre bort de kommer från brandrummet är det sannolikt att ingen tydlig skiktning av brandgaser uppstår där. Risken med detta är att människor inte uppfattar faran av toxiska gaser när brandgasernas temperatur är låg och inte syns lika tydligt. Samma resonemang gäller för samtliga scenarier i rapporten.

Tid till kritiska förhållanden i korridoren beror helt på när celldörren öppnas. I detta scenario inträffar kritiska förhållanden cirka tio sekunder efter att dörren öppnats.



Figur 6.4 Brandgaslagrets nivå och kritisk höjd för utrymning vid brand i boendecell

6.1.3 Utrymning

Utrymning har simulerats med ERM. För beskrivning och motivering av tider och antaganden, se Bilaga D. Fyra simuleringar, A-D, med olika förutsättningar gällande utrymningsvägar och tillgänglig personal har genomförts.

Inträffar scenariot nattetid finns endast sex vårdare på anstalten och fyra är tillgängliga för utrymning. Två av vårdarna antas anlända 90 sekunder efter detektion av branden. Två vårdare till antas anlända efter ytterligare 30 sekunder. Tillsammans hjälps dessa fyra åt att utrymma avdelningen. En av de resterande vårdarna stannar i centralvakten och den andra möter upp räddningstjänst. Varje intagen utryms i simuleringarna en och en via samma utrymningsväg till säker plats. Anledningen till detta är att de intagna ofta är medicinerade och att detta är ett vanligt förfarande på slutna anstalter²³. I ERM har internerna fått olika status vilket innebär att vissa behöver mer assistans vid utrymning. Hälften av internerna har förutsatts vara medicinerade och har därför längre reaktions- och förflyttningstid. Internen som anlagt branden antas ta ytterligare längre tid att utrymma. I simulering A sker all utrymning via utrymningsvägen till angränsande brandcell, utrymningsväg 1 i Figur 6.2. Utrymda interner måste vaktas av minst en vårdare, och alla utryms till samma plats. Utrymning till endast den högra utrymningsvägen bedöms ta lika lång tid som i det simulerade fallet då de geometriska förhållandena praktiskt taget är likadana. I simulering B är förutsättningarna identiska, förutom att utrymning sker genom de båda tillgängliga utrymningsvägarna. Tid för avslutad utrymning av hela avdelningen i båda fallen är enligt ERM cirka fyra minuter.

I simulering C och D har sex vårdare, en för varje intagen, varit tillgängliga för utrymning. Dessa förutsättningar kan liknas vid ett brandscenario dagtid, då det finns mycket personal på avdelningen. Den personal som är först på plats antas då anlända redan 20 sekunder efter detektion. Internerna har även getts en snabbare reaktionstid då de inte förutsätts sova under dagen. Simuleringar har gjorts med en utrymningsväg i simulering C och med två utrymningsvägar i simulering D. I båda fallen blev utrymningstiden cirka två minuter.

²³ Nilsson, 2005

Tabell 6.2 Tid till utrymning i fall A-D

Scenario	A	B	C	D
Förutsättningar	Natt En utrymn.väg	Natt Två utrymn.vägar	Dag En utrymn.väg	Dag Två utrymn.vägar
Tid (minuter)	4	4	2	2

6.1.4 Slutsats

Kritiska förhållanden uppstår i den brandhärjade cellen på grund av brandgaslagrets höjd samt strålningsintensitet redan innan vårdare anländer oavsett om scenariot inträffar dagtid eller nattetid. Detta beror mycket på materialet som brinner. Madrassen är av höglastisk polyeter som utvecklar mycket tjock svart brandgas. Cellen är även väldigt liten och fylls således snabbt av brandgaser. Enligt tidigare tillbud på anstalten finns risk för spridning mellan cellerna via teknikutrymmen med otäta genomföringar.²⁴ Utan hänsyn tagen till brandgasspridning via ventilationssystemet uppstår inte kritiska förhållanden i intilliggande celler, men ett relativt tjockt brandgaslager bildas dock. Då temperaturen i brandgaslagret inte är speciellt hög finns risk att omblandning sker och att sikten blir kritisk. Snabbt efter att dörren öppnats till den brandhärjade cellen uppstår kritiska förhållanden i korridoren på grund av brandgaslagrets höjd. Vårdarnas förutsättningar att rädda internen i cellen kan diskuteras, då brandgaslagrets höjd där understiger en meter efter 90 sekunder.

Toxiciteten som beräknas i CFAST tar hänsyn till syre, koldioxid och kolmonoxid. Som regel antas kolmonoxid och vätecyanid vara de ämnen som orsakar dödsfall vid bränder.

Undersökningar efter branden på Sigfridsområdet i Växjö visar att skummadrasser och golvmattor i PVC kan ge upphov till ett flertal giftiga ämnen om de antänds.²⁵ Golvmattan i cellen har observerats vara av plastmaterial och skulle därmed kunna delta i branden och ge upphov till dessa giftiga ämnen. Då ingen utförligare information om golvmaterialet funnits har inga beräkningar av dessa koncentrationer gjorts. Att personal och intagna kan utsättas för dessa giftiga ämnen bör dock uppmärksammas i alla scenarier.

Simulerad tid för utrymning nattetid överstiger tiden till kritiska förhållanden med drygt två minuter. De antagna tider ERM baserar sina beräkningar på förutsätter dessutom att utrymningen går felfritt och att vårdarna är säkra på sin roll vid brand. Vid den stressituation som utrymning innebär och med den osäkerhet som vårdarna känner inför detta (se avsnitt 3) kan utrymning antas ta ännu längre tid.

Dagtid finns bättre förutsättningar för att lyckas med utrymningen då det finns mer personal tillgänglig för att hjälpa till. Någon säkerhetsmarginal finns dock ej. Utrymning dagtid beräknas genom simuleringar ta cirka två minuter, vilket stämmer överrens med den tid som anstalten själva uppskattar att utrymning tar. Dagtid är personalen närmare cellen och kan därmed utrymma den brandhärjade cellen innan branden hunnit tillväxa och på så sätt begränsa brandgasspridning till korridoren.

Observera att de tider som redovisas från ERM och CFAST inte är några exakta tider då simuleringarna gjorts med en rad förenklingar och antaganden. Redovisade tider kan endast användas som riktvärden.

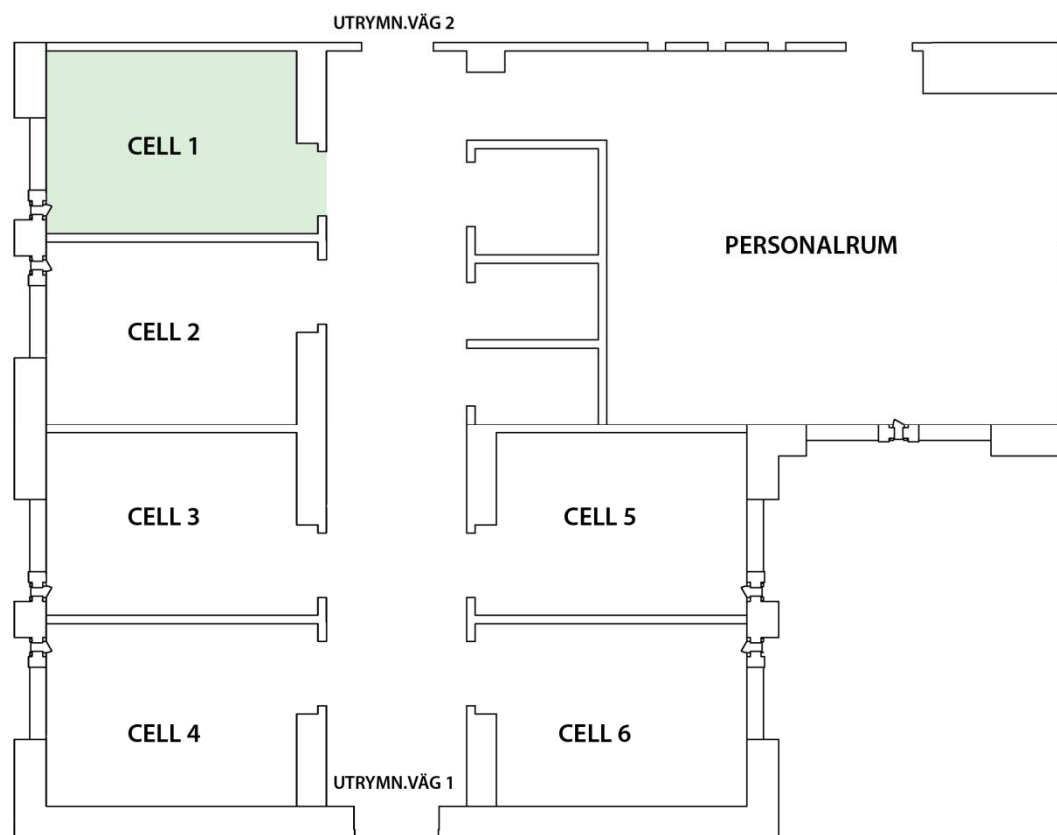
²⁴ Arvedahl, 2005

²⁵ Hertzberg, 2005

6.2 Scenario 2: Brand i avskildhetscell

Trots att detta scenario är näst intill identiskt med scenario 1 simuleras även detta scenario på grund av viss skillnad i förutsättningarna för utrymning.

Branden antas vara anlagd och starta i madrassen. Tändkällan kan utgöras av papper som antänds med tändstickor eller tändare. För att få största möjliga ventilation, vilket medför högre effektutveckling, förutsätts att vädringsluckan i cellerna är öppna. Nattetid är endast sex vårdare i tjänst. På grund av liten tillgång till personal och medicinerade interner försvåras utrymningen nattetid. Två vårdare antas anlända 90 sekunder efter detektion (se Bilaga D) öppna den låsta celldörren och låta denna stå öppen. Branden på psykiatriska avdelningen på Sigfridsområdet i Växjö visar att vårdare lätt kan glömma att stänga dörren vid det tumultartade förhållande som uppstår vid brand.²⁶ Då ingen hänsyn tas till förbrinntid sätts detektionstiden till samma tidpunkt branden börjar tillväxa. Samtliga sex celler antas vara belagda.

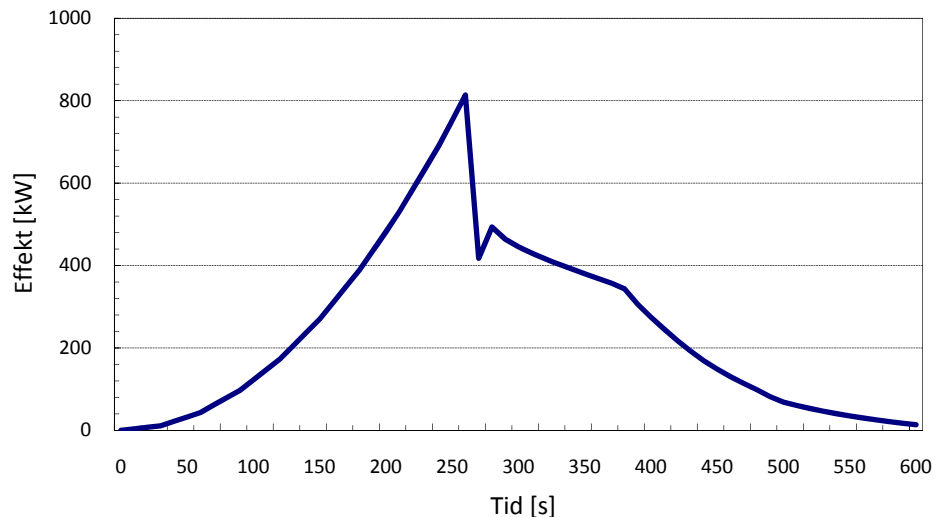


Figur 6.5 Överblicksbild över avskildhetscellerna med brandrummet markerat

6.2.1 Dimensionerande brand

För resonemang kring framtagande av effektkurva, se Bilaga A.2. Den framtagna effektkurvan har simulerats i CFAST.

²⁶ Nilsson, 2005



Figur 6.6 Effektutveckling enligt CFAST för brand i avskildhetscell

Enligt bilaga A tillåter inredningen i cellen en effektutveckling på 2,1 MW och ventilationen en maximal effektutveckling på 2,3 MW. Effektkurvan enligt CFAST uppgår dock endast till drygt 0,8 MW för att sedan avta. Detta har samma förklaring som för effektutvecklingen i boendecellen. Att effektutvecklingen är ännu mindre i detta fall trots samma storlek på cell och celldörr beror på att korridoren är mindre. CFAST visar att brandgaslagret i korridoren når ända ner till golvet efter mindre än 300 sekunder (se Figur 6.7). Att effekten då avtar istället för att tillväxa verkar därmed rimligt.

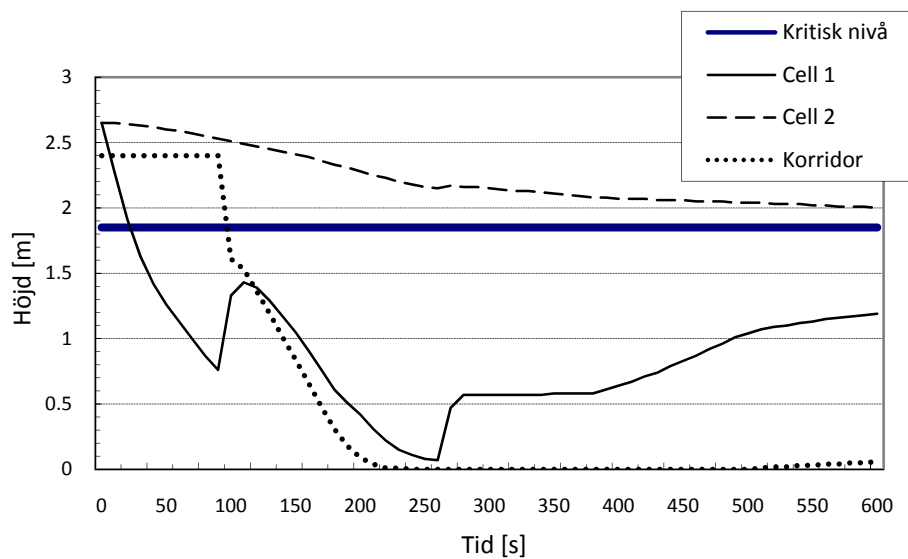
6.2.2 Tid till kritiska förhållanden

Gränsvärden för kritiska förhållanden redovisas i avsnitt 4.2. Den kritiska nivån för brandgaslagrets höjd är 1,9 meter i cellen och korridoren. Simulering i CFAST gav tider till kritiska förhållanden enligt Tabell 6.3. Sikten i brandgaslagret blir nästan omedelbart obefintlig p.g.a. den kraftiga sotutvecklingen från madrassen. Därför blir brandgaslagrets höjd den dimensionerande faktorn för när kritiska förhållanden uppnås.

Tabell 6.3 Tider tills kritiska förhållanden uppnås beroende på olika faktorer. Temperatur, toxicitet och sikt avser zonen under brandgaslagret

	Brandgaslagrets höjd	Temperatur	Strålning	Toxicitet	Sikt
Cell 1	½ min	4 ½ min	1 min	4 ½ min (Syre)	1 ½ min
Korridor	1 ½ min	8 min	-	8 min (Syre)	8 min

Kritiska förhållanden uppstår väldigt snabbt i den brandhärjade cellen. Gränsvärden för brandgaslagrets höjd och strålningsintensitet uppnås innan vårdare öppnar dörren oavsett om scenariot sker dagtid eller nattetid. Kort efter att dörren öppnats inträffar kritiska förhållanden i korridoren på grund av brandgaslagrets höjd. Om celldörren tillåts stå öppen i 40 sekunder ligger brandgaslagrets höjd på 1,2 m och har en temperatur på 80°C. Läckorna mellan cellerna (se E.5.2) medför att brandgaser sprids till den angränsande cellen. Ett halvmeter tjockt brandgaslager bildas i cell 2, dock uppstår aldrig kritiska förhållanden där enligt CFAST.



Figur 6.7 Brandgaslagrets nivå och kritisk höjd för utrymning vid brand i avskildhetscell

6.2.3 Utrymning

Utrymning har simulerats med ERM. För beskrivning och motivering av tider se Bilaga D. Fyra simuleringar, E-H, med olika förutsättningar gällande utrymningsvägar och tillgänglig personal har genomförts.

Nattetid anländer två av de sex vårdarna i tjänst 90 sekunder efter detektion. Två vårdare till anländer efter ytterligare 30 sekunder. Tillsammans hjälps dessa fyra åt att utrymma avskildhetsavdelningen. En av de resterande två vårdarna stannar i centralvakten och den andra möter upp räddningstjänst. Varje intern utryms en och en via samma utrymningsväg till säker plats. I simulering E sker all utrymning via utrymningsvägen till det fria, den nedre utrymningsvägen i Figur 6.5. Utrymda interner måste vaktas av minst en vårdare och alla utryms till samma plats. Utrymning till endast den övre utrymningsvägen bedöms ta lika lång tid som i det simulerade fallet då de geometriska förhållandena praktiskt taget är likadana. I simulering F är förutsättningarna identiska, förutom att utrymning sker genom de båda tillgängliga utrymningsvägarna.

I båda simuleringarna beräknar ERM tiden för avslutad utrymning av hela avdelningen till cirka fyra minuter.

I simulering G och H har ett större antal vårdare varit tillgängliga. Antalet vårdare uppgår här till sex stycken, varav alla hjälper till med utrymningen. Dessa förutsättningar kan liknas vid ett brandscenario dagtid, då det finns mycket personal på anstalten. Internerna har även getts en snabbare reaktionstid då de inte förutsätts sova under dagen. I simulering G används en utrymningsväg och i simulering H används båda utrymningsvägarna. Den av ERM beräknade tiden för avslutad utrymning av hela avdelningen blir ca två minuter i båda fallen.

Tabell 6.4 Tid till utrymning i fall E-H

Scenario	E	F	G	H
Förutsättningar	Natt En utrymn.väg	Natt Två utrymn.vägar	Dag En utrymn.väg	Dag Två utrymn.vägar
Tid (minuter)	4	4	2	2

6.2.4 Slutsats

Kritiska förhållanden i cellen där branden startar uppstår mycket snabbt av samma anledning som förklaras i föregående scenario.

Då celldörren öppnas blir korridoren rökfylld till kritisk nivå på några få sekunder. Utrymning av resterande celler kommer därmed att bli försvårad eller ogenomförbar. Simulerad utrymningstid överskrider tid till kritiska förhållanden med drygt två minuter om branden skulle inträffa nattetid.

Dagtid finns bättre förutsättningar för att lyckas med utrymningen då det finns mer personal tillgänglig för att hjälpa till. Någon säkerhetsmarginal finns dock ej. En utrymningssimulering under dagtid tar cirka två minuter, vilket stämmer överrens med den tid som anstaltens själva uppskattar att utrymning tar. Dagtid är personalen närmare cellen och kan därmed utrymma den brandhärjade cellen innan branden hunnit tillväxa och på så sätt begränsa brandgasspridning till korridoren.

Observera att de tider som redovisas från ERM och CFAST inte är några exakta tider då simuleringarna gjorts med en rad förenklingar och antaganden. Redovisade tider kan endast användas som riktvärden.

