



LUNDS
UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Brandteknisk riskvärdering av avdelning 326 och 327, Drottning Silvias barn- och ungdomssjukhus

Carl-Henrik Holmgren
Linus Lexell Eriksson
Anders Lundblad
Ann-Ida Pettersson

Brandteknik och Riskhantering
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet

Rapport 9333, Lund 2007

Avdelningen för Brandteknik & Riskhantering
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund
brand@brand.lth.se

Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety
Institute of Technology
University of Lund
Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden
brand@brand.lth.se

Titel

BRANDTEKNISK RISKVÄRDERING AV AVDELNING 326 OCH 327 PÅ DROTTNING SILVIAS
BARN- OCH UNGDOMSSJUKHUS

Title

FIRE SAFETY EVALUATION OF WARD 326 AND 327 AT QUEEN SILVIA CHILDREN'S
HOSPITAL

Författare/Authors

Carl-Henrik Holmgren
Linus Lexell Eriksson
Anders Lundblad
Ann-Ida Pettersson

Handledare/Supervisors

Robert Jönsson, LTH
Therése Göras, Bengt Dahlgren AB

Abstract

This report is a fire safety evaluation of ward 326 and 327 at Queen Silvia Children's Hospital in Gothenburg, Sweden. The patients at the ward are in many cases not able to evacuate without aid and are going to need assistance by staff in an emergency situation. To investigate if the fire safety is satisfactory, three fire scenarios have been analyzed with computer programmes and evaluated. It turns out that an evacuation in most cases will be too slow compared to the time it will take until critical conditions occur. This report introduces a number of improvements which will increase the fire safety and hence the possibilities of a safe evacuation.

Keywords

Barnsjukhus, fire safety evaluation, utrymning, ERM, CFAST, brandscenarier, critical conditions, PFS

Brandingenjörsprogrammet, Lunds Tekniska Högskola, november 2007

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 redovisas en brandteknisk riskvärdering av avdelning 326 och 327 på Drottning Silvias barn- och ungdomssjukhus i Göteborg. Brandskyddet analyseras och ett antal åtgärder föreslås för att förbättra det. Två platsbesök gjordes i inledningskedet av arbetet. Vid besöken studerades det befintliga brandskyddet och personalen på avdelningarna fick möjlighet att svara på en enkät gällande brandsäkerhet och utrymning.

Rapporten fokuserar på brandsäkerhet och utrymning. Ett antal brandscenarier används för att utvärdera huruvida utrymning kan ske innan kritiska förhållanden uppstår. Brandscenarierna simuleras i datorprogrammet CFAST och utrymning i datorprogrammet ERM. Resultaten jämförs och slutsatser dras. Simuleringarna tyder på att en säker utrymning i många fall inte är möjlig.

Brandskyddsindex enligt Håkan Frantzichs metod BSV-vård blir 2,8 innan nedanstående åtgärder verkställs, vilket brukar anses vara på gränsen till godtagbart. Resultatet efter åtgärdsimplementering blir 3,6, vilket tyder på ett förbättrat brandskydd.

Ett antal åtgärdsförslag rekommenderas på grundval av beräkningar och ingenjörsmässiga bedömningar. Nedan följer ett urval av förslagen:

Dörrarna till patientrummen *skall* kompletteras med självstängare då utrymningsförhållandena i korridorerna markant förbättras om dörren till brandrummet är stängd. Magnetuppställning kan användas.

Då personalen ofta är den avgörande faktorn vid en utrymning *skall* det säkerställas att alla har genomgått en brandutbildning enligt fastlagda rutiner, även utrymningsövningar *skall* hållas – gärna i samarbete med räddningstjänsten. Dessa kunskaper *skall* upprätthållas med repetitionsövningar.

En sprinkleranläggning *skall* installeras så att utrymningsförhållandena förbättras och personsäkerheten höjs.

Allmänt *skall* utrymningsdörrarna ses över för att göra dem lättare att öppna vid en utrymningssituation. Dörrarna *skall* också åtgärdas så att det är möjligt att återvända till avdelningarna efter passage i det fall att strömmen har brutits. Personalen måste, med nuvarande utrymningsstrategi, kunna återvända in till den brandutsatta avdelningen efter att ha evakuerat en patient.

Lös inredning i korridorerna *skall* minimeras för att minska brandbelastningen samt underlätta utrymning. Vidare *skall* lös inredning som kan blockera självstängande dörrar tas bort.

Om ovanstående och övriga, i rapporten nämnda, åtgärder genomförs ges goda förutsättningar för en säker utrymning.

Erkännanden

Författarna vill rikta ett stort tack till följande personer för all hjälp:

Peter Alverman, Säkerhetsavdelningen SU/Östra sjukhuset

Håkan Frantzich, Universitetslektor vid Brandteknik och Riskhantering, LTH

Daniel Gojkovic, Universitetsadjunkt vid Brandteknik och Riskhantering, LTH

Therése Göras, Bengt Dahlgren AB, tillika handledare

Lars Jensen, Professor vid Avdelningen för Installationsteknik, LTH

Robert Jönsson, Avdelningschef, Brandteknik och Riskhantering, LTH, tillika handledare

Daniel Nilsson, Doktorand vid Brandteknik och Riskhantering, LTH

Jim Posio, Västfastigheter

Personalen på Drottning Silvias barn- och Ungdomssjukhus för all vänlighet och hjälp vid besöken på Östra Sjukhuset.

Anders, Ann-Ida, Carl-Henrik och Linus, Lund, november 2007.

Innehållsförteckning

1.	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	SYFTE.....	1
1.3	METOD.....	1
1.4	AVGRÄNSNINGAR	1
2.	OBJEKTSBESKRIVNING.....	3
2.1	VERKSAMHET	3
2.1.1	<i>Brandskyddsorganisation.....</i>	<i>3</i>
2.2	BYGGNADEN	5
2.2.1	<i>Våningsplan 5</i>	<i>6</i>
2.3	BEFINTLIGT BRANDSKYDD	7
2.3.1	<i>Utrymningsvägar, skyltning och nödbelysning.....</i>	<i>7</i>
2.3.2	<i>Larmsystem.....</i>	<i>8</i>
2.3.3	<i>Ventilation.....</i>	<i>9</i>
2.3.4	<i>Övrig skyddsutrustning</i>	<i>9</i>
2.3.5	<i>Personal och rutiner</i>	<i>9</i>
2.3.6	<i>Räddningstjänstens insats.....</i>	<i>10</i>
2.4	OBSERVATIONER VID BESÖKEN	10
2.5	TIDIGARE LARM	12
3.	UTRYMNING	13
3.1	TEORI	13
3.1.1	<i>Varseblivningstid</i>	<i>13</i>
3.1.2	<i>Besluts- och reaktionstid.....</i>	<i>13</i>
3.1.3	<i>Förflyttningstid</i>	<i>14</i>
3.2	UTRYMNINGSSTRATEGI.....	14
4.	UTRYMNINGSDIMENSIONERING	15
5.	SCENARIER.....	17
5.1	BRANDSCENARIER	17
5.1.1	<i>Förutsättningar för brandscenarier.....</i>	<i>20</i>
5.1.2	<i>Brandscenario 1: Brand i patientrum.....</i>	<i>21</i>
5.1.2.1	<i>Detektion.....</i>	<i>24</i>
5.1.2.2	<i>Resultat</i>	<i>24</i>
5.1.2.3	<i>Känslighetsanalys</i>	<i>25</i>
5.1.3	<i>Brandscenario 2: Brand i dagrum.....</i>	<i>26</i>
5.1.3.1	<i>Detektion.....</i>	<i>28</i>
5.1.3.2	<i>Resultat</i>	<i>28</i>
5.1.3.3	<i>Känslighetsanalys</i>	<i>29</i>
5.1.4	<i>Brandscenario 3: Brand i föräldrarum</i>	<i>29</i>
5.1.4.1	<i>Detektion.....</i>	<i>32</i>
5.1.4.2	<i>Resultat</i>	<i>32</i>
5.2	UTRYMNINGSSCENARIER	33
5.2.1	<i>Känslighetsanalys</i>	<i>35</i>
5.3	RESULTAT	36
6.	VENTILATION.....	40
6.1	NUVARANDE VENTILATIONSSYSTEM.....	40
6.2	RISK FÖR BRANDGASSPRIDNING.....	40
6.3	BERÄKNINGAR PÅ BRANDGASSPRIDNING	41

6.4	MÖJLIGA ÅTGÄRDER FÖR ATT FÖRHINDRA BRANDGASSPRIDNING.....	43
7.	ENKÄTUNDERSÖKNING	44
8.	BRANDSKYDDSVÄRDERING AV VÅRDANLÄGGNINGAR.....	45
8.1	TILLVÄGAGÅNGSSÄTT	45
8.2	RESULTAT	45
9.	FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER.....	46
10.	DISKUSSION	48
10.1	BEGRÄNSNINGAR I MODELLER	48
10.2	DISKUSSION OCH SLUTSATS	49
11.	REFERENSER.....	51
BILAGA A:	PLANRITNINGAR VÅNINGSPLAN 5.....	53
BILAGA B:	LARMSTATISTIK.....	56
BILAGA C:	TVÅZONSMODELLEN.....	59
BILAGA D:	KRITISKA FÖRHÅLLANDEN	60
BILAGA E:	ALFA-T²-TEORIN	61
BILAGA F:	DETECT-T2.....	63
BILAGA G:	CFAST.....	64
G.1	KONTROLL AV CFAST	64
G.1.1	Brandgaslagrets höjd.....	64
BILAGA H:	DETEKTORAKTIVERING	67
BILAGA I:	UTDATA CFAST.....	70
I.1	EFFEKTUTVECKLINGAR	70
I.2	BRANDGASLAGRETS HÖJD.....	72
BILAGA J:	ERM.....	73
J.1	TEORI.....	73
J.2	NODRITNING	74
BILAGA K:	PFS.....	75
BILAGA L:	BERÄKNINGAR BRANDGASSPRIDNING	76
BILAGA M:	ENKÄT	79
BILAGA N:	BSV-VÅRD	81

1. Inledning

Denna rapport behandlar brand- och utrymningssäkerhet på avdelning 326 och 327 tillhörande Drottning Silvias barn- och ungdomssjukhus i Göteborg.

1.1 Bakgrund

Rapporten är en del i kursen Brandteknisk Riskvärdering (VBR 054) som ges vid avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola. Huvuddelen av kursen utgörs av ett projektarbete där en värdering av säkerhetsnivån avseende brand och utrymning på ett större offentligt byggnadsobjekt utförs.

1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att utvärdera och lämna förslag på förbättringar gällande brand- och utrymningssäkerheten på avdelning 326 och 327 tillhörande Drottning Silvias barn- och ungdomssjukhus i Göteborg.

1.3 Metod

Besök på objektet genomfördes 13-14 september samt 5 oktober 2007 i samarbete med avdelningarna, Västfastigheter och Bengt Dahlgren AB. Syftet var att få en bättre överblick över objektet, kontrollera huruvida erhållna ritningar stämde med verkligheten samt få möjlighet till kontakt med berörd personal. Under besöket kontrollerades också brandtekniska detaljer såsom utrymningsvägar, detektorer, ventilationssystem, dörrar samt elinstallationer. Dessutom gjordes en genomgång av lös inredning på avdelningarna.

Utifrån den under objektsbesöket insamlade informationen har de brandscenarier som används i beräkningar och simuleringar valts och en analys av brandskyddet utförts.

1.4 Avgränsningar

I rapporten fokuseras endast på personsäkerhet. Faktorer som ekonomiska skador och byggnadens bärighet vid brand beaktas inte.

Barnsjukhuset är ett stort byggnadskomplex och att undersöka byggnadens brandskydd i sin helhet hade blivit för omfattande för kursen. Därför har endast en våning i högdelen,

plan 5, valts. Att just plan 5 valts beror på att våningen har verksamhet dygnet runt och många patienter har svårt att utrymma själva.

De olika våningsplanen i högdelen är uppbyggda enligt samma princip och samma utrymningsstrategi används. Detta medför att paralleller kan dras mellan resultaten för våning 5 och andra plan.

Endast utrymning från enskild avdelning har behandlats, inte utrymning av flera avdelningar simultant eller hela byggnaden.

2. Objektsbeskrivning

Drottning Silvias barn- och ungdomssjukhus är Sveriges största barnsjukhus och utgör den samlade barnsjukvården inom Sahlgrenska Universitetssjukhuset. Huset är beläget på Östra sjukhusets område i Göteborg.

I detta avsnitt beskrivs objektets uppbyggnad, verksamhet och befintligt brandskydd i allmänhet och för de i rapporten ingående delarna i synnerhet.

2.1 Verksamhet

Drottning Silvias barn- och ungdomssjukhus har ett komplett vårdutbud med allt från akutvård till högspecialiserad vård. Patienterna är barn från Göteborg och från Västra Götalandsregionen. Sjukhuset erbjuder även specialistvård till barn från hela Sverige. Utöver vård bedrivs även forskning och utbildning på sjukhuset.

Plan 5 har två stycken avdelningar, 326 och 327.

På avdelning 326 vårdas barn mellan fem och 16 år. I första hand är vårdtagarna akut skadade barn. Dit kommer även barn från hela regionen som behöver kirurgisk specialistsjukvård inom gastro-, urologi-, ortopedi- och traumaområdet. Många av patienterna är sängliggande och/eller rörelsehindrade i varierande grad. Avdelningen är öppen dygnet runt.(www.sahlgrenska.se¹, 2007)

Avdelning 327 är en kirurgisk avdelning där barn upp till fem år vårdas. Patienterna behandlas inom urologi, ortopedi, mag-/tarmproblem och all övrig kirurgi med barn i så låg ålder. Även barn med brännskador i åldern noll till 16 år vårdas på denna avdelning. Avdelningen är öppen dygnet runt.(www.sahlgrenska.se², 2007)

Lokalerna ägs av Västfastigheter och hyrs ut till vårdverksamheten.

2.1.1 Brandskyddsorganisation

Östra sjukhuset är en del av en större brandskyddsorganisation som även innefattar Sahlgrenska Universitetssjukhuset och Mölndals lasarett. Tanken är att en säkerhetssamordnare ska koordinera säkerhetsarbetet för organisationen i sin helhet. Det finns dock i dagsläget ingen som innehar denna tjänst, då den brandingenjör som tidigare hade tjänsten har slutat.

Varje sjukhus har en brandskyddsansvarig som ska se till att brandskyddet upprätthålls. Enligt *Systematiskt brandskyddsarbete* (2006) skall personen bland annat se till att:

- en skriftlig redogörelse för brandskyddet är upprättad enligt *Lag om skydd mot olyckor* (SFS 2003:778).
- det systematiska brandskyddet planeras, genomförs och utvärderas på ett sådant sätt att bränder förebyggs.
- all personal från Västfastigheter känner till hur brandskyddsarbetet är planerat och hur det ska utföras.
- det finns en utbildningsplan för all personal från Västfastigheter.
- anläggningsskötare finns för samtliga brandlarmsinstallationer.
- brandskyddsdocumentation upprättas för alla fastigheter.
- brandskyddskontroller utförs och dokumenteras.
- det finns drift- och underhållsplaner för alla brandtekniska komponenter.
- brandskyddsrutiner finns och efterlevs.
- tillsynsmyndigheter får tillgång till information om brandskyddsarbetet vid förfrågan.
- alla planer, rutiner och dokument är uppdaterade.

Till sin hjälp har den brandskyddsansvarige en brandskyddsledare per fastighet inom driftområdet. Brandskyddsledaren ska bland annat:

- Medverka vid tillsyner.
- Handlägga brandskyddsfrågor.
- Se till att tillsynsrutiner följs.
- Upptäcka, åtgärda och rapportera brister i brandskyddet.

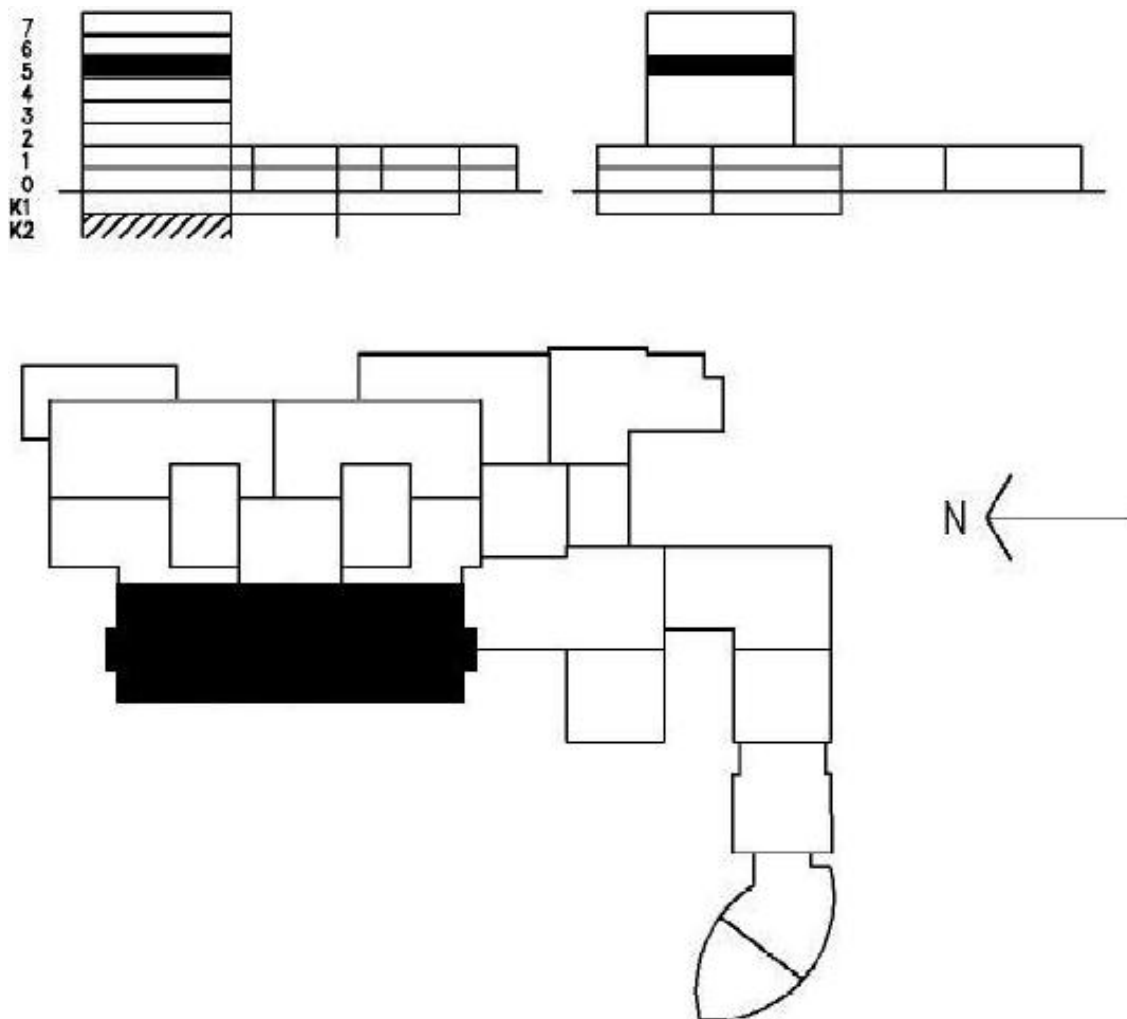
På varje vårdavdelning ska ett brandskyddsombud finnas. Personen ska:

- Delta vid tillsyner.
- Se till att brandskyddsrutiner följs. Följs inte rutinerna ska brandskyddsledaren underrättas.
- Upptäcka, åtgärda och rapportera brister i brandskyddet.

Brandskyddsombud finns på avdelning 326 och 327, och en brandskyddsledare finns för hus BK där barnsjukhuset är beläget. Författarna har träffat de ovanstående samt även den brandskyddsansvarige för sjukhuset. Många av de ovanstående punkterna har kontrollerats, det är dock svårt att bekräfta hur de efterlevs. Till exempel genomförs brandskyddskontroller, men exakt hur en felavhjälpling ser ut är oklart.

2.2 Byggnaden

Hus BK, i vilket barnsjukhuset är belagt, består av en högdelen och en lågdelen. Högdelen har åtta våningsplan och lågdelen två våningsplan. Dessutom finns två källarplan i byggnaden. Byggnaden är byggd i suterräng vilket innebär att plan 0 delvis ligger under marknivå. Ett kulvertsystem förbinder byggnaden med övriga delar av Östra sjukhuset. Figur 1 visar byggnadens uppbyggnad. De svarta fälten motsvarar den byggnadsdel och våning som utreds i rapporten.



Figur 1. Översiktsritning hus BK.

Byggnaden är uppförd år 1972 med tillbyggnader år 1988, 2002 och 2003. Den består till huvudsak av betong.

Plan 0 och 1 innehåller framförallt mottagningar och administrativa delar medan högdelen, från plan 2 och uppåt, mestadels innehåller olika typer av vårdavdelningar.

I högdelen finns tre trapphus, ett i mitten och ett i vardera flygel. Trapphusen i flyglarna är huvudsakligen tänkta att fungera som utrymningsvägar. Det finns också två hisschakt, ett för persontransport och ett för sänghissar. Ingen av hissarna är klassad som brandhiss.

Plan 2 till 6 i högdelen är uppbyggda enligt samma princip med en avdelning på varje sida och en brandtekniskt avskild passage mellan dessa. Varje avdelning blir alltså en egen brandcell.

2.2.1 Våningsplan 5

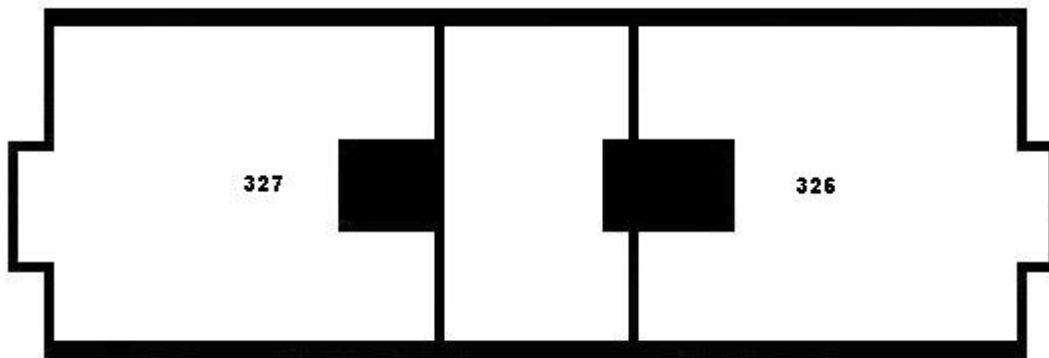
Avdelning 326 och 327 är belägna på plan 5. Avdelningarna genomlöps av två parallella korridorer med patientrum längs ytterväggarna. Avdelningarna är placerade i var sin brandcell. Mellan avdelningarna finns ytterligare en brandcell. Längst ut på varje avdelning finns ett dagrum.

Golvet på avdelningarna är av plastmaterial och väggarna är enligt brandskydds-dokumentationen (2005) uppbyggda av målad gips och/eller betong. Dörrarna till patientrummen har stora glaspartier och är försedda med diktatorer för att sluta till dem. Enligt brandskyddsdocumentationen (2005), är de brandcellsavskiljande dörrar som finns i lokalerna utförda i klass E30.

Avdelning 326 har normalt 18 stycken patienter på vardagar. På helgerna minskas beläggningen till ungefär nio patienter. Det finns i princip alltid minst en förälder till varje patient på plats som dessutom sover över varje natt. Personalstyrkan är som störst under dagtid på vardagar då de i normalfall är tio stycken. Nattetid är det tre till fyra personer i tjänst på avdelningen.

