



Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet
Brandteknik

9240

Brandteknisk riskvärdering av

ORTOPEDA VDELNINGEN PÅ BLEKINGESJUKHUSET I KARLSKRONA

Höstterminen 2004



Matilda Gustafsson
Per Hultman
Christoffer Jansson
Mattias Larsson

Brandteknik
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund

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

Titel

BRANDTEKNISK RISKVÄRDERING AV ORTOPEDAVIDDELNING PÅ BLEKINGESJUKHUSET I KARLSKRONA

Title

FIRE SAFETY EVALUATION OF THE ORTHOPAEDIC DEPARTMENT AT BLEKINGESJUKHUSET IN KARLSKRONA

Författare / Authors

Matilda Gustafsson
Per Hultman
Christoffer Jansson
Mattias Larsson

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 själva ansvaret.

Abstract

This report contains a fire safety evaluation of the Orthopaedic department at Blekingesjukhuset in Karlskrona. The patients treated at the department are not able to bring themselves to safety, why the focus of this report is the evacuation procedures. The first evacuations are needed to be performed by the nursing staff on duty. A comprehensive study of the fire safety has been performed and suggested measures to increase the safety are given. Three possible scenarios has been chosen and more extensively evaluated through computer simulations and calculations. The scenarios each include a study of the fire, the detection and the evacuation. An evacuation exercise was held along with the fire department and the nursing staff. This was done in order to determine the time in which the arrival of the fire department and the first evacuations done by the staff were secured. The report results in a number of improvements that should be performed at the Orthopaedic department.

Keywords

Ortopedavdelning, Blekingesjukhuset, Karlskrona, Fire safety evaluation, critical conditions, fire scenarios, evacuation, Argos, ERM, exercise

SAMMANFATTNING

I denna rapport utförs en brandteknisk utvärdering av Ortopedavdelningen på Blekingesjukhuset i Karlskrona. Tonvikten har varit att undersöka utrymningsmöjligheterna för personal och patienter då patienterna har små möjligheter att själva sätta sig i säkerhet.

Ortopedavdelningen är belägen på femte våningen, plan åtta, i byggnad 40. På avdelningen arbetar tre ur personalen nattetid och minst sex personer arbetar dagtid. Avdelningen har plats för upp till 33 patienter där samtliga kan antas vara sängliggande.

Rapporten innehåller en allmän genomgång av brandsäkerheten på avdelningen som följs av förslag på direkta åtgärder. En djupare undersökning har utförts för de tre värsta troliga brandscenerierna. Dessa har analyserats noggrannare bland annat genom datorsimuleringar av brandförlopp, detektion och utrymning. Även handberäkningar har utförts. De scenarion som studerats är:

1. Brand i patientrum: En anlagd brand i ett patientrum studerades då avdelningen ibland kan ta emot patienter som uppträder hotfullt och/eller är berusade.
2. Brand i personalrum: Soffan i personalrummet faller inte under sjukhusets krav på flamskyddande beklädnad och kan ge ett snabbt brandförlopp.
3. Brand i kopiator: Teknisk utrustning som placerats öppet kan vid brand ge upphov till en omfattande rökutveckling på hela avdelningen.

En utrymningsövning för personalen hölls på avdelningen i Karlskrona tillsammans med räddningstjänsten. Under övningen studerades utrymningstider samt räddningstjänstens tid till insats. Dessa resultat har använts för att värdera och datorsimulera möjligheten att utrymma innan kritiska förhållanden uppstår.

Vid samtliga scenarion uppkommer kritiska förhållanden långt innan utrymning av avdelningen kan vara genomförd. För att konsekvenserna inte skall bli dödliga krävs att släckinsats, alternativt instängande av branden lyckas. På grund av räddningstjänstens långa angreppstid, samt avdelningens utformning, är personalens agerande avgörande för utgången vid en eventuell brand.

För att förbättra brandsäkerheten till en acceptabel nivå, det vill säga att utrymning säkras innan kritiska förhållanden uppstår, krävs åtskilliga åtgärder. De viktigaste är angivna nedan (utan inbördes prioritering):

- Brandsektionering; för att förkorta utrymningsavstånden samt motverka att en brand kan fylla hela avdelningen med brandgaser.
- Effektivisering av rutiner vid brand och evakuering.
- Införande av kontinuerlig utbildning och övning av personalen.
- En omarbetning av det automatiska brand- och utrymningslarmsystemet.
- Förbättra brandklassningen av dörrar till patientrum.
- Komplettera ventilationssystem med brandgasspjäll och isolering vid ny brandcellsgräns.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	<u>INLEDNING</u>	11
1.1	BAKGRUND	11
1.2	MÅL OCH SYFTE	11
1.3	METOD	11
1.4	AVGRÄNSNINGAR	11
1.5	RAPPORTENS UTFORMNING	12
1.6	ERKÄNNANDEN	12
2	<u>OBJEKTSBESKRIVNING</u>	13
2.1	BYGGNADEN	13
2.2	BEFINTLIGT BRANDSKYDD	14
2.2.1	ORGANISATION	15
2.2.2	AVSTEG FRÅN BOVERKETS BYGGREGLER 2002	15
2.3	VERKSAMHETSBEKRIVNING	16
2.4	UTRYMNINGSSTRATEGI	16
2.5	RÄDDNINGSTJÄNSTEN ÖSTRA BLEKINGE	17
2.6	STATISTIK	17
3	<u>TEORI</u>	19
3.1	TEORI OM BRANDFÖRLOPP	19
3.2	TEORI OM UTRYMNING	19
3.3	KRITISKA FÖRHÅLLANDEN	20
4	<u>UTRYMNINGSÖVNING</u>	21
4.1	FÖRKLARINGAR	21
4.2	SYFTE	21
4.3	BESKRIVNING AV GENOMFÖRANDET	21
4.4	ÖVNINGEN UR AVDELNINGSPERSONALENS SYNVINKEL	23
4.5	ÖVNINGEN UR RÄDDNINGSTJÄNSTENS SYNVINKEL	24
4.6	ÖVNINGEN UR RAPPORTFÖRFATTARNAS SYNVINKEL	25
4.7	RESULTAT	26
4.7.1	FÖRBEREDELSETID	26
4.7.2	FÖRFLYTTNINGSTID	26
4.7.3	TID TILL RÄDDNINGSTJÄNSTENS INSATS	26
4.8	PROBLEM	27
4.9	INTERVJUER	27
4.9.1	BAKGRUND	27
4.9.2	SAMMANFATTNING AV INTERVJUSVAR	27
4.10	UTVÄRDERING	29
4.10.1	ÖVRIGT	30
4.11	SAMMANFATTNING	30

<u>5</u>	<u>SCENARIO: ANLAGD BRAND I PATIENTRUM.....</u>	<u>31</u>
5.1	BESKRIVNING	31
5.2	DIMENSIONERANDE BRAND	31
5.3	MOTIVERING	32
5.4	FRÅGESTÄLLNINGAR	32
5.5	METOD.....	33
5.6	TÄNKBARA FALL.....	33
5.7	BRANDFÖRLOPP.....	34
5.7.1	GENERELLA ANTAGANDEN.....	34
5.7.2	BESKRIVNING AV SÄNGAR	34
5.8	BRANDGASSPRIDNING VIA VENTILATION	35
5.9	BRANDGASSPRIDNING TILL KORRIDOREN	36
5.10	DETEKTION	36
5.11	SIKT.....	37
5.12	UTRYMNING.....	37
5.13	SAMMANFATTNING	38
<u>6</u>	<u>SCENARIO: BRAND I PERSONALRUM.....</u>	<u>39</u>
6.1	BESKRIVNING	39
6.2	DIMENSIONERANDE BRAND	39
6.4	FRÅGESTÄLLNINGAR	40
6.5	METOD.....	40
6.6	BRANDFÖRLOPP.....	40
6.6.1	BESKRIVNING AV VALDA SOFFOR	40
6.6.2	RESULTAT	41
6.7	SIKT.....	41
6.8	DETEKTION	41
6.9	UTRYMNING.....	41
6.10	SAMMANFATTNING	42
<u>7</u>	<u>SCENARIO: BRAND I KOPIATOR.....</u>	<u>43</u>
7.1	BESKRIVNING	43
7.2	DIMENSIONERANDE BRAND	43
7.3	MOTIVERING	44
7.4	FRÅGESTÄLLNINGAR	44
7.5	METOD.....	44
7.6	BRANDFÖRLOPP.....	45
7.7	SIKT.....	45
7.8	DETEKTION	45
7.9	UTRYMNING.....	45
7.10	SAMMANFATTNING	46

8	<u>BRANDSKYDDSVÄRDERING</u>	<u>47</u>
8.1	BAKGRUND	47
8.2	METOD	47
8.3	GRADERING AV KOMPONENTERNA	47
8.4	RESULTAT	47
8.5	SLUTSATSER	47
9	<u>SLUTSATSER</u>	<u>48</u>
9.1	SAMMANFATTNING	48
9.2	DISKUSSION	48
9.3	ÅTGÄRDERNAS GILTIGHET	49
10	<u>ÅTGÄRDER</u>	<u>50</u>
10.1	ÅTGÄRDER SOM SKALL GENOMFÖRAS	50
10.1.1	SEKTIONERING	50
10.1.2	FÖRBÄTTRINGAR AV SJUKHUSETS AUTOMATISKA BRANDLARM SAMT RUTINER KRING DETTA	51
10.1.3	RUTINER VID BRANDLARM	52
10.1.4	FLYTTA OCH TA BORT FÖREMÅL	52
10.1.5	TÄTHET PÅ DÖRRAR TILL PATIENTRUM	52
10.1.6	EVAKUERING GENOM DET MINDRE TRAPPHUSET	52
10.1.7	RÄDDNINGSTJÄNSTEN	52
10.1.8	ÖVNING	53
10.1.9	DRAPERI I KORRIDOR	53
10.2	ÅTGÄRDER SOM BÖR GENOMFÖRAS	53
10.2.1	SPRINKLERSYSTEM	53
10.2.2	DÖRR TILL FOAJÉ	53
10.2.3	NYA MADRASSER	53
10.2.4	ANORDNINGAR FÖR ATT FÖRHINDRA BRANDGASSPRIDNING VIA VENTILATION	53
10.2.5	KOMPLETTERANDE HANDBRANDSLÄCKARE	54
10.2.6	UTÖKAD BRANDCELLSINDELNING	54
10.2.7	RUTIN FÖR TÄTNING	54
11	<u>KÄLLFÖRTECKNING</u>	<u>55</u>