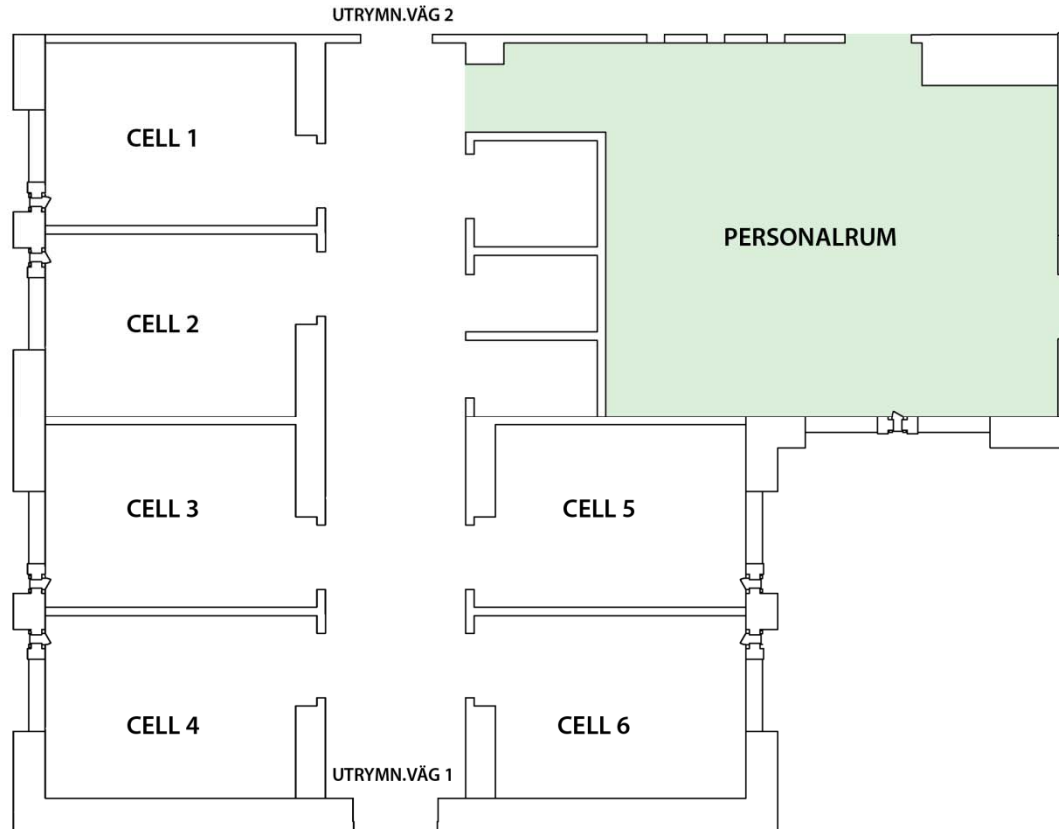
6.3 Scenario 3: Brand i personalrum

Personalrummet används som både kontor, kök och fikarum. Startföremål kan vara spis eller kontorsutrymme. Vårdningsluckan i personalrummet antas vara öppen för att få högre maximal effektutveckling. Samtliga dörrar till personalrummet hålls stängda och låsta. Dörren mellan personalrum och korridor är ej brandklassad och har en ruta av härdat glas. Glasrutan antas spricka och lämna hela öppningen fri vid 280°C^{27} . Dagtid är det cirka 15 personal inom avgränsningen och nattetid finns sex personal på hela anstalten. Då ingen hänsyn tas till förbrinntid sätts detektionstiden till samma tidpunkt som branden börjar tillväxa. Samtliga sex celler antas vara belagda.



Figur 6.8 Köksdelen i personalrummet

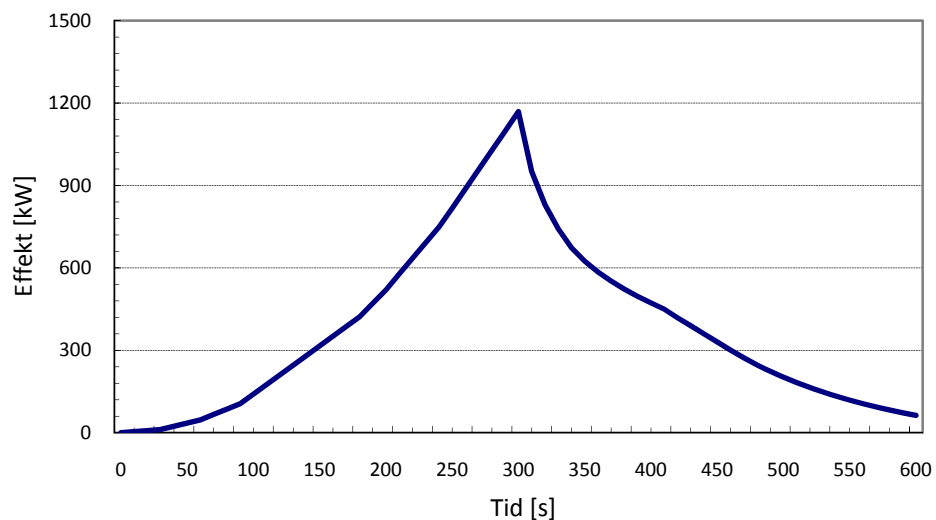
²⁷ Babrauskas, 1997



Figur 6.9 Överblicksbild över avdelningen med personalrummet

6.3.1 Dimensionerande brand

För resonemang kring framtagande av effektkurva, se Bilaga A.3. Den framtagna effektkurvan har simulerats med CFAST.



Figur 6.10 Effekttutveckling från CFAST för brand i personalrum

Enligt bilaga A tillåter ventilationen en maximal effekttutveckling på 0,43 MW. Att effekten först går upp till cirka 1,2 MW beror på att det från början finns mycket syre i rummet. Att

kurvan sedan avtar till mindre än 0,43 MW beror på att detta värde beräknades med förutsättningen att öppningen ansluter till frisk luft. Vid den tid branden blir ventilationskontrollerad är den angränsande korridoren fylld med brandgaser, vilket medför en lägre effekt.

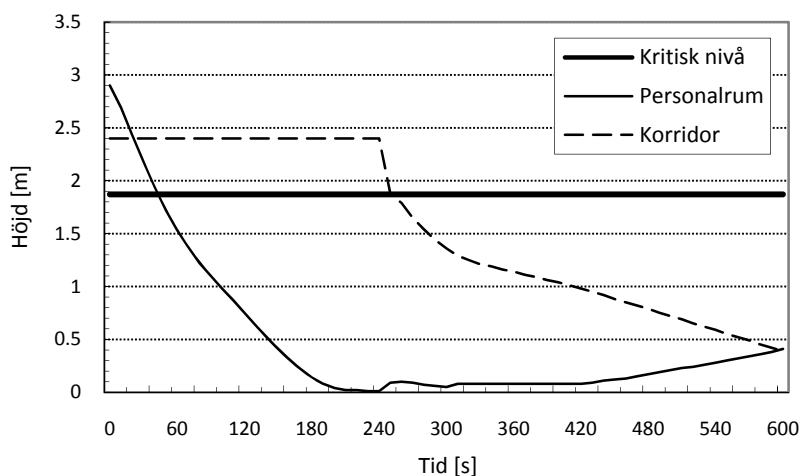
6.3.2 Tid till kritiska förhållanden

Gränsvärden för kritiska förhållanden redovisas i avsnitt 4.2. Den kritiska nivån för brandgaslagrets höjd är 1,9 meter i personalrummet och korridoren. Simulering i CFAST gav tider till kritiska förhållanden enligt Tabell 6.5.

Tabell 6.5 Tid till kritiska förhållanden beroende på olika faktorer. Temperatur, toxicitet och sikt avser zonen under brandgaslagret

	Brandgaslagrets höjd	Temperatur	Strålning	Toxicitet	Sikt
Personalrum	1 min	4 min	4 min	5 min (syre)	4 min
Korridor	4 min	-	-	-	-

Kritiska förhållanden uppstår snabbt i personalrummet på grund av brandgaslagrets höjd. Efter fyra minuter spricker fönsterrutan på grund av temperaturen i brandgaslagret. Vid ungefär samma tidpunkt når brandgaslagret i personalrummet ner till golvet. Strax därefter uppstår kritiska förhållanden i korridoren.



Figur 6.11 Brandgaslagrets nivå och kritisk höjd för utrymning vid brand i personalrum

6.3.3 Utrymning

Utrymning har simulerats med ERM. För beskrivning och motivering av tider, se Bilaga D. Fyra simuleringar, I-L, med olika förutsättningar gällande utrymningsvägar och tillgänglig personal har genomförts. I de fall då endast en utrymningsväg används, används utrymningsväg 1 i Figur 6.9.

Inträffar scenariot nattetid finns endast sex vårdare på anstalten och fyra är tillgängliga för utrymning. De två första anländer 90 sekunder efter detektion och efter ytterligare 30 sekunder anländer två vårdare till. Utrymning sker på samma sätt som beskrivs i avsnitt 6.1.3. Simulering I och J, som representerar nattetid, har gjorts med en respektive två utrymningsvägar. Till skillnad från de scenarion där brand anlagts i cell har ingen extra tid

antagits för att utrymma första internen. I båda fallen blev den enligt ERM beräknade tiden för avslutad utrymning av hela avdelningen cirka fyra minuter.

I simulering K och L har sex vårdare varit tillgängliga för utrymning. Dessa förutsättningar kan liknas vid ett brandscenario dagtid, då det finns mycket personal på avdelningen. Internerna har även getts en snabbare reaktionstid då de inte förutsätts sova under dagen. Simuleringar har gjorts med en respektive två utrymningsvägar. I båda fallen blev utrymningstiden cirka två minuter.

Tabell 6.6 Tid till utrymning i fall I-L

Scenario	I	J	K	L
Förutsättningar	Natt En utrymn.väg	Natt Två utrymn.vägar	Dag En utrymn.väg	Dag Två utrymn.vägar
Tid (minuter)	4	4	2	2

6.3.4 Slutsats

Kritiska förhållanden uppstår snabbt i brandrummet. Kort tid efter det att glasrutan i dörren till korridoren spricker uppstår kritiska förhållanden i korridoren. I simuleringarna i CFAST antas att dörren är helt tät fram till dess rutan spricker. Då dörren inte är brandklassad kommer brandgaser troligtvis att spridas till korridoren innan rutan spricker. I tillgänglig litteratur anges att glas spricker i ett temperaturintervall mellan 278 och 615 °C.²⁸ Den valda temperaturen för när glaset spricker är mycket konservativt vald, rutan spricker troligtvis först vid högre temperaturer, vilket gör att kritiska förhållanden i korridoren uppstår senare.

Enligt simuleringarna i ERM är utrymningen avslutad efter fyra minuter nattetid, vilket är ungefär samma tid tills kritiska förhållanden uppstår i korridoren om glasrutan spricker vid antagen temperatur. Detta lämnar ingen tidsmarginal, utrymningen kan därmed inte anses säker. Tiderna antagna i ERM förutsätter dessutom att alla vårdare är rutinerade och att inga komplikationer uppstår. Vid den stressituation som utrymning innebär och med den osäkerhet som vårdarna känner inför detta (se avsnitt 3) kan utrymning antas ta ännu längre tid.

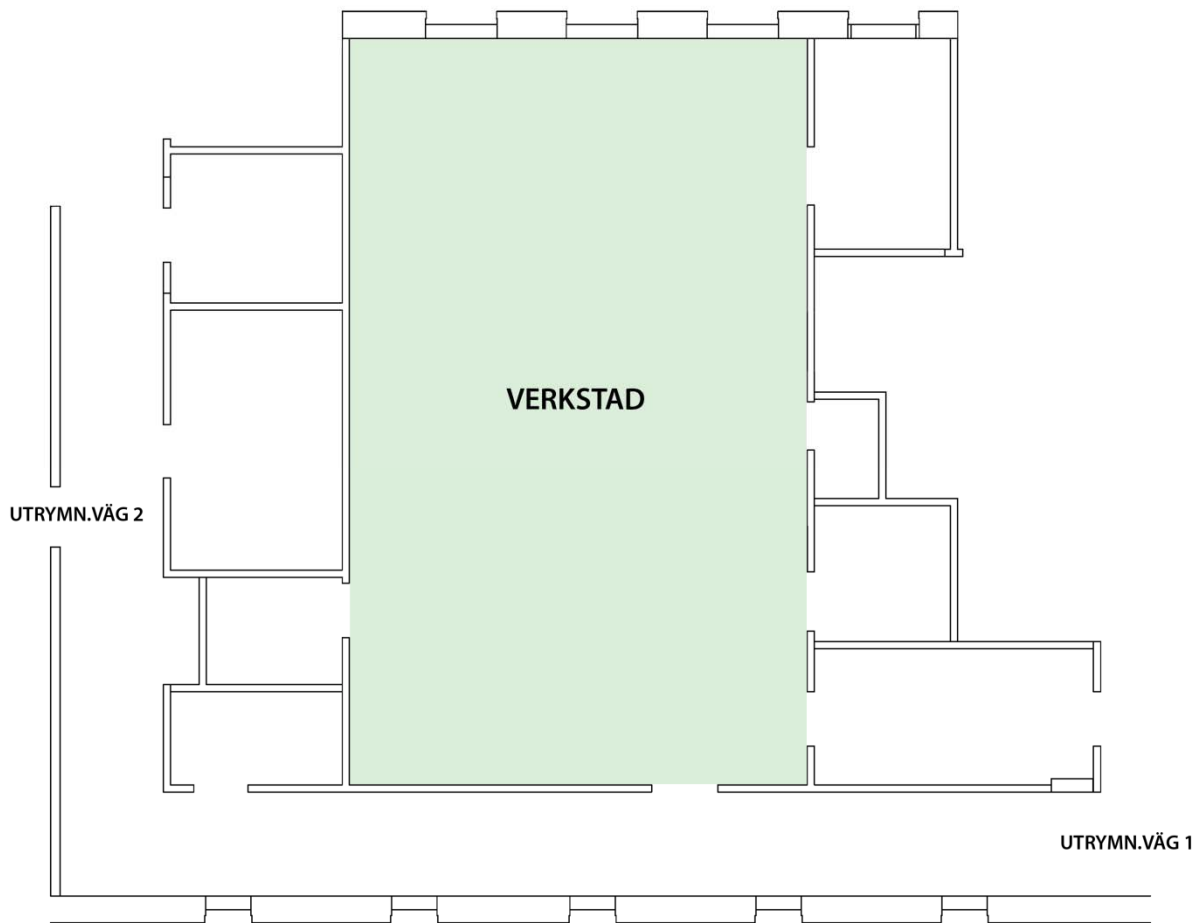
Med mer personal tillgänglig, vilket gäller för dagtid, går utrymningen smidigare. Det är dessutom större chans att branden upptäcks tidigare och att en första släckinsats kan begränsa eller släcka branden. För att utrymning ska kunna ske säkert krävs dock att personalen är säkra på sin roll vid utrymning.

Observera att de tider som redovisas från ERM och CFAST inte är några exakta tider då simuleringarna gjorts med en rad förenklingar och antaganden. Redovisade tider kan endast användas som riktvärden.

6.4 Scenario 4: Brand i verkstad

I verkstaden vistas interner och personal endast dagtid. Som mest får sex interner vistas där dagtid, då tillsammans med två vårdare. I verkstaden trycks motiv på musmattor. Dessa lagras i wellpapplådor på pallar, där brand antas starta. Dörren till utrymningsväg är låst och måste öppnas av vårdare.

²⁸ Babrauskas, 1997



Figur 6.12 Överblicksbild över verkstaden och angränsande rum

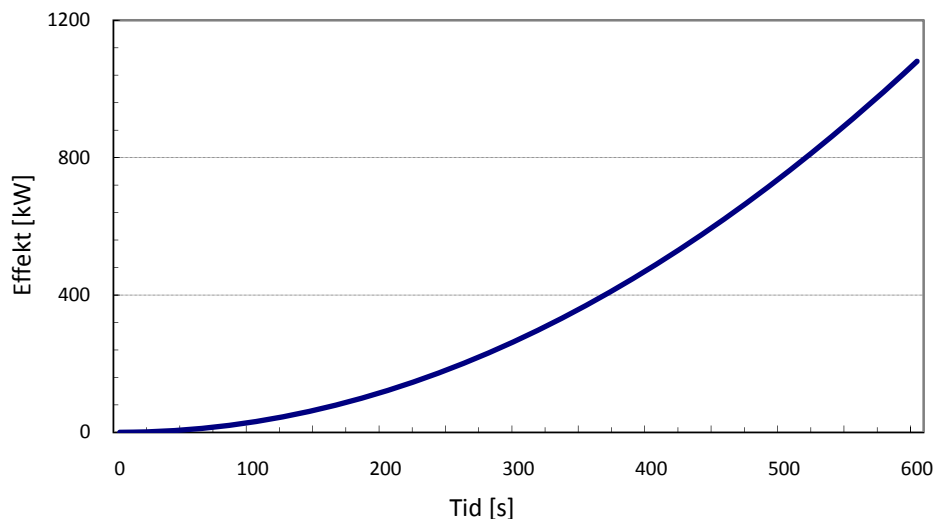
6.4.1 Dimensionerande brand

Försök har gjorts för att bestämma tillväxtkoefficienten för brinnande musmattor (se Bilaga C). För resonemang kring framtagande av effektkurva, se Bilaga A.4. Den framtagna effektkurvan har simulerats i CFAST. Förenklingar och antaganden redovisas i Bilaga E.5.4.

Försöket gav en relativt långsam effektutveckling för musmattor men det är inte alltid småskaleförsök är direkt applicerbara på verkliga fall. Därför kommer även en känslighetsanalys på tillväxthastigheten utföras (se avsnitt 8.4.1).



Figur 6.13 Förvaring av musmattorna i verkstaden



Figur 6.14 Effektutveckling enligt CFAST

Effektkurvan från CFAST är densamma som den som tagits fram inför simulering. Branden blir alltså ej ventilationskontrollerad de första tio minuterna eftersom verkstaden är ett stort utrymme.

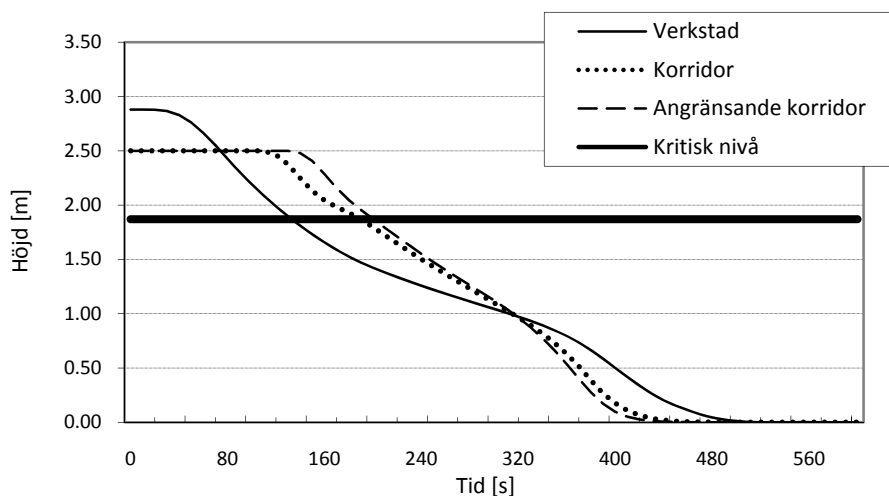
6.4.2 Tid till kritiska förhållanden

Gränsvärden för kritiska förhållanden redovisas i avsnitt 4.2. Den kritiska nivån för brandgaslagrets höjd är 1,9 meter i verkstaden och korridoren. Simulering i CFAST gav tider till kritiska förhållanden enligt Tabell 6.7.

Tabell 6.7 Tid till kritiska förhållanden beroende på olika faktorer. Temperatur, toxicitet och sikt avser zonen under brandgaslagret

	Brandgaslagrets höjd	Temperatur	Strålning	Toxicitet	Sikt
Verkstad	2 ½ min	-	2 min	-	-
Korridor	3 min	-	-	-	-
Angränsande korridor	3 ½ min	-	-	-	-

Kritiska förhållanden i verkstaden uppstår två minuter efter att branden startat, med strålningsintensitet som avgörande faktor. Korridoren har i simuleringen delats upp i flera delar på grund av begränsningar i CFAST. Det som i Tabell 6.7 benämns ”korridor” är den del som ligger i anslutning till verkstaden och ”Angränsande korridor” är de näst intilliggande delarna. Kritiska förhållanden uppstår i korridoren tre minuter efter branden startat och strax därefter sker detta även i angränsande delar. Resultaten från CFAST har endast analyserats för omnämnda delar då resultaten blir mindre tillförlitliga längre bort från brandrummet.