Avdelning 327 har 18 stycken patientplatser, däremot har de inte lika många inlagda på helgerna som avdelning 326. Även här finns det minst en förälder till varje vårdtagare som sover över. Personalstyrkan är som störst under dagtid på vardagar då den som mest består av 15 personer, varav fem stycken jobbar administrativt. Som minst består personalen av sex till sju personer.

Utrymmet mellan avdelningarna är en egen brandcell med hissar och trapphus. De rum som ansluter till utrymmet är till exempel förråd, personalrum, kontor och föräldrarum. Figur 2 anger våningsplanets principiella uppbyggnad. Bilaga A visar våningens planritningar.



Figur 2. Våningsplan 5, principiell uppbyggnad.

2.3 Befintligt brandskydd

Utöver brandcellsindelningen som redan behandlats finns följande brandskyddsåtgärder på avdelning 326 och 327.

2.3.1 Utrymningsvägar, skyltning och nödbelysning

De primära utrymningsvägarna är de två dörrarna från respektive avdelning till utrymmet mellan avdelningarna (figur 3). Dörröppningarna är 1,1 meter breda. Det finns även ett trapphus inom varje avdelning avsett för utrymning, dörröppningarna är 0,8 meter breda. Dörröppningarna till patientrummen är 0,9 meter breda, men kan utökas några decimeter om en mindre dörr som finns bredvid öppnas.

Genomlysta utrymningsskyltar finns riktade mot trapphusen inne på avdelningarna och i det mellanliggande utrymmet. Övriga skyltar är efterlysande.

Nödbelysning med egen strömförsörjning finns.



Figur 3. Dörr i primär utrymningsväg.

2.3.2 Larmsystem

Avdelningarna har både automatiskt brandlarm och utrymningslarm. Brandlarmet är direkt vidarekopplat till SOS, sjukhusets växel och vaktmästeriet. Det finns alltid två personer dygnet runt i vaktmästeriet som gör en första insats vid brandlarm. Vaktmästarnas första prioritet är att släcka branden om det bedöms möjligt och/eller evakuera personer i anknytning till den. Vilken brandskyddsutbildning de har är oklart.

Larmet aktiveras i huvudsak av joniserande rökdetektorer. Det finns även ett litet antal värmedetektorer och manuella larmknappar. Rökdetektorer finns i de allra flesta rummen, i korridorerna och ovan undertaket.

Avdelningarna har var sin informationsdisplay där personalen kan se var en detektor har aktiverat. Larmet ljuder på hela det våningsplan där en detektor aktiverat. Personal kontrollerar då displayen för att se om det är deras avdelning som skall utrymma. I taket sitter det även en skylt där texten ”brandlarm” syns vid brandlarm. Om larmet går på annan våning i huset syns detta på tablån men ingen ljudsignal hörs. Personalen måste alltså se att det lyser från tablån för att uppfatta ett larm från en annan del av byggnaden. Det finns inga dokumenterade rutiner för hur personalen skall handla vid larm på annan avdelning.

2.3.3 Ventilation

Ventilationssystemet i högdelen är försett med brandgasevakuering som aktiveras vid brandlarm. Brandgasevakueringsspjäll öppnar strömlöst och fläktarna stannar vid larm.

2.3.4 Övrig skyddsutrustning

Avdelningarna har var sin inomhusbrandpost med 30 meter lång slang. Brandfiltar finns i direkt anslutning till brandposterna. Avdelning 326 har en handbrandsläckare av koldioxidtyp medan handbrandsläckare saknas på avdelning 327.

2.3.5 Personal och rutiner

“Personalen medverkar på flera plan till brandsäkerheten. De utgör i flera fall den primära förutsättningen för utrymning, släckning, att förebygga brands uppkomst med mera.” (Frantzich, 2000)

Ovanstående citat understryker personalens viktiga funktion vid en brandsituation. Liknande resonemang går att finna i mycket litteratur inom ämnet, till exempel Kenneby (2007).

En enkätundersökning som gjorts och samtal med personalen visar att de har ett varierande brandsäkerhetskunnande. Vissa har genomgått utbildning nyligen medan andra inte har utbildats alls. Organisationens mål är att all personal skall genomgå en brandutbildning minst vart tredje år. All personal upplever dock inte att detta uppfylls. Det finns inte någon dokumenterad kontroll på vem som har genomgått brandutbildning och när de gjort det. De brandutbildningar som erbjuds är öppna för all personal på Östra sjukhuset men det finns inte platser till alla och personalen måste frivilligt anmäla sig till dessa utbildningar. Ofta är dock de anställda motvilliga att anmäla sig till utbildningar som hålls när man är schemalagd för arbete. Detta då avdelningens arbete blir lidande och ”man måste sätta andra i klistret” genom att be någon ta ens arbetspass.

Utrymningsövningar anses, av sjukhuset, vara omöjliga att genomföra utan en för stor störning av verksamheten.

Brandskyddsombudet på varje avdelning har ett visst ansvar för avdelningens brandskydd och håller även i viss utbildning av personalen. En skydds rond skall genomföras en gång i kvartalet. Nyanställda och vikarier skall få en kortare genomgång av brandskyddet.

2.3.6 Räddningstjänstens insats

Räddningstjänsten har enligt brandskyddsdocumentationen (2005) en insatstid som understiger tio minuter. Den första styrka som skickas är i normalfallet bestående av ett befäl och sex brandmän i en släckbil och en stegbil.

Huruvida den dokumenterade insatstiden stämmer ifrågasätts, se kapitel 10.

2.4 Observationer vid besöken

Vid besöken på avdelningarna gjordes observationer, bland annat av direkta brister i brandskyddet vilka presenteras nedan.

Många dörrar, framförallt i utrymningsvägar, saknar klassmärkning. På någon dörr var även klassmärkning ditskrivet för hand med en kulspetspenna.

Vissa dörrar i utrymningsvägar är mycket tunga att öppna, andra har komplicerade öppningsanordningar och en del har onödiga eller förvirrande lås. Ett skräckexempel är dörren till utrymningstrapphuset inne på avdelning 326. Dörren måste först låsas upp med ett vridbart låsdon och därefter öppnas genom att två handtag trycks ner samtidigt. Det ena handtaget sitter på en meters höjd och det andra på 1,8 meters höjd, vilket innebär att det kanske inte ens syns om brandgaslagret är tillräckligt lågt vid en brandsituation.



Figur 4. Utrymningsdörr till trapphus, avdelning 326.

Några av dörrarna från avdelningarna går, från utsidan, endast att öppna med hjälp av en elektrisk dörröppnare.

En del av eluttagen i köken är utrustade med timers, dock inte alla.

På avdelning 327 finns en handbrandsläckare. En sådan finns inte på avdelning 326.

Det finns en del lös inredning i korridorerna. Speciellt observeras en fåtölj och en stol som vid besök står i vägen för en magnetuppställd dörr, se figur 6. Barnvagnar förvaras också i korridorerna på avdelning 327.

Vid en utrymningsväg till det ena utrymningstrapphuset saknas skyltning. Det sitter ett fäste till en genomlyst skylt i taket men skylt saknas.

Det faktiska utseendet på avdelningarna stämmer inte överens med de ritningar som erhållits från Västfastigheters dokumentkontor.

De 30 meter långa brandslangar som finns på avdelningarna är för korta för att nå hela avdelningarna.

2.5 Tidigare larm

De allra flesta brandlarm på Östra sjukhuset, och Sahlgrenska Universitetssjukhuset i allmänhet, är falsklarm. Oftast är det hantverkare som utlöser larmen, till exempel vid kakelsågning. Andra vanliga anledningar är att en larmknapp har tryckts in, rökning, eller att ånga från matlagning eller duschar aktiverar en detektor. Den största andelen falsklarm utgörs dock av larm som inte har någon given förklaring. För en utförligare genomgång av larmstatistik från Östra sjukhuset hänvisas till bilaga B.

3. Utrymning

I detta avsnitt beskrivs hur utrymningstiden beräknas och vilka faktorer som kan påverka den. Dessutom förklaras hur strategin ser ut för en utrymning på avdelningarna.

3.1 Teori

Utrymningstiden definieras som tiden från det att branden har utbrutit tills dess att personerna i byggnaden befinner sig på en säker plats, vilket kan vara antingen ute i det fria eller en brandtekniskt avskild zon. På den platsen ska personerna kunna vistas under hela brandförloppet samt ha kommunikationsmöjligheter utåt.

Tiden för att beskriva utrymningsförloppet uppdelas i tre skeden:

- Varseblivning
- Beslut och reaktion
- Förflyttning

Summan av tiderna för dessa skeden ska vara kortare än tiden till kritiska förhållanden för att utrymning ska kunna genomföras säkert.

3.1.1 Varseblivningstid

Detta är tiden från brandens uppkomst tills dess att branden upptäcks. Hur lång denna tid blir beror framförallt på om det finns ett automatiskt brandlarm förenat med ett utrymningslarm. Då sådana larm finns installerade kan varseblivningstiden ansättas till den tid det tar för en detektor i brandrummet att aktiveras.

3.1.2 Besluts- och reaktionstid

Besluts- och reaktionstid är den tid det tar för personerna att uppfatta larmet, inse att det brinner samt besluta hur man skall agera. Denna tid förlängs på en avdelning som har en planlösning med två parallella korridorer då den blir svårare att överblicka. Det blir även svårare att samordna en utrymning. Då det finns sovande personer måste längre reaktionstider ansättas.

Däremot kan det antas att besluts- och reaktionstiden är kortare än normalt på en sjukhusavdelning då personalen är van vid att ta snabba beslut vid olika typer av larm från patienter.

Något som har stor betydelse för hur lång besluts- och reaktionstiden blir är nödbelysning, utrymningsskyltar samt larmutformning. (Frantzich, 2001)

3.1.3 Förflyttningstid

Förflyttningstiden är lätt att uppskatta då de ingående parametrarna som avstånd, gånghastigheter och dörrbredder är mätbara. Något som påverkar tiden är till exempel om utrymningsvägen innehåller trappor och hur belysningen är utformad.

3.2 Utrymningsstrategi

Den huvudsakliga utrymningsstrategin i högdelen är att utrymma patienterna horisontellt till den andra avdelningen på våningsplanet. Om detta inte är möjligt skall utrymning ske via trapphuset som finns inom avdelningen.

Eftersom många av patienterna på grund av sin låga ålder eller sjukdomstillstånd inte kan förväntas utrymma själva krävs det att personalen bistår vid utrymning. Detta kan ske genom att till exempel leda dem ut eller rulla ut dem på patientsängarna. De patienter som eventuellt är kapabla att gå själva kan ändå behöva bli upplysta om att de behöver utrymma, i synnerhet på natten. De föräldrar som finns på avdelningarna kan i teorin utrymma själva men kommer förmodligen inte att lämna sina barn i en utrymningsituation.

4. Utrymningsdimensionering

Enligt *Boverkets Byggregler* (BBR) (2002) kan så kallad förenklad dimensionering användas vid dimensionering av brandskydd genom att vissa detaljkrav följs. Byggnaden är uppförd innan dessa regler trädde i kraft och de är inte retroaktiva. Trots att inget sådant lagkrav därigenom kan ställas på byggnaden kan reglerna med fördel användas för att kontrollera dess dimensionering – en säker utrymning skall alltid kunna genomföras. Ett alternativ till förenklad dimensionering är analytisk dimensionering enligt BBR 5.11.

Barnsjukhuset klassas som brandteknisk klass Br1. För en sådan byggnad gäller bland annat följande:

- Varje avdelning skall ha minst två, av varandra oberoende, utrymningsvägar.
- Gångavståndet till närmaste utrymningsväg inom brandcellen skall inte vara längre än att brandcellen kan utrymmas innan kritiska förhållanden uppstår.
- Bredden i utrymningsvägarna bör inte understiga 0,9 meter.
- Dörrarna till utrymningsvägarna skall vara utåtgående och lätta att öppna.
- Genom- eller upplysta skyltar skall finnas i anslutning till utrymningsvägarna. Dessa bör lysa även vid strömavbrott.
- Nödbelysning skall finnas i utrymningsvägarna. Denna skall fungera även vid strömavbrott.
- Eftersom krav på tidig upptäckt av brand föreligger skall ett automatiskt brandlarm finnas.
- Ett utrymningslarm erfordras. Detta skall fungera även vid strömavbrott.
- Utrymningsvägarna får utgöras av passage genom angränsande brandcell. Passage till närliggande avdelning skall kunna ske utan att brandgaser sprids till den icke brandutsatta avdelningen.
- Korridorerna inom samma avdelning skall vara avskiljda från till exempel patient- och dagrum i lägst klass E30.
- Brandcellernas byggnadsdelar skall uppfylla lägst klass EI60.

- Luftbehandlingsinstallationer skall utformas så att ett godtagbart skydd mot spridning av brandgaser mellan brandceller finns.

Följande har observerats strida mot ovanstående punkter:

- Dörrarna till utrymningsvägarna är i många fall inte lätta att öppna.
- Brandgaser kan spridas mellan brandceller via ventilationen (kapitel 6).
- Korridorerna kan inte garanteras vara avskiljda i lägst klass E30.
- De genomlysta utrymningsskyltar som finns lyser eventuellt inte vid ett lokalt strömavbrott.

Detta innebär att en analytisk kontroll av brandskyddet bör genomföras vilket sker i denna rapport. Skulle allt vara uppfyllt enligt BBR krävs enligt författarna ändå en analytisk dimensionering eftersom många patienter inte kan utrymma själva.

5. Scenarier

Som ett verktyg i processen att värdera brandskyddet kommer ett antal scenarier att användas. Olika brandscenarier kombineras med olika utrymningsscenarier för att evaluera om utrymningen blir fullgod.

5.1 Brandscenarier

Vid val av brandscenarier bedöms sannolikhet och konsekvens för olika tänkbara alternativ. Målet är att välja de ”värsta troliga” scenarierna. Med detta menas bränder som ger betydande konsekvenser samtidigt som sannolikheten att de inträffar är högre relativt andra brandscenarier.

Nedan presenteras och värderas tänkbara scenarier. Värderingen är, utöver de källor som anges, baserad på författarnas ingenjörsmässiga bedömningar. Ytterligare scenarier har övervägts men bedöms vara osannolika eller medföra så små konsekvenser att de inte redovisas här.

Anlagd brand i patientrum

I patientrummen på avdelningarna är det enligt personals utsago i normalfall så att varje patient har en förälder som sover i en extrasäng bredvid sjukhussängen. Detta blir trångt och sängarna i rummen står tätt intill varandra. En eventuell brand i en madrass skulle enkelt sprida sig till övriga sängar i rummet. Skulle en brand utbryta i något av de patientrum belägna vid nödutgångarna mot den andra avdelningen skulle en utrymningsväg troligtvis blockeras och försvåra utrymning.



Figur 5. Tvåpatientsrum utan extrasängar uppställda.

Personal på avdelningen har uttryckt oro för anlagda bränder och sagt att ”det är bara en tidsfråga innan någon tänder på något”. Anlagd brand har dessutom under flera år varit den vanligaste brandorsaken i allmän byggnad i Göteborgs kommun (Räddningsverket, 2007). Detta scenario kan därmed anses relativt sannolikt samt medföra risk för personskador och försvårad utrymning.

Brand i ”blöjförråd”

På avdelning 327 finns ett förråd vars främsta brännbara vara är blöjor. Dessa finns i en mängd som bedöms innebära en hög brandbelastning. Det finns dock ingen uppenbar risk för antändning i förrådet och risken för anlagd brand bedöms liten på grund av att normalpatienterna på avdelningen är noll till fem år. Det är heller inte möjligt att se in i förrådet och det är ingen plats där personer, utöver personalen, normalt rör sig. Rummet är placerat så att man från alla platser på avdelningen, förutom patientrummet precis mitt emot, kan nå alla utrymningsvägar utan att passera det. En antändning i rummet skulle kunna leda till en kraftig brand men sannolikheten för detta bedöms som liten.

Bränder i avdelningskök

Det finns ett litet kök i varje avdelning som används till göromål som att värma mjölk och barnmat samt att poppa popcorn. Popcorn som tagit eld i mikrovågsugn har tidigare lett till brandlarm på avdelning 326. Det finns även spisar i dessa kök vilket medför att torrkokningar kan förekomma. Sannolikheten för brand i dessa rum bedöms relativt hög. Konsekvenserna av liknande brandtillbud i köken bedöms dock som små.

Brand i dagrum

I borte delen av avdelning 326 ligger ett dagrum som innehåller mycket brännbart material. Det finns två magnetuppställda dörrar till rummet som inte fungerat korrekt vid besöken. Den ena dörren var blockerad av en fåtölj i korridoren vid ett tillfälle och av ytterligare en stol vid ett annat. Den andra magnetuppställda dörren var ur funktion, dörrstängningsknappen bröt inte strömmen, vilket kan innebära att dörren inte stängs vid detektion.



Figur 6. Magnetuppställd dörr blockerad av stol.

En brand i detta rum bedöms kunna bli kraftig och, i och med dörrstängningsproblemen, leda till en snabb brandgasfyllning av korridorerna. Det finns elutrustning i rummet, bland annat en TV-apparat, som skulle kunna orsaka antändning (Nurmi, 2005). Anlagd brand ses som en risk även här.

Brand i föräldrarum

I brandcellen mellan avdelningarna finns ett så kallat föräldrarum. Rummet är till för anhöriga att laga mat, äta och slappna av i. I rummet finns köksutrustning som kylskåp och spis vilka är möjliga tändkällor. Kylskåp och frysar är, speciellt när de använts under en längre tid, en relativt vanligt förekommande brandorsak och leder ofta till stora bränder (Nurmi, 2005). Det finns även övrigt möblemang i form av bord, stolar och soffor.

Det finns öppna ventilationskanaler genom en brandcellsgräns mellan detta rum och patientrum på avdelning 326. Detta scenario blir därför intressant på grund av risken för brandgasspridning.

Brand i sköljrum

På varje avdelning finns ett sköljrum som innehåller en hel del elapparater som skulle kunna orsaka en antändning. Rummet är dock helkaklat och innehåller lite brännbart material varpå en brand skulle få svårt att sprida sig och ha begränsade konsekvenser.

Brand i personalrum

På varje avdelning finns ett personalrum. En brand i detta rum skulle kunna ge liknande konsekvenser som en brand i ett patientrum. Då det finns ett fönster ut mot korridoren och insynen i rummet är stor, samt att det är mycket personal i rörelse i närheten, skulle dock en brand troligen upptäckas och släckas snabbt.

Val av scenarier

Ovanstående resonemang sammanställs i tabell 1. Faktorerna är uppdelade i Lätt/Mellan/Hög eller Liten/Mellan/Stor.

Tabell 1. Möjliga brandscenarier.

Scenario	Brandbelastning	Relativ Sannolikhet	Konsekvens av brand	Analys
Patientrum	Mellan	Hög	Stor	Ja
Förråd	Hög	Låg	Mellan	Nej
Avdelningskök	Låg	Hög	Liten	Nej
Dagrum	Hög	Mellan	Stor	Ja
Sköljrum	Låg	Mellan	Liten	Nej
Föräldrarum	Mellan	Mellan	Brandgasspridning?	Ja
Personalrum	Mellan	Mellan	Liten	Nej

I kolumnen ”brandbelastning” anges hur mycket brännbart material som bedöms finnas i varje rum. Nästa kolumn anger hur stor den relativa sannolikheten bedöms vara att en brand faktiskt utbryter. Slutligen bedöms brandens konsekvens gällande personsäkerhet och försvårande av utrymning. Resultatet blir att brand i patientrum och dagrum anses vara de värsta troliga scenarierna och kommer därför att analyseras i detalj. Scenariot i föräldrarummet kommer att analyseras som ett specialfall för att undersöka huruvida brandgasspridning kan ske via ventilationen genom brandcellsgränser.

5.1.1 Förutsättningar för brandscenarier

Den teoretiskt största möjliga effektutvecklingen kan beräknas genom att anta att det vid förbränning av ett kg syre frigörs 13,1 MJ (Särdqvist, 2006) och att mängden syre i luft är ungefär 23 massprocent (SFPE, Fitzgerald, 1995).

I samtliga scenarier antas fönsterglas spricka vid en temperatur på 350°C (Frantzich, 2007). Det är svårt att förutse hur mycket av fönstret som går sönder. I simuleringarna antas att hälften av fönsterytan går sönder vid denna temperatur.

I simuleringarna antas en brand slockna när halten syre i luften understiger tio volymprocent, detta är ett konservativt antagande ty branden bör slockna redan vid en syrekonzentration kring tolv volymprocent (SFPE, Beyler, 1995).

De effektkurvor som anges gäller föremål som brinner relativt fritt, det vill säga omgivningens påverkan har inte tagits i beaktande. CFAST tar hänsyn till rumsmiljön och använder sig av tvåzonsmodellen (bilaga C).

Strålningsandelen antas vara 30 procent av effektutvecklingen. Det krävs cirka 13 kW/m² under en längre tid för att trä och bomullstyg skall antändas av en pilotlåga (Brandskyddshandboken, 2005). Det antas att tillräckligt stora pilotlågor alltid finns tillgängliga. CFAST tar hänsyn till strålning från flammor, ytor och brandgaslagret samt konvektiv värmeöverföring (Peacock, R D et al, 2005).

De kritiska förhållanden som har en dimensionerande funktion i rapporten består av gränsvärden för temperatur, strålning, sikt och brandgaslagrets höjd. Dessa definieras i BBR (2002) och återges i bilaga D.

I samtliga scenarier används den så kallade α^2 -teorin, se bilaga E.

För att beräkna tiden till detektion används datorprogrammet Detact-T2, se bilaga F.

Vid brandsimuleringarna försummas brandgasspridning via läckage och ventilationssystem. Korridorerna delas upp i mindre delar för att förbättra resultaten från CFAST. Dessutom läggs ”trösklar” till i taket för att fördröja brandgasspridningen, detta gör simuleringarna mer rimliga.

Alla rum, förutom de som definieras som delaktiga i respektive brandscenario, antas vara stängda.

För att kontrollera resultaten från simuleringarna utfördes handberäkningar, se bilaga G.1

Som en känslighetsanalys har i simuleringarna ingående parametrar varierats för att undersöka påverkan på resultatet. Bland annat har simuleringar gjorts med sprinkler i brandrummet, då inget sprinklersystem finns installerat i dagsläget.

5.1.2 Brandscenario 1: Brand i patientrum

I detta scenario antas en ensam patient leka med tändstickor eller tändare och orsaka en liten brand i en av madrasserna. Patienten blir uppskrämd och lämnar därpå rummet samt stänger dörren utan att säga till någon vad som har hänt.