<u>BILAGA A – TEORI OM TVÅZONSSIMULERING I ARGOS</u>	<u>57</u>
<u>BILAGA B – TEORI OM DETACT T2.....</u>	<u>58</u>
<u>BILAGA C – UTRYMNINGSTEORI.....</u>	<u>59</u>
<u>BILAGA D – ERM SIMULERING.....</u>	<u>61</u>
<u>BILAGA E – HANDBERÄKNINGAR.....</u>	<u>65</u>
<u>BILAGA F – UTRYMNINGSÖVNING ORTOPEDAVDELNINGEN</u>	<u>68</u>
<u>BILAGA G – INTERVJUFRÅGOR EFTER ÖVNING.....</u>	<u>75</u>
<u>BILAGA H – ENKÄT.....</u>	<u>76</u>
<u>BILAGA I – SAMMANFATTNING AV ENKÄTSVAR</u>	<u>81</u>
<u>BILAGA J – BEFINTLIGT BRANDSKYDDSINDEX.....</u>	<u>85</u>
<u>BILAGA K – BRANDSKYDDSINDEX EFTER FÖRESLAGNA ÅTGÄRDER.....</u>	<u>93</u>
<u>BILAGA L – INFORMATION TILL NYANSTÄLLDA.....</u>	<u>100</u>
<u>BILAGA M – INSTRUKTION TILL BRANDSKYDDSOMBUD</u>	<u>102</u>
<u>BILAGA N – SCENARIO: BRAND I PATIENTRUM</u>	<u>103</u>
<u>BILAGA O – SCENARIO: BRAND I PERSONALRUM.....</u>	<u>118</u>
<u>BILAGA P – SCENARIO: BRAND I KOPIATOR</u>	<u>125</u>
<u>BILAGA Q – BERÄKNINGAR AV ÅTGÄRDERNAS GILTIGHET</u>	<u>128</u>

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Rapporten är en del i kursen Brandteknisk riskvärdering (BTR) som ges av avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Huvuddelen av kursen utgörs av ett projektarbete där en grupp av fyra tredjeårsstudenter på Brandingenjörsprogrammet tilldelas ett större offentligt byggnadsobjekt. Arbetet består av att göra en värdering av säkerhetsnivån med avseende på brand och utrymning.

1.2 Mål och syfte

Syftet med föreliggande rapport är att utvärdera brand- och utrymningssäkerheten för Ortopedavdelningen på Blekingesjukhuset i Karlskrona. Först utfördes en allmän utvärdering av den befintliga säkerhetsnivån. För olika troliga brandscenarier tillämpades sedan metoder för beräkning av brandförlopp, brandgasspridning och analys av konsekvenserna för dessa brandscenarier. De metoder som tillämpas är delvis handberäknings- och datormodeller, som studerats i tidigare kurser, men även nya modeller gällande utrymning har använts. I riskvärderingen ingår också att ge förslag på åtgärder för att höja säkerhetsnivån.

1.3 Metod

Riskvärderingen av Ortopedavdelningen tog avstamp i ett studiebesök tillsammans med ställföreträdande räddningschef och brandingenjör Claes Nicklasson vid Räddningstjänsten Östra Blekinge. Vid studiebesöket diskuterades och inventerades avdelningens brandsäkerhet och utrymningsrutiner. Av ett antal möjliga scenarier valdes tre dimensionerande ut för att granskas mer ingående. I det fortsatta arbetet genomfördes en utrymningsövning i samarbete med sjukhuspersonal och räddningstjänst. Vidare delades en enklare enkät ut där avdelningens personal fick svara på frågor rörande brand- och utrymningssäkerhet (se Bilaga H). Datorsimuleringar, handberäkningar, beräkning av brandskyddsindex (se Bilaga J och K) samt ingenjörsmässiga bedömningar användes för att utröna avdelningens säkerhetsnivå. Resultaten användes i de tre brandscenarierna för att väga tiden för utrymning mot tiden till dess att kritiska förhållanden uppstått.

1.4 Avgränsningar

I arbetet har endast Ortopedavdelningen (plan åtta, avdelning 38) på Blekingesjukhuset i Karlskrona behandlats. Byggnadens hållfasthet mot brand har inte beaktats, utan det antas att bygganden inte kollapsar i de brandförlopp som simuleras. Inga tester eller analyser har utförts för att säkerställa funktionen hos de tekniska system som styr brand- och utrymningslarm. Slutligen behandlar denna rapport endast patient- och personalsäkerhet, inte skydd mot materiella skador och ekonomiska förluster.

1.5 Rapportens utformning

Rapporten har utformats så att huvuddelen på ett enkelt och lättbegripligt sätt förklarar brandscenarioer, antaganden, beräkningar, resultat och analys. För mer noggrann beskrivning hänvisas till bilagorna där en fördjupning i antaganden och beräkningar görs. Bilagornas målgrupp är brandingenjörer och brandingenjörs-studerande medan huvuddelen skall kunna förstås och uppskattas även av läsare utan denna utbildning.

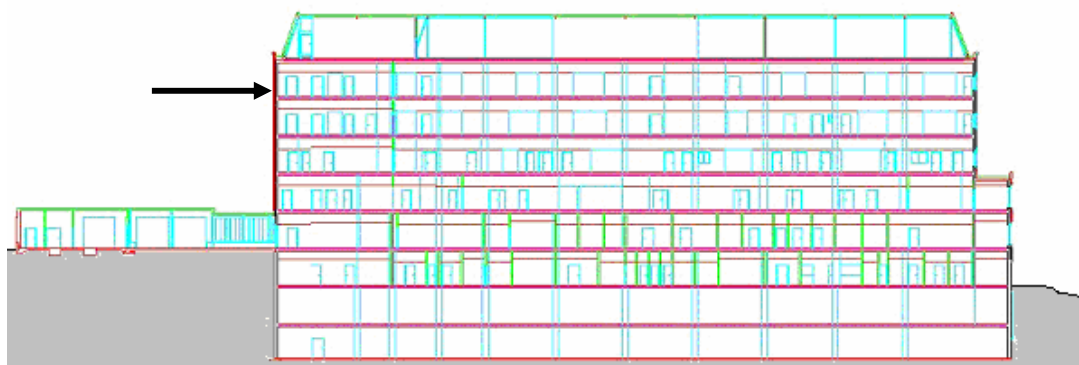
1.6 Erkännanden

Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare Claes Nicklasson, Räddningstjänsten Östra Blekinge samt Robert Jönsson, avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola. På räddningstjänsten har även Johan Nordström varit ett kunnigt stöd. På Blekingesjukhuset har Gunilla Magnusson, Inga Britt Thornsäter, Lennart Lindquist, Per-Inge Bäck, Åke Wendel samt Anna-Karin Hjelm varit till stor hjälp. Lars Jensen, avdelningen för Installations- och klimatiseringslära vid Lunds Tekniska Högskola, har hjälpt oss med ventilationsfrågor. Daniel Nilsson och Håkan Frantzich har hjälpt oss med utrymningsövningen och Daniel Gojkovic med datorsimuleringarna, alla tre arbetar på avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola. För utvärdering av enkätformuleringar tackar vi Sunne Vårdcentral och Sophiahemmets Sjuksköterskehögskola. Till sist vill vi tacka lag två på räddningstjänsten i Karlskrona och alla deltagare från Ortopedavdelningen för deras medverkande vid utrymningsövningen.

2 OBJEKTSBESKRIVNING

2.1 Byggnaden

Byggnad 40 vid Blekingesjukhuset i Karlskrona har totalt åtta plan varav fem helt över marknivå. Ortopedavdelningen återfinns högst upp i byggnaden. Fyra hissar och två trapphus leder upp till avdelningen. Ingång till byggnaden, om man ska till Ortopedavdelningen, sker bredvid akutintaget. Utrymmet ovan avdelningen inrymmer endast ventilation. På våningsplanen under finns BB och förlossning, gynekologisk mottagning samt akutmottagning i markplan.

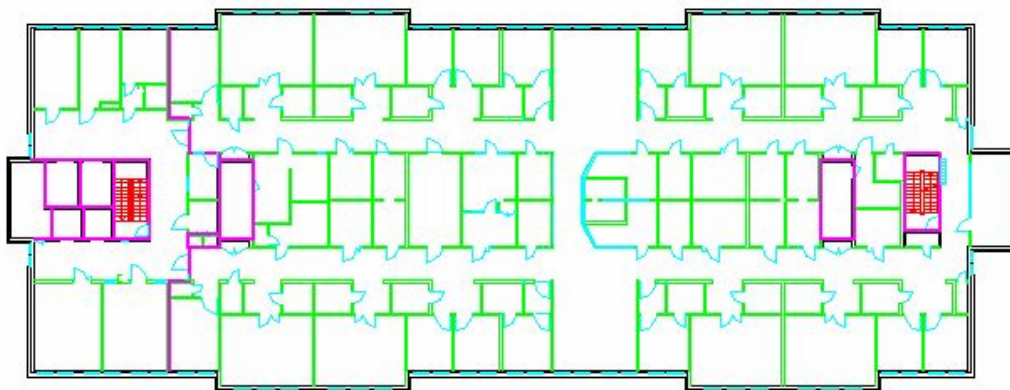


Figur 1 - Sektionsritning över Byggnad 40 med ortopedavdelningen utmärkt

Ortopedavdelningen består i stort av två parallella korridorer med personalutrymmen i mitten och patientrum längs ytterväggarna. Mitt på avdelningen ligger två dagrum som är öppna mot korridorerna, samt en inglasad receptionsdel. Korridorerna är sammanbundna i ändarna, vid receptionsdelen samt i vissa utrymmen som nyttjas av personalen. Ingång till avdelningen sker via den foajé som angränsar till hissarna. På avdelningens motsatta sida finns ett personaldagrum och ett mindre trapphus. Våningen för ortopederna inhyser även en mindre avdelning där föräldrar till för tidigt födda barn kan bo under en kortare tid.