Figur 6.15 Brandgaslagrets nivå och kritisk höjd för utrymning vid brand i verkstad

6.4.3 Utrymning

Då internerna vistas i grupp med vårdare och inte är inlåsta en och en lämpar sig inte ERM-simuleringar för detta scenario. Därför har tid för utrymning beräknats med de tre parametrar som redovisas i avsnitt 4.3.1. Verkstaden är en känd miljö för dem som vistas där och rummet är lätt överblickbart. Som tidigare nämnts vistas högst åtta personer i verkstaden åt gången. Personalen som övervakar internerna antas vara uppmärksamma, deras reaktions- och beslutstid blir därmed snabb, 30 sekunder.²⁹ Vid en låg persontäthet kan gånghastigheten antas till 1,3 m/s.³⁰ Gångavstånd är mätt från den punkt i verkstaden som ger längst avstånd till utrymningsväg, 36 meter. Det finns två dörrar att passera innan säker plats nås. Tid för att låsa upp dessa antas vara 10 sekunder per dörr.³¹ Tid för att utrymma verkstaden blir cirka en minut och tid till avslutad utrymning till säker plats i annan brandcell blir cirka 1 ½ minut.

6.4.4 Slutsats

Kritiska förhållanden uppstår i verkstaden efter två minuter och i korridoren efter tre minuter. Enligt utrymningsberäkningar har alla som vistas i verkstaden utrymt korridoren efter 1 ½ minut. Utrymning från verkstaden anses därmed kunna ske tillfredsställande. Observera att de tider som redovisas från CFAST och handberäkningar inte är några exakta tider då dessa gjorts med en rad förenklingar och antaganden. Redovisade tider kan endast användas som riktvärden.

Trots att en brand har uppstått i verkstaden nattetid diskuteras inte detta i denna rapport. Nattetid vistas inga människor i denna del av byggnaden. Den ligger även i en egen brandcell och därför utgör spridning av brandgaser troligen ingen fara för inlåsta interner.

²⁹ Frantzich, 2001

³⁰ Boverket, 2006

³¹ Nilsson, 2005

7. Brandgasspridning via ventilationssystemet

Tidigare brandtillbud på KVA Norrtälje resulterade i spridning av brandgaser mellan boendeceller på besöksavdelningen. Spridningen av brandgaser från den brandhärjade cellen till intilliggande celler var liten men dock befintlig. Spridningen misstänkts ha skett via otäta genomföringar i cellernas teknikutrymmen i undertaket (se avsnitt 5.1). Författarna misstänker dock att spridning helt eller delvis kan ha skett via ventilationssystemet.

Eftersom de intagna på avdelningen är inlåsta i sina celler är det relevant att undersöka hur eventuell brandgasspridning via ventilationssystemet sker vid brand i cell. Brandgasspridning mellan celler kan bli allvarlig ur utrymningssynpunkt. Vid tidigare tillbud utrymdes inte intagna i angränsande celler förrän i ett sent skede. Det är rimligt att anta att samma situation skulle kunna uppstå igen. Beräkningar på spridning av brandgaser mellan celler på besöksavdelningen har därför genomförts.

7.1 Befintligt ventilationssystem

Ventilationen på besöksavdelningen utgörs av ett till- och frånluftssystem. Alla celler på avdelningen samt korridoren har gemensam ventilation, då de ingår i samma brandcell. Vid normal drift är enligt ventilationsritningarna flödet över till- respektive frånluftsdon i cellerna 20 l/s. Tryckfallet över cellernas anslutningskanaler antas vara 100 Pa. Värdet väljs då det är ett vanligt värde i kanaler likt denna³².

För att förhindra spridning av brandgaser på KVA Norrtälje, är varje brandcells ventilationssystem avskilt från resten av byggnaden med ett brandgasspjäll. Vid larm från det centrala brandlarmssystemet stoppas aggregatet och samtliga spjäll stänger. Dock hindras inte spridning av brandgaser via ventilation mellan lokaler inom samma brandcell, t.ex. mellan celler (se avsnitt 2.3.3). I cellerna finns små vädringsluckor vilka kan öppnas av interner. Byggnader är aldrig helt täta och normkravet för fasadläckor i bostäder är 0,8 l/sm² vid en tryckskillnad om 50 Pa³³. Vidare antas även celldörrarna ha ett visst läckage.



Figur 7.1 Motor till brandgasspjäll

7.2 Förutsättningar för beräkningar

Att stänga av ventilationssystemet möjliggör spridning av brandgaser vid lägre brandflöden än om systemet varit i drift. Vid normal drift måste brandflödet övervinna ventilationsflödet för att möjliggöra spridning. Då systemet stängs av kommer brandgasspridning att inträffa och brandflödet tillåts utnyttja alla öppna flödesvägar ut ur byggnaden. Att brandgasspjället i

³² Jensen, 2006

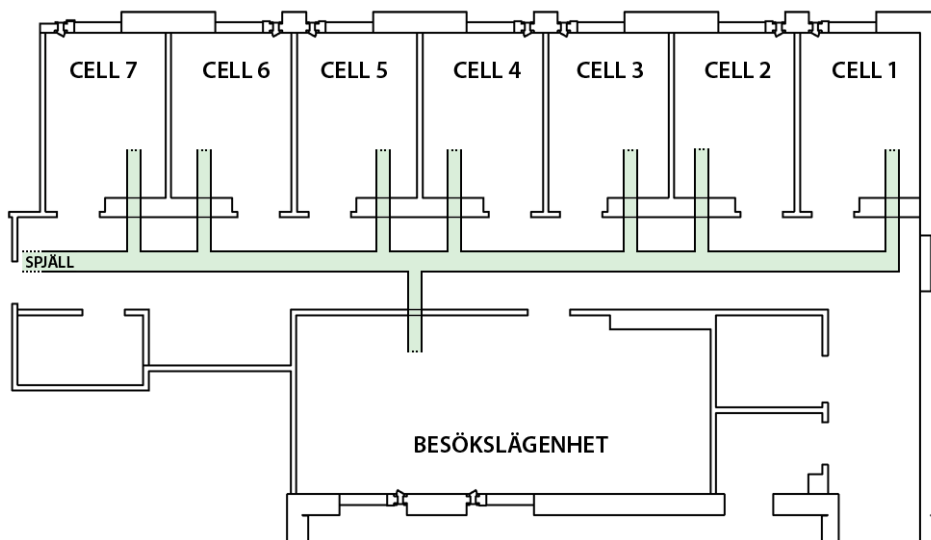
³³ Jensen, 1998

ventilationssystemet stängs hindrar spridning av brandgaser till andra brandceller. Det faktum att brandgasspjället hindrar brandgasspridning till andra brandceller bidrar till ett ökat flöde av brandgaser till utrymmen inom samma brandcell. För att bestämma flödet av brandgaser till intilliggande celler har datorprogrammet PFS använts (se Bilaga B.1). Med information om normalt tryckfall, flöde i ventilationskanalerna och möjliga tryckavlastningar i cellerna kan PFS beräkna flödet in i respektive cell.

7.2.1 Förenklingar

Eftersom ventilationssystemet stängs av vid detektion, kommer tilluftskanalen och frånluftskanalen ha liknande egenskaper. Initialt kommer flödet genom dem att vara nära noll. För att förenkla beräkningarna kan därför till- och frånluftssystemen ersättas med ett enda stort system. Flödet vid normal drift, 20 l/s vid 100 Pa, per anslutningskanal (till- och frånluft) resulterar i ett flöde på 40 l/s genom den enda anslutningskanalen i det förenklade systemet.

I beräkningarna försummas tryckfall över huvudventilationskanalen. Denna kanal har stora dimensioner, vilket resulterar i att tryckfallet över den blir litet i sammanhanget.



Figur 7.2 Schematisk skiss över det förenklade ventilationssystemet inom brandcellen

7.2.2 Läckage

Ingen byggnad är helt tät och det kommer alltid att finnas läckor ut ur byggnaden. Hur stora läckor cellerna har är avgörande för hur brandgasspridningen sker. Beräkningar för läckageflöden ur cellerna återfinns i Bilaga B.2 och används som indata till flödesberäkningarna i PFS. Tryckavlastningen i cellerna utgörs av läckage genom fasaden och dörrspringorna (som aldrig kan undvikas trots att dörrarna är brandtekniskt klassade). Om vädringsluckorna är öppna försummas övrigt läckage eftersom flödet genom den öppna luckan är väsentligt större än flöden via läckor.

7.3 Scenarier

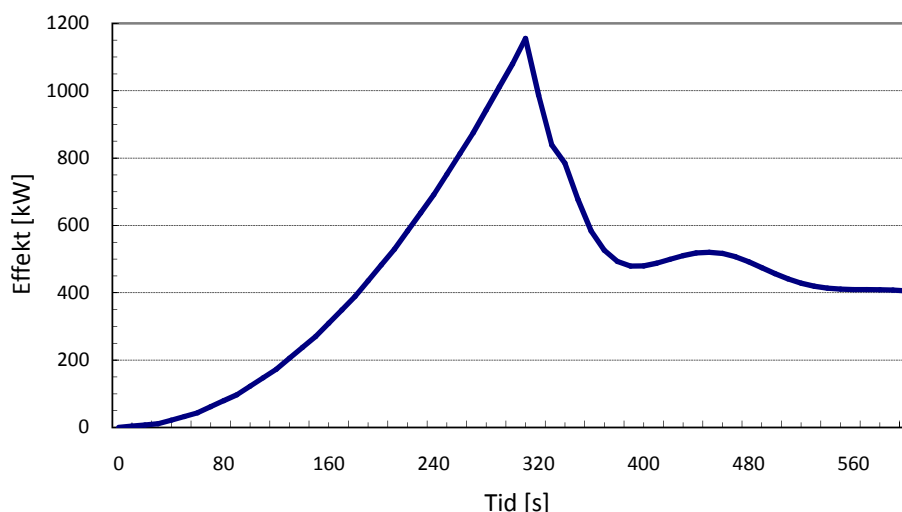
Huruvida det finns öppna vädringsluckor i cellerna spelar stor roll för brandgasspridningens storlek. Det övertryck som bildas i brandrummet vill utjämnas, vilket leder till att brandgaser sprids mot utrymmen med lägre tryck. Därför kommer spridning av brandgaser hårdast drabba de utrymmen där tryckavlastningen är störst. Möjliga tryckavlastningar i cellerna

består av vädringsluckor, samt läckor genom dörrspringor och fasad. För att ge en övergripande bild av hur spridning av brandgaser kan ske, genomförs beräkningar för fyra olika fall (se vidare Bilaga B.1 för exempel på beräkningar i PFS).

Tabell 7.1 Förutsättningar för fall 1-4

Fall	Förutsättningar för vädringsluckor
1	Stängd i brandrummet och stängda i övriga celler
2	Öppen i brandrummet och stängda i övriga celler
3	Stängd i brandrummet och öppen i en av de övriga cellerna
4	Öppen i brandrummet och öppen i en av de övriga cellerna

För att se hur brandgasspridningen varierar med brandens effektutveckling har beräkningar i PFS genomförts med sex olika brandflöden för varje fall vid effekter på 200 – 1200 kW. Vidare antas att brandflödet i l/s motsvarar brandeffekten i kW.³⁴



Figur 7.3 Effektutveckling i boendecell enligt CFAST (se avsnitt 6.1.1)

7.3.1 Resultat

Resultaten från ventilationsberäkningarna redovisas Tabell 7.2. Vid beräkningarna har cellerna på avdelningen, förutom brandrummet, delats upp i två enheter. Dels en godtycklig cell, i fortsättningen betecknad *Cell*, som för varje fall har antingen stängd eller öppen vädringslucka enligt Tabell 7.1, dels övriga celler, i fortsättningen betecknade *Övriga*, som har slagits ihop till en enda enhet som samtliga har antingen stängd eller öppen vädringslucka. Med denna uppdelning kan man se hur spridningen ser ut om exempelvis alla vädringsluckor utom en är stängda, och hur spridningen till den cellen då ser ut. Slutligen har även flödet till besökslägenheten räknats ut.

³⁴ Jensen, 1998

Tabell 7.2 Brandgasflöden till angränsande lokaler vid brand i cell

Brandrummet		Fall 1: Flöden (l/s)			Fall 2: Flöden (l/s)		
Effekt (kW)	Tid (s)	Cell	Övriga	Besökslägenhet	Cell	Övriga	Besökslägenhet
0	0	0	0	0	0	0	0
200	130	10.9	10.9	15.3	1.8	1.8	2.5
400	180	21.7	21.7	30.6	3.6	3.6	5.1
600	220	32.6	32.6	46	5.4	5.4	7.6
800	260	43.5	43.5	61.3	7.2	7.2	10.1
1000	290	54.3	54.3	76.6	9	9	12.6
1200	310	65.2	65.2	91.9	10.8	10.8	15.2
Brandrummet		Fall 3: Flöden (l/s)			Fall 4: Flöden (l/s)		
Effekt (kW)	Tid (s)	Cell	Övriga	Besökslägenhet	Cell	Övriga	Besökslägenhet
0	0	0	0	0	0	0	0
200	130	12.8	10.6	14.9	2.1	1.7	2.5
400	180	25.6	21.1	29.8	4.2	3.5	4.9
600	220	38.3	31.7	44.7	6.3	5.2	7.4
800	260	51.1	42.3	59.6	8.4	7	9.8
1000	290	63.9	52.9	74.6	10.5	8.7	12.3
1200	310	76.7	63.4	89.5	12.6	10.5	14.8

I de fall där samtliga celler har samma egenskaper (alla vädringsluckor stängda eller öppna) blir resultaten detsamma för *Cell* som för *Övriga*. Detta gäller i Fall 1 och 2.

Av Tabell 7.2 framgår det att brandgasspridningen blir betydligt större i Fall 1 och 3 än i Fall 2 och 4. Anledningen till detta är att i både Fall 2 och 4 är vädringsluckan i brandrummet öppen vilket medför att det mesta av brandgasflödet letar sig ut den vägen istället för att spridas vidare.

För cellerna nås kritiska förhållanden när för mycket brandgaser flödar in genom ventilationssystemet. Detta flöde är beroende av volymen på den berörda lokalen och beräknas enligt Ekvation (7.1)³⁵:

$$q_{tillåten} = V \cdot 10^{-4} \quad (7.1)$$

där

$q_{tillåten}$ är tillåten mängd brandgas som får flöda in i utrymmet [l/s]
 V är volymen på det berörda utrymmet [m³]

Tabell 7.3 visar tillåtna (kritiska) flöden in till de berörda utrymmena enligt Ekvation (7.1).

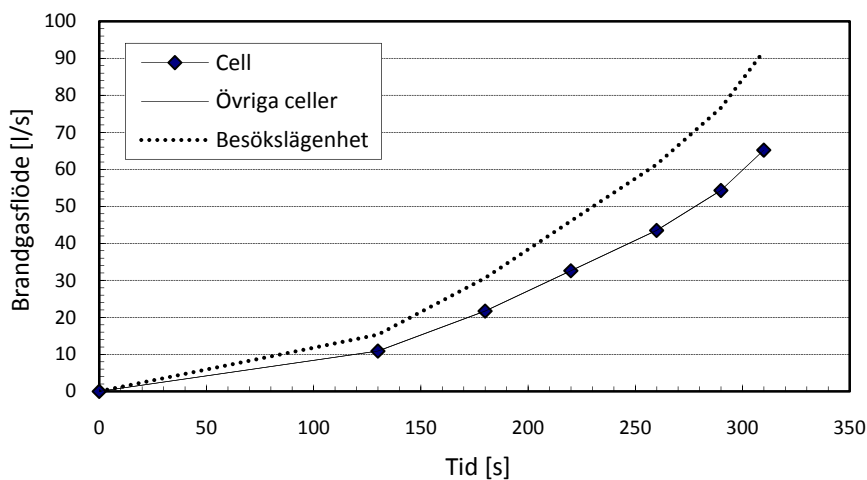
Tabell 7.3 Kritiska flöden till berörda utrymmen

Utrymme	Tillåtet flöde (l/s)
Cell	2,7
Besökslägenhet	8,2

³⁵ Olsson, 1999

Fall 1

Vädringsluckorna i brandrummet och övriga celler är stängda.



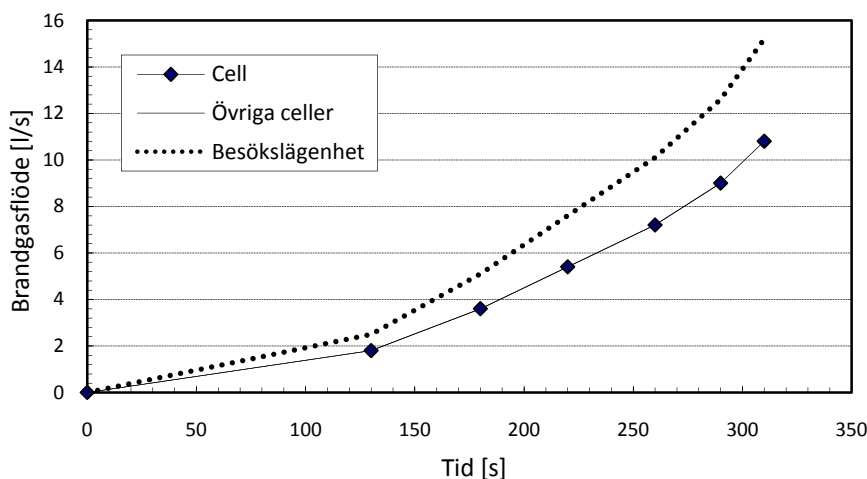
Figur 7.4 Brandgasflödet in till övriga lokaler som funktion av tiden i Fall 1

Som Figur 7.4 visar är flödet till samtliga celler detsamma i Fall 1 eftersom de har samma tryckavlastningsegenskaper. Besökslägenheten har större fasadläckor än cellerna och får därför ett större flöde.

Det kritiska flödet till *Cell* (och *övriga celler*) uppnås efter mindre än en minut. I besökslägenheten uppnås det kritiska flödet efter strax över en minut.

Fall 2

Vädringsluckan i brandrummet är öppen, övriga stängda.



Figur 7.5 Brandgasflödet in till övriga lokaler som funktion av tiden i Fall 2

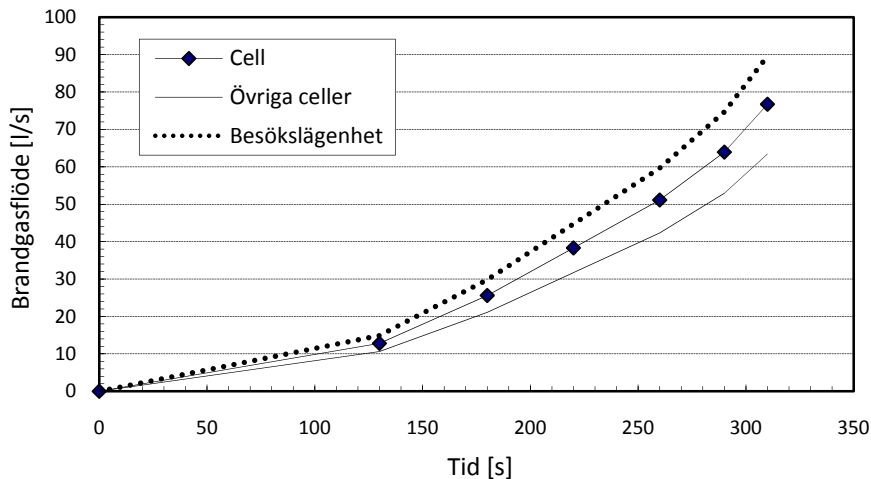
Som Figur 7.5 visar är flödet till samtliga celler detsamma i Fall 2 eftersom de även här har samma tryckavlastningsegenskaper. Besökslägenheten har större fasadläckor än cellerna och

får därför ett större flöde. Eftersom fönstret är öppet i brandrummet sker en kraftig tryckavlastning där och flödet in i övriga celler minskar markant jämfört med Fall 1.