I rummet finns fyra sängar, en garderob och en del övrig lös inredning. Rummets volym är 3,75 x 7,5 x 2,4 m³. Rummet har ett fönster (2,3 x 1,5 m²) och en dörr (0,9 x 2 m²) ut

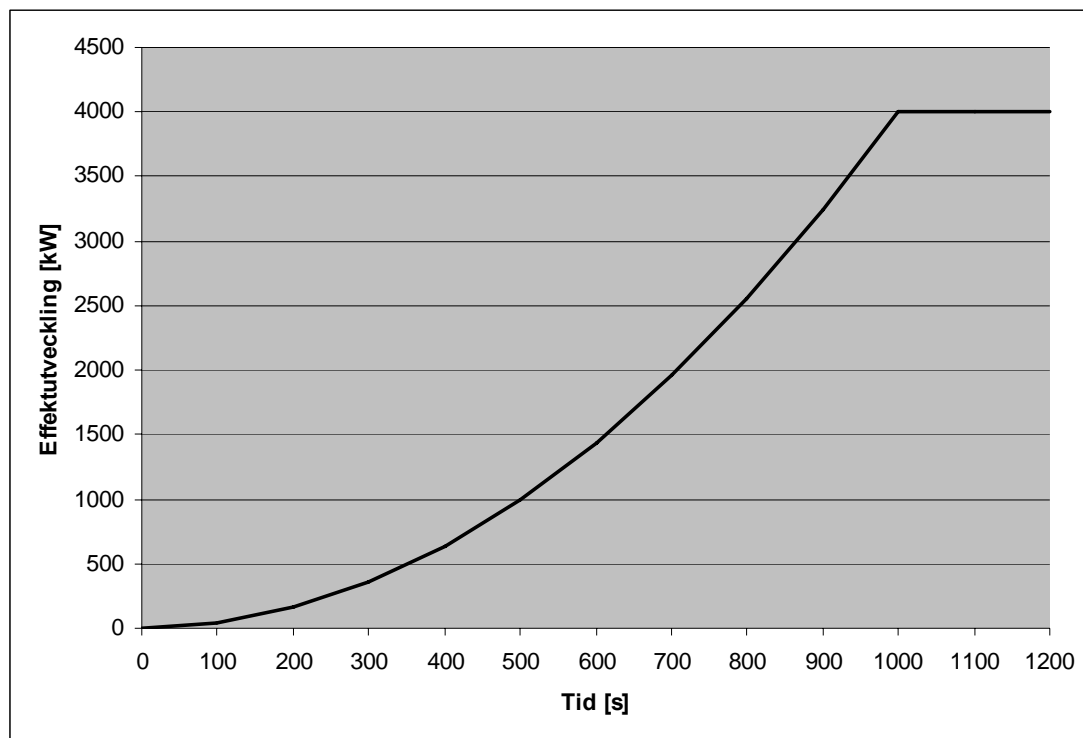
till korridoren. Eftersom madrasserna utgör den största brandbelastningen tas endast dessa med i beräkningarna. Sängarna står nära varandra vilket leder till snabb flamspridning och det antas att denna är konstant. Sängarna utgör därmed ett gemensamt bränslepaket.

Då patientrummet ligger nära en av de primära utrymningsvägarna finns risk att denna blockeras.

För att kunna veta hur stor effekt branden kan utveckla krävs kännedom om hur sängarna kommer att brinna. För att kontrollera detta undersöktes madrasserna under besöket på sjukhuset och tillverkaren kontaktades i syfte att undersöka hur brandsäkra de är. Enligt tillverkaren uppfyller madrasserna standarden SS 867 00 01, vilket innebär att de har en viss svårantändlighet (Nordin, 2007).

Genom att studera tester med madrasser, försök Y6/11, i *Initial Fires* (Särdqvist, 1993) kan ett α -värde resoneras fram för detta scenario. Den maximala effekten för en brandskyddad säng är 1000 kW enligt försöket. Då scenariot bygger på fyra sängar kommer dock den maximala effekten öka till 4000 kW. Madrasstestet har en förbrinntid som är medräknad för denna brand. Detta då antändningskällan antagligen kommer att vara liten, till exempel en tändare eller några tändstickor.

Med kännedom om den maximala effekten och tiden till denna kan ett α -värde beräknas till $0,004 \text{ kW/s}^2$. Effektutvecklingen redovisas i figur 7.



Figur 7. Effektutveckling för brand i fyra madrasser.

Om branden tillväxer med stängd dörr till dess att syret understiger tio volymprocent har en stor mängd brandgaser bildats. Öppnas därefter dörren blir brandgasspridningen snabb, samtidigt som branden får tillgång till nytt syre och därmed återigen ökar i intensitet.

För att beräkna tiden till syrekoncentrationen understiger tio volymprocent används följande beräkningsgång.

Luftens densitet: $1,2 \text{ kg} / \text{m}^3$ vid 20°C . I beräkningen antas att luftens densitet kommer vara konstant och inte påverkas av temperaturförändringarna som branden kommer orsaka.

Luftens massa i rummet är cirka 80 kg.

Syret utgör 23 procent av denna massa. Syres densitet är 1,1 gånger högre än lufts (www.ne.se, 2007). Antagandet att inte heller syrets densitet påverkas av temperaturökningen ger att densiteten blir $1,32 \text{ kg} / \text{m}^3$. Om branden antas slockna vid tio volymprocent syre medför det en massa på $1,32 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 68 \text{ m}^3 \times 0,1 \approx 9 \text{ kg}$ syre kvar i rummet.

Massan syre som förbränns blir alltså: $(81 \text{ kg} \times 0,23) - 9 \text{ kg} \approx 10 \text{ kg}$.

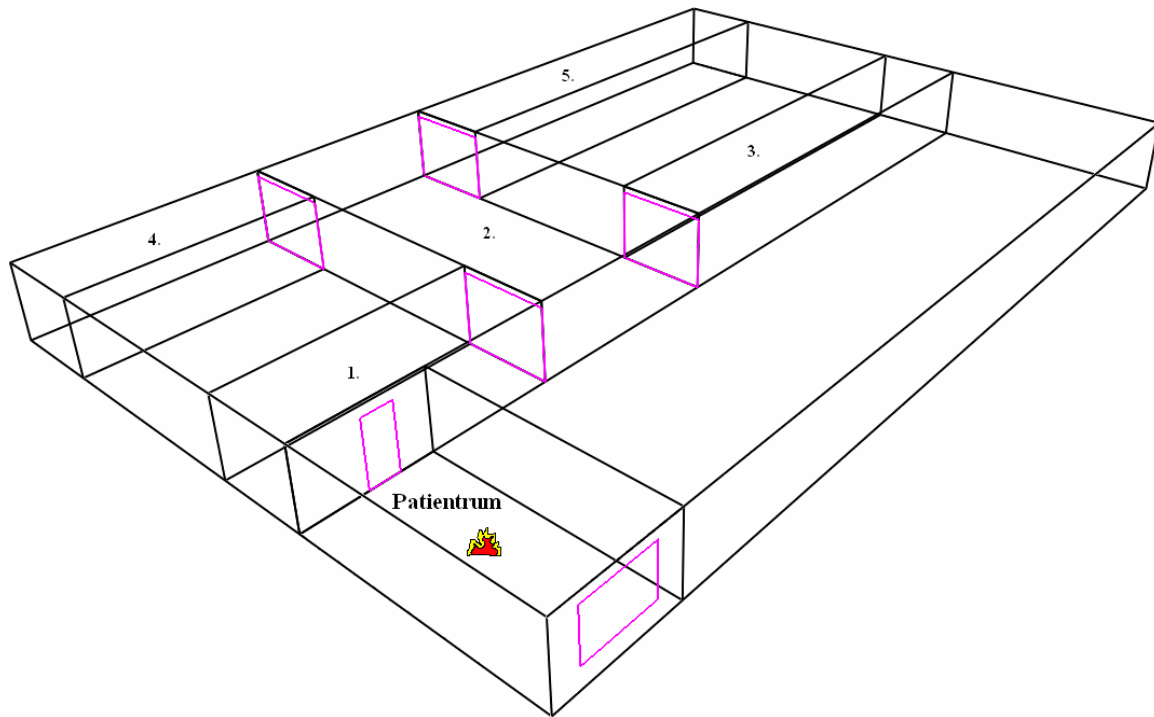
Som tidigare konstaterats utvecklar syre vid förbränning 13,1 MJ/kg. Den energimängd som frigörs blir därmed cirka 130 MJ.

Figur 7 visar effektkurvan för scenariot. Genom att integrera kurvan och utnyttja värdet 130 MJ går det att räkna ut vid vilken tidpunkt syrekoncentrationen blir för låg.

$$Q = \int_0^t \alpha t^2 dt = \alpha \left[\frac{t^3}{3} \right]_0^t = \frac{\alpha t^3}{3} \Rightarrow \frac{0,004t^3}{3} = 130 \text{ MJ} \Rightarrow t \approx 7,5 \text{ min}$$

Efter ungefär sju minuter slocknar alltså branden på grund av syrebrist, vilket stämmer väl överens med simulering i CFAST. I scenariot antas därför att dörren öppnas av någon, till exempel för att göra ett släckförsök, vid denna tidpunkt. Detta har en stor påverkan på om och när kritiska tillstånd uppnås i detta scenario. Om dörren öppnas tidigare kan kritiska förhållanden också uppnås tidigare.

I simuleringen antas avdelningen vara utformad enligt figur 8. Branden är placerad mitt i patientrummet. Siffrorna i figuren anger vilken del av korridoren som avses framöver.



Figur 8. Rumsuppdelning brandscenario 1.

För att undersöka när fönstret i rummet spricker gjordes en simulering i CFAST med fönstret stängt. Hänsyn togs till att dörren öppnades efter cirka sju minuter. Det visade sig att temperaturen når 350°C efter cirka tio minuter. Därefter gjordes simuleringar då fönstret antogs gå sönder efter tio minuter. Dessa ligger till grund för resultaten.

5.1.2.1 Detektion

Detektionssimuleringen visar att detektion sker efter ungefär tre minuter. In- och utdata från simuleringen redovisas i bilaga H.

5.1.2.2 Resultat

Den högsta temperaturen i brandrummet blir, enligt CFAST, cirka 530°C. När dörren öppnas kommer temperaturen att stiga snabbt i framförallt del 1 och 2 av korridorerna. Ett temperaturmaximum kommer att existera direkt utanför dörröppningen till brandrummet, för att sedan avta ju större avståndet blir. Temperaturen kommer i många av korridorerna inte nå kritiska värden. Inte heller kommer strålningen att vara tillräcklig för att kritiska förhållanden ska anses ha uppstått, förutom möjligen i direkt anslutning till dörröppningen. Relevant blir istället brandgaslagrets höjd.

Korridorerna fylls allt eftersom med brandgaser efter det att dörren öppnas. Detta sker väldigt snabbt och kritiska tillstånd uppnås efter ungefär en halvminut i samtliga delar av korridorerna. I tabell 2 anges att korridordelarna når kritiska tillstånd gällande brandgaslagrets höjd efter 8 minuter. Tiderna varierar lite mellan de olika delarna och avrundas till halva minuter. Dessutom kommer hela korridoren vara brandgasfylld ända ner till golvet efter ytterligare ungefär fem minuter. Utdata från CFAST för effektutveckling och brandgaslagrets höjd redovisas i bilaga I.

Tabell 2. Tider då kritiska förhållanden uppstår för olika parametrar.

Brandscenario 1	Brandgaslagrets höjd	Temperatur	Strålning
Patientrum	½ min	3 min	6 ½ min
Korridor del 1	8 min	8 min	-
Korridor del 2	8 min	8 min	-
Korridor del 3	8 min	-	-
Korridor del 4	8 min	-	-
Korridor del 5	8 min	-	-

5.1.2.3 Känslighetsanalys

För att variera scenariot gjordes ytterligare simuleringar, en med en magnetuppställd dörr som stänger vid detektion och en med en madrastyp som uppfyller standarden SS 867 00 10. Dessa madrasser har ett extra högt antändlighetsmotstånd, jämfört med de madrasser avdelningarna har idag, och kan med fördel användas där det finns risk för avsiktlig antändning. Egenskaperna för madrastypen togs från ett fullskaletest utfört av Brandteknik, SP, Borås (Thureson, Kristoffersson, 2005). Dörren antogs vara öppen och dessa simuleringar visar att inga kritiska förhållanden uppstår utanför brandrummet i detta fall.

Sprinklersimuleringen görs med sprinkler med RTI $100 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$ och aktiveringstemperatur 68°C (SBF 120, 2004). Förhållandena är i övrigt som i grundscenariot. Maxtemperaturen i brandrummet blir 180°C . Den maximala effektutvecklingen blir 0,4 MW. Temperaturskillnaden mellan lagren i korridoren blir så liten, runt 20°C , att det kan antas att ingen skiktning uppstår. Inga kritiska förhållanden uppstår utanför brandrummet med avseende på temperatur och strålning. I och med att ingen skiktning tros bildas kan brandgaslagrets höjd inte tas i beaktande. Huruvida sikten blir för dålig kan inte konstateras, inga handberäkningar görs eftersom inga adekvata siffervärden på hur sprinkler påverkar brandgasproduktionen kan erhållas. Det skall poängteras att det finns begränsningar i CFASTs modellering av sprinkler; sprinkler förutsätts sänka brandens effekt oavsett dess storlek och aktiveringstiderna blir generellt lite för korta (Peacock et al, 2005). Simuleringarna visar att sprinkler förbättrar utrymningsförhållandena.

5.1.3 Brandscenario 2: Brand i dagrum

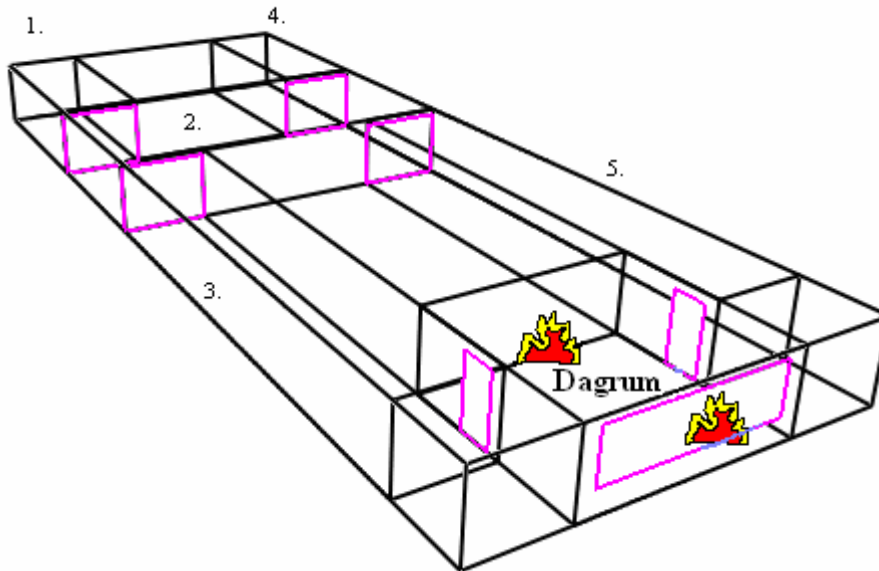
I borte delen av avdelning 326 ligger ett dagrum. I rummet finns bland annat en hörnsoffa, en fåtölj, bord och stolar samt en stor bokhylla med mycket VHS-filmer, papper, spel och böcker samt en TV. Rummets volym är $5,7 \times 6,4 \times 2,4 \text{ m}^3$.

Rummet har ett fönster ($1,5 \times 5,4 \text{ m}^2$) längs ytterväggen samt två dörrar ($1 \times 2,1 \text{ m}^2$) som är magnetuppställda. Dörrarna antas vara öppna under hela brandförloppet, detta då ingen av dörrarnas stängningsanordning fungerat under besöken på avdelningen.



Figur 9. Bokhylla i dagrum.

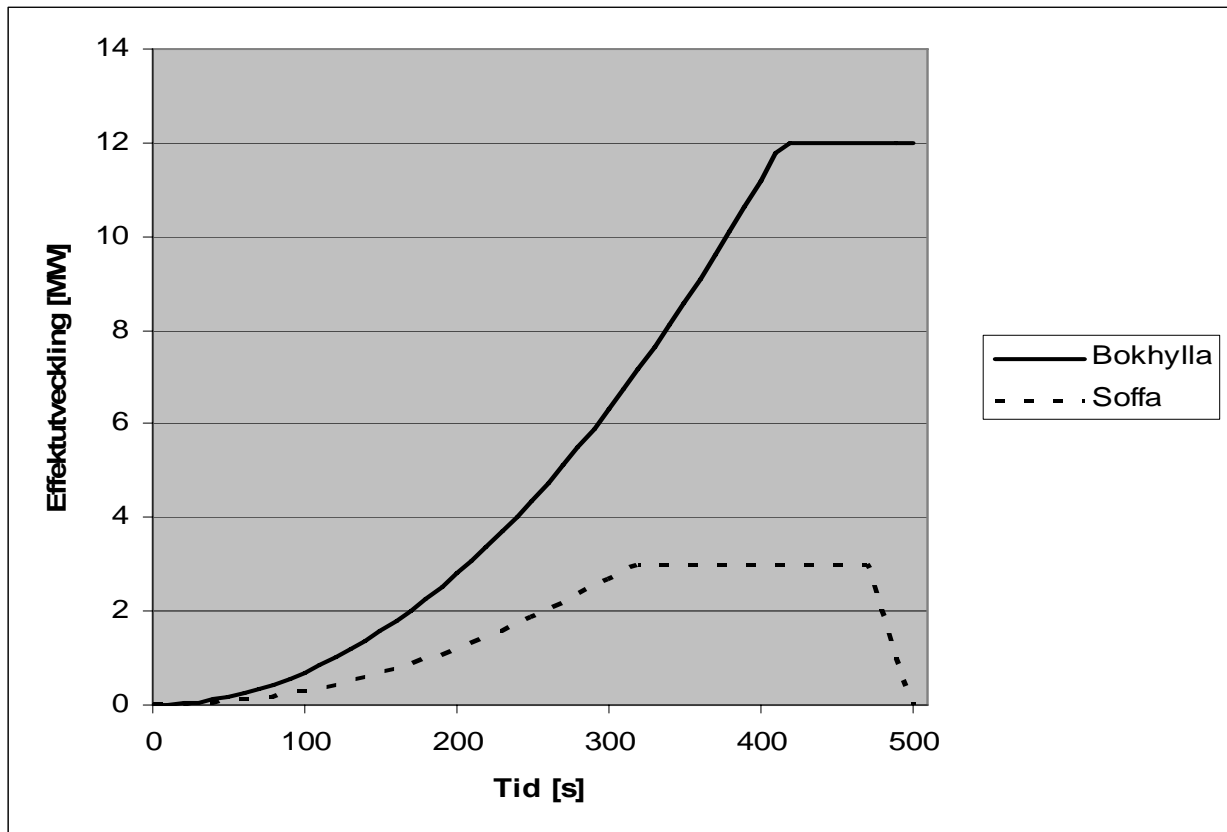
Det finns en funktion i CFAST, så kallade ”targets”, som kan simulera antändning på grund av strålning. Soffan lades därför till som en separat brand, med antändningskriteriet 13 kW/m^2 , med en egen effektkurva. Övrigt material i rummet kommer också att antändas vid en liknande strålningsintensitet men dess effektutveckling anses vara försumbar i jämförelse med bokhyllan och soffan och beaktas därför inte.



Figur 10. Rumsuppdelning brandscenario 2.

Branden startar i TV:n och sprider sig till bokhyllan på kort tid. Båda två antas därför antända samtidigt. I *Initial Fires* (Särdqvist, 1993) finns ett försök med en bokhylla full med papper, Y3.3/14, och ett med en soffa, Y5.4/21. Möblerna i dessa försök har likheter med möblerna i scenariot och resultaten används för att uppskatta effektutvecklingen. Bokhyllan i scenariot uppskattas vara cirka tolv gånger större än bokhyllan i referensförsöket varpå den maximala effektutvecklingen multipliceras med tolv. En annan skillnad är att i referensförsöket användes en mycket liten antändningskälla medan den i detta fall är en TV vilket bör ge en högre tillväxthastighet. Tiden då effektutvecklingen börjar tillväxa med en högre hastighet i referensförsöket sätts därför som starttid. En skalning av α -värdet sker från den tidpunkten till dess att den maximala effekten är uppnådd.

α -värdet för bokhyllan beräknas till cirka $0,07 \text{ kW/s}^2$ och för soffan till cirka $0,03 \text{ kW/s}^2$.



Figur 11. Effektutveckling för brand i föremål som finns i dagrummet.

5.1.3.1 Detektion

Detektionssimuleringen visar att detektion sker efter ungefär en minut. In- och utdata från simuleringen redovisas i bilaga H.

5.1.3.2 Resultat

Den högsta temperaturen i brandrummet blir, enligt CFAST, cirka 660°C. Tiden till kritiska förhållanden i korridorerna framgår av tabell 3 nedan. Eftersom dörrarna är öppna kommer temperaturen att stiga snabbt i framförallt del 3 och 5 av korridorerna. Ett temperaturmaximum kommer att existera direkt utanför dörröppningarna till brandrummet, för att sedan avta ju större avståndet blir. Temperaturen kommer i några av korridorerna inte nå kritiska värden. Inte heller kommer strålningen att vara tillräcklig för att kritiska förhållanden ska anses ha uppstått, förutom möjligen i direkt anslutning till dörröppningarna. Relevant blir istället brandgaslagrets höjd. Utdata från CFAST för effektutveckling och brandgaslagrets höjd redovisas i bilaga I.

Tabell 3. Tider då kritiska förhållanden uppstår för olika parametrar.

Brandscenario 2	Brandgaslagrets höjd	Temperatur	Strålning
Dagrum	½ min	1 min	2 min
Korridor del 1	2 min	-	-
Korridor del 2	2 min	2 min	-
Korridor del 3	1 ½ min	1 ½ min	-
Korridor del 4	2 min	-	-
Korridor del 5	1 ½ min	1 ½ min	-

5.1.3.3 Känslighetsanalys

För att variera scenariot gjordes en simulering med dörrstängarna i funktion. Simuleringen visar då att inga kritiska förhållanden uppstår utanför brandrummet.

Sprinklersimuleringen görs med sprinkler med RTI-värde $100 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$ och aktiveringstemperatur 68°C (SBF 120, 2004). I övrigt är förutsättningarna som grundscenariot. Maxtemperaturen i brandrummet blir 320°C . Den maximala effektutvecklingen blir 1,2 MW. Det skall även här poängteras att det finns begränsningar i CFASTs modellering av sprinkler; sprinkler förutsätts sänka brandens effekt oavsett dess storlek och aktiveringstiderna blir generellt lite för korta (Peacock et al, 2005).

Tiderna till kritiska förhållanden blir samma som i ursprungsscenariot av anledningen att dessa är kortare än tiden till sprinkleraktivering, som i simuleringen blir cirka 2 minuter och 40 sekunder. Simulering gjordes därför även med RTI-värde $50 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$ vilket inte heller det ger en tillräckligt snabb aktivering. Tiderna till kritiska förhållanden påverkas alltså inte om sprinkler installeras, dock bör det poängteras att förhållandena trots allt blir bättre även om de fortfarande är över gränsvärdena.

5.1.4 Brandscenario 3: Brand i föräldrarum

I brandcellen mellan avdelningarna finns ett så kallat föräldrarum. I detta rum finns diskbänk, spis och kylskåp, samt möblemang i form av soffor, stolar och bord. Rummet är till för de anhöriga att laga mat, äta och slappna av i. Volymen är $4,3 \times 6 \times 2,4 \text{ m}^3$.

Det intressanta med detta scenario är eventuell brandgasspridning via ventilationen in i avdelning 326. Detta undersöks i kapitel 6.

I detta scenario antas att ett av kylskåpen i rummet antänder på grund av ett elfel.