Dörrarna från patient- och personalrum till korridoren är av olika täthet och klassning vilka varierar från oklassad till EI 30. E:et står för täthet, I:et står för isolering och siffrorna anger det antal minuter dessa egenskaper ska upprätthållas vid en brand. Dörrarna till patientrum, reception, kök och kontor står oftast öppna. Fönstren mot det fria är av treglas typ. Golvbeläggningen består av en plastmatta och väggarna är klädda med målad väv. Det finns ett undertak som är placerat en meter under takbjälklaget. Detta utrymme rymmer ventilation, vattenledningar samt el-installationer. Byggnadens stomme består av betong.

Avdelningens ventilation består av ett till- och frånluftssystem. Avdelningen och foajén betjänas av separata system. Ventilationen till hela byggnaden leds genom tre ventilationsschakt. En stor del av ventilationskanalerna på avdelningen är dragna över undertaket i de båda korridorerna. Vid brand stängs ventilationen av (Se ventilationsberäkningar, Bilaga N).



Figur 2 – Planritning över Ortopedavdelningen.

2.2 Befintligt brandskydd

Det finns totalt nio brandceller på det åttonde våningsplanet. Dessa utgörs av de bägge trapphusen, varje enskild hiss, foajén utanför hissarna, sopnedkastet samt resterande del av avdelningen. Inne på avdelningen, mellan de bägge trapphusen, finns däremot ingen brandcellsindelning. Byggnaden har både automatiskt brandlarm och utrymningslarm. Avdelningen har både optiska rökdetektorer och värmedetektorer i taket, samt att det över undertaket i korridorerna finns fyra optiska rökdetektorer. Personalen får inget specifikt larm vid brand, utan larmas genom utrymningslarmet.

Fyra inkopplade brandslangar finns på avdelningen. De är placerade i de båda korridorerna i närheten av trapphusen. Det finns även larmknappar och brandfilter vid brandslangarna. Sammanlagt är tre handbrandsläckare utplacerade på våningsplanet. Båda trapphusen har brandgasventilation i taket i form av ventilationsluckor som styrs av optiska rökdetektorer. Nödutgångarna är utmärkta med genomlysta nödutgångsskyltar varav en är delvis skyddad av ett draperi som avskärmar den del av våningsplanet som inte nyttjas av ortopederna.

På sjukhuset är det reglerat, med avseende på brandskydd, vilka gardiner, madrasser och möbler som får användas i patientrum och dagrum på avdelningen. Däremot finns möbler och gardiner i personalrummet som inte innefattas av dessa krav.

Det har inte gått att bestämma ytskikten på väggar, tak och golv på vårdavdelningen. Därför kan det inte dras slutsatser om dessa uppfyller de krav som anges i Boverkets Byggregler (BBR, 5:551).

Personalen ska ha genomgått en kortare brandutbildning med teori och praktik där de bland annat lär sig släcka en mindre brand och hur de skall utrymma avdelningen. Varje nyanställd får inledningsvis endast en kortare introduktion till avdelningens brandskydd. Vikarier får ingen speciell utbildning, men måste gå igenom avdelningens checklista för brand (Bilaga L). Brandskyddsfrågor diskuteras inte regelbundet på personalmöten.

2.2.1 Organisation

Sjukhusdirektören har det administrativa ansvaret för sjukhusets verksamhet och Landstingets fastighetschef ansvarar för sjukvårdsanläggningen. Detta innebär att brandskyddet ytterst åvilar dem. En brandskyddsledare är utsedd av sjukhusdirektören och har till huvuduppgift att i samråd med Landstingsfastigheter se till att det interna brandskyddet hålls på en hög nivå.¹ På respektive avdelning är det verksamhetscheferna som är ytters ansvariga för brandskyddet. Ortopedenheten inom landstinget Blekinge är uppdelad med en enhet på sjukhuset i Karlshamn och en på sjukhuset i Karlskrona.

På Ortopedavdelningen i Karlskrona är ett brandskyddsombud utsett, som genomgått särskild utbildning. Brandskyddsombudet ska genomföra egenkontroll enligt checklista en gång per kvartal (se Bilaga M).

På varje arbetsplats inom Blekingesjukhuset finns en brandskyddspärm. Pärmen innehåller tre delar bestående av; övergripande dokument, det systematiska brandskyddsarbetet samt underlag för utbildning och information. Informationsunderlaget är enkelt och lättöverskådligt.

2.2.2 Avsteg från Boverkets Byggregler 2002

Ortopedavdelningens brandtekniska utformning gör idag stora avsteg från det idag gällande regelverk, det vill säga Boverkets Byggregler (BBR). *Analytisk dimensionering och vid behov tillhörande riskanalys skall verifiera brand- och utrymnings säkerheten i byggnader där brand kan medföra mycket stor risk för personskada* (BBR: 5.31). Då Ortopedavdelningen kan anses vara en verksamhet där brand kan medföra stor risk för personskada, skall analytisk dimensionering tillämpas enligt ovan nämnda regelverk.

Byggnad 40 var från början tänkt att uppföras som två symmetriska huskroppar med den nuvarande hiss- och trapphusdelen i mitten. På grund av besparingsskäl uppfördes bara den ena huskroppen. Utrymningsstrategin var i den ursprungliga planen att utrymma patienter horisontellt mellan huskropparna. I det fallet skulle hiss- och trapphusdelen ha utgjort en brandsluss mellan den brandutsatta huskroppen och huskroppen dit patienterna evakuerades.

Våningsplanet saknar idag brandsluss mellan själva Ortopedavdelningen och foajén vid hissarna. Detta omöjliggör en horisontell utrymning denna väg utan risk för brandgasspridning om korridorerna är rökfyllda. *Brandsluss skall finnas i en Br1-byggnad* (BBR:5.231).

Brandceller skall finnas i den utsträckningen att utrymning tryggas (BBR: 5.232). Detta kan inte anses vara fallet på Ortopedavdelningen. Dessutom skall byggnader utformas så att tillfredsställande utrymning kan ske vid brand (BBR: 5.31). Enligt råd innebär detta antingen en fullständig utrymning av samtliga personer som befinner sig i byggnaden eller, vilket har aktualitet för exempelvis en vårdanläggning, en förflyttning till en säker flyktplats inom byggnaden för de personer som befinner sig inom den av branden direkt berörda delen.

¹ Brandskyddsorganisation för Blekingesjukhuset, 2000

Utrymningsväg får utgöras av passage genom angränsande brandcell, om räddningstjänstens insatsväg till vårdavdelningen utformas så att den möjliggör en insats (BBR: 5.373).

Gångavståndet inom en brandcell till närmsta utrymningsväg skall inte vara längre än att brandcellen kan utrymmas innan kritiska förhållanden uppstår (BBR: 5.331). Gångsavståndet på avdelning uppgår idag till drygt 30 meter om det mindre trapphuset kan användas för utrymning och 60 meter om endast dörrarna vid hissfoajén kan användas. Därmed uppfylls inte rådet, 30 meter, som ges i (BBR 5:332).

I vårdanläggningar skall korridorer inom samma vårdanläggning avskiljas i lägst klass E30 från angränsande vådrum, dagrum, rökrum och liknande utrymmen (BBR:5.514). Detta krav uppfylls inte då dagrummen helt saknar avgränsning och dörrarnas brandtekniska klass till bland annat patientrummen varierar.

2.3 Verksamhetsbeskrivning

Ortopedavdelningen har stor omsättning av patienter. Medelbeläggningen är 87 procent av den maximala kapaciteten, vilken är 30-33 patienter. Den genomsnittliga tid som patienterna befinner sig på Ortopedavdelningen är åtta dagar, men det finns även patienter som är inskrivna mindre än ett dygn. De vanligaste skadorna är lårbens- och bäckenfrakturer.

Besökstiden är mellan 13.00-19.00 och under den tiden kan mycket folk befinna sig på avdelningen. Patientbesök under besökstiden behöver inte anmälas hos personalen. Varje morgon, lunch och kväll uppförs en komplett beläggningslista och ansvarig sjuksköterska skall veta hur många personer som finns på avdelningen. Detta kan vara svårt, framförallt under besökstiden.

Dag- och kvällstid är minsta bemanning sex personer och på natten jobbar minst tre vårdare. På morgonen arbetar normalt elva personer.

2.4 Utrymningsstrategi

Vid brand är det tänkt att personalen skall stänga in branden i rummet där den startade. Därefter skall utrymning av patienter till foajén vid hissarna påbörjas. Patienterna utryms genom att personalen drar ut de som är sängliggande på sängens madrass med hjälp av brandlakan. Personalens utrymningsstrategi består av att en person skall klara av att dra en patient. I ett verkligt scenario kan det istället krävas minst två vårdare per patient, beroende på patientens storlek och personalens fysiska styrka. En observation vid objektsbesöket var att alla patienter på avdelningen kan antas vara sängliggande.

Byggnadens utformning innebär att en brandsluss mellan den avdelningen och foajén vid hissarna saknas. En utrymning till hissfoajén försvåras på grund av risken för brandgasspridning till foajén, som därmed inte kan utgöra en säker plats. Utrymningen måste därför fortgå till nedanliggande våningar. Foajén har formen av en kvadrat med sidan ungefär tolv meter. I mitten är hisschakt och trapphus placerade vilket gör att foajéns möjlighet att inhysa patienter är begränsad. Personalen bortser i dagsläget från möjligheten att utrymma genom det mindre trapphuset på grund av att det anses vara för trångt.

2.5 Räddningstjänsten Östra Blekinge

Räddningstjänsten Östra Blekinge är ett kommunalförbund där Karlskrona och Ronneby kommun ingår. Förbundet har en sammanlagd befolkning på cirka 90 000 invånare, varav 30 000 bor i Karlskrona stad. Heltidsstyrkorna består av åtta brandmän i Karlskrona samt fem i Ronneby, som även har tre brandmän på deltid. I förbundet ingår även åtta deltidsstationer och tre brandvärn. Förbundet har omkring 1200 larm om året. Sjukhuset i Karlskrona uppskattas ha ungefär två larm i månaden där psykiatriska avdelningen står för den största delen. Vid ett automatiskt brandlarm från sjukhuset åker åtta brandmän i två släckbilar, en stegbil och brandingenjör i beredskap. Tid från larm till anländande till sjukhus är enligt insatsrapporter cirka fem minuter. Vid larm från Ortopedavdelningen på femte våningen finns begränsad möjlighet för utrymning via stegbil.