Det kritiska flödet till *Cell* (och *övriga celler*) uppnås efter strax över två minuter. I besökslägenheten uppnås det kritiska flödet efter strax under fyra minuter.

Fall 3

Vädringslucka i brandrummet är stängd, en av de övriga är öppen.



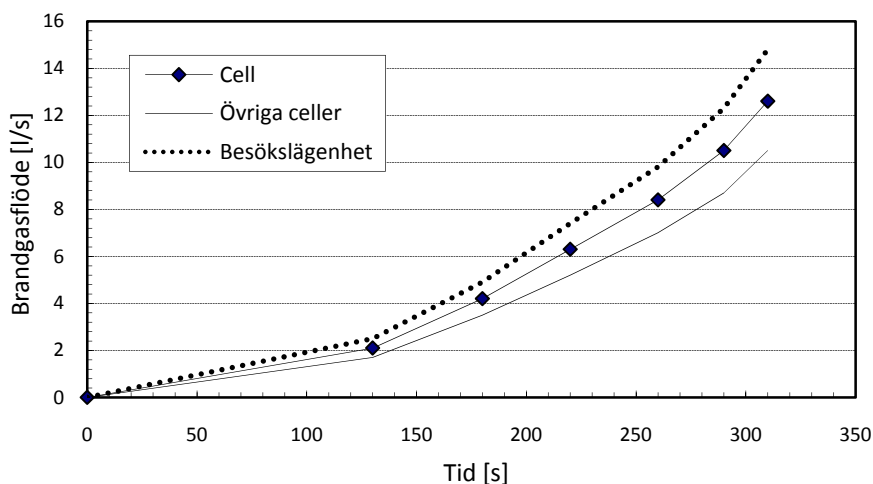
Figur 7.6 Brandgasflödet in till övriga lokaler som funktion av tiden i Fall 3

Vädringsluckan i brandrummet är stängd, vilket inte möjliggör samma tryckavlastning där som i Fall 2. Flödet måste därför leta sig till övriga celler. Eftersom endast en av de andra cellerna har vädringsluckan öppen kommer den cellen att få det största inflödet av brandgaser. Hade vädringsluckans öppningsarea varit större hade skillnaden i flöde mellan den cellen och övriga (med stängda luckor) varit större.

Det kritiska flödet till *Cell* (och *övriga celler*) uppnås efter mindre än en minut. I besökslägenheten uppnås det kritiska flödet efter strax över en minut.

Fall 4

Vädringslucka i brandrummet samt vädringslucka i en av de övriga cellerna är öppna.



Figur 7.7 Brandgasflödet in till övriga lokaler som funktion av tiden i Fall 4

Detta scenario är detsamma som Fall 3, med undantaget att vädringsluckan nu är öppen även i brandrummet. Detta ger på samma vis som i Fall 2 en stor tryckavlastning redan i brandrummet och kommer därmed att medföra mindre flöden in i övriga celler. Här spelar den öppna luckan ännu mindre roll än i Fall 3, tack vare tryckavlastningen i brandrummet.

Det kritiska flödet till *Cell* (och *övriga celler*) uppnås efter strax över två minuter. I besökslägenheten uppnås det kritiska flödet efter strax under fyra minuter.

7.4 Slutsats

Det finns osäkerheter i beräkningarna och resultaten bör endast ses som vägledande. Beräkningarna visar dock att sådana flöden uppstår att det finns risk för brandgasspridning mellan utrymmen inom samma brandcell. Beräkningarna är gjorda med avseende på besöksavdelningen, men då liknande ventilationssystem finns på avskildhetsavdelningarna finns risk för brandgasspridning även där. Den beräknade tiden till det att kritiska flöden till de drabbade cellerna uppnås ligger i förekommande fall mellan en och två minuter. Till besökslägenheten uppnås kritiska flöden efter mellan en och fyra minuter.

Det är dock viktigt att notera att brandgasernas temperatur kommer att sjunka då de färdas genom ventilationssystemet. Därför är det inte säkert att ett homogent brandgaslager bildas i de drabbade cellerna. Om brandgaserna p.g.a. sin låga temperatur blandas om i cellen, finns det risk för att den intagne utsätts för toxiska gaser tidigt under förloppet. Det är därför mycket viktigt att samtliga celler på avdelningen utryms vid brand.

8. Känslighetsanalys

Simuleringarna i avsnitt 6 bygger bland annat på antaganden gällande brandens effektutveckling, läckors storlek samt besluts- och reaktionstider för utrymning. För att få en uppfattning om hur dessa parametrar påverkar det slutgiltiga resultatet har simuleringar gjorts där vissa av de antagna parametrarna varierats, medan andra parametrar endast diskuteras.

8.1 Scenario 1: Brand i boendecell på besöksavdelning

I detta scenario varieras värden på brandens tillväxthastighet, tidpunkt då dörren öppnas samt vädringsluckans öppningsarea.

8.1.1 Ventilation

Den verkliga storleken på läckorna mellan cellerna och vädringsluckorna har varit svår att bedöma. Därför är det uppskattade värdet något tilltaget för att få en större ventilation och därmed en högre effektutveckling. Nya simuleringar där vädringsluckan stängts visar dock att effektutvecklingen inte förändras. Kritiska förhållanden i intilliggande celler uppstår aldrig trots att läckorna mellan cellerna antagits vara stora. Eftersom denna parameter därmed inte ändrar tiden till kritiska förhållanden har inga nya simuleringar gjorts med mindre storlekar på läckorna.

8.1.2 Tillväxthastighet

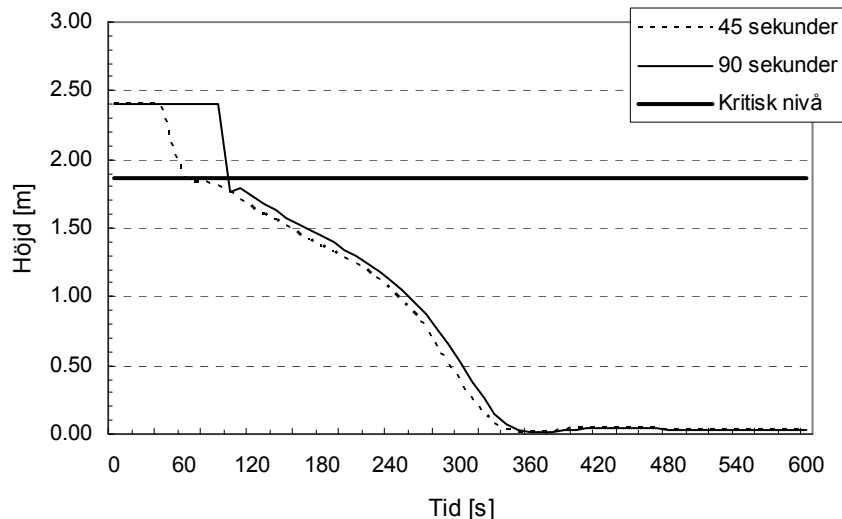
I tidigare simulering har brand bedömts tillväxa enligt en alfa- t^2 kurva med tillväxthastighet medium. Då kritiska förhållanden uppstår snabbt och säker utrymning omöjliggörs med denna tillväxt har en brand med långsammare tillväxthastighet simulerats. Även om tillväxthastigheten minskas till *slow* ($\alpha=0,003 \text{ kW/s}^2$)³⁶ uppstår kritiska förhållanden i cellen vid samma tidpunkt som för mediumkurvan. Liksom i tidigare simulering uppstår kritiska förhållanden snabbt även i korridoren efter att celldörren öppnas. Utrymning kan fortfarande inte ske på ett tillfredställande sätt. Den maximala effektutvecklingen minskar dock med en tredjedel och de brandgaser som strömmar ur är betydligt kallare.

En snabbare tillväxthastighet har inte simulerats då utrymning inte bedömts säker redan vid den långsammaste tillväxthastighet som testats. En intern skulle dock kunna orsaka ett värre brandförlopp genom att flytta möbler, ställa madrassen på högkant samt blockera celldörren. Detta skulle innebära större fara för personal, då lokalisering av internen försvåras samt risken för fallande brinnande föremål ökar. Brandgasspridning till korridor kommer även att ske snabbare vid en snabbare tillväxthastighet.

8.1.3 Dörrens påverkan

Även om personal antas ha snabbare reaktionstid och öppnar dörren till cellen efter hälften så lång tid som i tidigare simulering fylls korridoren snabbt av brandgaser till kritisk nivå.

³⁶ Karlsson, Quintiere, 2002



Figur 8.1 Brandgaslagrets höjd i korridoren beroende på när dörren till brandrummet öppnas

Figur 8.1 visar att brandgaslagret snabbt fyller korridor till kritisk nivå oberoende av när celldörren öppnas. Öppnas dörren tidigare kommer brandgaserna dock inte vara lika varma och farliga. Den mängd brandgaser som sprids till korridoren beror på hur länge celldörren står öppen. Om dörren stängs snabbt efter första räddningsinsats hinner inte så mycket brandgaser läcka ut.

8.1.4 Utrymning

Faktorer som snabbare reaktionstid av personal och interner skulle självklart bidra till snabbare utrymning. Mer gynnsamma tider för utrymning än de som redovisas i avsnitt 6 är dock inte realistiska då dessa förutsätter att allting går felfritt. Trots dessa gynnsamma antaganden kan utrymning inte ske säkert. Långsammare reaktionstider skulle innebära värre förhållanden i utrymningsvägarna och därmed ännu längre utrymningstid. Nya simuleringar i ERM har därför inte gjorts. Att ha fler än en vårdare per intagen, som hjälper till vid utrymning vilket gäller för simuleringarna som representerar ett scenario dagtid, ger ingen skillnad för resultatet. Simuleringarna med sex vårdare tillgängliga har därmed de mest gynnsamma förhållandena.

8.2 Scenario 2: Brand i avskildhetscell

Samma resonemang gällande ventilation, effektutveckling, dörrens påverkan samt utrymning kan föras för detta scenario som för brand i boendecell (scenario 1).

8.3 Scenario 3: Brand i personalrum

I detta scenario påverkas resultatet av hur flera antaganden kombineras. Parametrarna som varierar är ventilation, tillväxthastighet och temperatur för vilken glasrutan i dörren går sönder. Väljs en högre temperatur för vilken glasrutan går sönder hinner branden bli ventilationskontrollerad och denna temperatur uppnås aldrig. Om mer luft tillåts strömma in genom att anta större läckor fås dock en högre temperatur innan branden blir ventilationskontrollerad. Hur lång tid det tar tills brandgaserna når denna temperatur beror i sin tur på hur snabbt branden tillväxer.

8.3.1 Tillväxthastighet

I tidigare simulering har branden bedömts tillväxa enligt en alfa-t² kurva med tillväxthastighet $\alpha=0,013 \text{ kW/s}^2$. Tillväxthastigheten för brand i kontor kan även antas tillväxa enligt en *fast*-kurva³⁷ med $\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$. Med antagandet att rutan går sönder vid samma temperatur som i tidigare simulering sker detta en minut tidigare med den högre tillväxthastigheten. I båda fallen uppstår kritiska förhållanden kort efter att rutan gått sönder.

8.3.2 Spridning av brandgaser

Tid till kritiska förhållanden i korridoren beror till stor del på antagandet om vid vilken temperatur glasrutan i dörren går sönder och att dörren fram till dess är tät. Osäkerheten i denna parameter är väldigt stor. Dörren är inte brandklassad och rutan består av härdat glas, risk finns att dörren släpper igenom brandgaser även om glasrutan är intakt. Det är inte heller säkert att hela glasrutan faller bort om glaset spricker som antagits i simuleringen i avsnitt 6.3. Även om både dörr och glasruta klarar av att motstå brand finns risk för att brandgaser sprids till både korridor och celler via ventilation.

8.3.3 Utrymning

Samma resonemang gäller i detta scenario som i avsnitt 8.1.4.

8.4 Scenario 4: Brand i verkstad

Då verkstaden är stor och har god tillgång till syre bedöms ventilationsförhållandena inte påverka resultatet av simuleringarna. Den största osäkerheten bedöms ligga i den valda tillväxthastigheten.

8.4.1 Tillväxthastighet

Den valda tillväxtkoefficienten, $\alpha=0,003 \text{ kW/s}^2$, har fåtts från ett småskaleförsök, se Bilaga C. Det är inte säkert att en brand i större skala tillväxer med samma hastighet. På grund av denna osäkerhet har nya simuleringar gjorts med tillväxthastigheterna *medium* och *fast*. Resultat redovisas i Tabell 8.1.

Tabell 8.1 Tid till kritiska förhållanden med olika tillväxthastigheter

	Enligt tidigare	Medium-tillväxt	Fast-tillväxt
Verkstad	2 min	2 min	1 ½ min
Korridor	3 min	2 ½ min	2 min

Trots att tillväxthastigheten ökas drastiskt förändras tiden till kritiska förhållanden inte anmärkningsvärt mycket. Med ”korridor” menas den del som ligger närmast verkstaden, se Bilaga E. Kritiska förhållanden uppstår senare i delar längre bort från verkstaden.

8.4.2 Utrymning

Enligt beräkningar gjorda i avsnitt 6.4 utryms verkstaden på 1 minut och de utrymda befinner sig på säker plats i annan brandcell efter 1 ½ minut. I simuleringen med *fast*-tillväxt är brandgaslagret 40 cm tjockt i verkstaden efter ½ minut. Det kan därför antas att reaktionstiden i detta fall är kortare än den halvminut som tidigare antogs, varpå utrymning genomförs på kortare tid.

³⁷ Karlsson, Quintiere, 2002

8.5 Slutsats

I de scenarier (brand i boendecell, avskildhetscell samt personalrum) där utrymning inte bedömts kunnat ske tillfredställande har ingående variabler förändrats för att förmildra omständigheterna. Känslighetsanalysen visar att utrymning trots detta inte kommer att kunna ske tillfredställande.

I de scenario (verkstaden) där utrymning bedömts kunna ske tillfredställande har ingående variabler förändrats för att förvärta omständigheterna. Känslighetsanalysen visar att utrymning trots detta kommer att kunna ske tillfredställande.

9. Diskussion

Svårigheten med utrymning av slutna anstalter ligger i att människor sitter inlåsta och därför inte kan sätta sig själva i säkerhet. Detta kan ytterligare försvåras av starkt lugnande medicinering. Det är därför av yttersta vikt att all personal som assisterar vid utrymning är säkra på sin roll och vet vad de skall göra. Enkätundersökningen som gjordes i november 2006 i samband med framtagandet av denna rapport visar dock att så inte är fallet på KVA Norrtälje. Stor del av personalen har inte tagit del av anstaltens utrymningsstrategi och inte heller getts möjlighet att delta i utrymningsövningar eller brandutbildningar. Anstaltens brandskyddsdocumentation förutsätter att utrymning av en brandcell kan genomföras på 2-3 minuter. Det är brandtekniska skyddet är därmed dimensionerat efter denna förutsättning. Enligt enkätundersökningen tror personalen att det tar längre tid och simuleringar i ERM visar även att så ofta är fallet. I samtliga scenarion där intagna är inlåsta i sina celler överstiger tiden för utrymning tiden till kritiska förhållanden. Utrymningsproblematiken är störst nattetid då tillgången till personal är låg. Simuleringarna förutsätter dock att ingen första släckinsats görs. En väl genomförd släckinsats skulle kunna förbättra utrymningsförhållandena och vara avgörande för om utrymning lyckas eller inte. Det första steget mot säkrare utrymning ligger därmed i övning och utbildning av personal. Trots att gynnsamma förhållanden har antagits i scenarierna kan utrymning *inte* ske säkert i dagsläget.

Även med rutinerad personal kan den stressiga situation som uppstår vid brand göra att misstag begås. Brandgasfyllnad av korridor sker snabbt när dörren till den brandhärjade cellen öppnas. Om dörren till brandrummet lämnas öppen eller stängs är därför avgörande för resten av utrymningsförloppet. Stängs dörren i ett tidigt skede begränsas brandgasspridningen och kan eventuellt ventileras ut för att möjliggöra utrymning av resterande celler. För att utrymning skall kunna ske på ett tillfredsställande sätt är det även av yttersta vikt att utrymningsvägar är tillgängliga. Dessa får under inga omständigheter vara blockerade. Utrymningsvägar skall även vara tydligt markerade i samtliga fall.

Madrasserna som i dagsläget används på anstalten är flamskyddade och klarar av att förhindra antändning från mindre tändkällor som cigaretter och tändare. De klarar dock inte av att motstå avsiktligt anlagda bränder med större tändkällor. Då anlagda bränder är den vanligaste brandorsaken på anstalter är dessa madrasser olämpliga.

När vårdare anländer till en brandhärjad cell kommer de med stor sannolikhet behöva utsätta sig för kritiska förhållanden vid ett räddningsförsök. Detta är inte acceptabelt och ett sätt att komma tillrätta med problemet är att installera sprinkler i cellerna.

Brister i brandskyddet ligger fortfarande i byggnadens konstruktion. Specialfastigheters egna rekommendationer säger att ventilationen avsevärt skall försvåra brandgasspridning mellan celler. Enligt sakkunnigutlåtande av tidigare brandtillbud finns dock risk för spridning av brandgaser mellan celler via otäta genomföringar i teknikutrymmen. Beräkningar visar även att ventilationssystemet tillåter brandgasspridning inom samma brandcell. Anstalten uppfyller därmed inte Specialfastigheters egna rekommendationer. Brand i en cell utgör alltså en risk för alla interner på en avdelning. Det är därför av yttersta vikt att alla celler på den brandhärjade avdelningen utryms. Då inga rum där intagna sitter inlåsta har några larmdon har de ingen vetskap om att brand har uppstått innan vårdare kommer för att utrymma dem. Om brandgaser flödar in i celler med ovetande intagna utsätts de för både psykisk press och fysisk fara. Detta kan medföra panik bland de intagna och resultera i försvårad utrymning.

Om brand uppstår i personalrum är det tiden tills kritiska förhållanden uppstår i korridoren utanför som är den intressanta, eftersom intagna skall utrymma genom denna. Tiden tills kritiska förhållanden uppstår där beror mycket på dörren mellan personalrummet och korridoren. Denna bör därför vara brandklassad. I dagsläget bedöms utrymning *inte* kunna ske säkert.

I de fall intagna vistas i lokaler tillsammans med vårdare, i likhet med brandscenariot i verkstaden, bedöms utrymning kunna ske säkert. Problemen finns där människor sitter inlåsta då utrymning inte bedöms kunna ske säkert från dessa platser. Åtgärder för att göra KVA Norrtälje säkert med avseende på brand och utrymning ges i avsnitt 10. Vissa förslag är mer kostsamma än andra, men en kombination av förslagen måste genomföras för att förhindra allvarliga bränder som kan resultera i svåra personskador eller dödsfall. Vad som är mest kostnadseffektivt har inte analyserats i denna rapport utan bör utredas av anstalten i samråd med sakkunniga i brandskydd.

10. Förslag till åtgärder

Med utgång från de resultat som fås från enkätundersökning och utvärdering av brandskyddet som redovisas i rapporten krävs åtgärder för att göra KVA Norrtälje säkert ur personsäkerhetssynpunkt. Vissa åtgärdsförslag är sådana som *skall* genomföras. Vidare måste vissa funktionskrav uppfyllas genom att kombinera övriga åtgärdsförslag. Vad som är mest kostnadseffektivt lämnas till KVA Norrtälje att utreda.

All personal *skall* genomgå utbildning vad gäller brand, utrymning och hantering av handbrandsläckare. Regelbundna utrymningsövningar *skall* hållas och all personal *skall* ta del av anstaltens utrymningsstrategi. I *Slutna anstalter, Referens och erfarenhetsdokumentation för utformning av slutna anstalter*, en rekommendation från Specialfastigheter AB, sägs att det är viktigt att slutna anstalter kontinuerligt genomför brandövningar. Personalen är den avgörande faktorn för att en utrymning *skall* kunna ske snabbt och säkert. En tidig insats med handbrandsläckare kan vara betydande för det fortsatta utrymningsförloppet. Genomförd enkätundersökning visar att personalen känner sig osäker och behöver mer utbildning och övningar.