Det bedöms troligare att få en antändning i kylskåpen än i till exempel sofforna eller borden. Risk för torrkokningar och liknande på spisen finns givetvis men konsekvenserna av det skulle vara betydligt lindrigare än antändning i kylskåpen. Kylskåpen bedöms

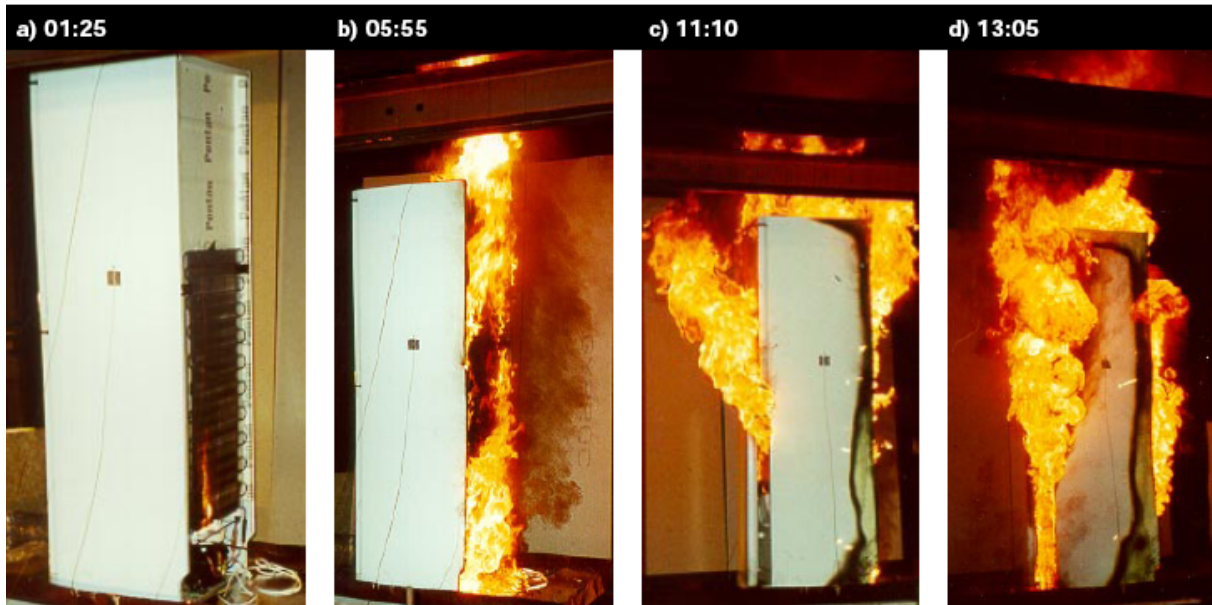
också ha ett större energiinnehåll än de materialsnåla sofforna, borden och stolarna varpå kylskåpsbranden bedöms vara det värsta troliga scenariot. Huruvida brandspridning sker till de övriga objekten kommer att undersökas.



Figur 12. Kylskåpen i föräldrarummet.

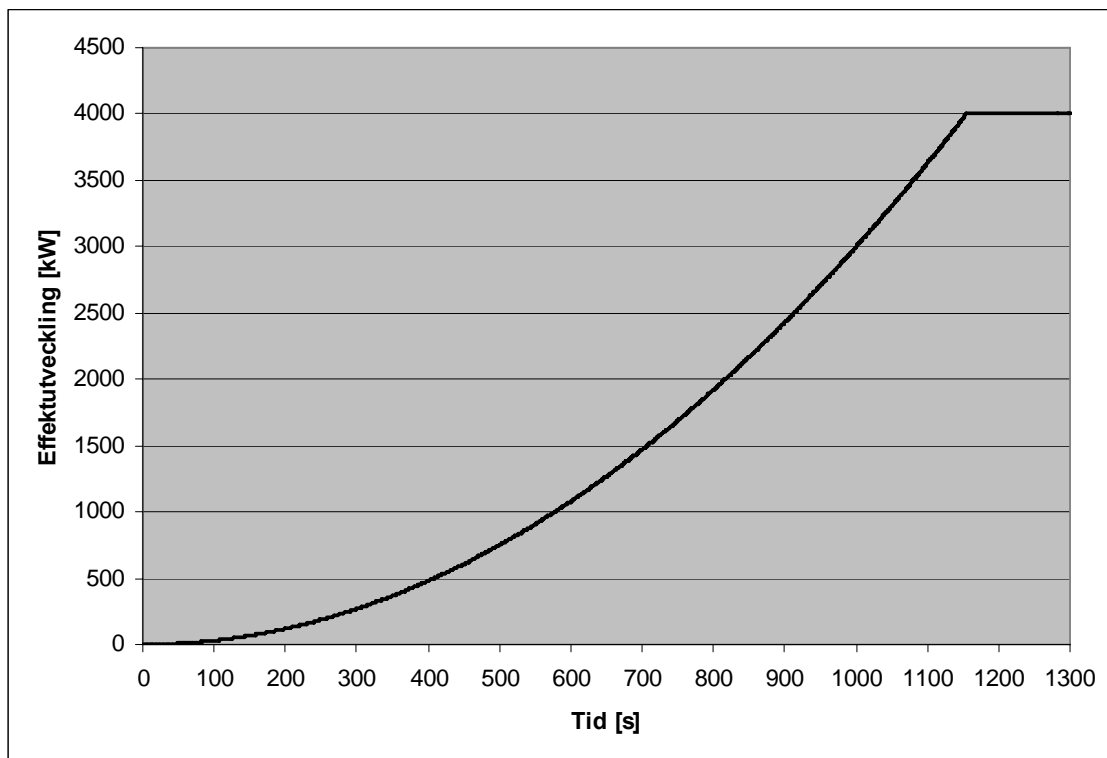
Det finns inga patientrum i brandcellen mellan avdelningarna och de angränsande rummen är enbart personalutrymmen. Ventilationen har ingen koppling mellan föräldrarummet och de andra rummen i samma brandcell. Det finns däremot öppna ventilationskanaler genom brandcellsgränsen mellan rummet och avdelning 326.

Det antas att flamspridningen i kylskåpen är konstant. Maximal effektutveckling vid brand i ett kylskåp är cirka 2 MW. Vid ett försök erhöles bildserien i figur 13. Bild d) antas motsvara maximal effekt. Detta ger att tiden korrelerar relativt väl med tillväxthastigheten ”slow”, det vill säga $\alpha = 0,003 \text{ kW/s}^2$. (Nurmi, 2001)



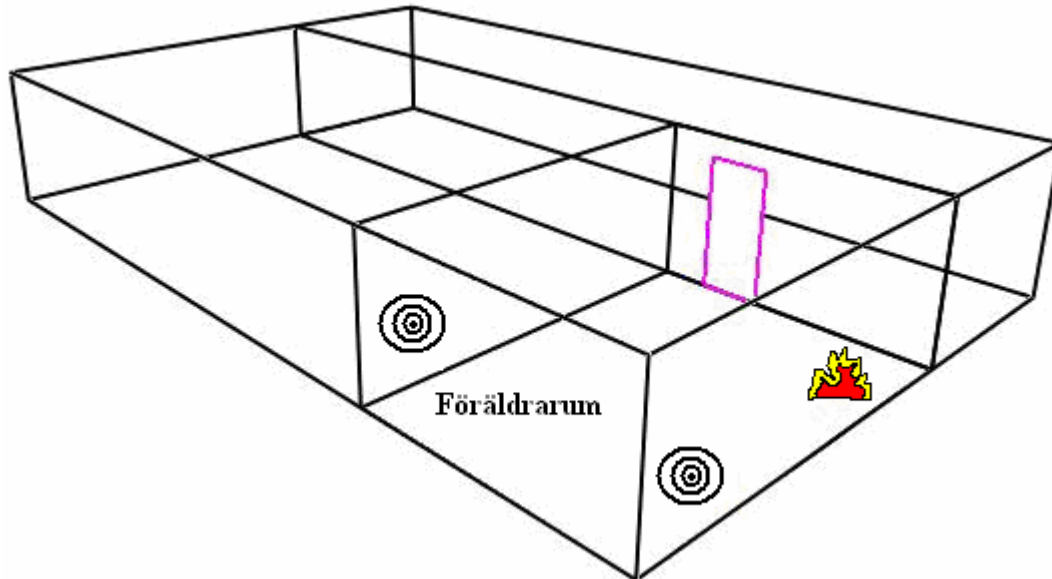
Figur 13. Bildserie över ett kylskåpsförsök.

I föräldrarummet står det två kylskåp bredvid varandra vilket innebär att en dubbelt så stor maximal effektutveckling som för ett antas.



Figur 14. Effektutveckling för två kylskåp stående intill varandra.

I CFAST anges sofforna och köksbordet med stolar som två så kallade "targets" för att få data på strålningsintensiteten från kylskåpen till dessa. Detta för att se om det finns risk för brandspridning till ytterligare objekt i rummet.



Figur 15. Skiss över scenario 3. Branden och "targets" är markerade.

Dörren till brandrummet antas vara stängd. Branden antas bygga upp ett sådant övertryck, och öppningarna vara så små, att ventilationsöppningarna och eventuella läckageytor kommer att föra bort gaser och inte tillföra något syre när branden utvecklats en tid. Det extra syre som skulle kunna komma in genom öppningar under det tidiga brandförloppet innan tillräcklig tryckupbyggnad skett försummas.

5.1.4.1 Detektion

Detektionssimuleringen visar att detektion sker efter ungefär tre minuter. In- och utdata från simuleringen redovisas i bilaga H.

5.1.4.2 Resultat

Enligt samma resonemang om syrekonzentrationen som i brandscenario 1 antas branden slockna efter cirka åtta minuter. Detta stämmer överens med den tid då branden slocknar i CFAST på grund av syrebrist.

Den maximala effektutvecklingen ges av både handberäkningar och CFAST till cirka 700 kW. Detta värde används vid beräkningar på brandgasspridning i ventilationen i kapitel 6. Utdata från CFAST för effektutveckling redovisas i bilaga I.

De högsta värmeintensiteterna som fås mot möblemanget i CFAST är $4,2 \text{ kW/m}^2$ respektive $4,0 \text{ kW/m}^2$ varpå det bedöms att branden inte sprider sig till andra objekt.

5.2 Utrymningsscenarier

Ur utrymningssynpunkt är brandscenario 1 och 2 de som är intressanta att studera. I brandscenario 3 studeras endast brandgasspridning genom ventilationen.

Totalt simulerades tio stycken scenarier i utrymningsprogrammet ERM. För en närmare beskrivning av ERM och dess förutsättningar hänvisas till bilaga J. I de olika försöken används samma patienttyper och patientantal, 18 stycken, men vissa övriga förutsättningar varierar.

Som tidigare nämnts finns det i princip alltid minst lika många föräldrar som patienter. ERM är dock inget bra verktyg för att simulera utrymning för personer utan hjälpbehov, därför valdes att simulera en förälder och ett barn som en patient. Detta bör vara ett korrekt antagande då det inte är sannolikt att en förälder lämnar sitt barn vid en utrymningssituation. Dessutom så kommer förmodligen vissa patienter att kunna utrymma själva med hjälp av sin förälder. Detta har simulerats genom att personalen bara behöver tala om för patienten att utrymning måste ske, därefter behöver patienten inte mer hjälp. I många fall kommer dock personalen att behöva göra en betydligt större insats i utrymningen. Antingen får de leda patienten ut eller så får patienten köras ut på sin säng. Totalt tre patienter antas kunna utrymma själva efter att ha blivit tillsagda av personal om hur de ska agera. Sju patienter antas behöva hjälp hela vägen ut, antingen gående eller körda i säng. Åtta patienter antas behöva mycket hjälp, till exempel sådana personer som är kopplade till vårdapparater.

Besluts- och reaktionstiden för personalen antas vara 90 sekunder efter detektion i utrymningsscenario 3, 4 och 6. Enligt *Tid för utrymning vid brand* (2001) är detta en godtagbar approximation för en vårdavdelning med dubbla korridorer med den typ av larmindikering som finns. I denna tid ingår till exempel att undersöka informationsdisplayen för att se var larmet har gått. I utrymningsscenario 1, 2 och 5 antas ovanstående tid bli kortare, 45 sekunder, då det tidigt strömmar ut brandgaser i korridorerna och kritiska förhållanden uppstår snabbt. Om besluts- och reaktionstiden sätts längre innebär det att personalen inte agerar trots att kritiska förhållanden råder i korridorerna, vilket inte anses rimligt.

En första släckinsats av personalen antas misslyckas i samtliga fall. Detta kan motiveras med de brister som, enligt enkätundersökningen, förekommer i brandskyddsutbildningen av personalen och är därför ett troligt värsta scenario. I samtliga scenarier antas all personal befinna sig i ett personalrum. Noduppdelning framgår av bilaga J. Personalen prioriterar alltid patienter närmast brandrummet och arbetar sig sedan bort genom korridorerna.

Simuleringen tar enbart upp horisontell utrymning och bortser helt ifrån utrymning genom det borte trapphuset. Detta eftersom den horisontella utrymningen är den primära utrymningsstrategin och det finns inga troliga scenarier som blockerar båda dörrarna till utrymmet mellan avdelningarna.

Under de scenarier som simuleras på natten antas det ta något längre tid för personalen att få de patienter som kan utrymma själva att faktiskt börja röra sig ut, eftersom de förmodligen sovit och har en längre responstid. Däremot antas förberedelsetiden för att kunna förflytta en sängliggande patient vara samma både dag som natt.

Det tas ingen hänsyn till att brandgaser försvinner ut genom dörrar och ventilationsöppningar under utrymning.

Utrymningsscenario 1

Här antas en brand uppstå i dagrummet på avdelning 326 någon gång under natten på en vardag. Personalstyrkan antas vara fyra personer. Enligt ERM är en utrymning då genomförd efter 12 ½ minuter.

Utrymningsscenario 2

Här antas en brand uppstå i dagrummet på avdelning 326 någon gång under natten på en vardag. Personalstyrkan antas vara tre personer. I detta fall blir den simulerade utrymningstiden 16 minuter.

Utrymningsscenario 3

En brand i ett av patientrummen närmast den ena utrymningsvägen utbryter under natten och gör att den dörren inte kan användas utan alla måste utrymma genom den andra utrymningsvägen. Personalstyrkan antas vara fyra personer. Den simulerade utrymningstiden blir 16 minuter.

Utrymningsscenario 4

En brand i ett av patientrummen närmast den ena utrymningsvägen utbryter under natten och gör att den dörren inte kan användas utan alla måste utrymma genom den andra utrymningsvägen. Personalstyrkan antas vara tre personer. Simulerad utrymningstid blir 19 ½ minuter.

Utrymningsscenario 5

En brand utbryter under dagtid i dagrummet på avdelning 326. Personalstyrkan antas till tio personer. Tid för utrymning blir 6 ½ minuter

Utrymningsscenario 6

En brand i ett av patientrummen närmast den ena utrymningsvägen utbryter under dagtid och gör att den dörren inte kan användas utan alla måste utrymma genom den andra utrymningsvägen. Personalstyrkan antas vara tio personer. Utrymningstiden blir då 9 minuter

Tabell 4. Simulerad utrymningstid med ordinarie personalstyrka.

Utrymningsscenario	1	2	3	4	5	6
Simulerad Utrymningstid	12 ½ min	16 min	16 min	19 ½ min	6 ½ min	9 min

5.2.1 Känslighetsanalys

Tiden för utrymning förkortas om mer personal tas i bruk för att hjälpa patienterna. Scenario 1, 3, 5 och 6 simulerades med fem extra personer i personalen. Detta är tänkt att motsvara att den utrymmande avdelningen får hjälp av en person från varje direkt kringliggande avdelning. Förflyttningstiden mellan avdelningarna försummas. Resultaten blir då istället följande:

Tabell 5. Simulerad utrymningstid med förstärkt personalstyrka.

Utrymningsscenario	1B	3B	5B	6B
Simulerad Utrymningstid	7 min	9 min	4 ½ min	6 min

Antalet patienter har i simuleringarna genomgående satts till maxantalet 18 stycken då en utrymning måste klaras då avdelningen är fullbelagd. Att dra ner på antalet patienter ses inte som en önskvärd lösning.

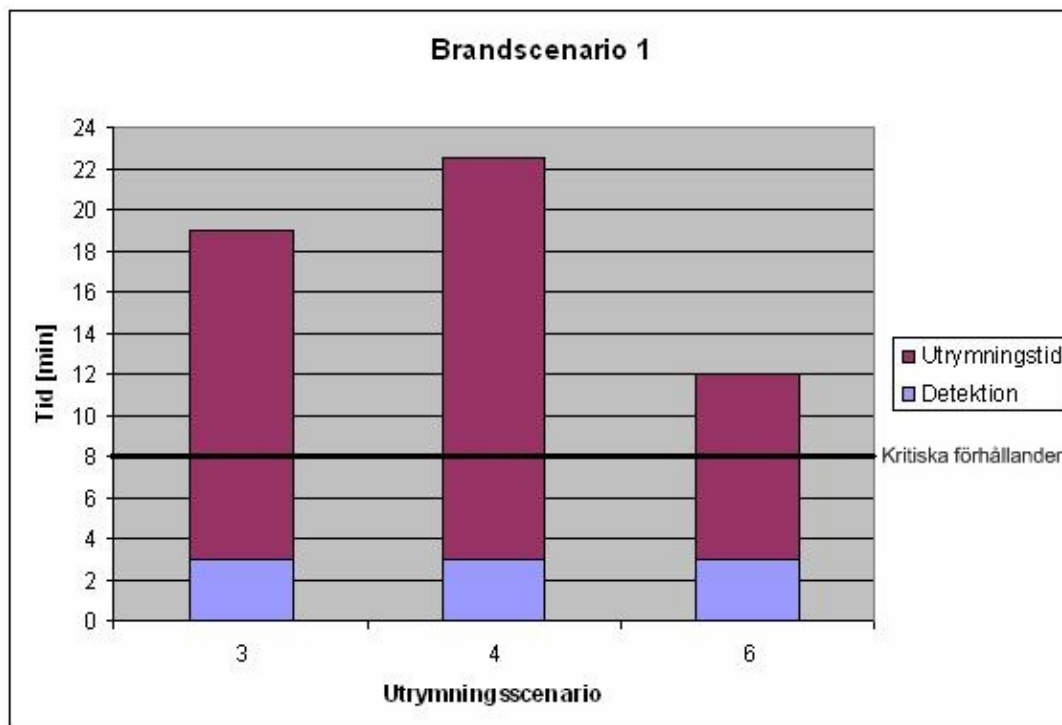
5.3 Resultat

För att bedöma om en utrymning går att genomföra på ett tillfredställande sätt kan den simulerade tiden till kritiska förhållanden jämföras med den simulerade utrymningstiden. Det finns naturligtvis osäkerheter i en sådan analys som framförallt beror på de svagheter och begränsningar som finns i modellerna som används i simuleringarna. Ytterligare diskussion om modellernas begränsningar förs i kapitel 10.

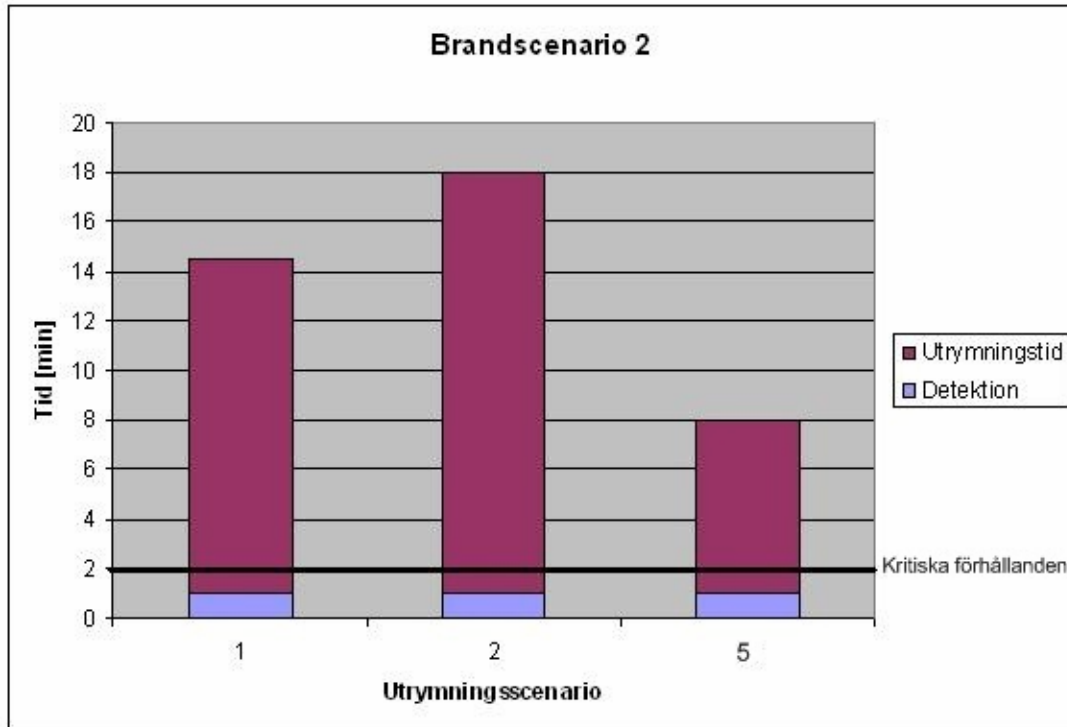
Eftersom ERM begränsas till 15 vårdare (bilaga J) och detta antal inte räcker för att möjliggöra en säker utrymning kan det tillräckliga antalet vårdare inte itereras fram.

Brandgaslagrets höjd är det kriterium som i nästan alla simuleringar överskrids först. Det bör också vara ett av de mest kritiska då det är svårt att utrymma sängliggande patienter och samtidigt hålla en låg ställning vilket behövs om brandgaslagret blir lågt.

För att kunna jämföra tid till kritiska förhållanden och total tid för utrymning måste detektionstiden adderas till utrymningstiderna eftersom CFAST och ERM annars har olika starttidpunkter. Resultaten anges i figur 16 och 17.



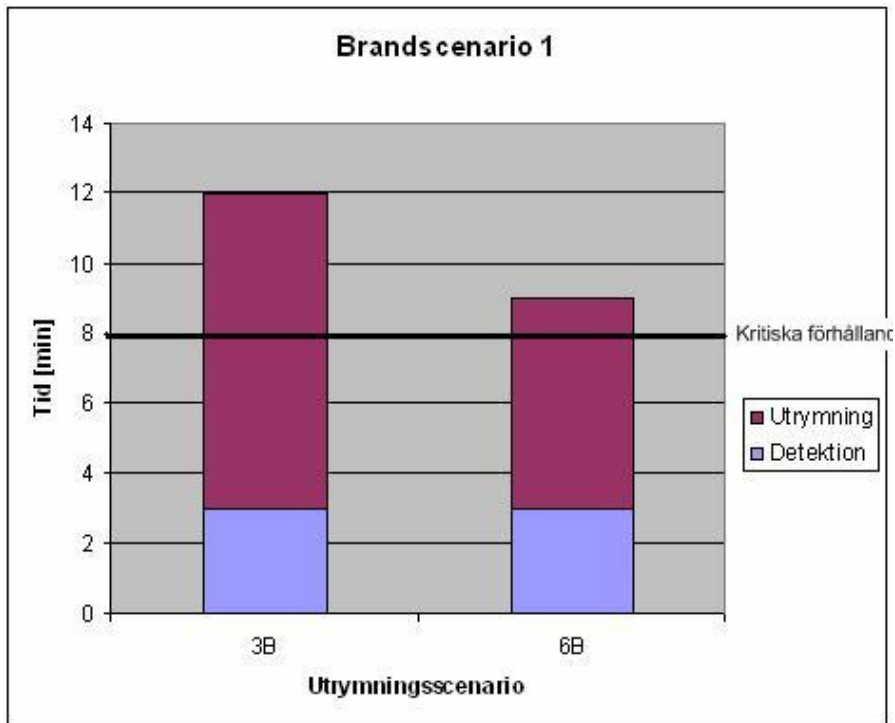
Figur 16. Den totala utrymningstiden samt tiden till kritiska förhållanden i korridorerna för utrymningsscenario 3, 4 och 6 för brandscenario 1.