2.6 Statistik

Statistik utgör en viktig källa för information vid val av troliga, dimensionerande brandscenarier. Den mest intressanta statistiken är vilka startutrymmen, startföremål samt vilken brandsorsak som är de vanligaste vid brand på sjukhus.

Enligt Räddningsverkets statistiksammanställning², inträffade under 2002 89 bränder på Sveriges sjukhus vilket utgör 0,8 procent av Sveriges totala antal bränder det året. Det inträffar alltså relativt sällan bränder på sjukhus men det finns stor risk för allvarliga konsekvenser.

I övrigt statistiskt underlag innefattas sjukhus i statistiken gällande för allmän byggnad. Denna kategori innehåller även verksamheter som teater, bio, restaurang, hotell, skola, idrottsanläggning, övriga vårdanläggningar och dylikt.

Under 2002 inträffade 1712 bränder i allmän byggnad, vilket motsvarar 15,9 procent av det årets totala antal rapporterade bränder. Nedan visas tabeller med statistik över de vanligaste startutrymmena, startföremålen och brandsorsakerna.

Startutrymme	Antal	Andel
1. Köket	354	21%
2. Sovrum/sovsal	136	8%
3. Samlingslokal	115	7%

Tabell 1 – Statistik över startutrymmen för brand i allmän byggnad

Det vanligaste startutrymmet är alltså köket där mer än var femte brand startar.

² Räddningstjänst i siffror, 2002

Startföremål	Antal	Andel
1. Lös inredning	327	19%
2. Spis	218	13%
3. Byggnadens utsida	115	7%
<i>Okänt</i>	<i>129</i>	<i>8%</i>

Tabell 2 – Statistik över startföremål för brand i allmän byggnad

Som synes utgörs det vanligaste startföremål av ”lös inredning”. Man kan också utläsa att en förhållandevis stor andel av bränderna uppkom i okända startföremål, detta faktum beror troligtvis på svårigheter att identifiera var branden startade.

Brandorsak	Antal	Andel
1. Anlagd brand	422	25%
2. Tekniskt fel	242	14%
3. Glömd spis	181	11%
6. Rökning	102	6%
<i>Okänd orsak</i>	<i>330</i>	<i>19%</i>

Tabell 3 – Statistik över de vanligaste brandorsakerna i allmän byggnad

Anlagd brand är den vanligast förekommande brandorsaken med cirka en fjärdedel av alla bränder i allmän byggnad. Rökning orsakar cirka sex procent av det totala antalet bränder och är den sjätte vanligaste brandorsaken.

3 TEORI

3.1 Teori om brandförlopp

Brandförloppet kan delas in i olika faser. Det första som sker är *antändning*. Därefter följer en *tillväxtfas*. Under tillväxtfasen är brandens utveckling bland annat beroende av vad det är för material som brinner samt hur mycket material som antänds. Detta kallas att branden är *bränslekontrollerad*. Branden tillväxer samtidigt som värme och brandgaser utvecklas. Nästa steg i brandens utveckling är att en eventuell *övertändning* sker. Vid övertändning är temperaturen i brandrummet så hög, mellan 500-600°C, att allt brännbart material i brandrummet antänds. I detta stadiet övergår branden från att vara bränslekontrollerad till att bli *ventilationskontrollerad*. Detta betyder att brandens utveckling istället styrs av tillgången på syre i brandrummet. Efter övertändning, då allt brännbart material brinner under ventilationskontrollerade former, råder en *fullt utvecklade brand*. I denna fas uppnås mycket höga temperaturer (700 – 1200°C) och även brandens maximala effekt. Om tillgången på luft är otillräcklig kommer branden att avta på grund av syrebrist, dock kan branden tillta igen om ventilationen ökas, till exempel genom att en dörr öppnas. Efter en period av fullt utvecklade brand har tillräcklig mängd bränsle förbrukats för att branden återigen skall bli bränslekontrollerad. Denna fas kallas *avtagningsfas* och fortsätter till dess att allt bränsle är förbrukat.³

3.2 Teori om utrymning

En utrymning delas in i tre olika faser⁴. Först en *varseblivningstid* som innefattar den tid det tar att förstå att något onormalt inträffat. Denna tid påverkas av om branden är synlig eller dold, om det finns brandlarm, hur överblickbarheten är och så vidare. Varseblivningstiden följs av en *besluts- och reaktionstid* under vilken beslut om förflyttning tas. Denna tid kan minska kraftigt med bland annat välmarkerade och intuitivt lättfunna nödutgångar och tillräcklig belysning. Ett utrymningslarm med ett talat meddelande kan också minska beslutstiden kraftigt. Slutligen tillkommer en *förflyttningstid* då personerna ska förflyttas sig till och ut genom en utrymningsväg. Denna förflyttningstid varierar mycket, speciellt på sjukhus då vissa patienter är sängliggande och måste hjälpas ut. Den sammanlagda utrymningstiden, det vill säga varseblivningstiden, besluts- och reaktionstiden samt förflyttningstiden kan jämföras med den tid det tar innan kritiska förhållanden uppstår i utrymningsvägar.

³ Enclosure Fire Dynamics, 1999

⁴ Brandskyddshandboken, 2000

3.3 Kritiska förhållanden

I denna rapport används uttrycket *kritiska förhållanden*. Detta uttryck används som ett riktmärke för under hur lång tid utrymning är möjligt. När förhållandena överskrider de gränsvärden som Boverkets Byggregler (BBR) har definierat bedöms förhållandena som kritiska. För Ortopedavdelningens korridorer gäller, något förenklat (för generella regler och detaljer, se bilaga C), följande gränsvärden:

- Brandgaslagrets höjd får lägst sjunka ner till 1,84 meters höjd över golvet.
- Personer i lokalen får utsättas för en långvarig strålningsintensitet på högst 2,5 kW/m².
- Lufttemperaturen i lokalen får inte överstiga 80°C.
- Sikten måste vara minst tio meter.
- Syrenivån får inte sjunka under femton volymsprocent.

Uppstår kritiska förhållanden kan utrymning inte längre ske under acceptabla förhållanden.⁵

⁵ Brandskyddshandboken, 2002

4 UTRYMNINGSÖVNING

4.1 Förklaringar

I följande kapitel används termer som inte är vanligt förekommande i dagligt tal. Ett *rökskydd* är den andningsmask tillsammans med ryggburen lufttub som räddningstjänstens rökdykare använder. En *rökdykarledare* jobbar som ledare för, och tillsammans med rökdykarna, och bär rökskydd. *Brandmästaren* var under övningen räddningsledare och chef för styrkan från räddningstjänsten. *Kritiska förhållanden* har omnämnts tidigare i rapporten. Det är ett begrepp som betyder att en brand skapat sådana förhållanden att möjlighet till en säker utrymning inte längre kan garanteras. *Säker tillgång till vatten* innebär att rökdykarna kan lita på att det alltid kommer vatten till deras brandslang.

4.2 Syfte

Den 10 november genomfördes en utrymningsövning på Ortopedavdelningen, Blekingesjukhuset Karlskrona, i samarbete med Räddningstjänsten Östra Blekinge. Övningens syfte, sett ur detta projektarbets synvinkel, var:

1. En uppskattning av evakueringstiden för avdelningen.
2. En uppskattning för tiden till räddningstjänstens understödande.

Övningen hade planerats tillsammans med avdelningsledningen och räddningstjänsten.

4.3 Beskrivning av genomförandet

I korthet genomfördes utrymningsövningen (för detaljer, se även Bilaga F) med utgångspunkt från en brand i personalrummet (se Kapitel 5). Fyra personer ur personalen agerade övande personal. Dessa hade fått förbereda sig mentalt och fått läsa in sig på avdelningens rutiner vid brandlarm. Den övande personalen ikläddes västar för att lättare kunna urskiljas ifrån åskådare och patienter. Ytterligare åtta ur personalen agerade markörer, det vill säga spelade patienter. Ingen rök användes under övningen.

Då en visselpipa, som fingerade utrymningslarm, ljud delade den övande personalen upp sig. En person drog ut brandslangen, en person ringde SOS och två personer började evakuera patienter. Den person som begagnade sig av brandposten fick det muntliga beskedet att branden var omöjlig att släcka och anslöt då till de två som påbörjat evakuering av patienter. Personen som ringde upp SOS fick prata med en spelad SOS-operatör och anslöt därefter till patientevakueringen. Spelade patienter evakuerades bara från de två patientrum som ligger närmast personalrummet. De evakuerades endast genom den ena korridoren, en sträcka på ungefär 60 meter, och lämnades i hissfoajén som brandtekniskt är avskild från avdelningen. Markörerna fick återvända med de madrasser de evakuerats på genom den parallella motsatta korridoren.



Bild 1 - Förberedelser av patient inför evakuering

Räddningstjänsten, som av övningstekniska skäl redan befann sig med bilarna på sjukhusområdet fick larmet, stort larm - automatiskt brandlarm, med fem minuters fördröjning. Detta skulle motsvara anspännings- och framkörningstid. Brandmästaren fick vid framkomst beskedet om kraftig brand på avdelning 38 och valde att tillsammans med två rökdykare och rökdykarledaren bege sig upp till avdelningen för att kontrollera brandens omfattning. Rökdykarna bar med sig två uppsättningar smalslang och strålrör. När denna styrka kom upp till avdelningen möttes de av en person ur den övande personalen. Brandmästarens beslut blev att skicka in både rökdykare och rökdykarledaren för att släcka av personalrummet med vatten från avdelningens egen brandpost.

Strax efter att brandrummet bedömts som avsläckt avbröts övningen. Det hade då förflutit drygt tolv minuter sedan det fingerade utrymningslarmet ljöd. Personalen hade under tiden övningen pågått evakuerat åtta makörer.

Direkt efter övningen genomfördes intervjuer med den övande personalen. Alla andra medverkande personer, övrig avdelningspersonal, styrkan från räddningstjänsten, samt övriga intresserade samlade sig under tiden i det ena dagrummet på avdelningen.