Samtliga blockerade utrymningsdörrar *skall* åtgärdas. Borden som vid besöket blockerade ”kattluckorna” *skall* därför tas bort. Enligt BBR 5:342 *skall* dörrar i eller till utrymningsväg vara lätt öppningsbara. Även trappor och korridorer som utgör utrymningsvägar *skall* vara fria från blockerande föremål. Bygglagsstiftningen reglerar inte den lösa inredningen, men det är skäligt att utifrån lagen om skydd mot olyckor (SFS 2003:778) begränsa lös inredning i en utrymningsväg. Alla föremål som vid besöket förvarades i trapphuset i hus 14 *bör* därmed avlägsnas.

Vägledande markeringar *skall* sättas upp där de saknas. Enligt BBR 5:351 *skall* vägledande markeringar finnas i sådan omfattning och vara placerade så att utrymning inte hindras av svårigheter att orientera sig i byggnaden.

Brandsläckningsanordningar för en första insats *skall* vara väl synliga. Den delvis dolda brandfilten i verkstad 1 *skall* därför åtgärdas.

Anläggning av bränder *skall* avsevärt försvåras. Alternativt *skall* eventuella bränders tillväxt begränsas. För att göra detta kan:

- Samtliga madrasser i celler bytas ut mot madrasser som klarar kraven enligt SS 876 00 10³⁸. Den nya klassningen innebär avsevärt försvårad antändning och därmed ökad säkerhet mot anlagda bränder, vilket är den vanligaste brandorsaken på slutna anstalter. Om antändning ändå sker, får branden en lägre tillväxthastighet och flamspridningen i madrassen avtar snabbt. Antalet övriga stoppade möbler *bör* även minimeras.
- Samtliga celler utrustas med sprinkler. Eftersom cellerna är relativt små skulle aktivering av sprinkler med låg aktiveringstemperatur och lågt RTI-värde ske snabbt och därmed kraftigt begränsa brandens effekt. Detta skulle i sin tur medföra att mindre mängd farliga brandgaser bildas. De brandgaser som ändå bildas kommer skulle vara kallare och mindre toxiska. Se Bilaga F för validering av ett sprinklersystems inverkan

³⁸ SP, 2000

på brandförloppet i en cell. Simulering visar att en brandhärjad cell förvisso kan fyllas av brandgaser som ger dålig sikt, men i övrigt inte uppfyller gränsvärdena för kritiska förhållanden på grund av temperatur, strålning eller toxicitet.

- Mer personal finns på anstalten nattetid. Det är framförallt av yttersta vikt för att i ett tidigt skede kunna evakuera en intagen innan kritiska förhållanden uppstår vid brand. Simuleringar i ERM har visat att en vårdare per intagen medför kortare utrymningsförlopp. Vidare kan mer personal även medföra att en första släckinsats med handbrandsläckare snabbare kan genomföras och på liknande sätt som sprinkler begränsa branden i ett tidigt skede. Detta förutsätter dock att vårdaren har genomgått övningar och på ett effektivt sätt kan utnyttja släckaren. Det förutsätter även att den intagne i cellen inte på något sätt gör motstånd för att försvåra insatsen.

Brandgasspridning till korridor och övriga celler *skall* avsevärt försvåras. För att göra detta kan:

- Samtliga dörrar till celler samt dörrar mellan brandceller utrustas med självstängningsanordning. Enligt BBR 5:621 skall dörrar till eller i utrymningsvägar vara självstängande. Detta innefattar inte celldörrar, men genom att stänga dörren till en brandhärjad cell i ett tidigt skede förhindras brandgasspridning så att kritiska förhållanden inte uppstår i den korridor där övriga intagna måste utrymmas.
- Dörr mellan personalrum och korridor på avskildhetsavdelningar ersätts med en brandklassad dörr med lägst klassning EI 15-C. Detta skulle ge en ökad tidsmarginal som behövs för att utrymma avskildhetsavdelningarna vid eventuell brand i personalrum.
- Brandgasspjäll som stängs vid rökdetektion installeras mellan samtliga celler. Detta skulle göra samtliga celler till egna brandceller och på så sätt medföra att endast den brandhärjade cellen behöver utrymmas. Detta kräver även att de genomföringar som finns mellan cellerna tätas. Ett alternativ är att ventilationssystemet konfigureras så att frånluften fortsätter vara i drift vid detektion tillsammans med en backventil i tilluftssystemet. Backventilen slår igen om flödet i tilluftssystemet ändrar riktning och förhindrar därmed brandgasspridning. Om frånluftssystemet hålls i drift medverkar det till att brandgaser ventileras ut. Vid höga tryck kan brandgaser dock fortfarande spridas via frånluftssystemet. Denna åtgärd innebär inte att varje cell blir en egen brandcell, men försvårar brandgasspridning avsevärt.

En kombination av åtgärdsförslagen behövs för att uppnå funktionskraven. Dörrstängare förhindrar till exempel brandgasspridning till korridor, men ej till närliggande celler. Den åtgärd som påverkas flest faktorer är installation av sprinkler. Om branden begränsas av sprinkleraktivering i ett tidigt skede minskar riskerna för den intagne i den brandhärjade cellen, riskerna för de intagna i de angränsande cellerna samt riskerna för de vårdare som genomför en första räddningsinsats. En tidigt begränsad brand minskar även risken för brandgasspridning mellan cellerna och minskar därmed behovet av brandgasspjäll eller annan modifiering av ventilationssystemet. Trots nedsatt sikt är faran med spridning av brandgaser till korridor långt ifrån lika stor som tidigare då de ej uppnår kritiska värden för temperatur eller toxicitet. Till sist minskar även behovet av mer personal nattetid då en installerad sprinkler står för den första släckinsatsen.

Det finns olika sprinklermodeller på marknaden som är väl lämpade för slutna anstalter och liknande verksamheter. Den psykiatriska avdelningen på Ryhov i Jönköping har till exempel sprinklerhuvuden som är dolda av skyddslock för att undvika skadegörelse och risken för självmordsförsök genom hängning.³⁹ Värt att nämna är även att samtliga anstalter i Kanada är sprinklade i dagsläget.⁴⁰

Trots att sprinkler påverkar de flesta faktorer positivt och minskar behovet av de andra åtgärderna bör all tilltro inte sättas till att ett enda system fungerar till hundra procent. Framförallt får sprinklersystemet inte antas kunna ersätta välutbildad och erfaren personal.

³⁹ Stålbrand, 2003

⁴⁰ Carpenter, o.a. 2006

Referenser

Litteratur

Alvord, D.M., *Status Report on The Escape and Rescue Model and The Fire Emergency Evacuation for Multifamily Buildings*, The American Institute of Architects Foundation, Washington D.C., 1985.

Arvedahl, H., *Sakkunnigutlåtande ang. brand i cell 14112 inom Norrtälje Kriminalvårdsanstalt*, Räddningstjänsten, Norrtälje, 2005.

Babrauskas, V., *Burning Rates*, ur Society of Fire Protection Engineers (SFPE), *The SFPE Handbook of fire protection engineering 3rd edition*, National Fire Protection Association (NFPA), Quincy MA, USA, 2002.

Babrauskas, V., *Glass breakage in fires*, Fire Science and Technology, Issaquah WA, USA, 1997.

Bengtson, S., *Brandskyddsdocumentation för tillbyggnad av lokaler för stödavdelning och vissa befintliga lokaler vid Norrtälje KVA, Hus 1,2 14, 15 och 16*, Brandskyddslaget, 2000.

Boverket, *Boverkets byggregler (BBR)*, Karlskrona, 2002.

Boverket, *Utrymningsdimensionering*, NRS Tryckeri, Huskvarna, 2006.

Brandteknik, *Brandskyddshandboken*, Wallin & Dalholm, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2005.

Carpenter, D., Gaw, R., Richardson, K., Su, T., Taber, B., *Smoke Detectors in Prison Cells*, *Fire Protection Engineering Issue No.32*, SFPE, 2006.

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

Granberg, T., *Insatsrapport 200500371*, Räddningstjänsten, Norrtälje, 2005.

Hertzberg, T., *Golvattan orsakade exceptionell rökutveckling vid Växjöbranden, Brandposten 32-2005*, SP, Borås, 2005.

Jensen, L., *Brandgasspridning via ventilationssystem*, KFS AB, Lund, 1998.

Karlsson, B., Quintiere, J.G., *Enclosure Fire Dynamics*, CRC Press, Boca Raton, 2002.

Kriminalvårdsverket, *Instruktioner för personal*, Kriminalvårdsverket, Norrtälje, 2006.

McCaffrey, B., *Flame Height*, ur Society of Fire Protection Engineers (SFPE), *The SFPE Handbook of fire protection engineering 3rd edition*, National Fire Protection Association (NFPA), Quincy MA, USA, 2002.

Nilsson, G., *Utrymning från slutna anstalter*, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2005.

Olsson, N., *Brandgasspridning via ventilationssystem – Beräkningsteori och beräkningsexempel för olika typer av lokaler och verksamheter*, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 1999.

SP, Sveriges Provningsinstitut, *Rapport 2000:15 Brand i vårdanläggningar*, SP Brandteknik, Borås, 2000.

Särdqvist, S., *Initial Fires: RHR, Smoke Production and CO Generation from Single Items and Room Fire Tests*, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 1993.

Stålbrand, K., *Experterna om branden på S:t Sigfrid: Med sprinkler kanske ingen behövt omkomma*, *Brand och Räddning 6-2003*, Svenska Brandskyddsföreningen, Stockholm, 2003.

Elektroniska källor

Räddningsverket, *Insatsstatistik 1998-2004: Startföremål och brandorsak*, 2006.
<http://www.srv.se> (hämtad den 10 oktober 2006).

Muntligt

Carlstedt, M., *Kriminalvårdare*, Kriminalvårdsanstalten Norrtälje, Norrtälje, 2006.

Gojkovic, D., *Universitetsadjunkt*, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2006.

Jensen, L., *Professor*, Installationsteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2006.

Bilaga A. Val av effektkurvor

A.1 Scenario 1: Brand i boendecell på besöksavdelning

Den dimensionerande effektkurvan antas tillväxa enligt förenklingen

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2 \quad (\text{A.1})$$

där

\dot{Q}	är effekten från branden	[kW]
t	är tiden från brandens start	[s]
α	är en konstant som är beroende av vad som brinner	[kW/s ²]

Denna metod är egentligen framtagen för att beräkna tid till detektion och endast verifierad i brandens tidiga tillväxtfas. I brist på andra metoder är detta dock en vanlig metod som används ofta. I scenariot antas att brand anläggs i madrassen.

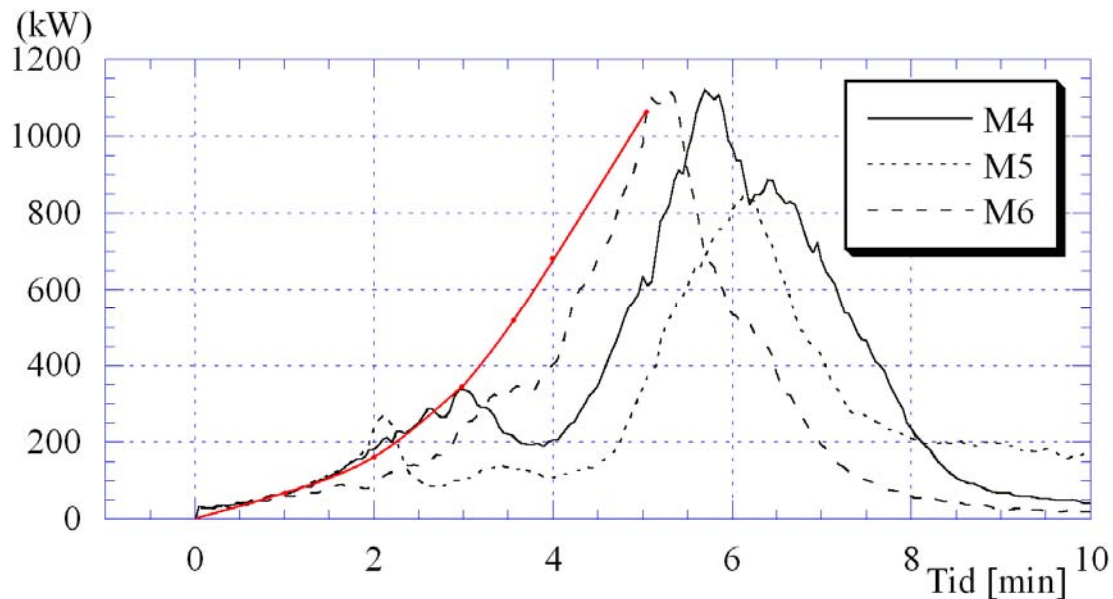
Val av alfa-värde

Madrasserna på KVA Norrtälje är tillverkade av flamskyddande höglastisk polyeter (kallskum) med densiteten 35 kg/m³. Madrassen uppfyller kraven enligt SS 876 00 01 *Vårdbäddar Brandkrav*, vilket innebär att de motstår antändning med små antändningskällor såsom cigaretter eller tändstickor. Standarden ställer dock inte krav på hur produkten beter sig då den utsätts för kraftigare antändningskällor. En madrass som uppfyller kraven räcker alltså inte som garanti mot anlagda bränder. Tidigare tillbud på anstalten visar att det är möjligt att antända madrassen.

Sedan några år tillbaka finns en ny svensk nationell standard, SS 876 00 10: *Sjukvårdstextil Brandkrav – Extra högt antändlighetsmotstånd på madrass avsedd för speciellt ändamål*. Avsikten är att madrasser som klarar testet skall kunna användas vid verksamheter där det finns risk för avsiktlig antändning, till exempel vid vård av psykiskt sjuka personer. För att uppfylla standarden måste madrasserna klara ett fullskaleförsök där en 30 kW-gasbrännare (vilket motsvarar brand i en hopknycklad tidning) appliceras på madrassen. När brännaren avlägsnas efter två minuter skall madrassen självslockna.

Madrasser liknande de på anstalten har testats enligt SS 876 00 10⁴¹. Då effektkurvorna har en tillväxt som väl överensstämmer med en alfa-t²-kurva med $\alpha=0,012 \text{ kW/s}^2$ väljs detta värde.

⁴¹ SP, 2000



Figur A-1 Effektutveckling för olika flamskyddade madrass typer med en inritad *medium*-kurva (SP, 2000)

Maximal effektutveckling

Madrassens maximala effektutveckling antas till 1000 kW enligt figur ovan. Trä utvecklar ca 180 kW/m^2 vid förbränning⁴². Totala arean trä innefattar säng, bokhylla, skrivbord och stol och har uppskattats till 4 m^2 , vilket då medför en effektutveckling på 720 kW. En TV utvecklar ca 250 kW, gardiner, kudde och sängkläder uppskattas utveckla 350 kW⁴³. Maximal effektutveckling i cellen blir då 2,3 MW, vilket uppnås efter 440 sekunder. Eventuell ventilationskontroll beräknas av CFAST, men för att uppskatta den maximala effektutvecklingen en ventilationskontrollerad brand kan få görs följande beräkningar:

$$\dot{m}_a = 0,5 \cdot A \cdot \sqrt{H_o} \quad (\text{A.2})$$

Insättning i Ekvation (A.2) ger:

$$0,5 \cdot 0,9 \cdot 2,1 \cdot \sqrt{2,1} = 1,36 \text{ kg/s}$$

Varefter massflödet syre ges av:

$$\dot{m}_{O_2} = \dot{m}_a (0,23 - 0,10) = 0,18 \text{ kg/s}$$

Slutligen erhålls den maximala effektutvecklingen genom:

$$\dot{Q}_{max} = \dot{m}_{O_2} \cdot \Delta H_{c,O_2} = 0,18 \cdot 13,2 = 2,3 \text{ MW}$$

⁴² McCaffrey, 2002

⁴³ Babrauskas, 2002

där

\dot{m}_a	är massflödet luft	[kg/s]
\dot{m}_{O_2}	är massflödet syre	[kg/s]
A	är öppningens area	[m ²]
H_o	är öppningens höjd	[m]
\dot{Q}_{max}	är maximal effektutveckling	[W]
$\Delta H_{c,O_2}$	är förbränningsentalpin för syre	[kJ/kg]

Ekvation (A.2) är en förenkling av (A.3):

$$\dot{m}_a = \frac{2}{3} \cdot C_d \cdot A \cdot \sqrt{H_o} \cdot \sqrt{2g\rho_a} \cdot \sqrt{\frac{(\rho_a - \rho_g)/\rho_a}{[1 + (\rho_a - \rho_g)^{1/3}]^3}} \quad (A.3)$$

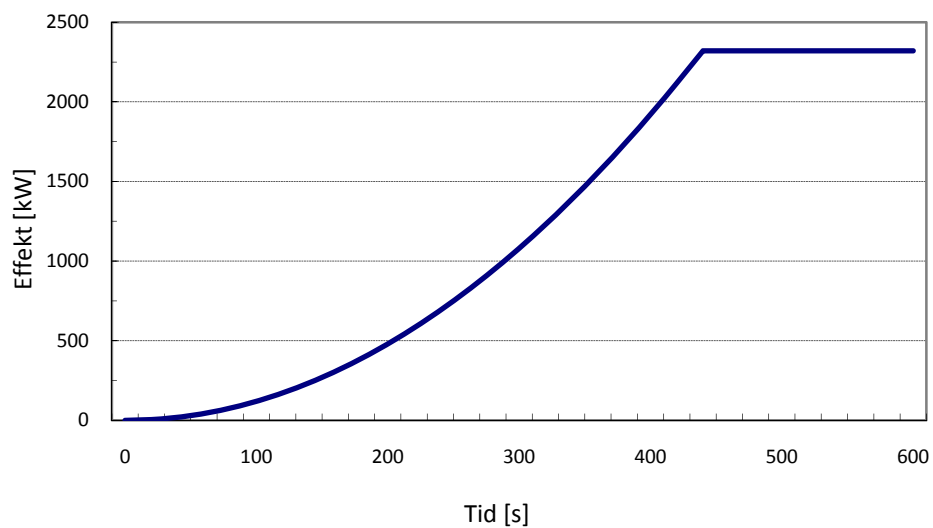
där

C_d	är flödeskoefficienten	[-]
g	är gravitationskonstanten	[m/s ²]
ρ_a	är den omgivande luftens densitet	[kg/m ³]
ρ_g	är brandgasernas densitet	[kg/m ³]

med antagna standardvärden för densitetsfaktor, C_d , g och ρ_a . Förenklingen är giltig då temperaturen är jämt fördelad i brandrummet och högre än 300 °C. Den är därför lämplig att använda vid fullt utvecklade bränder⁴⁴. Luft innehåller 23 massprocent syre och CFAST räknar med att förbränning sker ner till 10 massprocent. Varje kilogram förbrukat syre utvecklar 13,2 MJ⁴⁵. Dörren till cellen har höjden 2,1 m och bredden 0,9 m vilket medför en maximal effektutveckling på 2,3 MW, vilket är samma effekt som för bränslekontrollerad brand.