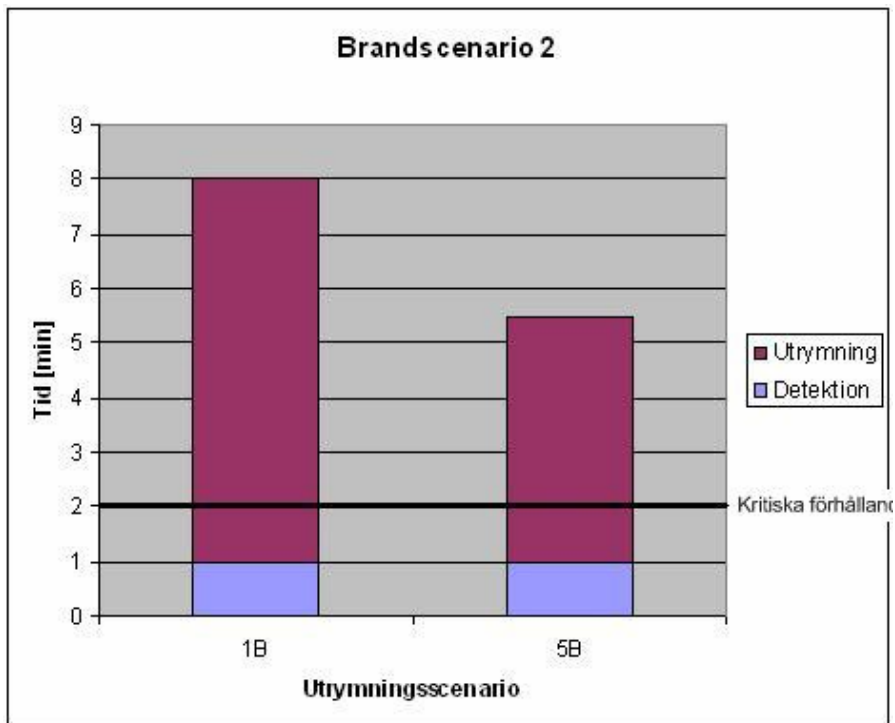
Figur 17. Den totala utrymningstiden samt tiden till kritiska förhållanden i korridorerna för utrymningsscenario 1,2 och 5 för brandscenario 2.

Om utrymningstiderna jämförs syns det att utrymningen under dagtid, då personaltätheten är hög, går signifikant snabbare att genomföra än under natten då färre personal finns på plats. Däremot är det inte på något sätt avgörande om det finns tre eller fyra personal vid en utrymning nattetid då man i båda fallen misslyckas med att evakuera alla patienter inom utsatt tid.

Simuleringar visar att om ytterligare personal tas i bruk till utrymning så förkortas utrymningstiderna, i vissa fall väsentligt, dock inte i en sådan grad att kritiska förhållanden inte hinner uppstå. Detta syns i figur 18 och 19. Det bör inte vara orimligt att omkringliggande avdelningar kan skicka en person för att hjälpa till med utrymningen vid larm på våningsplan 5. Idag finns dock inga dokumenterade rutiner för hjälp till en brandutsatt avdelning av personal från andra delar av byggnaden.



Figur 18. Den totala utrymningstiden samt tiden till kritiska förhållanden i korridorerna för utrymningsscenario 3B och 6B för brandscenario 1.



Figur 19. Den totala utrymningstiden samt tiden till kritiska förhållanden i korridorerna för utrymningsscenario 1B och 5B för brandscenario 2.

Räddningstjänsten bedöms, enligt resonemanget i kapitel 10, inte hinna fram i tid för att hjälpa till med utrymningen utom möjligen i slutet av utrymningsscenario 4. Detta kommer dock inte att påverka tiden mer än marginellt.

De utrymningsscenarier som bygger på brandscenario 1 är starkt beroende av när dörren öppnas och kan alltså bli både bättre och sämre. Om dörren öppnas tidigare kommer dock säker utrymning inte vara möjlig.

I alla utrymningsscenarier tyder simuleringarna på att utrymning inte klaras innan kritiska förhållanden uppstår. När gränsfall studeras, till exempel scenario 6B, så skall dock beräkningarnas begränsningar tas i åtanke.

6. Ventilation

I detta kapitel behandlas objektets ventilationssystem.

6.1 Nuvarande ventilationssystem

Ventilationen i byggnaden är ett mekaniskt till- och frånluftssystem. I högdelen där avdelning 326 och 327 befinner sig är tryck- och sugkammare placerade i toppen av byggnaden. Denna del betjänas av två separata ventilationssystem med separata fläktar för den norra respektive södra delen av byggnaden. Den mittersta brandcellen, det vill säga brandcellen som inrymmer hisschakten och trapphuset, betjänas från båda aggregaten. Ventilationssystemet i högdelen är också försett med brandgasevakuering som aktiveras vid brandlarm. Brandgasevakueringsspjäll, högst upp i ventilationskanalen, öppnar strömlöst och fläktarna stannar vid larm.

Enligt brandskyddsdokumentationen är förhållandet mellan grentryckfall och stamkanaltryckfall större än 5:1, vilket anses kunna försvåra brandgasspridning. (Brandskyddsdokumentation, 2005)

6.2 Risk för brandgasspridning

I och med att ventilationen stängs av vid larm ges brandgaser fritt spelrum att röra sig efter gällande tryckförhållanden. Det går att hitta scenarier då en ogynnsam brandgasspridning sker om ventilationen stängs av. Brandgasernas väg kan enkelt påverkas av detaljer som öppna fönster och vindförhållanden.

Vertikal spridning är möjlig då alla brandceller i vertikal led är inkopplade på samma ventilationskanal. Dock är utloppen ut i kanalen utformade med en uppåtböjning vilket hjälper brandgaserna att flöda uppåt och slutligen ut ur systemet. Detta försvårar spridning via ventilationskanalen. I toppen på kanalerna finns det brandgasevakueringsspjäll som öppnas vid larm. Det finns ingen fläkt eller liknande som säkerställer undertryck i kanalen vid brandgasevakuering utan man förlitar sig på att gasernas egen temperatur och drivkraft skall ta dem upp och ut. Beroende på väderförhållanden och tryckförhållandena på de olika våningsplanen, som kan ändras på grund av omständigheter som öppnade fönster och dörrar, fungerar denna evakuering mer eller mindre effektivt.

Horisontell brandgasspridning mellan brandcellerna är möjlig då båda avdelningarna på våningsplan 5 delar ventilationskanal med den mittersta brandcellen. Det finns inga spjäll eller liknande installationer som hindrar brandgasspridning.

Att förhållandet mellan grentryckfall och stamkanaltryckfall överstiger 5:1 skall inte ses som en säkerhetsfaktor eftersom brandgasspridningen ändå kan vara betydande (Jensen, 1998).

Om brandgaser sprids genom brandcellsgränsen kan en prekär situation uppstå. Detektion kommer först att ske i brandrummet i annan brandcell varpå personal på avdelningen kommer att se var larmet löst och därför inte utrymma då det inte är på deras avdelning. Detta innebär till exempel att personer kan utsättas för brandgaspåverkan innan det inses att en utrymning är nödvändig.

6.3 Beräkningar på brandgasspridning

För att kontrollera om brandgasspridning kan ske genom ventilationssystemet används förutsättningarna i brandscenario 3 i beräkningsprogrammet PFS. Angående PFS se bilaga K.

Enligt ventilationsritningarna är flödet i föräldrarummet $400 \text{ m}^3/\text{h}$ in respektive ut vid drift. Tryckfallet över rummets anslutningskanaler antas vara 100 Pa , detta värde väljs då det är ett vanligt värde i liknande kanaler (Jensen², 2007).



Figur 20. Aktuellt till- och frånluftssystem för beräkningsfallet.

En tumregel som kan användas är att brandflödet i m^3/s är lika med brandeffekten i MW (Jensen, 1998). Detta ger ett maximalt brandflöde i scenariot på cirka $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Det skall poängteras att detta inte är ett konstant brandflöde utan det maximala värdet i ett annars varierande flöde.

Normkravet för läckageytor i bostäder är $0,8 \text{ l}/\text{sm}^2$ vid en tryckskillnad på 50 Pa (Jensen, 1998). Detta värde antas vara representativt även för en vårdanläggning varpå ett läckage på $8,3 \text{ l}/\text{s}$ fås för brandrummet och för patientrummen $7,2 \text{ l}/\text{s}$.

Det kommer även att bli ett läckage genom dörrarna, trots att de är stängda. Det antas att dörren har en 1 mm springa runt om vilket ger en läckageyta på $0,0053 \text{ m}^2$.

Enligt Bernoullis ekvation blir hastigheten genom läckageytan $v = \sqrt{2p/\rho} = 9,1$ m/s vilket ger ett flöde på 53 l/s genom varje dörr.

Summan av läckagen blir då 61 l/s för patientrummen och 60 l/s för brandrummet. Rums läckage påverkar tryckförhållanden och därmed brandgasspridningen varpå dessa används i PFS-beräkningarna (Bilaga L).

Som en känslighetsanalys beräknas tre olika fall i PFS; avstängd ventilation, påsatt ventilation och avstängd ventilation med undertryck i ventilationsschaktet. Vid undertrycksfallet itereras simuleringen tills ett gränsvärde hittas då brandgasspridning till annan brandcell inte sker.

PFS-beräkningarna visar att brandgasspridning kan ske genom brandcellsgräns med nuvarande system. Till exempel är flödet in i det närmaste patientrummet på andra sidan brandcellsgränsen cirka 40 l/s med befintligt system. Detta kan leda till en utrymningssituation och risk för personsador på intilliggande avdelning. I simuleringarna visar pilarnas riktning flödesriktningen (bilaga L). Rumsuppbbyggnaden i simuleringarna bygger på figur 20.

Ett specifikt fall är beräknat i PFS men det kan misstänkas att liknande situationer kan uppstå på andra ställen på våningsplanet.

6.4 Möjliga åtgärder för att förhindra brandgasspridning

Enligt PFS-beräkningarna förhindras brandgasspridning genom brandcellsgränsen vid en brand i föräldrarummet om ett undertryck på cirka 160 Pa säkerställs i ventilations-schaktet. Detta skulle eventuellt kunna åstadkommas genom att sätta en fläkt i brandgasevakueringsluckan i schaktet. Fläkten behöver dock vara stor och tar upp mycket plats varpå detta antagligen inte är en realistisk lösning.

Simuleringarna visar också att brandgasspridningen in i avdelning 326 från föräldrarummet skulle bli mindre omfattande om man istället för att stänga av ventilationen vid branddetektion lät den vara på.

Ett brandgasspjäll skulle lämpligen kunna placeras i brandcellsgränsen till avdelning 326 för att förhindra brandgasspridning. Det kan misstänkas att det även skulle ha samma positiva effekter i övriga brandcellsöverskridande ventilationskanaler. Denna lösning förespråkas av författarna.

7. Enkätundersökning

I samband med det första besöket delades en enkät ut till personalen på avdelning 326 och 327. Enkäten berör några grundläggande frågor gällande avdelningens brandskydd. Totalt samlades 22 enkäter in. Nedan redovisas en kort sammanfattning över intressanta resultat från undersökningen. Undersökningen kan inte användas för att dra några exakta slutsatser om sjukhuspersonalens övergripande kompetens gällande brandskyddsfrågor, men kan ge en ungefärlig bild av hur det ligger till på just dessa avdelningar. Enkäten i sin helhet finns i bilaga M.

Avdelning 326, 13 svarande

På denna avdelning anser majoriteten av de svarande att de vet vad de ska göra vid ett utrymningslarm. En anställd skriver att denne har kunskap om ”när det gäller det mest akuta med att larma och föra patienter till avdelningen mitt emot. Ej använda hiss. Efter det får räddningstjänsten guida”.

Två personer anger att de inte vet hur släckutrustningen som finns på avdelningen används. Det visar sig att fem av de svarande inte har gått någon brandutbildning alls, samtidigt som andra har gjort det flera gånger. En av dem gick dock sin brandutbildning för ”många, många år sedan”. Endast två av de tretton svarande har deltagit i någon utrymningsövning.

Avdelning 327, 9 svarande

Också på denna avdelning anser de svarande att de vet vad de ska göra vid en utrymningsituation. En person känner dock ”en viss oro”. Även här är övningsserfarenheten låg, endast en av de nio svarande har övat på att utrymma.

På denna avdelning anser sig alla svarande veta var släckutrustningen finns och hur den ska användas. Vidare har samtliga också genomgått någon form av brandutbildning, de flesta under 2000-talet.

Enkätundersökningen visar på att brister finns i personalens brandskyddsutbildning.

8. Brandskyddsvärdering av vårdanläggningar

Brandskyddsvärdering av vårdavdelningar, även kallat BSV-vård, är ett hjälpmedel framtaget av Håkan Frantzich på avdelningen för Brandteknik och Riskhantering vid Lunds Tekniska Högskola. Med hjälp av detta går det att på ett enkelt sätt värdera säkerheten ur brandsynpunkt på en sjukhusavdelning. Metoden BSV-vård resulterar i ett brandskyddsindex (BSI) vilket kan ses som ett riktvärde på hur högt brandskyddet på avdelningen är. Det är alltså endast en utvärdering av säkerheten och ingen försäkran kan ges att brandskyddet är tillräckligt trots att brandskyddsindexet är högre än den rekommenderade gränsen. Metoden är anpassad för normala vårdavdelningar på sjukhus, vårdboenden eller vårdhem. (Frantzich, 2000)

8.1 Tillvägagångssätt

BSV-vård är uppbyggt på 26 komponenter med tillhörande underkomponenter som tillsammans påverkar resultatet. Exempel på sådana komponenter är personalen, patienterna, gångavstånd till utrymningsväg, samt den lösa inredningen. Komponenterna värderas på plats samt genom information från räddningstjänsten och Västfastigheter. Det bör påpekas att bedömningen är subjektiv. När komponenterna slutligen har graderats viktas de. Ett högt viktningstal innebär att komponenten har stor inverkan på brandsäkerheten. Exempel på komponenter med höga viktningstal är personalens utbildning och antal samt lös inredning. När komponenterna värderats och viktats summeras de och ger ett brandskyddsindex.

Om BSI är högre än 2,8 tyder det på att brandskyddet är tillfredställande, däremot ska detta värde inte användas som en specificerad gräns för uppfylld brandsäkerhet.

8.2 Resultat

Brandskyddsindexet värderas till 2,8. Om de åtgärdsförslag som redovisas i kapitel 9 genomförs ökar indexet till 3,6 (Bilaga N).

9. Förslag till åtgärder

Nedan följer förslag till åtgärder, dessa är sorterade i fallande prioriteringsordning.

Dörrarna till patientrummen *skall* kompletteras med självstängare då utrymningsförhållandena i korridorerna markant förbättras om dörren till brandrummet är stängd. Magnetuppställning kan användas.

Då personalen ofta är den avgörande faktorn vid en utrymning *skall* det säkerställas att alla har genomgått en brandutbildning enligt fastlagda rutiner, även utrymningsövningar *skall* hållas – gärna i samarbete med räddningstjänsten. Dessa kunskaper *skall* upprätthållas med repetitionsövningar.

En sprinkleranläggning *skall* installeras så att utrymningsförhållandena förbättras och personsäkerheten höjs.

Allmänt *skall* utrymningsdörrarna ses över för att göra dem lättare att öppna vid en utrymningsituation. Dörrarna *skall* också åtgärdas så att det är möjligt att återvända till avdelningarna efter passage i det fall att strömmen har brutits. Personalen måste, med nuvarande utrymningsstrategi, kunna återvända in till den brandutsatta avdelningen efter att ha evakuerat en patient.

Lös inredning i korridorerna *skall* minimeras för att minska brandbelastningen samt underlätta utrymning. Vidare *skall* lös inredning som kan blockera självstängande dörrar tas bort.

Brandgasspjäll *skall* installeras på de platser där ventilationskanaler går igenom brandcellsgränser för att förhindra brandgasspridning.

Det *bör* skapas rutiner för hjälp från omkringliggande avdelningar till utrymmande avdelning. Detta kan förkorta utrymningstiden avsevärt.

För att säkerställa brandcellsindelningen *skall* brandcellsavskiljande dörrar kontrolleras, då många idag saknar klassmärkning.

Informationsdisplayen *bör* kompletteras med en ljudsignal för att underlätta varseblivning av larm från annan avdelning.

Madrasserna i patientrummen *bör* bytas ut till en typ som uppfyller standarden SS 867 00 10. Detta skulle minska följderna av en sängbrand.

På avdelning 327 finns ingen handbrandsläckare. En sådan *skall* läggas till där, då inomhusbrandpostens slang är för kort för att nå hela avdelningen.

Den genomlysta utrymningsskylt som saknas vid trapphuset inne på avdelning 327 *skall* återställas.

Samtliga eluttag i köken *bör* få timers för att undvika till exempel torrkokning i kaffebryggare.

I varje patientrum finns en pärm med information avsedd för besökare och anhöriga. Ett förslag är att dessa pärmar kompletteras med en ”brand-flik”, med information om vad de ska göra om brandlarmet aktiveras och vilka utrymningsvägarna är. Vidare kan också själva utrymningsstrategin förklaras, så att föräldrarna förstår den horisontala utrymningsmetoden. Detta kan göra att en utrymning förenklas.

Vidare validering av åtgärderna sker i kapitel 10.

10. Diskussion

Nedan diskuteras rapportens resultat och de begränsningar som använda modeller medför.

10.1 Begränsningar i modeller

Ett av problemen med CFAST är den momentana brandgasfyllningen, se bilaga G, av ett rum när brandgaserna börjar strömma in i detta. Om rummet är stort, till exempel en korridor, är det antagandet knappast riktigt. Simuleringsresultaten bör vara bra i och nära brandrummet medan de i de borte delarna kan ifrågasättas som väl konservativa. Den simulerade tiden till kritiska förhållanden bör trots detta vara ett riktvärde för den verkliga tiden.

CFAST antar alltid en uppdelning i ett övre varmt lager och ett undre kallt lager. Om temperaturen i brandgaserna blir tillräckligt låg är antagandet inte giltigt utan brandgaserna blir omblandade. Även detta betyder att resultaten från simuleringarna förmodligen är mer korrekta i och nära brandrummet.

ERM tar inte hänsyn till bland annat utrymningsvägarnas kapacitet, att dörrarna måste öppnas vid varje in- och utpassage samt till hur människor påverkas av brand och brandgaser, inte heller till att vårdare blir uttröttade. Detta bör ge något kortare simulerade utrymningstider än de verkliga.

Det finns en osäkerhet med detektionstiden då Detact-T2 egentligen är framtaget för värmedetektorer. De detektorer som är aktuella i scenarierna är av rökdetektortyp. Tiderna tros vara väl konservativa då det i vissa fall råder kritiska förhållanden i korridoren innan detektorn aktiverar. Det anses inte vara rimligt att personalen inte agerar trots att korridorerna börjar fyllas med brandgaser och en kortare besluts- och reaktionstid används därför i simuleringarna. Däremot bör det poängteras att inte ens en omedelbar detektion kommer att göra en tillfredställande utrymning möjlig.

I *Boverkets Byggregler* (2002) definieras de kritiska förhållanden som används för att undersöka om en tillfredställande utrymning kan ske eller ej. Dessa definitioner kan i vissa fall ifrågasättas då det eventuellt går att utrymma även om de uppfylls. Till exempel behöver en temperatur på 80°C inte alltid förhindra en säker utrymning även om den kan försvåras.

10.2 Diskussion och slutsats

Simuleringarna visar att användandet av dörrstängare har tydliga effekter på möjligheterna för en säker utrymning. Om sjukhuset väljer att installera sådana skulle några kritiska tillstånd troligen aldrig uppstå i korridoren om det brinner i exempelvis ett patientrum. Det är förståeligt att dörrstängare kan vara störande för det dagliga arbetet. En lösning är att installera magnetuppställda dörrar. Visserligen kommer en del brandgaser flöda ut i korridorerna fram till dess att en detektor aktiverar och dörrarna stängs, men trots detta uppstår, enligt simuleringarna, inga kritiska förhållanden i korridorerna.

Vid simuleringar med sprinkler visar CFAST på sänkt temperatur och minskad effektutveckling i brandrummen, dock uppstår fortfarande kritiska förhållanden i dessa. I dagrumsscenarioet uppstår även kritiska förhållanden i korridorerna. Det skall poängteras att dessa resultat gäller dessa specifika scenarier, dagrumsscenarioet är förmodligen ett av de värsta som kan inträffa på våningsplanet. I många fall skulle en sprinklerinstallation kunna vara avgörande för personsäkerheten vid ett brandtillbud. Om sprinklerinstallation kombineras med övriga åtgärdsförslag, framförallt dörrstängare, kommer goda förutsättningar för en lyckad utrymning att finnas. En sprinklerinstallation skulle också göra det lättare för räddningstjänsten att göra en snabb och säker insats eftersom förhållandena, trots att de kan vara kritiska, blir betydligt bättre. Enligt Kennebys *Vårdanläggningar* (2007) kan det visas ”att det är lönsamt att installera sprinkler i vårdanläggningar”. Han menar att det dessutom borde vara ett lagkrav.

Eftersom personalens agerande har en mycket betydande roll för utgången av en brandsituation är det viktigt att de har goda kunskaper i brandsäkerhet och känner sig säkra i hur de skall agera. Detta åstadkoms genom återkommande utbildning. Personalen på avdelningarna har varierande kunskaper och en genomgång av utbildningsrutinerna bör genomföras.

Utrymningsstrategin på avdelningarna kräver en stor insats av personal. Vid utrymning kommer anställda röra sig fram och tillbaka mellan avdelningar för att hämta fler patienter på den brandutsatta. Det är inte säkert att personalen själva kan göra avvägningen när förhållandena blivit för dåliga på avdelningen för dem att återinträda. Ligger det dessutom barn kvar på avdelningen är det stor risk att personal riskerar sin egen hälsa för att försöka rädda dem. Personalens säkerhet är därför en viktig fråga vid dessa situationer. För att göra förhållandena så bra som möjligt för personalen att göra sin ”räddningsinsats” krävs åtgärder. Dörrstängare och sprinkler skulle vara ett bra alternativ.

Byts madrasserna i patientrummen ut till sådana som uppfyller SS 867 00 10 är mycket vunnet. De madrasser som uppfyller denna standard kräver en tämligen stor tändkälla, till exempel en brinnande tidning. Att få antändning blir alltså svårare. Vidare har dessa

madrasser ofta också en låg effektutveckling, vilket innebär att det tar längre tid för kritiska förhållanden att uppstå.

Den lösa inredning som finns i korridorerna kan försvåra en utrymning, öka brandbelastningen och förhindra att brandskyddsinstallationer fungerar. Figur 6, sida 18, är ett tydligt exempel på detta. Att markeringar finns på golvet är uppenbarligen ingen garanti för att dörren inte kommer att blockeras. En bra lösning är ta bort fåtöljen och bordet vid dörren och att personalen minimerar förekomsten av lösa föremål i korridorerna.

Många av utrymningsdörrarna på avdelningarna är undermåliga och har olämpliga öppningsanordningar, otydlig eller obefintlig brandklassning eller en inte säkerställd funktion vid strömavbrott. Detta är inte acceptabelt och måste åtgärdas.

Brandgaser kan spridas mellan brandcellerna. Detta kan till exempel leda till en förvirrad utrymningssituation och i värsta fall personskador. Det är alltså nödvändigt att brandgaser hindras från att spridas. En lämplig lösning på detta problem är att installera brandgasspjäll där ventilationen skär brandcellsgränser.