Den genomgång och utvärdering av övningen som därpå följde inleddes med att studenterna bakom denna rapport, i korthet redogjorde för ett troligt brandförlopp vid en brand i personalrummet. Detta gjordes med hjälp av ett diagram i A3 format med brandgaslagrets höjd som funktion av tid. På samma diagram gjordes därefter jämförelser med de tider som föll ut under övningen. Efter studenternas genomgång fick en person ur den övande personalen samt en markör sammanfatta intryck och reflektioner. Därefter fick brandmästaren redogöra för sina beslut och räddningstjänstens insats.

En diskussion mellan räddningstjänsten och personalen följde. Diskussionen pågick i tre vetelängder och två kartonger chokladbollar.



Bild 2 - Utvärdering kring fikabordet i dagrummet

4.4 Övningen ur avdelningspersonalens synvinkel

Personalen på avdelningen var mycket positiv till att en övning skulle hållas. Däremot berättade avdelningsföreståndaren, som var mycket delaktig i planeringen av övningen, att det var svårt att få fyra frivilliga till den övande personalen. Desto lättare var det att få åtta frivilliga markörer.

Den övande personalen hade som tidigare nämnts fått möjlighet att förbereda sig och tillvaratagit denna möjlighet. Beslut och handling vid utrymningslarmet gjordes distinkt och snabbt. Direktivet att räddningstjänsten skulle mötas upp fanns däremot inte med i den information personalen fått ta del av innan övningen. Momentet att räkna igenom patienter genomfördes inte under övningen. När brandmästaren kom upp till avdelningen, åtta minuter efter att larmet gått, var dessutom den övande personalen utmattad. Dessa tre parametrar torde vara orsaker till att vissa delar av mötet mellan räddningstjänst och personal kunde ha förlöpt bättre.

Problemet med att räkna igenom evakuerade patienter försvårades av att markörerna av övningstekniska skäl var tvungna att återvända in på avdelningen för att kunna spela markörer ytterligare gånger. I efterhand visade det sig att denna åtgärd var överflödigt då antalet evakuerade personer överensstämde med antalet markörer. Däremot fanns det under övningen bara sex madrasser att tillgå varför åtminstone dessa behövde forslas från foajén tillbaka till avdelningen.

Den personal som agerade markörer, det vill säga spelade patienter, gjorde en god insats med att skådespela både fysiska krämpor och förvirring. Den psykologiska aspekten av att evakuera patienter på madrass glömdes i många fall bort av den övande personalen vilket ivrigt påpekades av spelade rädda patienter.

Det är fysiskt krävande för personalen att evakuera patienter på madrass. I övningen evakuerades den första patienten av endast en ur personalen. Detta gick långsamt och försinkade bakomvarande patient dragen av två ur personalen. Konceptet övergavs ungefär halvvägs genom korridoren. Under resterande delen av övningen jobbade personalen mestadels två och två med undantag för kortare sekvenser i korridoren då de var tre eller en ur personalen per patient.

Under övningen användes två olika typer av madrasser. Dels den typ som används idag och som måste kompletteras med ett brandlakan och dels en nyare variant. Det brandlakan som används idag består av ett nät med nylonremmar för att möjliggöra fastspänning av patienter samt handtag för att underlätta släpande. Ett brandlakan är placerat under madrassen i varje säng på avdelningen. De nya madrasser som användes under övningen har remmar och handtag påsydda på madrassen. Ytterligare en skillnad mellan madrasserna var att remmarna på den gamla typen fick knytas men de fastsydda remmarna på den nya typen har kardborreband. Att knyta remmarna på den äldre typen tog längre tid än att fästa patienten med remmarna på den nyare typen av madrass. Brandlakanet hade också en tendens att fastna i sängen när markörerna drogs ner från sängen till golvet.

4.5 Övningen ur räddningstjänstens synvinkel

Det faktum att Ortopedavdelningen ligger på femte våningen innebär vissa problem för räddningstjänsten vid en insats. Under övningen löstes dessa problem på ett okonventionellt sätt. Det är på sin plats att diskutera om lösningarna motsvarar kraven från gällande lagstiftning rörande rökdykning, Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling, AFS, 1995:1. Främst gäller det brandmästarens beslut att skicka in rökdykare på avdelningen utan säker tillgång till vatten, vilket krävs enligt 16 § i ovan nämnda skrift. Då avståndet från foajén till brandrummet är 60 meter kan även speciella åtgärder för lång inträngningsväg⁶ diskuteras.



Bild 3 - Räddningstjänsten anländer

Att påverkan från branden saknades i övningen men skulle ha varit påtaglig i ett verkligt scenario satte brandmästaren i ett brydsamt läge vid anländande till avdelningen. Den övande personalen evakuerade patienter utan att påverkas av branden. Räddningstjänsten däremot släpptes av övningsledningen inte in på avdelningen utan rökskydd. Brandmästaren ställde sig vid den tidpunkten frågande till att låta personalen fortsätta verka i lokalen. Vid tidpunkten för räddningstjänstens anländande till avdelningen, åtta minuter in på övningen, skulle korridorerna enligt de datorsimuleringar som ligger till grund för brandscenariot, varit ordentligt rökfyllt. Kritiska förhållanden hade långt tidigare överskridits (jämför med Kapitel 6 i denna rapport som behandlar brand i personalrum). Av övningstekniska skäl saknades under övningen de flesta av de parametrar som påverkar brandmästarens beslut i detta läge.

⁶ Rök- och kemdykning, 1997

Följande alternativ på räddningstjänstens agerande kom upp vid diskussionen efter övningen:

- Invänta säkert vatten. De fyra ur styrkan som inte i förstaläget begav sig uppför trapporna mot avdelningen fanns tillgängliga för att koppla säkert vatten upp till våning fem. Rökdykarna medförde smalslang till denna våning för att möjliggöra insats med säkert vatten.
- Låta rökdykarna släcka av brandrummet, vilket gjordes under övningen, och låta resterande styrka iklädda rökskydd fortsätta evakueringen.
- Om förhållandena tillät det, direkt vid framkomst till avdelningen börjat hjälpa personalen med evakueringen.

Om personalens eget liv varit i fara hade deras evakuering av patienter avbrutits av räddningsledaren och räddningstjänstens rökdykare hade tagit över uppgiften.



Bild 4 - Rökdykare genomför insats i personalrummet

4.6 Övningen ur rapportförfattarnas synvinkel

Övningen gav ett bra underlag för att uppskatta de tider som efterfrågades till denna rapport. Faktumet att rapportförfattarna planerade övningen och agerade övningsledning sätter sin oundvikliga prägel på resultatet. Bristande kunskaper, ovana och en fokusering på rapportens behov kan ha gått ut över andra aspekter av övningen.

4.7 Resultat

Nedanstående resultat är de som direkt gavs under övningen. Övningen gav även resultat genom intervjuerna som hölls efteråt och genom efterföljande utvärdering.

4.7.1 Förberedelsetid

Övningen visar bland annat att förberedelsetiden, tiden som personalen behöver för att förbereda patienten för evakuering på madrass samt dra ner madrassen på golvet, är ungefär 50 sekunder. Förberedelsetiden är olika lång för olika madrasser, den nyare typen av madrass kräver kortare förberedelsetid. Personalens handhavande och vana spelar ännu större roll. Under övningen sjönk förberedelsetiden genomgående för varje evakuerad patient. Att vara två ur personalen per patient förkortar förberedelsetiden och att evakuera direkt med sängarna skulle kraftigt förkorta förberedelsetiden.

4.7.2 Förflyttningstid

Från att personalen fått markören ut ur rummet tog det i genomsnitt en dryg minut innan markören befann sig i foajén. Längden på denna förflyttningstid beror i första hand på antalet ur personalen som drog. Det var svårt att i övningen dra några slutsatser om madrassorten inverkad på förflyttningstiden. Det kan inte uteslutas att den gjorde det.

Under övningen genomfördes evakuering bara från två rum. I ett verkligt scenario hade utrymningen påbörjats vid dessa rum men personalen hade, efter att patienterna i dessa rum evakuerats, fortsatt med evakueringen ur andra rum. De två rummen som användes under övningen är de som ligger längst ifrån foajén. I ett verkligt scenario skulle därför avståndet mellan patient och foajé krympa i takt med att patienterna evakuerats. Förberedelsetiden däremot skulle inte krympa. Den skulle öka i betydelse för den totala evakueringstiden för varje patient i takt med att evakueringen framskrider. Tabellen nedan visar evakueringstider för de fem första patienter som evakuerades. Tider för de resterande tre patienter som utrymdes saknas.

Markör nr	Förberedelsetid (s)	Förflyttningstid (s)	Total evakueringstid (s)
1	47	70	117
2	74	74	148
3	30	60	90
4	60	50	110
5	40	60	100
Medelvärde	50,2	62,8	113

Tabell 4 - Tider för de första fem evakuerade markörerna

4.7.3 Tid till räddningstjänstens insats

Efter åtta minuter kan en räddningsledare, två rökdykare och rökdykarledare befinna sig på avdelningen. Utöver detta är tiderna från övningen angående räddningstjänstens insats inte generellt användbara.

4.8 Problem

Under övningen uppdagades följande problem:

- Problemet med att räkna igenom evakuerade patienter. Problemet försvårades av att markörerna av övningstekniska skäl var tvungna att återvända in på avdelningen för att kunna spela markörer ytterligare gånger. Det går däremot inte att förlita sig på att antalet evakuerade patienter kan räknas i foajén. Att foajén inte rymmer avdelningens samtliga patienter och att patienterna även måste evakueras därifrån gör att antalet patienter i foajén inte nödvändigtvis kommer att vara lika med antalet evakuerade patienter.
- Den psykologiska aspekten att evakueras på madrass. Upplevelsen att liggande på madrassen dras ner på golvet utan vidare förklaring är troligtvis mycket obehagligt och stressande för patienten. Även om patientens liv måste prioriteras av personalen är det troligt att man med små medel, exempelvis genom att prata och beskriva vad som händer under den relativt långa förberedelse tiden av patienterna, kan lugna och göra stor nytta på detta plan.
- Att endast en ur personalen evakuerar en patient fungerade inte under övningen. Den fysiska styrkan hos personalen var i detta avseende begränsande. Risken för att så kallad flaskhalseffekt uppstår i korridoren ser i detta fall ut att bli större. Under övningen löstes detta med att personalen jobbade två och två. Det är inte givet att detta arbetssätt är möjligt under andra förhållanden.
- Brandlakanet fastnade i sängen då markörerna drogs ner från sängen till golvet.
- Avdelningens rutiner vid brandlarm är goda om en stor personalstyrka finns att tillgå. Vid mindre bemanning flyttar den fokus från evakueringen. Rutinen att ringa SOS och att möta räddningstjänsten vid gatuplan är tids- och personalkrävande.
- Övningstekniska problem som följde av att övningen genomfördes på en verksam avdelning med ordinarie patientbeläggning samt att deltagande styrka ur räddningstjänsten låg i larmberedskap.