⁴⁴ Karlsson, Quintiere, 2002

⁴⁵ Karlsson, Quintiere, 2002



Figur A-2 Effektkurva för boendecellen

A.2 Scenario 2: Brand i Avskildhetscell

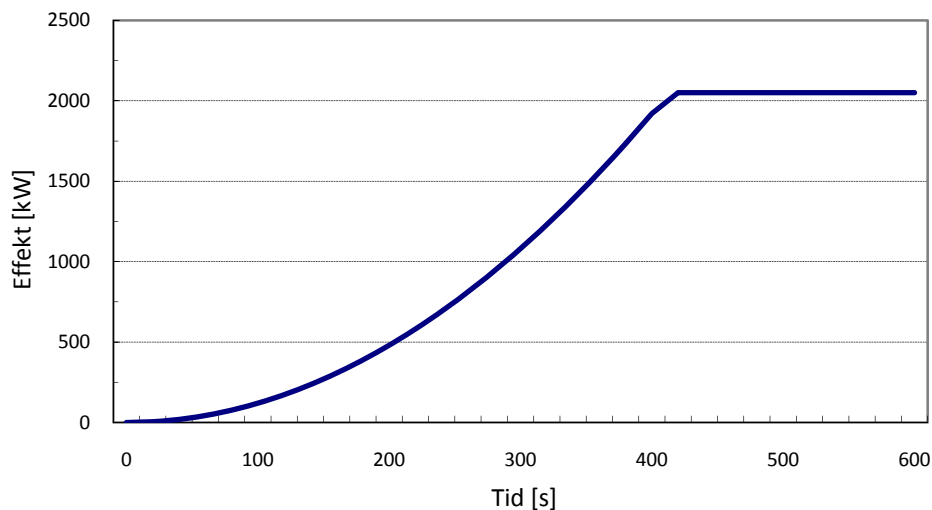
Den dimensionerande effektkurvan antas tillväxa enligt förenklingen $\dot{Q} = \alpha \cdot t^2$ (ekvation A.1). I scenariot antas att brand anläggs i madrassen.

Val av alfa-värde

Med samma resonemang som för Boendecellen har $\alpha = 0,012$ valts.

Maximal effektutveckling

Avskildhetscellen har nästan samma inredning som boendecellen, skillnaden består i att den har ett mindre skrivbord, saknar bokhylla och stolen är gjord i plast. Träytan uppskattas till 2,5 m² och på samma sätt som för brand i boendecell har den maximala effektutvecklingen i avskildhetscellen uppskattats till 2,1 MW. Eventuell ventilationskontroll beräknas av CFAST, men för att uppskatta hur stor effektutveckling en ventilationskontrollerad brand kan få görs samma beräkningar som ovan. Då dörren till cellen har samma mått fås även här värdet 2,3 MW. Enligt dessa beräkningar blir branden bränslekontrollerad.



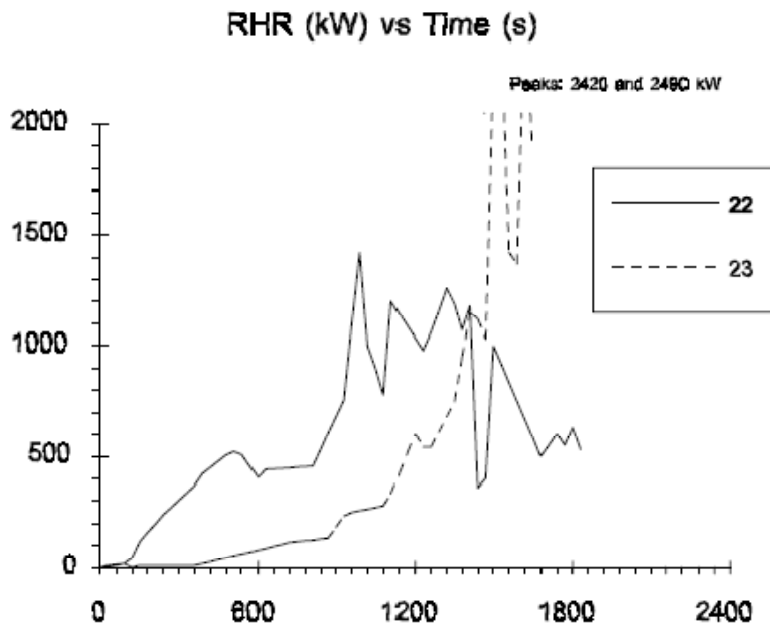
Figur A-3 Effektkurva för avskildhetscellen

A.3 Scenario 3: Brand i Personalrum

Den dimensionerande effektkurvan antas tillväxa enligt förenklingen $\dot{Q} = \alpha \cdot t^2$ (ekvation A.1).

Val av alfa-värde

Försök har gjorts på kontorsinredning, med liknande möbelkonfiguration som i personalrummet⁴⁶.



Figur A-4 Effekttutvecklingen för fritt brinnande kontorsinredning (Särdqvist, 1993)

Figur A-4 visar effekttutvecklingen för fritt brinnande kontorsinredning. Avläsning mellan 120 och 240 sekunder där effekttutvecklingen tillväxer snabbast ger $\alpha = 0,013$. Denna avläsning görs för att få ett så konservativt värde som möjligt.

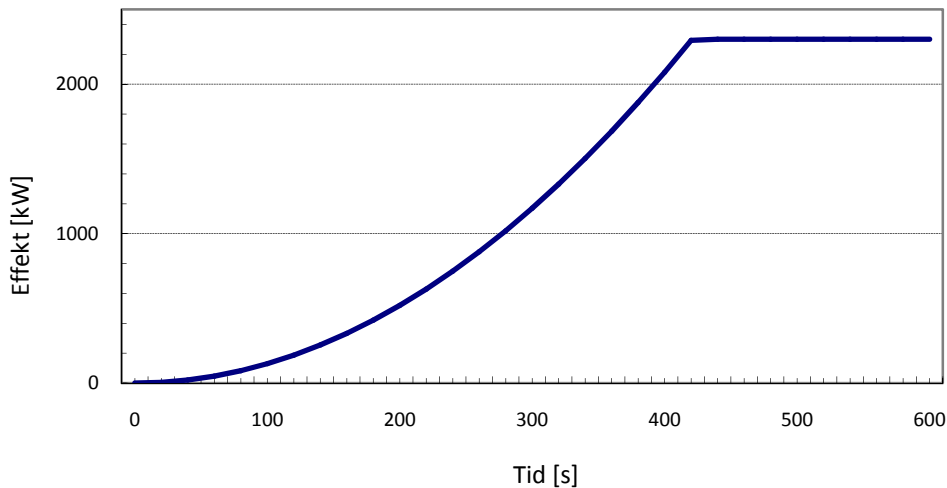
Maximal effekttutveckling

Då det finns mycket brännbart material och få öppningar till rummet (alla dörrar skall hållas låsta) kommer branden troligtvis bli ventilationskontrollerad. Med antagandet att glasrutan i dörren (med måtten $0,7 \times 0,8 \text{ m}^2$) till korridoren spricker och lämnar öppningen helt fri, tillåts en maximal effekt på $0,43 \text{ MW}$ enligt Ekvation (A.2). Då personalrummet är stort och från början innehåller mycket syre kommer branden troligtvis tillåtas växa till en högre effekt innan ventilationskontroll uppstår. Därför väljs en kurva med en maximal effekttutveckling på $2,3 \text{ MW}$ som i tidigare fall och CFAST räknar ut när ventilationskontroll uppstår.

Möblerna i personalrummet består till stor del av trämaterial, såsom skrivbord, förvaringshyllor matbord och stolar. Då en meter högt staplade träpallar brinner med en maximal effekt av 3 MW ⁴⁷ bedöms trämaterialiet i rummet kunna utveckla minst $2,3 \text{ MW}$. Dessutom finns det en stor mängd annat brännbart material, såsom dator, mikrovågsugn och köksluckor.

⁴⁶ Särdqvist, 1993

⁴⁷ Karlsson, Quintiere, 2002



Figur A-5 Effektkurva för brand i personalrummet

A.4 Scenario 4: Brand i Verkstad

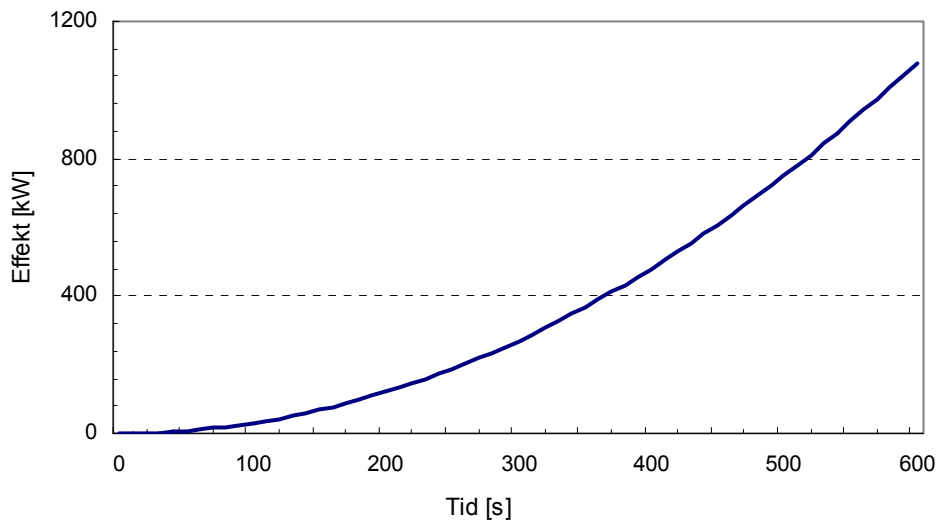
Den dimensionerande effektkurvan antas tillväxa enligt förenklingen $\dot{Q} = \alpha \cdot t^2$ (Ekvation A.1).

Val av alfa-värde

Enligt eldningsförsök som redovisas i Bilaga C har $\alpha = 0,003$ valts.

Maximal effektutveckling

Då mängden musmattor är stor kommer bränslet ej begränsa effektutvecklingen under de första tio minuterna. Då verkstaden har stor volym är även syretillgången god.



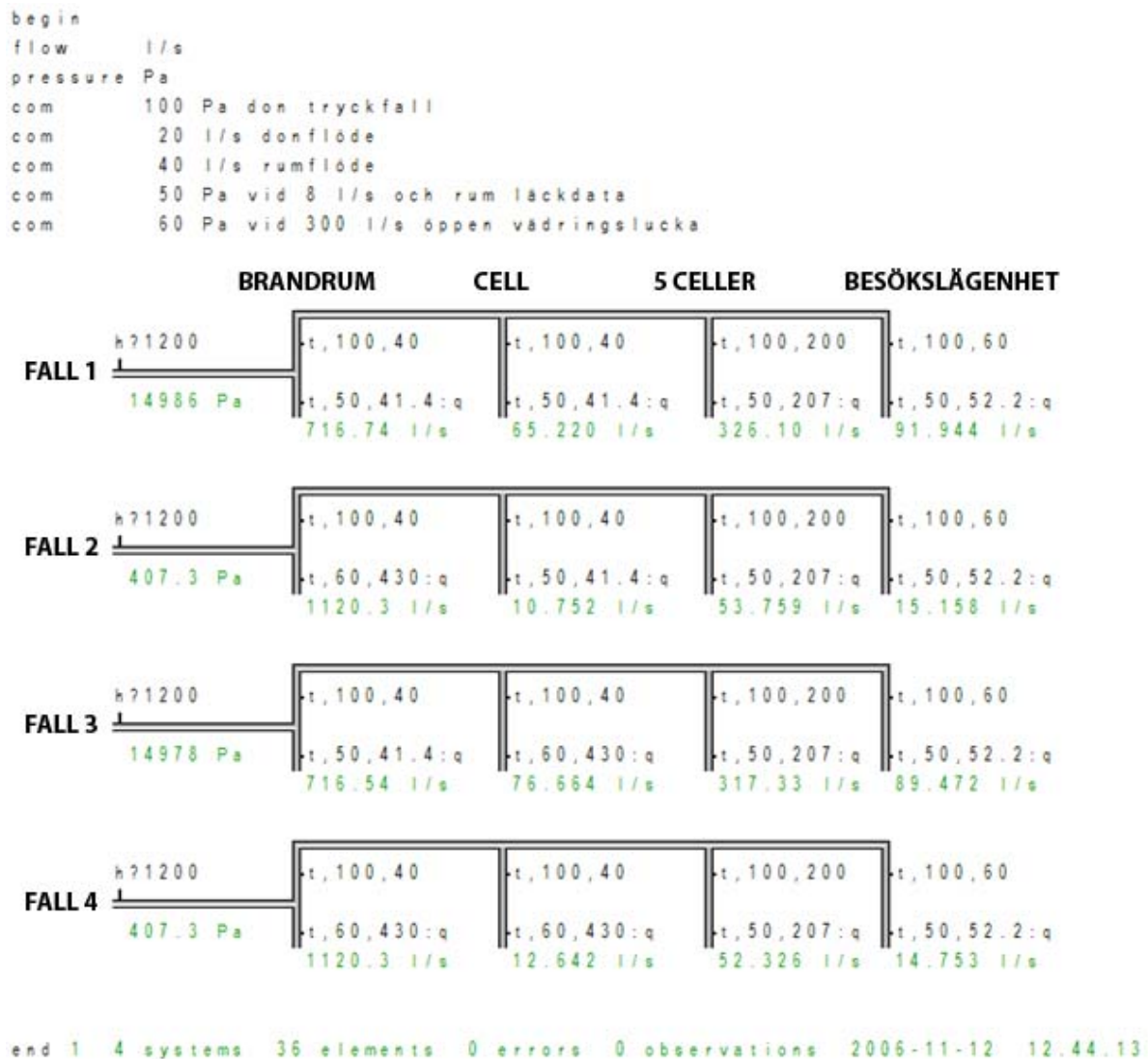
Figur A-6 Effektkurva för brand i verkstaden

Bilaga B. Ventilationsberäkningar

B.1 Program Flow Systems

PFS (Program Flow Systems) är ett datorprogram som räknar på flödessystem (t.ex. ventilations- eller sprinklersystem). När vissa förutsättningar om sitt flödessystem skrivits in löser PFS sedan de ekvationssystem som behövs för att få samtliga sökta obekanta faktorer, som exempelvis flöden eller tryck.

Figur B-1 beskriver hur fyra fall av samma flödessystem mellan cellerna är uppritat i PFS för en brandeffekt på 1200 kW.



Figur B-1 Flödessystem uppritat i PFS med beräknade flöden

B.2 Tryckavlastningsberäkningar

Enligt tidigare är normkravet för fasadläckor i bostäder $0,8 \text{ l/sm}^2$ vid en tryckskillnad om 50 Pa. Ytterfasaden på cellerna har arean $6,8 \text{ m}^2$. Alltså har varje cell ett fasadläckage på:

$$q_i = 6,8 \text{ m}^2 \cdot 0,8 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2 = 5,4 \text{ l/s}$$

där

q_i är flödet via läckor i ytterfasaden [l/s]

Den stora besökslägenhetens ytterfasad är tre gånger större än cellernas, och kommer därför att få cirka tre gånger så stort flöde genom läckor i fasaden.

Trots att dörrarna till cellerna är brandtekniskt klassade kan läckor genom dörrspringor aldrig undvikas⁴⁸. Genom uppskattning har dörrspringornas area bestämts till $0,006 \text{ m}^2$. Vid beräkning av flödet används endast effektiv area p.g.a. kontraktion, vilken bestäms till:

$$A_{eff} = 0,6 \cdot 0,006 \text{ m}^2 = 0,0036 \text{ m}^2$$

där

A_{eff} är den effektiva arean [m²]

För öppningar gäller att vid ett tryckfall på 60 Pa är flödets hastighet genom dem cirka 10 m/s ⁴⁹. Vid 60 Pa tryckfall blir flödet genom celldörrens läckage 36 l/s .

$$q_d = 10 \text{ m/s} \cdot 0,0036 \text{ m}^2 = 0,036 \text{ m}^3/\text{s} = 36 \text{ l/s}$$

där

q_d är flödet genom dörrläckor [l/s]

I de rum där vädringsluckorna är öppna blir tryckavlastningsmöjligheterna större.

En vädringsluckas totala öppningsarea uppskattas till $0,072 \text{ m}^2$. Den effektiva arean ges av:

$$A_{eff} = 0,6 \cdot 0,072 \text{ m}^2 = 0,043 \text{ m}^2$$

Vid tryckfall på 60 Pa blir flödet genom en vädringslucka 430 l/s enligt följande samband:

$$q_v = 10 \text{ m/s} \cdot 0,043 \text{ m}^2 = 0,43 \text{ m}^3/\text{s} = 430 \text{ l/s}$$

där

q_v är flödet genom en vädringslucka [l/s]

⁴⁸ Jensen, 2006

⁴⁹ Jensen, 2006

Bilaga C. Uppmätt effektutveckling

Syfte

Syftet är att få en uppfattning om tillväxthastigheten vid brand i ett lager med musmattor.

Material

Vid försöket användes 20 ihoprullade musmattor placerade i en wellpapplåda. Musmattorna är gjorda av gummi med textilöverdrag.



Figur C-1 Försökupställning

Försökupställning

Lådan placerades på en mineralullsplatta i en kalorimeter.

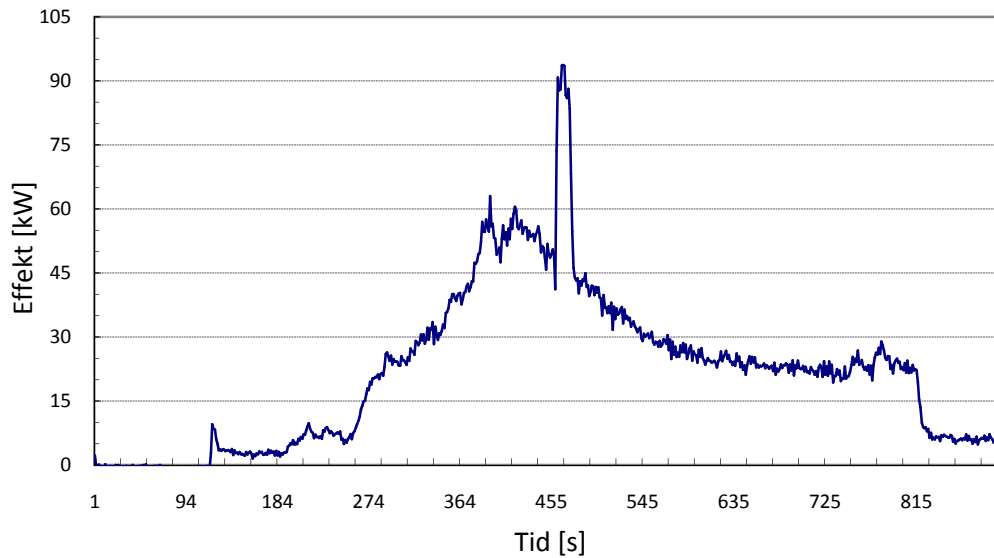
Utförande

Lådan antändes med en brännare. Brandgaserna samlades upp i en huv och analyserades för att få fram effektutveckling och produktion av giftiga gaser. Brandförloppet observerades även visuellt.



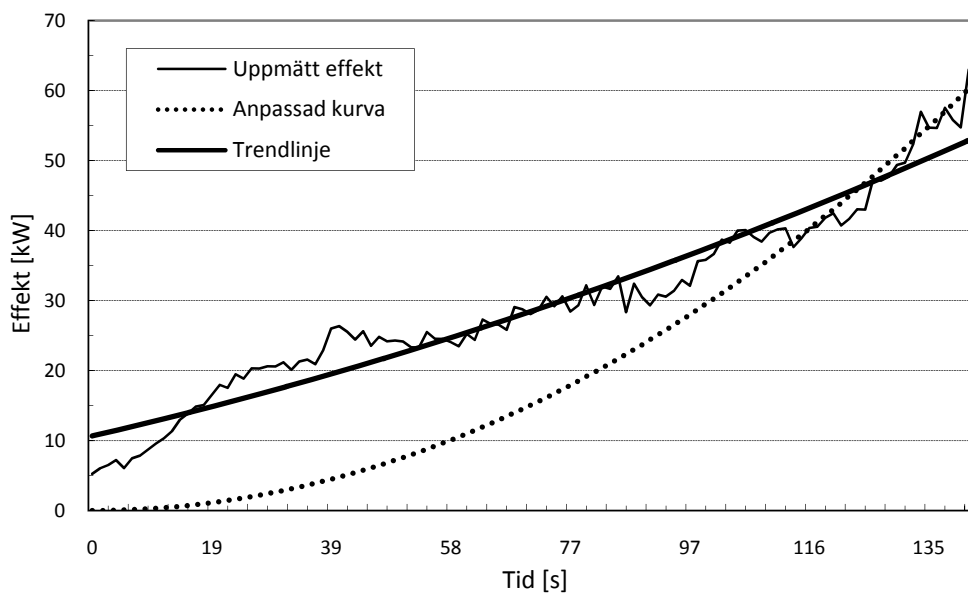
Figur C-2 Två minuter efter antändning

Resultat



Figur C-3 Uppmätt effektutveckling som funktion av tiden vid försöket

Försöket startades vid 180 sekunder. Brännaren hölls mot lådan i ca 15 sekunder. Vid 450 sekunder ökades fläktens effekt, därav den kraftiga stigningen i effekt. Försöket avslutades efter 800 sekunder. Då hade ungefär hälften av musmattorna brunnit upp.