Om insatstiden definieras som den tid det tar från larm till dess att räddningstjänsten börjar en aktiv släckinsats kan den i brandskyddsdocumentationen angivna tiden ifrågasättas. Räddningstjänsten har 90 sekunders anspänningstid. Stationen som i första hand är ansvarig för larm från Östra sjukhuset är Gårda Brandstation. Från Gårda till Östra är det cirka sex kilometer körsträcka. Om trafiksituationen är dålig kommer tio minuter troligen att överstigas redan innan insatspersonalen är på plats. Därefter ska information om vad som inträffat samlas in och personal ta sig upp till femte våningen innan släckinsats kan påbörjas.

Resultaten i denna rapport bör ses som fingervisningar för hur ett verkligt scenario kan se ut. De modeller och antaganden som används i rapporten medför osäkerheter. Det är dock troligt att en utrymning i vissa fall inte kommer att kunna ske tillräckligt snabbt. Detta syns i figur 16-19. Även om utrymningarna skulle gå flera minuter snabbare räcker det inte alltid.

Om åtgärderna i kapitel 9 implementeras kan tiderna till kritiska förhållanden uppstår förlängas och utrymningstiderna förkortas så att en säker utrymning blir möjlig att genomföra. Även brandskyddsindexet enligt BSV-vård visar att åtgärderna förbättrar brand- och utrymningsskyddet.

11. Referenser

Litteratur

Alvord, D M et al, *Status report on the escape and rescue model and the fire emergency evacuation simulation for multifamily buildings*, American Institute of Architects Foundation, Washington DC, 1985.

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

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

Brandskyddsdocumentation - Teknisk Beskrivning Hus BK, Västfastigheter, 2005.

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

Frantzich, H, *Brandskyddsvärdering av vårdavdelningar*, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2000.

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

Jensen¹, L, *Beräkning av sprinklersystem med PFS*. Utbildningsmaterial VBR 054, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2007.

Jensen, L, *Brandgasspridning via ventilationssystem*, Avdelningen för Installationsteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 1998.

Karlsson, B, Quintiere, J G, *Enclosure Fire Dynamics*, CRC Press, Boca Raton, 2000.

Kenneby, C, *Vårdanläggningar – Från djupstudie till väg ledning för att höja eller bibehålla rörande brand och utrymning*, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2007.

Nilsson, D, Holmstedt G, *Kompendium i Aktiva system – Detektion*, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2007.

Nurmi, V, Sääskilähti, V, Törmänen M, *Elapparaters brandegenskaper och släckning av bränder i elapparater*, Tukes Säkerhetsteknikcentralen, Helsingfors, 2001

Nurmi, V, Nennonon, A, Sjöholm, K, *Elbränder i Finland*, Tukes Säkerhetsteknikcentralen, Helsingfors, 2005

Peacock, R D et al, *CFAST Technical Reference Guide*, NIST, Washington DC, 2005.

Svenska Brandskyddsföreningen, *SBF 120:6 Regler för automatiskt Vattensprinklersystem*, 2004

Sytematiskt brandskyddsarbete, Västfastigheter, 2006.

Särdqvist, S, *Vatten och andra släckmedel*, Lenanders Grafiska AB, Kalmar, 2006.

Särdqvist, S, *Initial Fires*, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 1993.

Thureson, P, Kristofferson, B, *Mattresses: Burning behaviour – Full scale test*, SP Brandteknik, Borås, 2005.

The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd edition, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 1995.

Elektroniska källor

Nationalencyklopedin, www.ne.se, Syre,
http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=322043, 2007-11-14

Sahlgrenska Universitetssjukhuset, www.sahlgrenska.se,
1: http://www.sahlgrenska.se/vgrtemplates/Start___52160.aspx, 2007-10-02.
2: http://www.sahlgrenska.se/vgrtemplates/Start___52161.aspx, 2007-10-02.

Räddningsverket. www.srv.se, *Räddningstjänst i siffror*,
http://www.srv.se/templates/SRV_Page___2267.aspx, 2007-09-27.

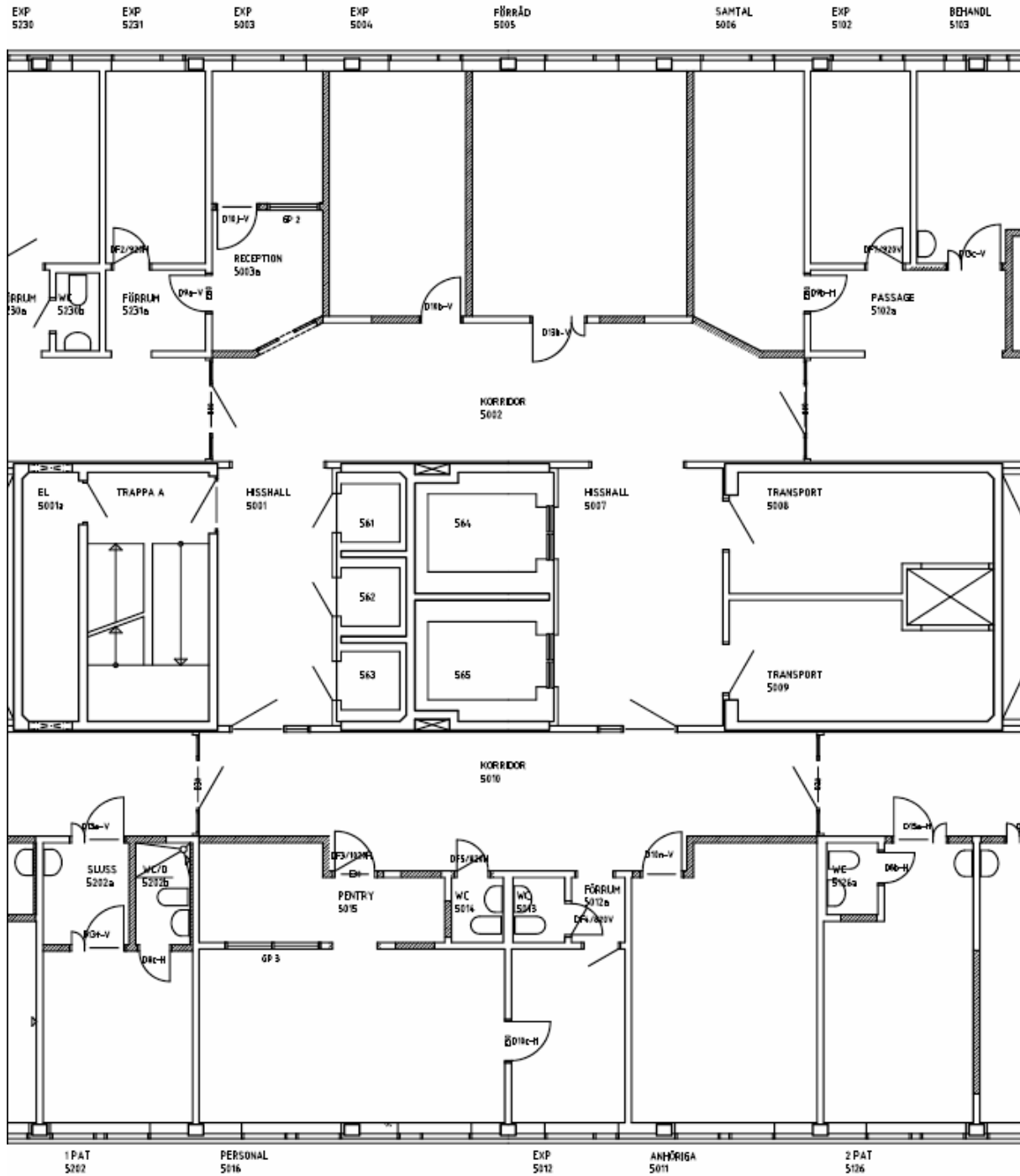
Muntligt

Frantzich, H, *Universitetslektor*, Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska högskola, Lund, 2007.

Gojkovic, D, *Föreläsning; Tvåzonsmodeller (CFAST)*, Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Lund 2007.

Jensen², L, *Professor*, Avdelningen för Installationsteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2007.

Nordin, G, *Områderschef Järven Health Care*. Telefonkonverston 2007-09-25, 0660-22 28 51



Figur A2. Planritning brandcellen mellan avdelningarna.

Bilaga B: Larmstatistik

Följande statistik har erhållits från Sahlgrenska säkerhetsavdelning.

Brandstatistik - larmorsaker inom SU 2007

	SU/Ö			
	Kv 1	Kv 2	Kv3	Kv 4
Avgaser/rök orsakade av trafik/granne				
Akut vattenläcka				
Ånga	1			
Annan orsak				
Brand				
Brödrostning				
Felhantering		1		
Fel i strömförsörjningen				
Felhantering av Räddningstjänst				
Hantverkare		1		
Intryck larmknapp	1			
Låga / ljus / tomtebloss				
Läckage/tryckföränd/sprinkler				
Matlagning				
Oavsiktlig åverkan				
Okänd för Räddningstjänsten	2	3		
Plötslig oförutsedd händelse				
Rök från tillbud	1			
Rökning				
Smuts/dammpåverkad detektor				
Störning från produktion				
Tekniskt fel Centralapp/detektor				
Torrkokning				
Uppsåttligt falsklarm				
Varmgång				
Vatten/fukt i detektor				
Överhettning		2		
Uppsåttligt falsklarm				
Totalt antal larm till Räddn, tjänst	5	7	0	0

Brandlarm 2006

- 20/1 BK Syd sekt 47 adr 7 larmknapp intryckt av besökande barn**
- 25/1 BK H-entré sekt 56 adr 12 kakelsättare skär plattor utan att sagt till**
- 13/2 BUP sekt 5 Någon eldade på detektor, Larmlagring fungerade ej.**
- 27/2 SH sekt 47 adr. 0810 Teknist fel på värmedetektor**
- 3/3 MC sekt 5 troligen vibrationer och byggdamm**
- 13/3 CK C112 sekt 61 det 0502 Hantverkare, ej anmält arbete.**
- 14/3 BK Syd sekt 63 adr.22 Avd 326 Poppcorn i micro.**
- 15/3 BK norr sekt 25 adr. 05 Hantverkare.**
- 26/3 CK C112 sekt 60 adr 0604 Avd 55 rum 16. Patientrum omgjort till fikarum.**
- 27/3 BK norr sekt 60 det 11 Ånga från autoklav.**
- 10/6 CK C113 sekt 43 det 11.05 Brödrost på fel plats.**
- 17/7 CK C112 Slingfel sling 06**
- 17/7 CK C112 Slingfel slinga 05**
- 25/7 CK C114 sek 29 för mycket vatten på bastuaggregat (vattenånga i omklrum.)**
- 30/7 CK C114 sek 29 för mycket vatten på bastuaggregat (vattenånga i omklrum.)**
- 29/8 CK C112 sekt 57 teknisk fel detektor 0926 (bytt)**
- 12/10 PK sektion 51 det. 1 värmeljus**
- 12/10 PK sektion 69 det 1 Patient röker på rummet.**
- 18/10 PK sprinkler i HWC plan1 (vattenskader)**
- 28/10 SH sektion 52 detektor 0902 felaktig hantering av C-app. efter fellarm.**

15/12 **Sektion 51 det 02 vattenånga från dusch**

19/12 **Sektion 52 det 01 vattenånga från dusch**

Bilaga C: Tvåzonsmodellen

Ett flertal datorprogram inom brandtekniken bygger på den så kallade tvåzonsmodellen. Modellen är ett typiskt verktyg vid beräkningar på brandscenarier. Kortfattat innebär modellen att brandrummet delas upp i en övre och undre del. I den övre delen samlas brandgaserna tillsammans med den upphettade luft som blandas in i brandplymen. I den lägre delen antas ofta att luften har normal rumstemperatur.

Det finns vissa faktorer som styr tvåzonsmodellens användbarhet. Bland annat följande punkter är relevanta om modellen ska kunna användas:

- Lagren i modellen antas vara väl blandade och temperaturen i lagren är lika överallt.
- Brandrummet antas ha en lådformad geometri.
- Ingen blandning mellan lagren accepteras.
- Ingen form av förbränning får ske i det övre lagret.

Fördelarna med zonmodeller av denna typ är att de kan ge information om olika scenarier på kort tid. Det blir då möjligt att göra många olika försök, med olika indata. Speciellt kan modellerna ange hur brandgaser sprids, vilket är intressant ur personsäkerhets-synpunkt. Vidare brukar modellerna presentera resultat som är enkla att tolka.

Zonmodellerna simulerar vanligtvis aldrig själva branden, utan endast vad branden leder till, till exempel spridning av brandgaser. Modellerna klarar heller inte av att ta hänsyn till om brinnande material finns utanför brandrummet, eller beräkna värmeöverföringar till kringliggande rum genom väggar, tak eller golv. Om branden i rummet är för liten finns risk att inga lager bildas överhuvudtaget. Om brandgaserna transporteras en lång väg tar inte zonmodellerna hänsyn till att gaserna kan kylas ner på vägen och eventuellt inte bilda något lager. Modellen är framtagen för att användas på fall med endast ett rum, används flera rum kan resultaten korrelera sämre med verkligheten.

(Gojkovic, 2007)

Bilaga D: Kritiska förhållanden

För att utrymningssäkerheten i en byggnad skall anses tillfredsställande skall utrymning kunna ske innan så kallade kritiska förhållanden uppstår. Med kritiska förhållanden avses gränsvärden på temperatur, värmestrålningsintensitet och siktbarhet.

I fråga om siktbarhet så är ett tillämbart gränsvärde en brandgasnivå på lägst $1,6 + (0,1 \times H)$ meter, där H är rummets höjd. Ett alternativt värde är att siktsträckan i okänd eller svårnavigerad miljö skall vara minst tio meter, och minst fem meter i känd eller lättnavigerad miljö, till exempel en smal korridor. När ett tydligt brandgaslager bildas i simuleringarna tillämpas i denna rapport det förstnämnda gränsvärdet. Skulle det visa sig i något fall att en skiktning inte uppstår kommer det andra gränsvärdet beaktas.

En maximal strålningsintensitet på $2,5 \text{ kW/m}^2$ eller en kortvarig strålningsintensitet på max 10 kW/m^2 tillämpas som gränsvärden på värmestrålningen.

Vad gäller temperaturen tillämpas ofta gränsvärdet 80°C . Temperaturen för bedömningen av kritiska förhållanden tas i denna rapport från det lager (brandgaslagret eller det undre lagret) som är det gällande lagret vid höjden 1,8 meter när kritiska temperaturförhållanden nås.

(Boverkets Byggregler, 2002)

Bilaga E: Alfa-t²-teorin

En metod för att beräkna en brands effektutveckling är αt^2 -teorin. De allra flesta bränder har en tillväxtfas. Ett enkelt sätt att beskriva denna tillväxt är att anta att effektutvecklingen ökar med tiden i kvadrat. Olika bränslens tillväxthastighet varierar. Genom att ansätta en faktor för denna hastighet, kallad α , kan ett matematiskt uttryck för brandens effektutveckling skapas:

$$\dot{Q} = \alpha t^2$$

Där

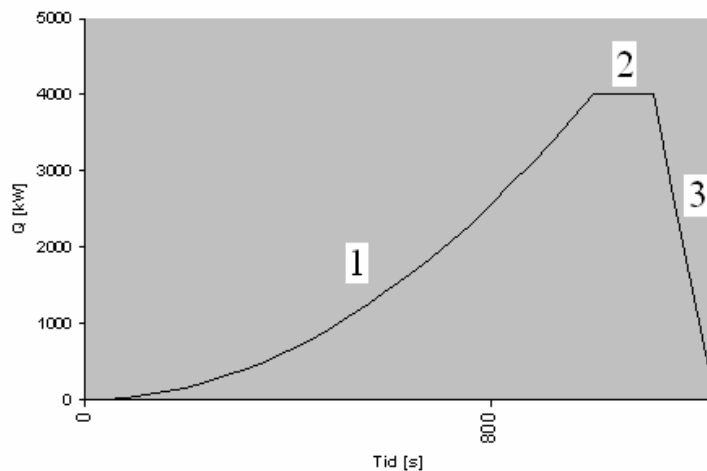
\dot{Q} = effektutveckling [kW]

α = tillväxtfaktor [kW/s²]

t = tiden räknad från antändning [s]

Denna teori har i många fall visat sig stämma väl överens med riktiga bränder. Finns kännedom om vilket α -värde ett visst bränsle har kan slutsatser dras om ungefär hur snabbt en brand kommer att tillväxa. Det finns värden tabellerade för en mängd olika material och föremål.

Effektutvecklingen över tiden brukar återges med hjälp av en kurva. Den används ofta som ett verktyg för vidare beräkningar, till exempel används graferna i denna rapport som en grund för simuleringar i olika datorprogram. Kurvan brukar principiellt delas in i tre delar, enligt figur E1.



Figur E1. Exempel på effektkurva.

Del ett av grafen motsvarar tillväxten, alltså $\dot{Q} = \alpha t^2$. Del två motsvarar den maximala effekten som branden utvecklar, \dot{Q}_{Max} , och del tre motsvarar avsvlningsfasen. Det finns idag inte mycket kunnande om avsvlningsfasen eftersom den oftast är ointressant. Normalt sett kommer räddningstjänsten ha inlett sin insats innan branden har pågått så pass länge. (Karlsson & Quintiere, 2000)

Bilaga F: Detact-T2

Datorprogrammet Detact-T2 används vid beräkningar av aktiveringstider för värmedetektorer och sprinkler. Programmet använder sig av αt^2 -teorin, där α -värdet måste anges av användaren. Dessutom måste bland annat takhöjden, aktiveringstemperaturen och RTI-värdet anges.

Programmet kan under vissa förutsättningar också användas för rökdetektorer, vilket är fallet i denna rapport. Detta kan göras om de indata som programmet kräver justeras. Det är vanligt att en aktiveringstemperatur på 13°C över rumstemperatur används, eftersom rökdetektorer ofta aktiverar när temperaturen har nått ungefär denna nivå. Denna temperaturökning används i simuleringarna. Vidare ska det inställda RTI-värdet vara lågt, eftersom det gör att känselementet i den tänkta värmedetektorn kommer att ha i princip samma temperatur som brandgaserna. RTI-värdet sätts därför till 0,1.

Modellen som beskrivs ovan har vissa osäkerheter. Till exempel antas att förhållandet mellan masskoncentrationen partiklar och temperatur är konstant. Dessutom tas inte partiklarnas storlek i beaktande, inte heller vilka egenskaper de har. De aktiveringstider som fås från programmet är alltså endast ungefärliga.

(Nilsson & Holmstedt, 2007)

Bilaga G: CFAST

Datorprogrammet CFAST är ett exempel på ett verktyg som använder sig av tvåzonsmodellen. Programmet använder McCaffreys plymmodell för plymberäkningar. Den information som programmet behöver är bland annat hur rummet/rummen ser ut, brandens egenskaper och vilka aktiva brandskyddssystem som finns. Programmet anger efter genomförda simuleringar till exempel vilken temperatur varje brandgaslager har och hur brandgaserna har spridit sig. Informationen kan sedan användas för att exempelvis dra slutsatser om huruvida kritiska tillstånd har uppstått eller ej.

För att beräkna infallande strålning mot föremål kan dessa definieras som så kallade ”targets”, CFAST redovisar då strålningsintensiteten som funktion av tiden mot dessa.

De förenklingar som programmet gör är bland annat att syrehalten är densamma i hela rummet och brandgasspridningen är momentan. Detta kan innebära problem i utrymmen som är långsmala, exempelvis korridorer.

(Peacock, 2005)

I nedanstående tabell anges de geometriska förhållanden som bör uppfyllas för att tvåzonsmodellen ska ge bra resultat. För en del av korridordelarna överskrids vissa av förhållandena. Resultaten nära brandrummen bör trots detta vara acceptabla.

Tabell G1. Rekommenderade geometrier för simulering.

Grupp	Acceptabel	Speciella hänsyn bör tas
L/B	$L/B < 3$	$3 < L/B < 5$
L/H	$L/H < 3$	$3 < L/H < 6$
B/H	$B/H > 0,4$	$0,2 < B/H < 0,4$

G.1 Kontroll av CFAST

För att kontrollera att de utdata som CFAST ger är rimliga används handberäkningar. Eftersom brandgaslagrets höjd är det, i rapporten, mest använda kriteriet för kritiska förhållanden kontrolleras CFASTs resultat genom en jämförelse med en handberäkningsmetod.

G.1.1 Brandgaslagrets höjd

För att kontrollera resultaten angående brandgaslagrets höjd används brandscenario 3 och en beräkningsmodell, framtagen av Yamana och Tanaka, enligt Ekvation G.1, G.2 och G.3 (Karlsson & Quintiere, 2000).

Metoden antar konstant densitet i brandgaslagret. Detta antagande stämmer bäst när rumsdimensionerna är stora i förhållande till effektutvecklingen (Karlsson & Quintiere, 2000). I brandscenario 3 blir den maximala effektutvecklingen 700 kW och rummets dimensioner är 4,3 x 6 x 2,4 m³.

Med hjälp av nedanstående ekvationer itereras en lösning fram. Brandgasernas densitet ansätts ett värde vid beräkningarnas start vilket sedan kontrolleras på slutet. Stämmer densiteterna överens har en lösning funnits.

Konstanten k ges av:

$$k = \frac{0,21}{\rho_g} \left(\frac{\rho_a^2 g}{c_p T_a} \right)^{1/3} \quad (\text{Ekvation G.1})$$

ρ_g är brandgasernas densitet och ansätts från början till 1,0 kg/m³

ρ_a är den omgivande luftens densitet och antas vara 1,2 kg/m³

g är gravitationskonstanten 9,81 [m/s²]

c_p är luftens värmekapacitivitet och antas till 1 kJ/(kgK)

T_a är den omgivande luftens temperatur och antas vara 293 K

Brandgaslagrets höjd över golvet, z, ges av:

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

k ges av ekvation E.1

α är tillväxthastigheten enligt αt^2 ; i detta fall 0,003 kW/s²

S är golvets area [m²]

t är den tid i sekunder vid vilken z söks

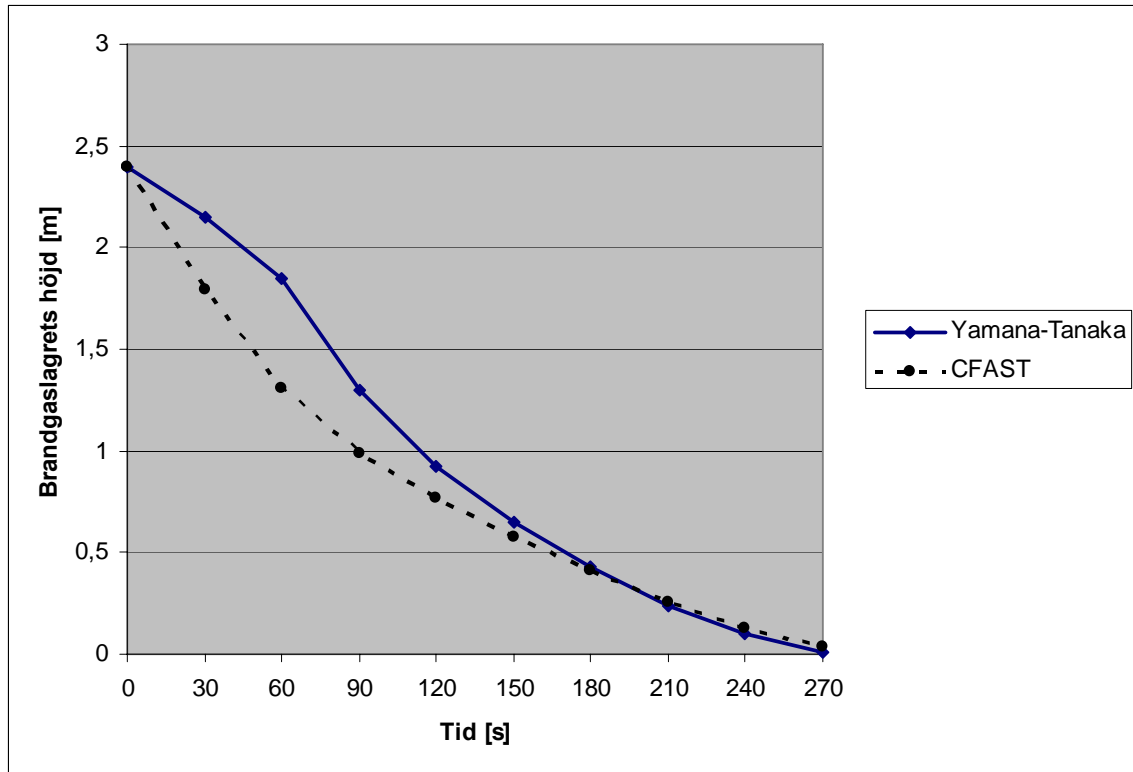
n är tidsexponenten enligt αt^n kurvan; i detta fall 2

H är rummets höjd; i detta fall 2,4 m

Beräkningen kontrolleras genom att kontrollera antaganden av brandgasernas densitet genom:

$$\rho_g = \rho_a \left(1 - \frac{\alpha t^{n+1}}{(n+1)(H-z)Sc_p 353} \right) \quad (\text{Ekvation G.3})$$

Stämmer inte densiteterna överens ansätts ett nytt värde varpå beräkningen upprepas tills värdena korrelerar.