4.9 Intervjuer

4.9.1 Bakgrund

Direkt efter avslutad övning genomfördes, som omnämnts ovan, enskilda intervjuer med de fyra personer ur personalen som genomförde själva evakueringen. De frågor som ställdes framgår av Bilaga G.

4.9.2 Sammanfattning av intervjusvar

Den medverkande personalen bestod av tre sjuksköterskor samt en undersköterska. De har arbetat inom vården 12-38 år och tiden de arbetat på Ortopedavdelningen sträcker sig mellan 6-28 år. Alla kan därför anses vara väl bekanta med de situationer som kan uppstå på avdelningen och de rutiner som skall följas.

En av de intervjuade har varit med om en liknande utrymningsövning under sjuksköterskeutbildningen, två har tidigare provat att dra personer på madrass ned för en trappa och två har provat att använda släckutrustning. En av de tillfrågade har inte varit med om någon form av utrymningsövning tidigare. Samtliga uppger att de inte har någon erfarenhet av utrymning i skarpt läge.

Alla upplevde övningen som mycket fysiskt krävande, mycket tyngre än väntat, och de behövde hjälpas åt för att dra patienterna. Samtliga anser att de nyare madrasserna är bättre ur utrymningssynpunkt än de som idag används på Ortopedavdelningen. Två personer anser att de nya madrasserna var betydligt lättare att dra än de gamla, medan övriga två inte kände någon större skillnad. Alla var dock överens om att de nya var lättare att använda då patient och madrass skulle förflyttas från sängen till golvet.



Bild 5- Den fysiskt krävande evakueringen

Tre av de intervjuade upplevde en hög stressnivå trots att det ”bara” rörde sig om övning. Samtliga anser att de var mycket fokuserade på sin uppgift.

Tiden till dess att räddningstjänsten anlände kändes förhållandevis lång. Två undrade var de ”höll hus” medan de övriga två efteråt uppgav att de var helt fokuserade att evakuera patienter och inte hann tänka efter. Samtliga kände dock lättnad när räddningstjänsten anlände. Två personer kände sig manade att möta brandkåren i dörren; dels den person ur personalen som befann sig närmast och dels den person som först upptäckt branden. Två personer blev efter räddningstjänstens ankomst osäkra på sin egen uppgift, men fortsatte utrymning då de två andra ur personalen fortsatte.

Samtliga kände sig relativt säkra på hur utrymningen skulle genomföras och till vilken plats patienterna skulle utrymmas. Om däremot branden varit belägen i mitten av avdelningen skulle osäkerhet kunnat uppstå. Personalen hade fått möjlighet att förbereda sig till övningen och ansåg att detta bidrog till att förbättra samarbetet dem emellan under själva övningen samt att det gjort dem mer säkra på hur de skulle agera. Personalen var inte överens ifall ett skarp läge skulle ha lett till en effektivare utrymning. Å ena sidan skulle stressnivån höjas ytterligare och påverkan från brandgaser skulle försämra deras insats. Å andra sidan tror samtliga att en så kallad adrenalinkick skulle bidra till ökad motivation och eventuellt ökad ork.

Alla var nöjda med övningen och tyckte att den fungerat som tankeställare och väckarklocka. Samtliga upplevde som tidigare nämnt att utrymningen varit betydligt tyngre än väntat och att övningen öppnat för diskussion om eventuella åtgärder för att förbättra möjligheten till säkrare utrymning.

Förslag på förbättring av övning var att om möjligt öva med rök för att ytterligare öka stressnivån och få ett scenario som mer efterliknar en verklig brand. En ur personalen påpekade även att de rutiner som finns när det gäller att kontrollera beläggningslistor, stänga patientdörrar och möta räddningstjänsten nere vid akutmottagningen skulle följas för att ytterligare få en mer realistisk övning. Bättre kunskap om agerande vid släckning efterfrågades också.

4.10 Utvärdering

Utvärderingen efter övningen med alla inblandade samlade i ena dagrummet var givande. Följande punkter diskuterades:

- Att evakuera patienter på sängarna. Detta skulle kraftigt minska förberedelse tiden men innebära stor risk för att utrymningsvägarna sätts igen av sängar. De patienter som svävar i omedelbar fara för livet bör dras ut på sina sängar. För övriga patienter ska madrasserna användas. Varje säng som dras ut i foajén kommer att stå kvar där under resten av brand- och utrymningsförloppet och utgöra ett hinder både vid evakuering och vid räddningstjänstens insats. Evakuering på sängar är inte möjligt längre än till hissfoajén då hissarnas funktion i händelse av brand inte kan garanteras. Det är också oklart om sängarna får plats i hissfoajén då den inte är särskild stor.
- Vikten av personalens första släckinsats. I övningen var släckinsatsen dömd att misslyckas. I verkligheten kan släckinsatsen vara skillnaden mellan en lyckad evakuering och en brand med dödlig utgång. Det är viktigt att personalen kan hantera handbrandsläckarna, brandposten och momentet att stänga in branden.
- Tiden till att personalen upptäcker branden är också mycket viktig. En snabb upptäckt möjliggör att en första släckinsats kan göras mot en mindre brand som ännu ej fått fäste i möblemanng eller motsvarande. Tiden till upptäckt skulle kunna minska med en brandlarmstavla på avdelningen. På tavlan bör man enkelt se vilken detektor som utlöst och i vilket rum den sitter.
- En övning av denna typ kan genomföras av personalen själva och bli ett årligt återkommande inslag i brandskyddsarbetet.
- Kommunikationen mellan personal och patient försämrades i stressad miljö. Detta har omnämnts ovan och kan övas.
- Informationen till SOS var knapphändig samt att det var svårt för räddningstjänsten att få omfattningen av branden klart för sig. Det som meddelas till SOS vidarebefordras till räddningstjänsten under deras framkörningstid. Genom att ge SOS en bra bild av läget ges räddningstjänsten möjlighet att vara väl förberedd vid ankomst.
- De första femton minuterna är alla underbemannade. En evakuering av avdelningens patienter kräver en större personalstyrka än den som fanns tillhands under övningen. Förstärkningar från andra avdelningar skulle kunna lösa det problemet. Även räddningstjänsten är underbemannad innan

förstärkningar från andra stationer hinner anlända, minst femton minuter efter förstastyrkans ankomst.

- Osäkerhet bland personalen om möjlighet till lyckad släckinsats, samt om den mindre trappan går att använda vid utrymning.
- Ju fler i personalen desto snabbare evakuering, men svårare att samordna. Viktigt att någon har övergripande kontroll, så att det inte föreligger risk för att någon patient kan lämnas kvar i något icke genomsökt utrymme.
- Tiden det tog för personalen att få ner madrass och patient från sängen var förhållandevis lång, vilket förlängde evakueringen avsevärt.
- Det gick bra att dra madrasserna i fotändan även om det står i avdelningens rutiner att madrasserna ska dras i huvudändan.

4.10.1 Övrigt

Efter övningen gjorde rapportförfattarna egna försök för att utröna om det mindre trapphuset intill personalrummet kan användas för evakuering av patienter. Den nyare typen av madrass användes. Det visade sig möjligt. Markören föredrog att bli dragen i fotändan för att kunna ha ögonkontakt med vårdaren. Att madrassen är tillräckligt tjock är ett måste.

Under denna del av övningen uppdagades att dörren mellan trapphuset och våningen under hålls låst och att den inte går att öppna från trapphuset.

4.11 Sammanfattning

Det automatiska brandlarmet och utrymningslarmet samt de rutiner som gäller kring dessa bör omarbetas. Vid larmsignal från utrymningslarmet finns det i dagsläget risk för att samtliga avdelningar påbörjar utrymning, eller att ingen evakuerar i tron att larmet gäller en annan avdelning. Det bör istället tydligt framgå vilken avdelning larmet kommer ifrån, vilket även skulle möjliggöra för personalförstärkningar från andra avdelningar. Detta skulle också hindra att trapphus och hissfoajéer fylls med patienter som inte svävar i direkt fara.

I samband med att brandlarmssystemet omarbetas bör varje avdelning utrustas med en tablå över avdelningens detektorer för att möjliggöra snabbare lokalisering av branden. För att ytterligare minska förberedelse tiden, och i förlängningen evakueringstiden, bör madrasser och brandlakan bytas mot madrasser av den nyare typen.

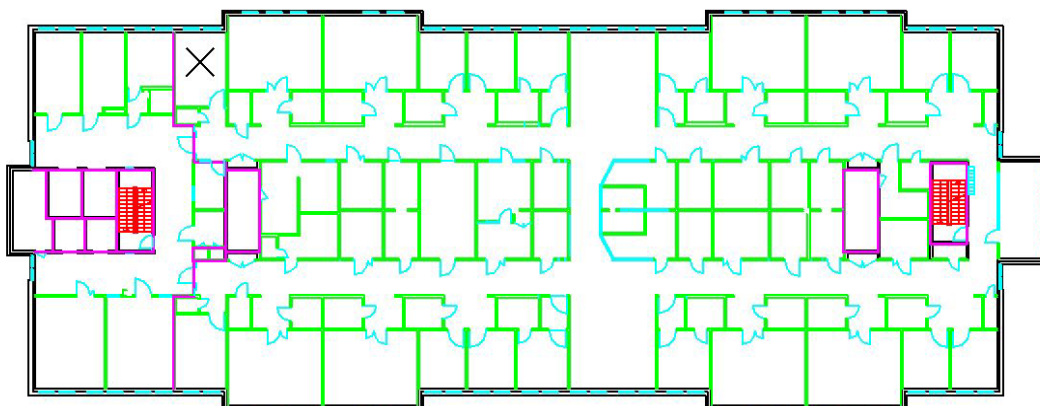
Till rutinerna vid brandlarm på avdelningen bör tilläggas att personalen i största möjliga mån ska jobba två och två samt rutin för att säkerställa att räddningstjänsten vid ankomst får korrekta siffror på antalet evakuerade patienter och antalet patienter som finns kvar på avdelningen. Det bör också framgå i rutinerna att de patienter som svävar i omedelbar fara bör dras ut på sina sängar.