Figur C-4 Uppmätt effektutveckling i intervallet 270-400 sekunder

Genom avläsning av trendlinjen har en tillväxtkoefficient $\alpha=0,003 \text{ kW/s}^2$ avlästs. Den anpassade kurvan visar en αt^2 – kurva med denna tillväxthastighet.

Bilaga D. Escape and Rescue Model

D.1 Beskrivning av ERM

På fängelser och andra slutna anstalter är de intagna oftast inlåsta. Detta ställer givetvis särskilda krav på utrymning då de inte själva kan ta sig ut. För att simulera utrymningar från slutna anstalter utvecklades programmet ERM (Escape and Rescue Model). Programmet har använts sedan 1985.

Den grundläggande principen bakom programmet är att de lokaler i vilka utrymningssimulering ska ske delas upp i noder i ett koordinatsystem. Man anger sedan för ERM var noderna ligger i koordinatsystemet och vilka noder som är anknutna till varandra. ERM förflyttar sedan intagna och vårdare på raka linjer mellan dessa noder och väljer alltid den kortaste vägen. Man anger också en eller flera noder som utgör säkert plats och det är till denna nod som ERM förflyttar samtliga.

I programmet kan varje vårdtagare tillskrivas individuella egenskaper som förändrar deras gånghastighet, reaktionstid och behov av vårdare under hela eller delar av utrymningen. Man anger också i vilken ordning de ska utrymmas. Vårdarna kan också ha individuellt olika tider innan de påbörjar utrymningen och den eventuella tid de behöver mellan varje intagen de utrymt.⁵⁰

Efter simulering erhålls resultat som redovisar hur och när vårdare och intagna rört sig mellan noderna och slutligen den tid då samtliga, både intagna och vårdare, befinner sig på säkert plats.

D.2 Begränsningar

I programmet finns vissa inbyggda begränsningar som är viktiga att ta hänsyn till. Ingen hänsyn tas till dörrar eller bredden på öppningar, eller på eventuella flaskhalsar som kan uppstå vid trånga passager. Vidare tas ingen hänsyn till hur brand och brandgaser påverkar intagna och vårdare och deras utrymningshastighet, vilket underskattar utrymningstiden. Det finns dock flera möjligheter att ge patienter och vårdare olika fördröjningar, vilket t.ex. kan simulera tiden det tar att öppna en låst dörr eller liknande.

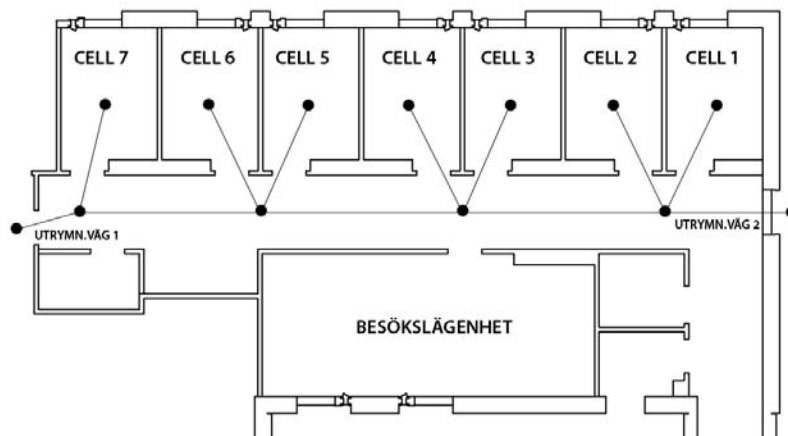
D.3 Förutsättningar för utrymningssimuleringar

För att kunna genomföra simuleringarna i ERM har vissa antaganden gjorts för varje scenario. Antagandena omfattar framförallt tider som fördröjer utrymningsförloppen. Simuleringarna i ERM tar hänsyn till små fördröjningar såsom reaktionstider, men förutsätter att vårdarna i stort agerar riktigt vid utrymning. De i simuleringarna använda fördröjningstiderna förutsätter ett utrymningförlopp där inga allvarliga misstag begås. Notera även att resultaten från simuleringar i ERM är starkt beroende av de ingenjörsmässiga antagandena som görs vid bestämning av indata till programmet. Utrymningstiderna som redovisas nedan bör därför inte ses som exakta värden på hur lång tid en eventuell utrymning skulle ta i verkligheten. Dessa bör endast användas som riktvärden.

⁵⁰ Alvord, 1985

D.4 Scenario 1: Brand i boendecell på besöksavdelningen

För detta scenario har fyra simuleringar, A-D, med olika förutsättningar utförts i ERM.



Figur D-1 Nodkarta över avdelningen

Nattetid (simulering A och B)

- Interner: 6 st. Samtliga celler är belagda, förutom cell 1 och besökslägenheten.
- Vårdare: 4 st.

På nätterna patrullerar 4 vårdare anstaltsområdet i två par. Vid larm nattetid dröjer det enligt personalen på anstalten cirka två minuter innan den mest avlägsna patrullen befinner sig på platsen där larmet aktiverats.⁵¹ Denna tid antas vara oberoende av var det brinner. Grundat på detta tillskrivs de två mest avlägsna vårdarna en fördröjning, tiden innan de anländer till avdelningen och kan påbörja utrymningen, på 120 sekunder. Valet av denna tid styrks ytterligare av försök som utvärderar brandsäkerheten på fängelser i Kanada i vilka samma fördröjning används.⁵² Fördröjningen för de två resterande vårdarna är mindre och sätts till 90 sekunder. Samtliga vårdare tillskrivs även en tid för återhämtning, efter varje tillfälle de fört en intern till säker plats, innan de återvänder för att utrymma en annan intern. Denna tid uppskattas till 5 sekunder.

I ERM tilldelas varje intern ett prioriteringstal, vilket betecknar ordningen som de skall utrymmas i. Av uppenbara skäl kommer internen i den brandhärjade cellen att utrymmas först. Därefter kommer vårdarna att utrymma de intilliggande cellerna, och de i förhållande till branden mest avlägsna cellerna kommer att utrymmas sist. Efter det att den första fången anlärt till säker plats, måste en av vårdarna avsättas för att övervaka de redan utrymda internerna. I ERM görs detta genom att ge internen i den brandhärjade cellen så kallad ”wanderer”-status.

Alla interner, förutom den som anlägger branden, antas sova vilket kommer att fördröja utrymningen. Internerna på avdelningen tar även sömnmedel, vilket ytterligare fördröjer förloppet. Tre av internerna tillskrivs sådan status att de behöver assistans hela vägen ut (type 10 i ERM). Den sammanlagda tiden det tar för en vårdare att väcka, informera och initiera utrymning av en sådan intern sätts till 15 sekunder. Två interner behöver mycket assistans och kanske behöver bäras ut (type 20 i ERM), och tillskrivs en motsvarande sammanlagd

⁵¹ Carlstedt, 2006

⁵² Carpenter o.a., 2006

fördröjning på 25 sekunder. Internen som anlägger branden antas behöva mycket hjälp av två vårdare under hela utrymningsförloppet (type 40 i ERM). Denna intern kommer antagligen att vara medvetslös eller inte vilja samarbeta, därför tillskrivs internen den sammanlagda fördröjningen 45 sekunder. Tiderna ovan inkluderar även den tid det tar för vårdare att låsa upp celldörren.

Tabell D-1 Förutsättningar för de intagna i simulering A-B

Intern	Rum	Type	Prioritering	Fördröjning (s)
1	Cell 2	20	4	25
2	Cell 3	10	2	15
3	Cell 4	40	1	45
4	Cell 5	10	3	15
5	Cell 6	20	5	25
6	Cell 7	10	6	15

Tabell D-2 Förutsättningar för vårdarna i simulering A-B

Vårdare	Fördröjning (s)
1	90
2	90
3	120
4	120

I simulering A antas att utrymningen sker genom utrymningsväg 1. Utrymningsväg 2 utgörs av en lågt sittande lucka vilken antas vara blockerad, och därför inte används. Att det finns risk för att utrymningsväg 2 är blockerad, styrks av det faktum att det stod ett bord placerat framför den vid besöksstillfället.

En simulering där det förutsätts att båda utrymningsvägarna är tillgängliga, simulering B, har även utförts i ERM. Detta resulterar i att tre interner kommer att utrymmas till respektive säker plats. Eftersom det i detta scenario kommer att krävas två vårdare, en på varje säker plats, till att övervaka utrymda interner får ytterligare en intern ”wanderer”-status.

Dagtid (simulering C och D)

- Interner: 6 st. Samtliga celler är belagda, förutom cell 1 och besökslägenheten.
- Vårdare: 6 st.

Dagtid finns det betydligt fler vårdare på anstalten än nattetid. Detta innebär både att fler vårdare kommer att hjälpa till vid utrymning, och att deras fördröjning kommer att vara mindre. I simuleringen antas att sex vårdare, en till varje intern, genomför utrymningen. Eftersom internerna inte är lika tungt medicinerade dagtid, och eftersom de antas vara vakna, tillskrivs de kortare fördröjning och annan typ. Scenariot har simulerats med en respektive två tillgängliga utrymningsvägar (simulering C respektive D) och en vårdare som vaktar utanför varje utrymningsväg efter att de utrymt en intagen dit.

Tabell D-3 Förutsättningar för internerna i simulering C-D

Intern	Rum	Type	Prioritering	Fördröjning (s)
1	Cell 2	10	4	15
2	Cell 3	10	2	15
3	Cell 4	40	1	45
4	Cell 5	10	3	15
5	Cell 6	10	5	15
6	Cell 7	10	6	15

Tabell D-4 Förutsättningar för vårdarna i simulering C-D

Vårdare	Fördröjning (s)
1	20
2	20
3	20
4	60
5	60
6	60

Resultat

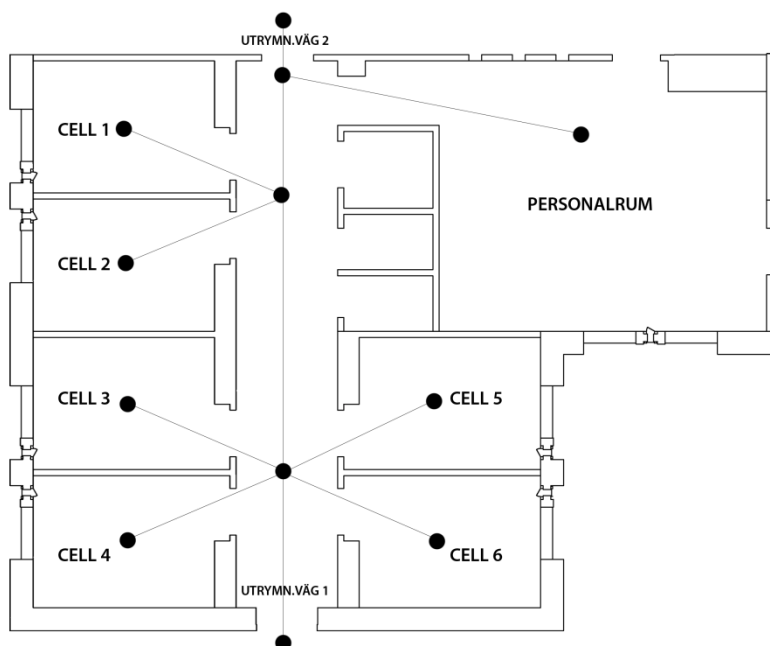
Tiderna i Tabell D-5 omfattar tid från larmaktivering till det att fullständig utrymning av avdelning är genomförd.

Tabell D-5 Resultat från ERM (minuter)

Tid (min)	En utrymningsväg	Två utrymningsvägar
Nattetid	3.9	3.6
Dagtid	1.9	2.3

D.5 Scenario 2: Brand i avskildhetscell

För detta scenario har fyra simuleringar, E-H, för vilka förutsättningarna varierats, utförts i ERM. Eftersom detta scenario är av liknande karaktär som det ovan diskuterade scenariot, brand i boendecell, kan samma resonemang och motiveringar användas angående val av indata i ERM.



Figur D-2 Nodkarta över avdelningen

Nattetid (simulering E och F)

- Interner: 6 st. Samtliga celler på avdelningen är belagda.
- Vårdare: 4 st.

Då även internerna på avskildhetsavdelningen medicineras kommer de att tillskrivas samma fördröjningstider i ERM som internerna i boendecellerna på besöksavdelningen. Vårdarnas fördröjning kommer också att vara samma som i simuleringarna för utrymning av boendecellerna, eftersom deras fördröjning nattetid är oberoende av var det brinner. För vidare resonemang kring antagna förutsättningar se avsnitt D.4.

Tabell D-6 Förutsättningar för internerna i simulering E-F

Intern	Rum	Type	Prioritering	Fördröjning (s)
1	Cell 1	40	1	45
2	Cell 2	10	2	15
3	Cell 3	20	3	25
4	Cell 4	10	4	15
5	Cell 5	20	5	25
6	Cell 6	10	6	15

Tabell D-7 Förutsättningar för vårdarna i simulering E-F

Vårdare	Fördröjning (s)
1	90
2	90
3	120
4	120

Även en simulering där utrymning antas ske genom båda tillgängliga utrymningsvägar har genomförts. Detta resulterar i att tre interner kommer att utrymmas till respektive säker plats. Eftersom det i detta scenario kommer att krävas två vårdare, en på varje säker plats, till att övervaka utrymda interner får ytterligare en intern ”wanderer”-status.

Dagtid (simulering G-H)

- Interner: 6 st. Samtliga celler på avdelningen är belagda.
- Vårdare: 6 st.

Dagtid finns det betydligt fler vårdare på anstalten än nattetid. Detta innebär både att fler vårdare kommer att hjälpa till vid utrymning, och att deras fördröjning kommer att vara mindre. I simuleringen antas att sex vårdare, en till varje intern, genomför utrymningen dagtid. De tre vårdare som har kortast fördröjning antas befinna sig i personalrummet. Deras fördröjning utgörs endast av reaktionstid. Internerna inte är lika tungt medicinerade dagtid, och antas vara vakna, tillskrivs de kortare fördröjning och annan typ. Scenariot har simulerats med en respektive två tillgängliga utrymningsvägar och en vårdare som vaktar utanför varje utrymningsväg efter att de utrymt en intagen dit.

Tabell D-8 Förutsättningar för internerna i simulering G-H

Intern	Rum	Type	Prioritering	Fördröjning (s)
1	Cell 1	40	1	45
2	Cell 2	10	2	15
3	Cell 3	10	3	15
4	Cell 4	10	4	15
5	Cell 5	10	5	15
6	Cell 6	10	6	15

Tabell D-9 Förutsättningar för vårdarna i simulering G-H

Vårdare	Fördröjning (s)
1	10
2	10
3	10
4	60
5	60
6	60

Resultat

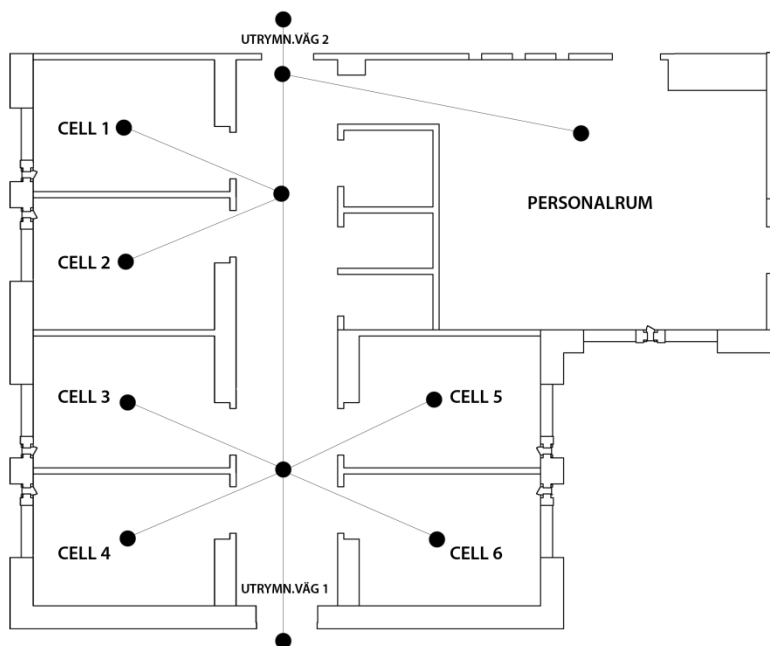
Tiderna i Tabell D-10 omfattar tid från larmaktivering till det att fullständig utrymning av avdelning är genomförd.

Tabell D-10 Resultat från ERM (minuter)

Tid (min)	En utrymningsväg	Två utrymningsvägar
Nattetid	4.0	3.9
Dagtid	1.9	2.4

D.6 Scenario 3: Brand i personalrum

För detta scenario har fyra simuleringar, för vilka förutsättningarna varierats, utförts i ERM.



Figur D-3 Nodkarta över avdelningen

Nattetid (simulering I-J)

- Interner: 6 st. Samtliga celler på avdelningen är belagda.
- Vårdare: 4 st.

Då branden i detta scenario inte är anlagd, antas alla interner vara samarbetsvilliga. Detta innebär att ingen av dem antas behöva hjälp av två vårdare under hela utrymningsförloppet. Vårdarnas fördröjning nattetid är oberoende av var det brinner, och sätts därför återigen till 90 respektive 120 sekunder. Scenariot har simulerats med en respektive två tillgängliga utrymningsvägar och en vårdare som vaktar utanför varje utrymningsväg efter att de utrymt en intagen dit.

Tabell D-11 Förutsättningar för internerna i simulering I-J

Intern	Rum	Type	Prioritering	Fördröjning (s)
1	Cell 1	20	1	25
2	Cell 2	10	2	15
3	Cell 3	20	3	25
4	Cell 4	10	4	15
5	Cell 5	20	5	25
6	Cell 6	10	6	15

Tabell D-12 Förutsättningar för vårdarna i simulering I-J

Vårdare	Fördröjning (s)
1	90
2	90
3	120
4	120

Dagtid (simulering K-L)

- Interner: 6 st. Samtliga celler på avdelningen är belagda.
- Vårdare: 4 st.

Dagtid finns det betydligt fler vårdare på anstalten än nattetid. Detta innebär både att fler vårdare kommer att hjälpa till vid utrymning, och att deras fördröjning kommer att vara mindre. I simuleringen antas att sex vårdare, en till varje intern, genomför utrymningen. Själva avdelningen är dagtid bemannad av minst tre vårdare⁵³. Dessa antas ej befinna sig i personalrummet då larmet går, och tillskrivs en fördröjning på 20 sekunder. Eftersom internerna inte är lika tungt medicinerade dagtid, och eftersom de antas vara vakna, tillskrivs de kortare fördröjning och sätts som mer gynnsamma typer. Scenariot har simulerats med en respektive två tillgängliga utrymningsvägar och en vårdare som vaktar utanför varje utrymningsväg efter att de utrymt en intagen dit.