Figur G1. Jämförelse av brandgaslagrets höjd mellan handberäkningar och CFAST.

Som framgår av figur G1 är CFAST något mer konservativt i början av brandförloppet men de båda metoderna korrelerar väl när lagret närmar sig golvet.

Bilaga H: Detektoraktivering

```

DETECT-T2   VERSION 1.0
WRITTEN BY D.W. STROUP <1985>

CONTRIBUTION OF THE
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS <U.S.>.
NOT SUBJECT TO COPYRIGHT.

CALCULATES DETECTOR ACTUATION TIME
BELOW UNCONFINED CEILINGS WITH
TIME SQUARED FIRE GROWTH RATES.

FOR COMPILED VERSION ONLY
Portions(C)Copyright Microsoft Corp.,
1981, 1983, 1984, 1985.
All rights reserved.

ENTER: 1 FOR ENGLISH UNIT INPUT
        2 FOR METRIC UNIT INPUT
2

ENTER THE AMBIENT TEMPERATURE IN DEGREES C.
20

ENTER THE DETECTOR RESPONSE TIME INDEX <RTI> IN <M-SEC>**1/2.
0.1

ENTER THE DETECTOR ACTUATION TEMPERATURE IN DEGREES C.
33

ENTER A DETECTOR RATE OF RISE IN DEGREES C/MINUTE.
1000

ENTER THE CEILING HEIGHT IN METERS.
2.4

ENTER THE DETECTOR SPACING IN METERS.
5

ENTER: S FOR SLOW FIRE GROWTH RATE
        M FOR MEDIUM FIRE GROWTH RATE
        F FOR FAST FIRE GROWTH RATE
        U FOR ULTRAFAST FIRE GROWTH RATE OR
        O FOR OTHER
O

ENTER THE FIRE GROWTH RATE CONSTANT <ALPHA> IN WATTS/SECSEC.
4

RESULTS:

CEILING HEIGHT   =  2.40 METERS <  7.87 FEET>
DETECTOR SPACING =  5.00 METERS < 16.40 FEET>

DETECTOR RTI =   .1 <M-SEC>**1/2 <   .2 <FT-SEC>**1/2>

FIRE GROWTH CONSTANT =   .4000E+01 JOULES/<SEC**3>
                     <   .3791E-02 BTU/SEC**3>

<RETURN> TO CONTINUE

FOR TEMPERATURE ACTUATED DETECTOR:

ACTUATION TEMPERATURE =  33.0 DEGREES C <  91.4 DEGREES F>
TIME TO ACTUATION =     2.60 MINUTES
HEAT RELEASE RATE =    .9758E+02 KILOJOULES/SEC
                   <    .9249E+02 BTU/SEC>
```

Figur H1. Detektionsberäkning för brandscenario 1.

```

 DETACT-T2   VERSION 1.0
 WRITTEN BY D.W. STROUP (1985)

 CONTRIBUTION OF THE
 NATIONAL BUREAU OF STANDARDS (U.S.).
 NOT SUBJECT TO COPYRIGHT.

 CALCULATES DETECTOR ACTUATION TIME
 BELOW UNCONFINED CEILINGS WITH
 TIME SQUARED FIRE GROWTH RATES.

 FOR COMPILED VERSION ONLY
 Portions(C)Copyright Microsoft Corp.,
 1981, 1983, 1984, 1985.
 All rights reserved.

 ENTER: 1 FOR ENGLISH UNIT INPUT
        2 FOR METRIC UNIT INPUT
 2

 ENTER THE AMBIENT TEMPERATURE IN DEGREES C.
 20

 ENTER THE DETECTOR RESPONSE TIME INDEX (RTI) IN (M-SEC)**1/2.
 0.1

 ENTER THE DETECTOR ACTUATION TEMPERATURE IN DEGREES C.
 33

 ENTER A DETECTOR RATE OF RISE IN DEGREES C/MINUTE.
 1000

 ENTER THE CEILING HEIGHT IN METERS.
 2.4

 ENTER THE DETECTOR SPACING IN METERS.
 5

 ENTER: S FOR SLOW FIRE GROWTH RATE
        M FOR MEDIUM FIRE GROWTH RATE
        F FOR FAST FIRE GROWTH RATE
        U FOR ULTRAFAST FIRE GROWTH RATE OR
        O FOR OTHER
 0

 ENTER THE FIRE GROWTH RATE CONSTANT (ALPHA) IN WATTS/SECSEC.
 69

 RESULTS:
 CEILING HEIGHT = 2.40 METERS ( 7.87 FEET)
 DETECTOR SPACING = 5.00 METERS ( 16.40 FEET)
 DETECTOR RTI = .1 (M-SEC)**1/2 ( .2 (FT-SEC)**1/2)
 FIRE GROWTH CONSTANT = .6900E+02 JOULES/(SEC**3)
                       ( .6540E-01 BTU/SEC**3)

 <RETURN> TO CONTINUE

 FOR TEMPERATURE ACTUATED DETECTOR:
 ACTUATION TEMPERATURE = 33.0 DEGREES C ( 91.4 DEGREES F)
 TIME TO ACTUATION = .95 MINUTES
 HEAT RELEASE RATE = .2221E+03 KILOJOULES/SEC
                   ( .2105E+03 BTU/SEC)

```

Figur H2. Detektionsberäkning för brandscenario 2.

```
DETECT-T2   VERSION 1.0
WRITTEN BY D.W. STROUP (1985)

CONTRIBUTION OF THE
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS (U.S.).
NOT SUBJECT TO COPYRIGHT.

CALCULATES DETECTOR ACTUATION TIME
BELOW UNCONFINED CEILINGS WITH
TIME SQUARED FIRE GROWTH RATES.

FOR COMPILED VERSION ONLY
Portions(C)Copyright Microsoft Corp.,
1981, 1983, 1984, 1985.
All rights reserved.

ENTER: 1 FOR ENGLISH UNIT INPUT
        2 FOR METRIC UNIT INPUT
2

ENTER THE AMBIENT TEMPERATURE IN DEGREES C.
20

ENTER THE DETECTOR RESPONSE TIME INDEX (RTI) IN (M-SEC)**1/2.
0.1

ENTER THE DETECTOR ACTUATION TEMPERATURE IN DEGREES C.
33

ENTER A DETECTOR RATE OF RISE IN DEGREES C/MINUTE.
1000

ENTER THE CEILING HEIGHT IN METERS.
2.4

ENTER THE DETECTOR SPACING IN METERS.
5

ENTER: S FOR SLOW FIRE GROWTH RATE
        M FOR MEDIUM FIRE GROWTH RATE
        F FOR FAST FIRE GROWTH RATE
        U FOR ULTRAFAST FIRE GROWTH RATE OR
        O FOR OTHER
o

ENTER THE FIRE GROWTH RATE CONSTANT (ALPHA) IN WATTS/SECSEC.
3

RESULTS:

CEILING HEIGHT = 2.40 METERS ( 7.87 FEET)
DETECTOR SPACING = 5.00 METERS ( 16.40 FEET)

DETECTOR RTI = .1 (M-SEC)**1/2 ( .2 (FT-SEC)**1/2)

FIRE GROWTH CONSTANT = .3000E+01 JOULES/(SEC**3)
                     < .2844E-02 BTU/SEC**3)

<RETURN> TO CONTINUE

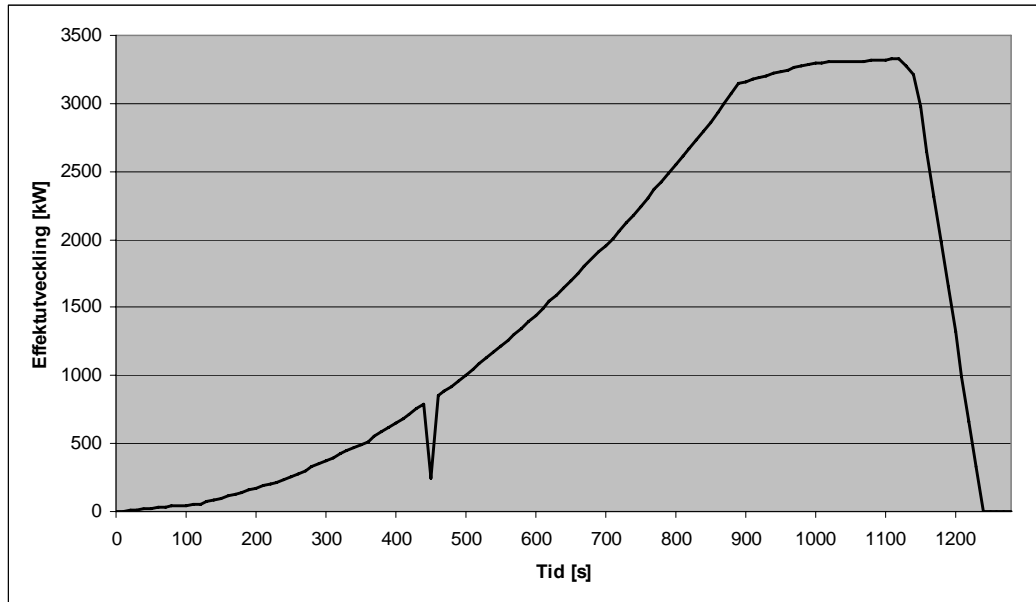
FOR TEMPERATURE ACTUATED DETECTOR:

ACTUATION TEMPERATURE = 33.0 DEGREES C ( 91.4 DEGREES F)
TIME TO ACTUATION = 2.91 MINUTES
HEAT RELEASE RATE = .9161E+02 KILOJOULES/SEC
                   < .8683E+02 BTU/SEC>
```

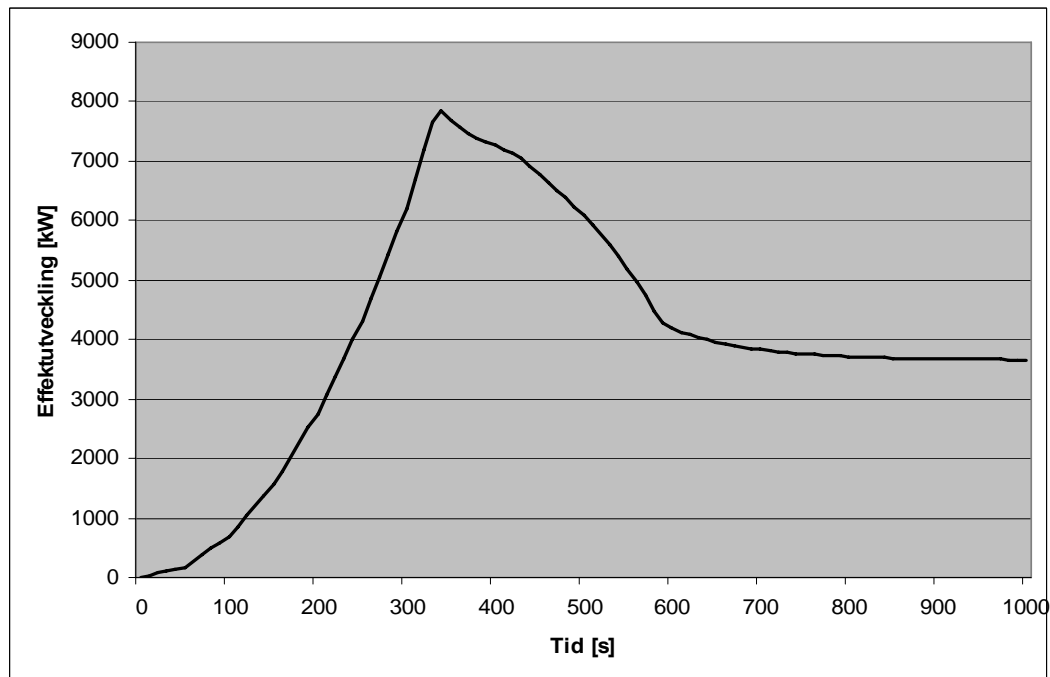
Figur H3. Detektionsberäkning för brandscenario 3.

Bilaga I: Utdata CFAST

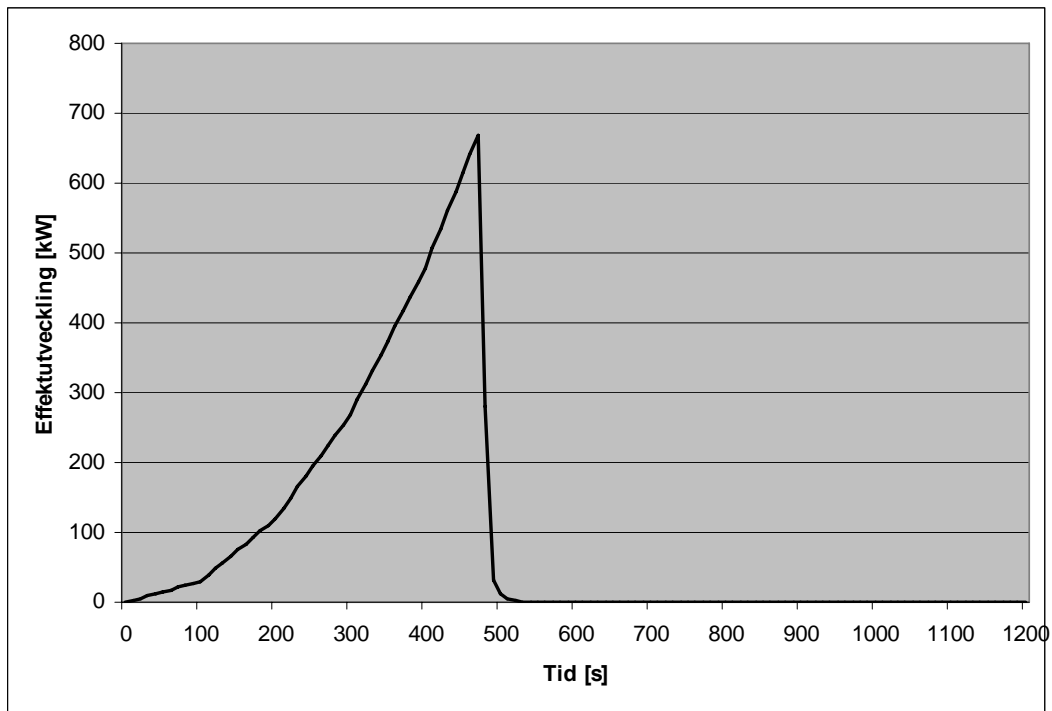
I.1 Effektutvecklingar



Figur I1. Effektutveckling brandscenario 1 – Patientrum.

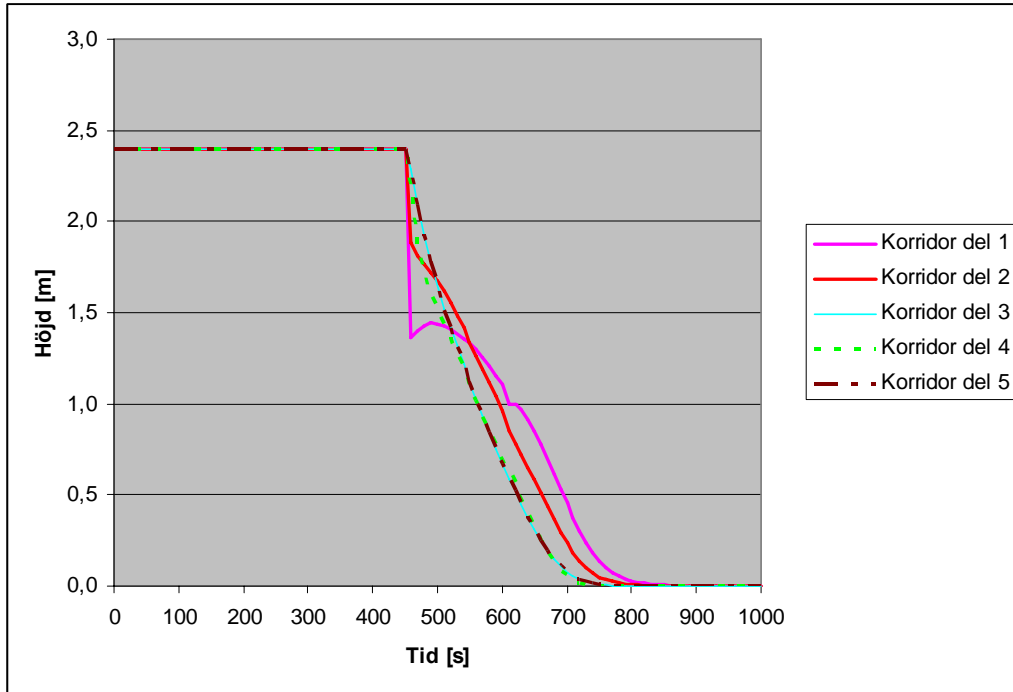


Figur I2. Effektutveckling brandscenario 2 – Dagrum.

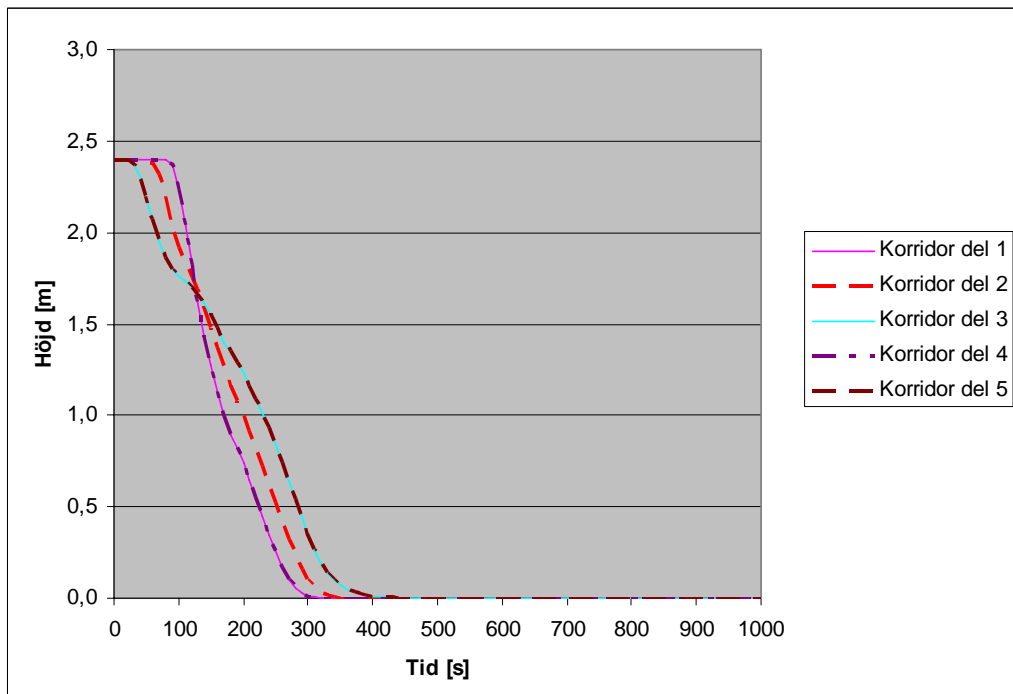


Figur I3. Effektutveckling brandscenario 3 – Föräldrarum.

I.2 Brandgaslagrets höjd



Figur I4. Brandgaslagrets höjd, brandscenario 1 – Patientrum.



Figur I5. Brandgaslagrets höjd, brandscenario 2 – Dagrum.

Bilaga J: ERM

J.1 Teori

Vid en utrymningssimulering av sjukhus krävs det att patienternas hjälpbehov tas i beaktande eftersom det påverkar utrymningstiden i stor utsträckning. På avdelning 326 samt 327 finns det patienttyper som kan vara i behov av hjälp av personal för att kunna utrymma. Simuleringsprogrammet Escape and Rescue Model, ERM, är framtaget för utrymningssimulering av vårdanläggningar. De beräkningar som programmet gör tar hänsyn till reaktionstider, gånghastigheter, vilket behov av hjälp patienten har samt i vilken ordning personalen hjälper vårdtagarna till trygg plats.

I ERM läggs ett antal noder in som kopplas samman med raka linjer i ett koordinatsystem. Dessa beskriver byggnaden som ska evakueras och representerar vägen ut ur en zon, in i en utrymningsväg och vidare till en utsedd skyddad plats, i detta fall motstående avdelning. Personerna i byggnaden kommer sedan att förflytta sig mellan dessa noder och i de fall det finns mer än en väg till säker plats kommer de att välja den kortaste vägen till denna.

Modellen förutsätter att tiden noll svarar mot den tidpunkt då ett automatiskt brandlarm utlöses av en detektor eller manuell aktivering.

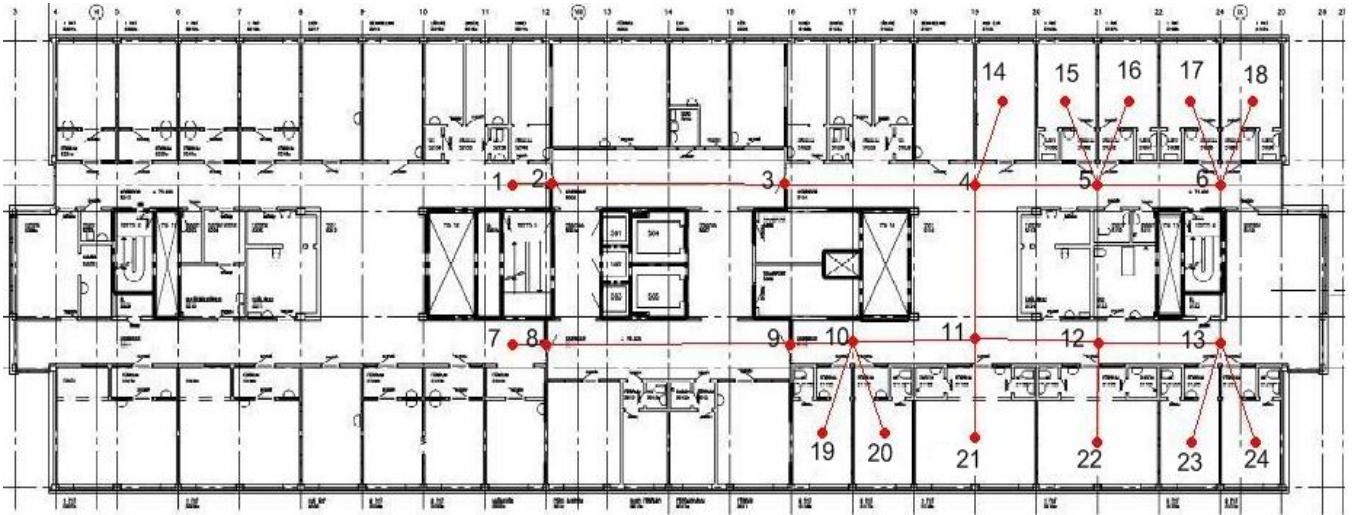
Efter avslutad simulering fås en utskrift med en uppställning över hur personerna har gått, vilka patienter vårdarna har hjälpt och i vilken ordning, samt tidpunkter för dessa scenarier. Tiden tills att alla vårdare och vårdtagare är på trygg plats är den totala tiden för utrymning.