Övning av samtliga moment vid brandlarm, inklusive att lokalisera branden, släckning och kommunikation med SOS och räddningstjänsten, måste genomföras tillräckligt frekvent och med samtliga ur personalen. Vid sådan övning bör evakuering i trapphus övas för att personalen vid brand ska kunna ta denna möjlighet i beaktande.

5 SCENARIO: ANLAGD BRAND I PATIENTRUM

5.1 Beskrivning

På Ortopedavdelningen finns flera patientrum av olika typ och storlek, där de minsta är för vård av en patient och de största rummen för vård av fyra patienter. Samtliga rum har undertak. Golvbeläggningen består av plastmatta och väggbeklädnaden är målad väv. I rummen finns, förutom en till fyra patientsängar, även tillhörande sängbord. Patienterna har möjlighet att låna en tv till sitt rum. En optisk rökdetektor är placerad i taket, mitt i rummet.



Figur 3 - Skiss över avdelningen med scenariorummet markerat

I dagsläget används inte det tilltänkta brandrummet av patienter. Rummet har ändå valts då resultaten kan appliceras på andra patientrum och att det inte kan bortses från möjligheten att rummet i framtiden används för vård av patient. Ytterligare en orsak till val av just detta rum var komplicerade ventilationsritningar.

5.2 Dimensionerande brand

I patientrummen finns brännbart material i form av säng, sängbord, gardiner, bord och stolar. En brand kan uppkomma antingen av en olyckshändelse i samband med rökning, eller genom att en person med vilje tänds eld på till exempel sängkläderna. I detta scenario antas branden få fäste i sängen, men ingen brandspridning till ytterligare föremål sker.



Bild 6 – Patientsäng

5.3 Motivering

Anlagd brand är den vanligaste brandorsaken i en allmän byggnad då de utgör cirka en fjärdedel av alla brandorsaker (se Tabell 3). Ortopedavdelningen kan ibland ta emot patienter direkt från akutmottagningen som uppträder hotfullt, är berusade eller förvirrade. Trots att det är rökförbud på hela avdelningen förekommer det att patienter ibland röker inne på rummen (se Bilaga I - Enkät svar). En brand inne i ett patientrum skulle eventuellt kunna medföra brandgasspridning till korridorerna och via ventilationen. Två tidigare inträffade bränder visar att en anlagd brand på patientrum kan få ödesdigra konsekvenser.

Tidigt på morgonen den 8 januari 1999 tände en patient på Lövenströmska sjukhuset i Upplands Väsby eld på sin madrass. Hela lokalen blev rökfyllt och 16 patienter tvingades evakueras. Två personer fördes till Karolinska sjukhuset med rökskador.

Aftonbladet

Den 26 september 2004 utbröt en brand på Kalmarsjukhuset till följd av att en patient tände eld på inredningen i sitt rum. Åtta personer fördes till akutmottagningen då hela avdelningen rökfylldes.

Svenska dagbladet

5.4 Frågeställningar

- Efter hur lång tid kommer den optiska rökdetectorn lösa ut?
- Hur lång tid tar det för personalen att uppmärksamma i vilket patientrum det brinner?
- Om personalen väljer att inte släcka, alternativt att deras insats ej lyckas, hur utvecklar sig branden beroende på om dörren står öppen ut i korridoren eller inte?
- Hur blir brandgasspridningen ut till korridoren och via ventilationssystemet?
- Hinner personalen sätta patienter och sig själva i säkerhet innan kritiska förhållanden uppstår?

5.5 Metod

Datorprogrammet Argos används för att simulera brandförloppet vid olika tänkbara fall. Tiden för evakuering simuleras fram med hjälp av programmet ERM. Detektionstiden beräknas med Detact T2. Resultaten från utrymningssimuleringarna jämförs sedan med gränsvärden för så kallade kritiska förhållandena enligt Boverkets Byggregler (se Bilaga C – Kritiska förhållanden). Samtliga beräkningar återfinns i Bilaga N.

5.6 Tänkbara fall

Beroende på om dörren till brandrummet står öppen eller inte, kommer tiden till dess att personalen upptäcker branden att variera. En öppen eller stängd dörr påverkar även effektutvecklingen samt brandgasspridningen till korridoren. Fyra olika fall har därför granskats i simuleringen av brand i patientrum:

1. *Dörren är öppen under hela brandförloppet.* Om dörren till brandrummet står öppen kommer personalen ha större möjlighet att i ett tidigt skede upptäcka branden. En tidig upptäckt leder också till att personalens chans att göra en lyckad släckinsats mot branden ökar. Det kan därför anses troligt att personalen antingen lyckas släcka, eller stänga in branden. Baserat på dessa antaganden har vi valt att inte studera detta fall närmare.
2. *Dörren är till en början öppen men stängs sedan av personalen.* Som anges ovan är det troligt att personalen lyckas stänga dörren. En stängd dörr minskar brandgasspridningen till korridoren. Eftersom detta fall ger bättre utrymningsförhållanden än fall fyra nedan har inte heller detta fall studerats närmare.
3. *Dörren är stängd under hela brandförloppet.* Om dörren är stängd och ingen patient befinner sig i rummet är det troligt att personalen inte upptäcker att det brinner förrän detektorn larmar. Personalen antas låta dörren vara stängd. Vid detta scenario bedöms risken för brandgasspridning via ventilationssystemet vara som störst. Brandgasspridning till korridoren via otätheter i dörren sker även. Detta fall studeras vidare.
4. *Dörren är till en början stängd men öppnas sedan av personalen.* Dörren är stängd under det tidiga brandförloppet, personalen upptäcker branden efter en tid, öppnar dörren för att sedan låta den stå öppen. Detta är det värsta troliga scenariot vad det gäller brandgasspridning till korridoren. Även detta fall studeras vidare.



Bild 7 - Förrum och del av korridor

5.7 Brandförlopp

För simulering av brandförlopp i datorprogrammet Argos valdes fall tre samt fall fyra ur föregående avsnitt, då dörren hålls stängd under hela brandförloppet respektive då dörren öppnas av personal som sedan inte lyckades stänga den igen. Det förstnämnda valdes för att ge underlag till beräkning av brandgasspridning via ventilationen samt för att visa vilka förhållanden ett läckage genom dörren ger i korridoren. Det sistnämnda valdes för att det är det värsta troliga scenariot ur utrymningssynpunkt. Tiden för dörrens öppnande i fall fyra grundar sig på tiden till dess att detektorn larmar tillsammans med den tid det tar för personalen att upptäcka var branden är belägen. De inställningar som använts och de antaganden som gjorts finns att studera i Bilaga A.

5.7.1 Generella antaganden

Patientrummen är spartanskt möblerade och på grund av flamskyddade madrasser i sängarna krävs en förhållandevis lång förbrinntid innan någon nämnvärd effektutveckling erhålls. På grund av detta har brandspridning inte tagits i beaktande. Den inledande fasen av utrymningen och tiden tills kritiska förhållanden uppstår påverkas inte nämnvärt av detta antagande.

5.7.2 Beskrivning av sängar

Två olika sängar har studerats:

En större säng som har en 101,6 millimeter tjock latexmadrass. Sängkläderna är i bomull och polyester och kudden är fylld med PU (polyuretan) skum. Den sammanlagda massan är på 22,6 kilogram. Sängkläderna har inte flamskyddats och inte tvättats.

En mindre säng som har en 100 millimeter tjock madrass i PU skum. Lakan, filt och kudde är i polyester. Sängkläderna har inte flamskyddats.

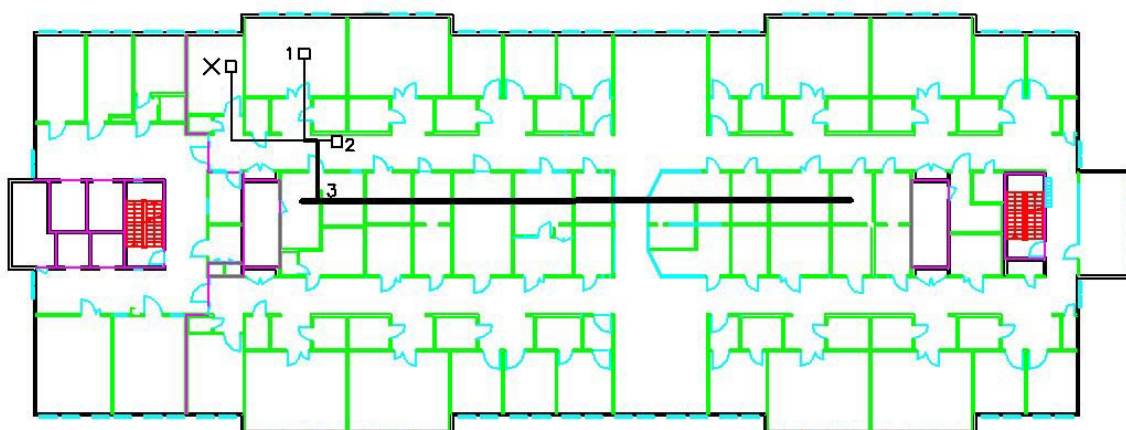
5.8 Brandgasspridning via ventilation

Vid analys av riskerna för brandgasspridning via ventilationssystemet vid brand i patientrummet betraktades som ovan nämnt, endast fall tre, alltså då dörren hålls stängt under hela brandförloppet. Simulering av brandförloppet utfördes i Argos. Beräkning på risk för brandgasspridning utfördes dels med ventilationssystemet ur drift, vilket är normalfallet då det automatiska brandlarmet löst ut på avdelningen, och dels med ventilationssystemet i drift.

Ett brandflöde är en expansion av luften som orsakas av värmen från branden. En tumregel⁷ ger att det producerade brandflödet (liter per sekund) vid en brand är lika stort som effektutvecklingen (kW). Då ventilationen är i drift sker ingen brandgasspridning vid ett brandflöde upp till ungefär 230 liter per sekund. Motsvarande värde för system ur drift är 225 liter per sekund. Vid högre brandflöden än dessa sprids brandgaser via ventilationen.