Tabell D-13 Förutsättningar för internerna i simulering K-L

Intern	Rum	Type	Prioritering	Fördröjning (s)
1	Cell 1	10	1	15
2	Cell 2	10	2	15
3	Cell 3	10	3	15
4	Cell 4	10	4	15
5	Cell 5	10	5	15
6	Cell 6	10	6	15

Tabell D-14 Förutsättningar för vårdarna i simulering K-L

Vårdare	Fördröjning (s)
1	20
2	20
3	20
4	60
5	60
6	60

Resultat

Tiderna i tabellen nedan omfattar tid från larmaktivering till det att fullständig utrymning av avdelning är genomförd, enligt ERM.

Tabell D-15 Resultat från ERM (minuter)

Tid (min)	En utrymningsväg	Två utrymningsvägar
Nattetid	3.9	3.6
Dagtid	1.9	1.8

⁵³ Carlstedt, 2006

Bilaga E. CFAST

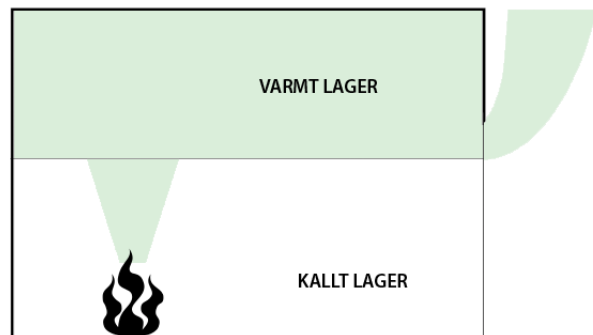
E.1 Allmänt

Programmet CFAST (Consolidated Fire and Smoke Transport Model) är framtaget av NIST (National Institute of Standards and Technology) och är ett program för tvåzonsmodellering av brandscenarier. Med hjälp av CFAST kan temperatur, strålning, höjd på brandgaslager och flera andra variabler i ett brandförlopp beräknas. CFAST gör också beräkningar på transport av brandgaser till angränsande utrymmen vilket gör att det kan användas i flera angränsande utrymmen.

E.2 Tvåzonsmodellen

Tvåzonsmodellering av en brand i ett avgränsat utrymme innebär att utrymmet delas in i två homogena horisontella lager, ett övre och ett undre, med en tydlig skiktning. All förbränning antas ske i det undre lagret och all spridning av brandgaser sker momentant i det övre lagret.

För att kunna utföra beräkningar med hjälp av tvåzonsmodellen behövs information om rumsgeometri, brandeffekt, konstruktionsmaterial, omgivande tryck- och temperaturförhållanden samt eventuell ventilation. Det är sedan möjligt att lösa ekvationer för bevarandet av energi och massa⁵⁴ för att på så vis beräkna temperaturen i det övre och undre lagret, brandgaslagrets höjd, strålningen mot golvet, halten av olika ämnen i de båda lagren (t.ex. kolmonoxid och syre) etc.



Figur E-1 Principen för tvåzonsmodellen

E.3 Begränsningar

Tvåzonsmodellering är en förenkling av verkligheten och medför ett antal begränsningar. Det övre och undre lagret förutsätts vara helt homogena och lika höga vid varje punkt i rumsvolymen, vilket inte överensstämmer helt med verkligheten. Då brandgaserna är svalare längre bort från källan blir den termiska stignakraften inte lika stark.

CFAST tar ingen hänsyn till transporttid av brandgaser. Brandgaser som produceras av branden kommer således momentant att befinna sig i det övre lagret. För utrymmen som t.ex. korridorer blir därför tvåzonsmodellering med CFAST olämpligt. Problemet kan till viss del kringgås genom att dela in avlånga utrymmen i sektioner. Det gäller dock att vara uppmärksam på den osäkerhet som finns när CFAST beräknar brandgasspridning mellan olika utrymmen⁵⁵.

⁵⁴ Karlsson, Quintiere, 2002

⁵⁵ Gojkovic, 2006

E.4 Modellens giltighet

För att resultaten från tvåzonsmodellering med CFAST skall kunna betraktas som giltiga gäller vissa begränsningar för lokalernas geometri. Modellen har ursprungligen skapats för att kunna göra beräkningar på bränder i avgränsade utrymmen som vanliga rum, kontor eller liknande, samt flera sådana utrymmen som angränsar till varandra. Olika experiment har visat att tvåzonsmodellen stämmer bra överrens med fullskaleexperiment för själva brandrummet och de närmsta angränsande utrymmena⁵⁶.

När det gäller brandgasspridning i utrymmen med andra geometrier, som t.ex. korridorer och atrium, måste resultaten granskas kritiskt på grund av begränsningarna ovan.

Följande begränsningar för effektutveckling och rumsgeometri har tagits fram empiriskt och anger inom vilka gränser tvåzonsmodellen kan anses vara giltig:

För utrymmets geometri och effektutveckling bör följande gälla⁵⁷:

Tabell E-1 Geometriska begränsningar i tvåzonsmodellen

	Acceptabelt	Gränsfall	Speciella fall
$(L/W)_{max}$	$L/W < 3$	$3 < L/W < 5$	$L/W > 5$
$(L/H)_{max}$	$L/H < 3$	$3 < L/H < 6$	$L/H > 6$
$(W/H)_{min}$	$W/H > 0,4$	$0,2 < W/H < 0,4$	$W/H < 0,2$
\dot{Q}	$\dot{Q} \leq 5A\sqrt{H}$	och	$\dot{Q}'' \leq 1000$

där

L	är rummets längd	[m]
W	är rummets bredd	[m]
H	är rummets höjd	[m]
\dot{Q}	är effektutvecklingen	[kW]

E.5 Förutsättningar

För varje scenario har vissa förenklingar gjorts i CFAST. Dessa redovisas nedan.

E.5.1 Scenario 1: Brand i boendecell

Varje cell har en mindre toalett. Vid simuleringarna togs dessa dock bort och i verkligheten är cellens volym, förutsatt att toal addedörren är stängd, något mindre. I varje cell hade taket två olika höjder. Detta har förenklats med en medelhöjd.

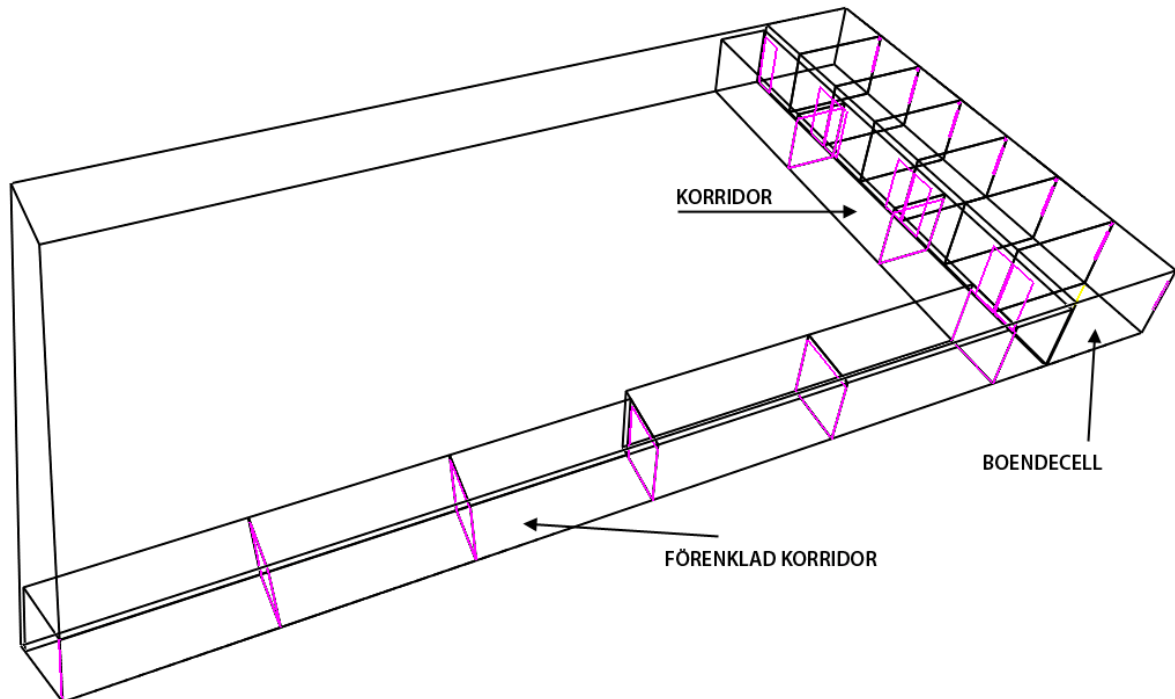
Vädringsluckorna som finns i varje cell är i verkligheten 1,1 m höga och 0,1 m breda täckta med perforerad plåt. Därför har den totala öppningsarean antagits vara hälften så stor som det riktiga fönstret.

Läckor på grund av otäta genomföringar i teknikutrymmet har förenklats till en öppning på $0,1 \times 0,1 \text{ m}^2$ närmast taket mellan varje cell. Små springor har lagts till vid golvnivå i korridoren för att kompensera för läckage i byggnaden.

⁵⁶ Karlsson, Quintiere, 2002

⁵⁷ Gojkovic, 2006

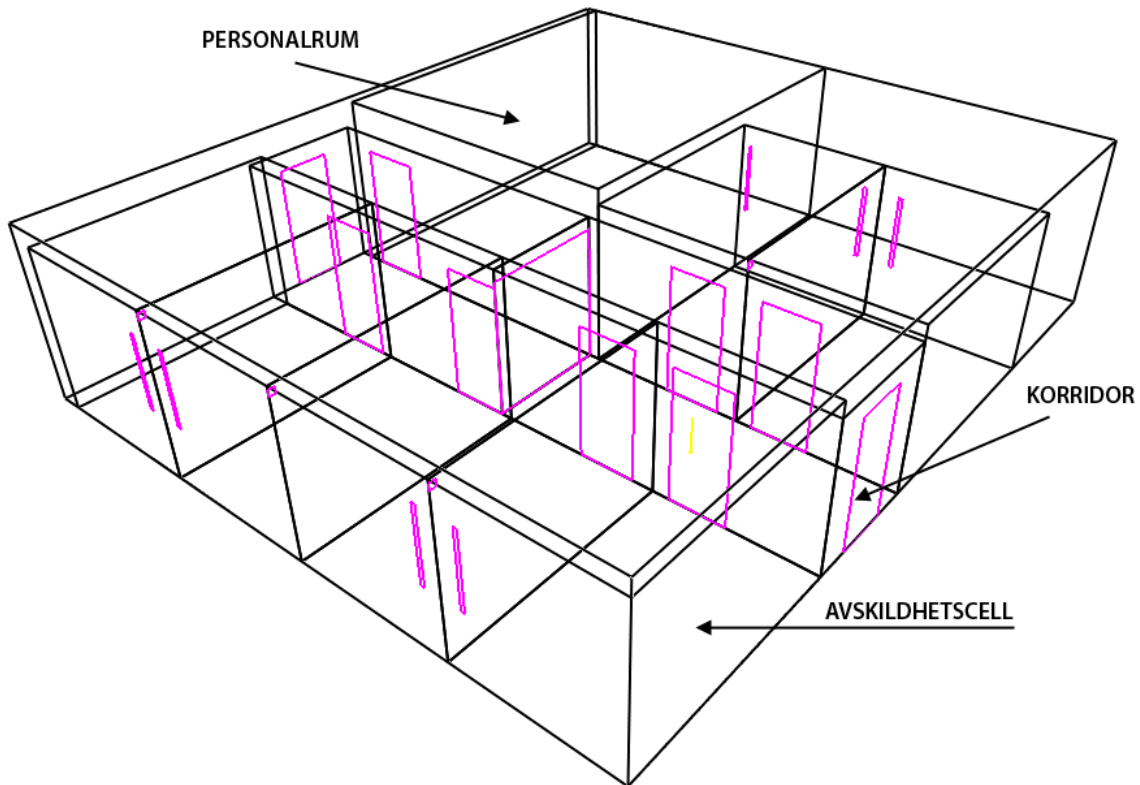
Korridoren utanför cellerna sträcker sig väldigt långt och angränsar till nästa byggnad utan avskiljande dörrar. Korridoren har i simuleringen lika stor volym, men antagits förenklad form. På grund av tidigare nämnda begränsningar är korridoren uppdelad i åtta delar.



Figur E-2 Boendeceller med omgivande korridorer som de modelleras i CFAST

E.5.2 Scenario 2: Brand i avskildhetscell

Förenklingarna i scenario 1 gäller även för scenario 2, förutom korridoren. Korridoren ansluter i detta fall inte till andra utrymmen, därför behöver den förenklingen ej göras. Städskrubb och duschar i korridoren har bortsetts från. Korridoren är uppdelad i två delar



Figur E-3 Avskildhetscellerna med omgivande korridor samt personalrum som de modelleras i CFAST

E.5.3 Scenario 3: Brand i personalrum

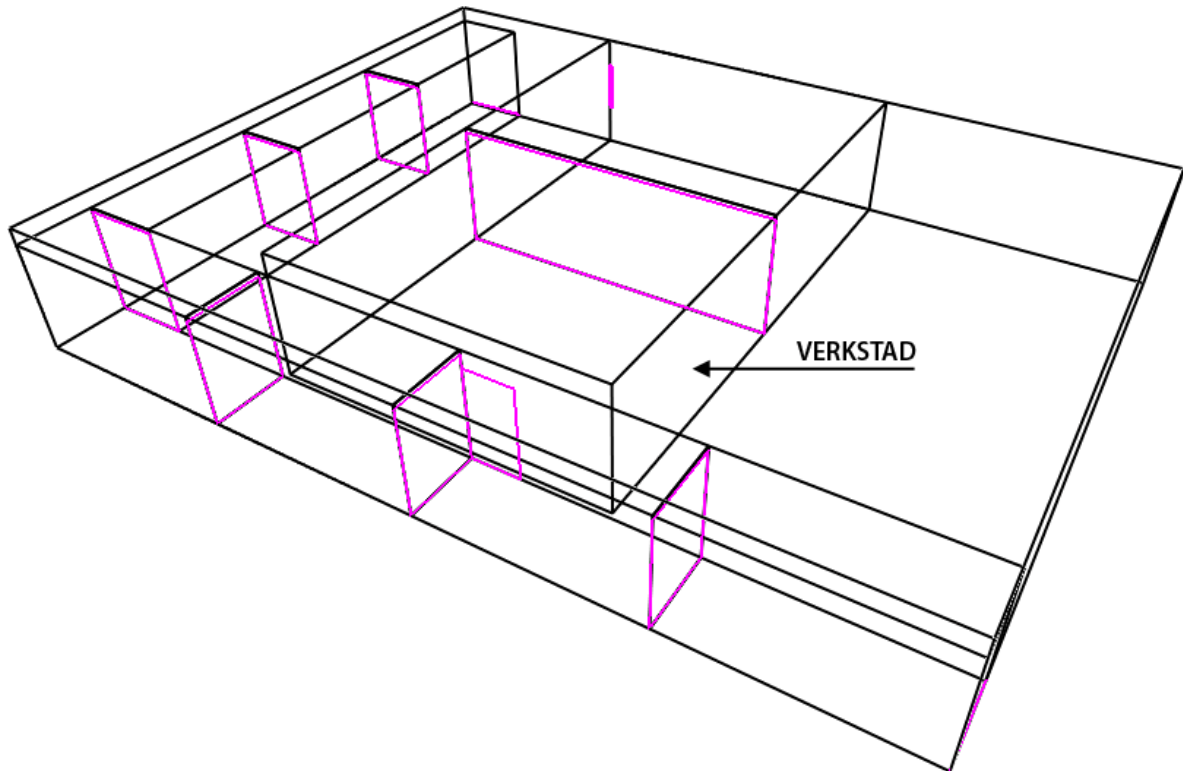
I detta scenario gäller samma förenklingar som för scenario 2. Se i övrigt Figur E-3.

E.5.4 Scenario 4: Brand i verkstad

Verkstaden är på grund av sin storlek uppdelad i två delar. Korridoren är av samma anledning uppdelad i sju delar.

Alla rum som ansluter till verkstaden är försedda med låsta dörrar och har därför inte medtagits i simuleringarna.

Små springor har lagts till vid golvnivå i korridoren för att kompensera för läckage i byggnaden.



Figur E-4 Verkstaden med omgivande korridor som den modelleras i CFAST

Bilaga F. Validering av sprinklersystem

F.1 Tillvägagångssätt

För att validera resultatet av att installera sprinkler i varje cell kommer simuleringar av brand i boende- och avskildhetscell med sprinkleraktivering att utföras i CFAST.

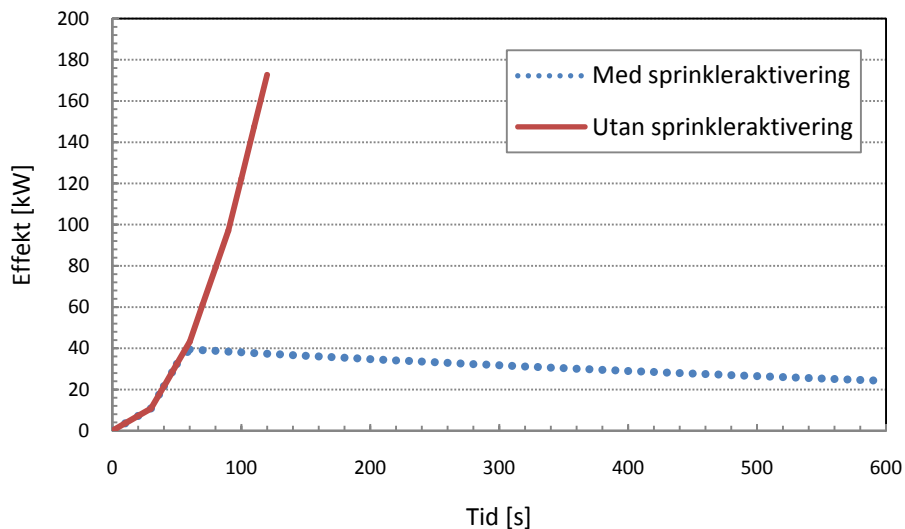
F.2 Antaganden

För att få tidig aktivering vid de snabba brandförlopp som sker i cellerna väljs ett lågt RTI-värde (Response Time Index) på $50 \text{ (ms)}^{1/2}$ samt en aktiveringstemperatur på $68 \text{ }^\circ\text{C}$.

Vattentäthet väljs för låg riskklass till $2,25 \text{ mm/min}^{58}$.

F.3 Resultat

Simuleringarna visar att sprinklern aktiverar efter mindre än en minut varefter effekten inte överskrider 40 kW. Kritiska förhållanden m.a.p. temperatur, strålning och toxicitet kommer aldrig att hinna uppnås. Dock kommer brandgaserna att blandas om i rummet och sikten bedöms bli mycket låg.



Figur F-1 Effektutveckling med och utan sprinkleraktivering för brand i boende- och avskildhetscell

⁵⁸ Jensen, 1998

Bilaga G. Enkät

KVA Norrtälje

Enkät om personalens agerande vid brand

Alla svar är strikt anonyma.

1. Har du deltagit i någon brandutbildning på Anstalten? Ja Nej

Om ja, hur många och när? _____

Vad ingick i utbildningen? _____

2. Har du deltagit i någon utrymningsövning på Anstalten? Ja Nej

Om ja, hur många och när? _____

3. Har du tagit del av utrymningsstrategierna för Anstalten?

Ja Nej

4. Känner du dig säker i din roll vid utrymning? Ja Nej Vet inte

Kommentarer: _____

5. Tror du att det finns risk för spridning av brandgaser mellan celler, vid en mindre brand?

Ja Nej Vet inte

Kommentarer: _____

6. Vet du var handbrandsläckare finns? Ja Nej

7. Hur lång tid uppskattar du att det tar att utrymma en hel avdelning (6 boendeceller), från det att personal blir larmad tills internerna befinner sig på säker plats?

< 2 minuter 2-3 minuter 3-5 minuter > 5 minuter

Kommentarer: _____

8. Vid utrymning av en hel avdelning, hur förs internerna till säker plats?

En åt gången I mindre grupper I en stor grupp

Kommentarer: _____

Tack för er medverkan!

Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola



LUNDS UNIVERSITET