Programmet klarar som mest av 15 vårdare och 75 patienter, samt 125 noder vilket motsvarar cirka 50 rum.

ERM tar inte hänsyn till utrymningsvägarnas kapacitet, det vill säga dess bredd eller effekter av att en så kallad flaskhals uppstår. Ingen hänsyn tas heller till hur människor påverkas av brand och brandgaser, eller att vårdare blir uttröttade av att hjälpa patienterna ut.

(Alvord et al, 1985)

J.2 Nodritning



Figur J1. Nodupbyggnad för ERM-simulering.

Bilaga K: PFS

PFS är ett datorprogram för beräkningar av flödessystem. Det består av en texteditor för att beskriva systemen och en solver för att beräkna flödesdata i dem. Flödessystemen kan ha godtycklig utformning och fluid. Problemtypen kan också vara godtycklig som till exempel dimensionering med givna flöden eller undersökning av okända flöden. Solvern översätter ett definierat problem till ett antal tryckekvationer. Dessa ekvationer löses sedan med en iterativ Newton-Raphson metod. (Jensen¹, 2007)

Bilaga L: Beräkningar brandgasspridning

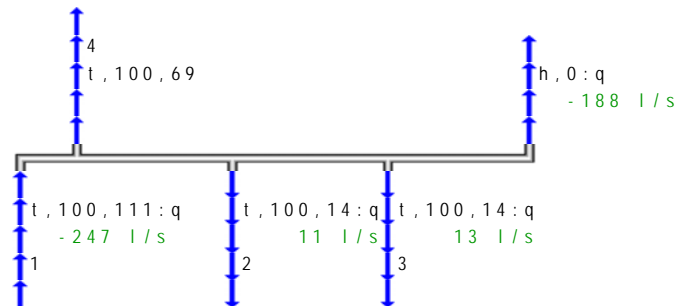
```
begin
com BTR-grp11 Brandgasspridningsberäkning, Östra sjukhuset - Befintligt system
flow l/s
```

```
format p 0 q 0
```

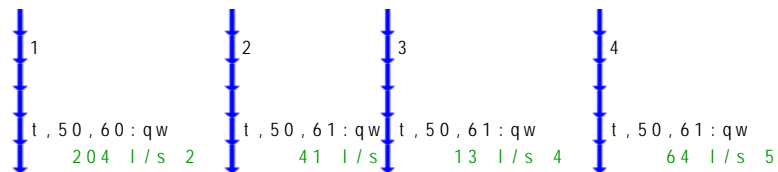
```
com branden
```



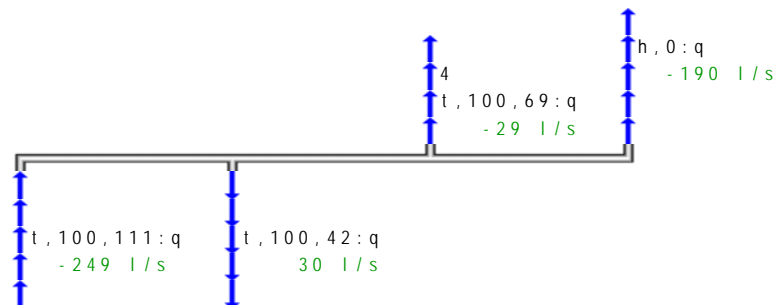
```
com frånluft
```



```
com rummen
```



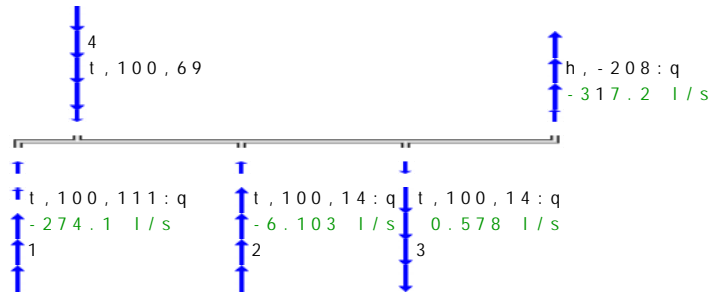
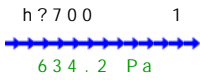
```
com tilluft
```



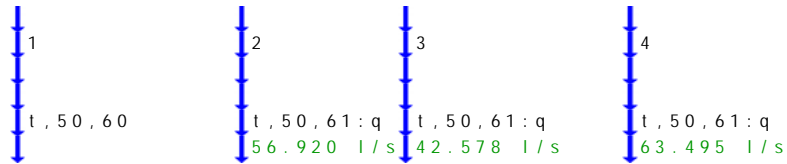
```
end 1 1 system 16 elements 0 errors 0 observations 2007-11-08 10.52.49
```

Figur L1. PFS-beräkning – brandgasspridning vid avstängd ventilation för Brandscenario 3.

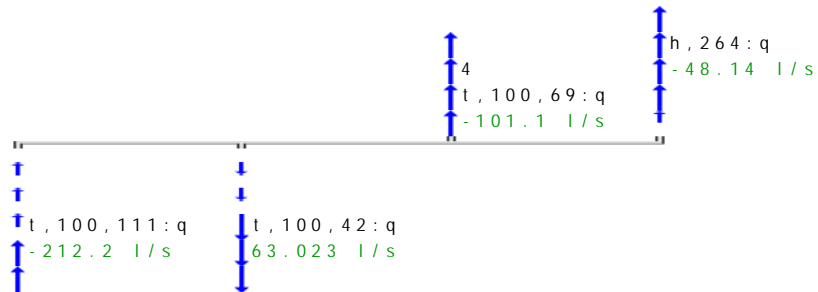
```
begin
com frånluft, fall 4 Vent på, dörr stängd
flow l/s
com branden
```



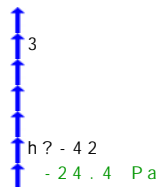
```
com rummen
```



```
com tilluft
```



```
com tilluft, rum 3
```



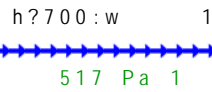
```
end 1 1 system 17 elements 0 errors 0 observations 2007-11-08 10.58.28
```

Figur L2. PFS-beräkning – brandgasspridning vid påsatt ventilation för Brandscenario 3.

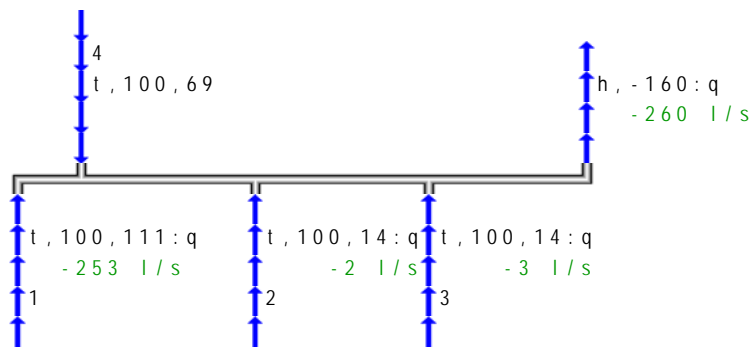
```
begin
com BTR-grp11 Brandgasspridningsberäkning, Östra sjukhuset - Trycksatt schakt
flow l/s
```

```
format p 0 q 0
```

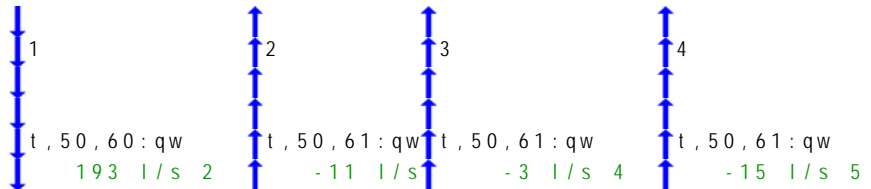
```
com branden
```



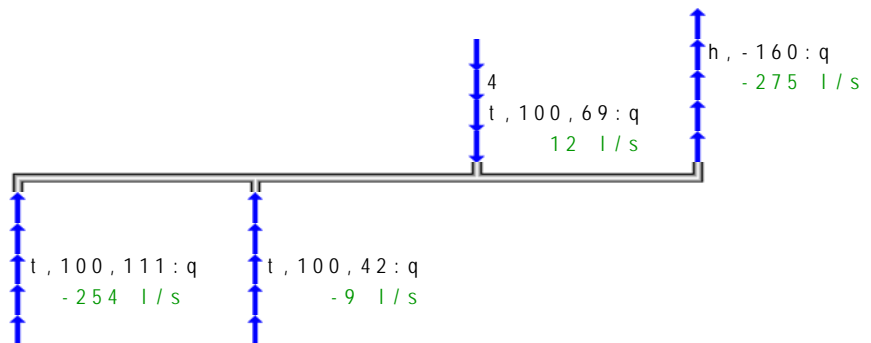
```
com frånluft
```



```
com rummen
```



```
com tilluft
```



```
end 1 1 system 16 elements 0 errors 0 observations 2007-11-08 10.57.10
```

Figur L3. PFS-beräkning – brandgasspridning vid avstängd ventilation med undertryck i ventilationsschakt för Brandscenario 3.

Bilaga M: Enkät

Enkät – Brandsäkerhet på avdelningen

Vi är fyra studenter på Brandingenjörsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola. Just nu läser vi en kurs i Brandteknisk Riskvärdering och har fått er avdelning som objekt för ett projektarbete. Vi ber er fylla i denna enkät för att hjälpa oss i vårt arbete, alla svar behandlas anonymt. Vid frågor eller synpunkter är ni varmt välkomna att kontakta oss på e-postadress:

bi05al3@student.lth.se

Skriv gärna kommentarer.

Med vänlig hälsning

Henrik, Linus, Anders och Ann-Ida, Brandingenjörsstuderande vid Lunds Tekniska Högskola.

Kvinna

Man

Vad är dina huvudsakliga arbetsuppgifter? _____

Hur länge har du varit anställd på denna avdelning? _____

Känner du dig säker på hur du ska agera vid ett utrymningslarm? Ja Nej

Har du deltagit i någon utrymningsövning? Om ja, när skedde det senast? Ja Nej

Vet du hur man använder släckutrustningen på avdelningen? Ja Nej

Vet du var släckutrustningen finns på avdelningen? Ja Nej

Har du fått någon form av brandutbildning? Om ja, när fick du den/när fick du den senast?

Aldrig En gång Flera gånger

Anser du att du har tillräckliga kunskaper inom brand och säkerhet för att klara ett brandtillbud på avdelningen? Ja Nej

Hur lång tid tror du att det tar för Räddningstjänsten att vara på plats vid ett larm? _____

Anser du att du får möjlighet att framföra synpunkter på brandskyddsarbetet till ledningen?
Ja Nej

Tack för din medverkan!

Bilaga N: BSV-vård

Denna brandskyddsvärdering avser våningsplan 5, det vill säga avdelning 326 samt 327, detta då avdelningarnas utformning ur brandsynpunkt är mycket lika. Fastän metoden är avsedd att endast användas för en avdelning i taget har det i det här fallet antagits att avdelningarna sitter ihop och bildar en stor avdelning.

K₁- Personal

A. Kunskap och övning

Mer än 75 procent har erhållit muntlig eller skriftlig information. Ingen dokumenterad kunskapskontroll hos personalen är utförd. Ger delvärde 2.

B. Förhållandet mellan antalet patienter och antalet vårdpersonal (dagtid)

18 patienter/9 personal < 2. Ger delvärde 5.

C. Minsta bemanning då patienter finns på avdelningarna

På natten finns 3-4 personal. Ger delvärde 5.

Komponentvärde = $(5 \times 2 + 3 \times 5 + 2 \times 5) / 10 = 3,5$

K₂ – Patienter

A. Antal patienter i varje patientrum/korridor

I vissa patientrum finns det 3 patienter. Däremot innehåller den större delen av patientrummen 1-2 patienter. Ger delvärde 5.

B. Patienternas hjälpbehov

Fler än en tredjedel av patienterna behöver hjälp av en person hela vägen ut och några behöver hjälp av flera personer hela vägen till säker plats. Ger delvärde 2.

Komponentvärde = $(5 + 4 \times 2) / 5 = 2,6$

K₃ – Gångavstånd till utrymningsväg

På avdelningarna finns det patienter som har svårt att utrymma via trappa. Det längsta avståndet till horisontell utrymningsväg blir då $\geq 30-45$ m. Ger delvärde 3.

Komponentvärde = 3

K₄ – Brandcellsgräns i bjälklag

A. Brandteknisk klass på golv och tak till annan brandcell

Enligt föreskriven klass.

B. Tätning och genomföring

Hål i golv och tak är tätat.

C. Rutin för tätning

Dokumenterade interna rutiner finns.

Komponentvärde = 5

K₅ – Brandcellsgräns i vägg

A. Brandteknisk klass på vägg till annan brandcell

Är av föreskriven klass eller mer.

B. Tätning av genomföring

Dokumenterade interna rutiner finns.

C. Rutin för tätning

Dokumenterade interna rutiner finns.

D. Brännbar yttervägg

Ytterväggen är inte brännbar

Komponentvärde = 5

K₆ – Interna dörrar och väggar

A. Mellan patientrum och korridor

Partiet mellan patientrum och korridor är av minst E30.

B. Mellan dagrum, personalrum och korridor

Partiet mellan dagrum, personalrum och korridor är av minst E30.

C. E30-parti går upp till bjälklaget

Går ej upp till bjälklaget.

D. Självstängande dörrar till patientrum, förråd etc.

Samtliga dörrar till patientrum, förråd etc. är inte stängda och stängs inte heller automatiskt vid brand.

E. Kilar för att ställa upp dörrar

Det finns inga kilar för att hålla dörrar uppställda.

Komponentvärde = $2+1+0+0+0 = 3$

K₇ – Dörr till utrymningsväg

Brandtekniskt rätt klassad dörr som är låst

Komponentvärde = 1

K₈ – Automatiskt brandlarm

A. Typ av detektorer och placering (heltäckande system)

Rökdetektorer finns placerade i patientrum, förråd korridor och över undertaket. Ger delvärde 5.

B. Kontrollsystem

Detektorer kontrolleras av extern brandfirma en gång per år. Ger delvärde 4.

C. Larmöverföring

Direkt förbindelse till räddningstjänsten utan larmlagring. Ger delvärde 5.

Komponentvärde = $(4 \times 5 + 3 \times 4 + 3 \times 5)/10 = 4,7$

K₉ – Utrymningslarm

A. Aktivering

Utrymningslarmet kan aktiveras både manuellt och automatiskt

B. Teknisk utrustning

Den tekniska utrustningen följer i stort SBF:s rekommendation om utrymningslarm.

C. Larm till annan avdelning

Automatisk larmöverföring till annan avdelning finns, men någon förberedd planering för att hjälpa till vid utrymning på annan avdelning finns ej.

D. Typ av informationsöverförare

Ringklocka ljuder vid brandlarm.

Komponentvärde = 3

K₁₀ – Sprinkler

Sprinkler saknas

Komponentvärde = 0

K₁₁ – Hiss som utrymningsväg

Hiss kan ej användas som utrymningsväg, det vill säga en brandhiss saknas.

Komponentvärde = 0

K₁₂ – Utrymningsvägar

A. Primär utrymningsväg

Den primära utrymningsvägen är horisontell

B. Alternativ utrymningsväg

Den alternativa utrymningsvägen är via en trappa

C. Utrymningsvägens bredd

Den fria bredden i utrymningsvägarna är minst 1,2 meter.

Komponentvärde = 4

K₁₃ – Ytskikt på väggarna

Ytskiktsklass 1, målad gips eller betong

Komponentvärde = 5

K₁₄ – Ytskikt på innertak

Ytskiktet på innertaket motsvarar ytskiktsklass 1

Komponentvärde = 4

K₁₅ – Ventilationssystem

A. System

Ventilationssystemet är separat för varje avdelning

B. Försvårande åtgärder

Spjäll eller annan aktiv åtgärd för att försvåra brandgasspridning finns ej inom avdelningarna.

Komponentvärde = 3

K₁₆ – Lös inredning

På avdelningarna finns stoppade möbler i dagrum, mycket papper på anslagstavla, möbler i korridoren, bostadsmöblering i patientrum samt brandimpregnerade madrasser i patientrummen. Dörrar till förrådsutrymmen saknas.

Komponentvärde = 2

K₁₇- Fasta riskkällor

A. Rutin för fasta riskkällor

Rutiner för hantering av brandfarlig vara finns, till exempel som att öppen ljuslåga inte får förekomma.

B. Rökning

Rökning förekommer inte inom avdelningarna.

C. Risk för anläggning av brand

Det finns patienter på avdelningarna som skulle kunna anlägga brand.

Komponentvärde = 1

K₁₈ – Nödbelysning

A. Strömförsörjning

Nödbelysningen tänds även om strömmen på avdelningarna bryts lokalt,

B. Kontroll av nödbelysningsfunktionen

Nödbelysningen kontrolleras en gång per år.

Komponentvärde = 2

K₁₉ – Brandgasevakuering

A. Brandgaskontrollsystem

En anordning för brandgasevakuering finns.

B. Kontrollsystem

En intern brandskyddskontroll finns.

Komponentvärde = 5

K₂₀ – Vägledande markeringar

A. Typ av markering (utrymning)

Skyltar med en nyare typ av symbol.

B. Belysning av markeringar (utrymning)

På avdelningarna finns det genomlysta samt efterlyssande skyltar.

C. Övriga markeringar

Markering av släckutrustning finns.

Komponentvärde = 4

K₂₁ – Brandsläckningsutrustning

A. Släckutrustning (handbrandsläckare och inomhusbrandposter)

Finns ej i tillräcklig omfattning, de som finns är kontrollerade.

B. Utbildning

Mindre än 75 procent av personalen har utbildats på brandsläckning.

Komponentvärde = 0

K₂₂ – Räddningstjänstens insats

A. Typ av förarstyrka

Styrkan är större än 1+4. Ger delvärde 5.

B. Insatstid

Den dokumenterade insatstiden är 10-15 minuter. Ger delvärde 2

C. Tillgänglighet

Körbar väg till insatsvägen. Ger delvärde 5.

D. Förberedd insatsplan

Insatsplan finns och är tillgänglig men är ej inövad Ger delvärde 3.

Komponentvärde = $(3 \times 5 + 4 \times 2 + 5 + 2 \times 3) / 10 = 3,4$

K₂₃ – Geometrisk utformning

Avdelningarna är utformade med en dubbelkorridor med rum på vardera sidan av respektive korridor. Inga vertikala skillnader.

Komponentvärde = 4

K₂₄ – Våning ovan mark

Avdelningarna är belägna över 2:a våningen.

Komponentvärde = 1

K₂₅ – Drift och underhåll

A. Interna rapporteringsrutiner

Det finns rutiner för rapportering av trasig utrustning och brandtillbud.
Rapporterad trasig utrustning åtgärdas omgående.

B. Intern brandskyddskontroll

Intern kontroll utöver tillsyn finns organiserad.

Komponentvärde = 5

K₂₆ – Larmstyrka på sjukhuset

På sjukhuset finns det två vaktmästare dygnet runt.

A. Insatstid på natten

Larmstyrkan har en medellång insatstid

B. Övning av larmstyrkan

Styrkan övas ej regelbundet

Komponentvärde = 1

Tabell N1. Beräkning av BSI - Befintligt brandskydd

Komponent	Gradering	Vikt	Värde x vikt
1 - Personal	3,5	0,127	0,4445
2 - Patienter	2,6	0,065	0,169
3 - Gångavstånd	3	0,027	0,081
4 - Brandcellsgräns i bjälklag	5	0,026	0,13
5 - Brandcellsgräns i vägg	5	0,019	0,095
6 - Interna dörrar och väggar	3	0,032	0,096
7 - Dörr till utrymningsväg	1	0,023	0,023
8 - Automatiskt brandlarm	4,7	0,043	0,2021
9 - Utrymningslarm	3	0,031	0,093
10 - Sprinkler	0	0,054	0
11 - Hiss	0	0,006	0
12 - Utrymningsvägar	4	0,028	0,112
13 - Ytskikt, väggar	5	0,019	0,095
14 - Innertak	4	0,026	0,104
15 - Ventilationssystem	3	0,019	0,057
16 - Lös inredning	2	0,08	0,16
17 - Fasta riskkällor	1	0,049	0,049
18 - Nödbelysning	2	0,006	0,012
19 - Brandgasevakuering	5	0,029	0,145
20 - Vägledande markeringar	4	0,016	0,064
21 - Brandsläcksutrustning	0	0,059	0
22 - Rtj insats	3,4	0,042	0,1428
23 - Geometrisk utformning	4	0,016	0,064
24 - Våning ovan mark	1	0,026	0,026
25 - Drift och underhåll	5	0,077	0,385
26 - Larmstyrka på sjukhuset	1	0,055	0,055
			Σ=2,8044

Tabell N2. Beräkning av BSI – efter åtgärder

Komponent	Typ av åtgärd	Gradering efter åtgärd	Vikt	Värde x Vikt
1 - Personal	Utbildning personal	5	0,127	0,635
2 - Patienter		2,6	0,065	0,169
3 - Gångavstånd		3	0,027	0,081
4 - Brandcellsgräns i bjälklag		5	0,026	0,13
5 - Brandcellsgräns i vägg		5	0,019	0,095
6 - Interna dörrar och väggar	Automatisk dörrstängning	4	0,032	0,128
7 - Dörr till utrymningsväg	Klassad, stängd, fallkolv	5	0,023	0,115
8 - Automatiskt brandlarm		4,7	0,043	0,2021
9 - Utrymningslarm		5	0,031	0,155
10 - Sprinkler	Installation av sprinkler	1	0,054	0,054
11 - Hiss		0	0,006	0
12 - Utrymningsvägar		4	0,028	0,112
13 - Ytskikt, väggar		5	0,019	0,095
14 - Innertak		4	0,026	0,104
15 - Ventilationssystem	Spjäll eller annan aktiv åtgärd	5	0,019	0,095
16 - Lös inredning		2	0,08	0,16
17 - Fasta riskkällor		1	0,049	0,049
18 - Nödbelysning		2	0,006	0,012
19 - Brandgasevakuering		5	0,029	0,145
20 -Vägledande markeringar	Genomlysta skyltar	5	0,016	0,08
21 - Brandsläcksutrustning	Utbildning, släckutrustning	5	0,059	0,295
22 - Räddningstjänstens insats	Inövad insatsplan	3,8	0,042	0,1596
23 - Geometrisk utformning		4	0,016	0,064
24 - Våning ovan mark		1	0,026	0,026
25 - Drift och underhåll		5	0,077	0,385
26 - Larmstyrka på sjukhuset		1	0,055	0,055
				Σ = 3,6007