Under en kort tidsperiod är effektutvecklingen så hög att det alstrade brandflödet ger upphov till spridning av brandgaser via ventilationssystemet, oavsett om detta är i drift eller inte. Dock motsvarar denna tidsperiod en förhållandevis liten del av det totala brandförloppet, varför den effektutveckling som sker under större delen av förloppet, bättre bör ge en fingervisning om risken för brandgasspridning. En effektutveckling på 40 kW ger ett brandflöde på 40 liter per sekund (se effektkurva för simulering med rum med enbart hål i bilaga N), vilket inte ger någon brandgasspridning via ventilationen vare sig om systemet är i eller ur drift.

Ett avstängt ventilationssystem sprider brandgaser från detta patientrum vid ett något lägre brandflöde än ett system i drift. Det är dock ingen nämnvärd skillnad vid högre brandtryck. Detta innebär att det inte är av avgörande betydelse för brandgasspridningen huruvida ventilationen är i eller ur drift. Dessa slutsatser gäller för det studerade patientrummet, och behöver nödvändigtvis inte gälla för övriga rum på avdelningen. Generellt sett rekommenderas att ventilationssystemet skall hållas i drift även vid brand⁸.



Figur 4 - Förenklad skiss över avdelningens tilluftsystem

⁷ Brandgasspridning via ventilationssystem, 2002

⁸ Brandgasspridning via ventilationssystem, 2002

Vid brandgasspridning via ventilationen sprider sig brandgaserna i huvudsak genom tilluftssystemet. Först sker brandgasspridning till det intilliggande patientrummet, (Figur 4, punkt 1). Därefter sker spridning till korridoren (punkt 2). Efter det sprids brandgaserna till det stora ventilationsröret som går parallellt med avdelningens korridorer. Det stora röret förser de flesta rummen på samma sida avdelningen som brandrummet med tilluft. Med systemet i drift kommer brandgasspridningen att ske till dessa rum. Brandgasspridning via ventilationen kan ske till rum belägna långt ifrån brandrummet. Detta skulle kunna leda till ödesdigra konsekvenser, framförallt i små patientrum med dörren till korridoren stängd. Med systemet ur drift är det inte möjligt att förutsäga vart brandgasspridning sker. Spridning kan då ske genom både frånlufts- och tilluftssystemet. Öppna fönster och dörrar samt uteklimatet kan vara avgörande för vart brandgasspridning sker och detta varierar från dag till dag.

5.9 Brandgasspridning till korridoren

Fall fyra studeras med avseende på brandgasspridning till korridoren. Tiden från det att detektorn larmar tills dess att personalen lyckas lokalisera branden och därmed öppnar dörren antas vara cirka 30 sekunder (se Bilaga N). Denna uppskattning bygger på antagandet att resterande dörrar till patientrummen står öppna, samt att en viss mängd rök tränger ut genom otätheter i dörren. Det första antagandet bygger på hur det ser ut i normalfallet på avdelningen. Det andra antagandet verifieras med hjälp av simulering av brand i det helt stängda rummet (se Bilaga N). Tid för varseblivning och beslut blir längre om scenariot utspelar sig på natten då fler dörrar till patientrummen kan antas vara stängda samt att färre personer är i tjänst. Nattetid uppskattas denna tid till 1,5 minuter.

Efter omkring sju minuter blir sikten i korridoren mindre än tio meter, vilket innebär att gränsvärden för kritiska förhållanden överskrids. Efter åtta minuter stabiliserar sig brandgaslagret på drygt 1,5 meter.

Temperaturen i brandgaslagret ligger mellan 200-250°C i samtliga fall, förutom då den mindre sängen används. Den högsta temperatur brandgaslagret når upp till i detta fall är endast omkring 125°C.

Resultat från simulering av brand i fall tre visar att om inte dörren till patientrummet är tillräckligt tät, i vårt fall motsvarande en springa på 3,6 millimeter, kan kritiska förhållanden uppstå i korridoren efter knappt tio minuter (för detaljer, se Bilaga N).

5.10 Detektion

Tiden till dess att en detektor larmar, vid brand i den större sängen, och utlöser det automatiska brandlarmet har beräknats i Detact T2. Tiden blir omkring 5,5 minuter. Detta gäller oavsett om dörren till patientrummet hålls stängd eller står öppen, beroende på de antaganden Detact T2 gör. (För mer detaljerad redovisning hänvisas till Bilaga B). Denna detektionstid är mycket lång med tanke på att branden då har utvecklats och blivit förhållandvis stor. En tidigare detektion av patienterna, besökande eller personalen är mer trolig.

5.11 Sikt

Med hjälp av kunskapen om den mängd rök ett visst material producerar vid brand är det möjligt att handberäkna den sikt som fås i drabbade utrymmen. Fall fyra har studerats eftersom detta fall ger den största brandgasspridningen till övriga öppna utrymmen på avdelningen förutom själva brandrummet. En sikt på tio meter är ett gränsvärde för kritiska förhållanden⁹.

Då en patientsäng brinner visar beräkningarna att de öppna utrymmena får en sikt på tio meter blir drygt femton minuter. Efter 19 minuter är sikten drygt en meter. Med öppna utrymmen menas i detta scenario korridorer, dagrum samt brandrum.

5.12 Utrymning

Utrymning simuleras med hjälp av datorprogrammet ERM. Användningen av det mindre trapphuset som utrymningsväg har varierats. Vid simulering har inte den utgång från korridoren till foajén som ligger i direkt anslutning till brandrummet varit tillgänglig för evakuering. Resultat från övningen ger en utrymningshastighet på 60 meter per min. Den tid det tar för personalen att förbereda patienterna för utrymning har också uppskattats med hjälp av övningen och är omkring 50 sekunder (se Kapitel 4). Med dessa ingångsvärden simulerades utrymningen i datorprogrammet ERM.

Enligt simuleringar av brandgasspridning i fall fyra uppstår kritiska förhållanden, varför ovanstående antagande angående begränsad möjlighet att utrymma via utgången närmast brandrummet, kan anses rimligt. Tiden för evakuering varierar från ungefär femton minuter vid maximal personalstyrka på elva vårdare till omkring 50 minuter vid minimal personalstyrka på tre vårdare (för mer detaljerade resultat, se Bilaga D). Personalstyrkans storlek påverkar utrymningstiden i större utsträckning än om det mindre trapphuset är tillgängligt för evakuering.

I fall tre sker en mycket liten brandgasspridning till korridoren, vilket gör att denna i princip kan användas vid evakuering. Evakueringstiden blir i stort sett densamma som för scenariot med brand i personalrum (se Kapitel 6). Det är dock troligt att personalen väljer att inte använda denna del av korridoren vid evakuering på grund av rädsla för branden.

⁹ Brandskyddshandboken, 2002

5.13 Sammanfattning

Detektorn i patientrummet beräknas larma efter cirka 5,5 minuter oavsett om dörren till korridoren står öppen eller hålls stängd. Tiden till dess att personalen märker att det brinner då dörren är stängd, uppskattas till detektionstiden på 5,5 minuter plus de 30-90 sekunder som det tar för personalen att lokalisera i vilket rum det brinner. Om dörren är öppen bedöms personalen uppmärksamma branden tidigare.

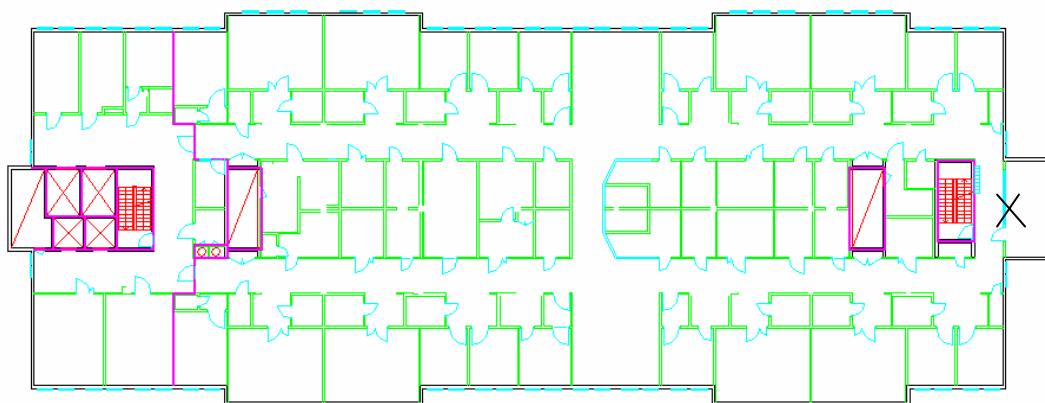
När dörren är öppen kan kritiska förhållanden uppstå i korridoren efter ungefär sju minuter. Därefter måste evakuering ske genom de andra utgångarna vilket ger långa evakueringstider. För att undvika kritiska förhållanden måste personalen se till att dörren till ett brandrum alltid stängs vid brand. Dessutom måste tillses att dörrens tätheten alltid är hög.

En viss brandgasspridning kan ske via tilluftssystemet. Denna spridning är av begränsad mängd. Framförallt sker spridning till patientrummet intill brandrummet men även patientrum belägna långt ifrån brandrummet kan utsättas för brandgaser.

6 SCENARIO: BRAND I PERSONALRUM

6.1 Beskrivning

Personalrummet är placerat längst in på avdelningen mellan de båda korridorerna. Utanför personalrummet finns ingången till det mindre trapphuset. Rummet är 3,5 meter brett, 7,5 meter långt och 2,60 meter högt exklusive utrymmet över undertaket. I rummet finns en soffa, ett datorbord, en fåtölj samt ytterliggare lös inredning. Längs kortsidan närmast utgången finns ett pentry med två mikrovågsugnar samt en vanlig spis med två plattor och en ugn. Långsidan av personalrummet mot korridoren är glasat med fem glasrutor och en 0,9 meter bred dörr med fönsterruta, samtliga utan brandklassning. Personalrummet inrymmer även sex fönster ut mot det fria. Mitt i rummet sitter en optisk rökdetektor.



Figur 5 – Skiss över avdelningen med brandscenariot i personalrum utmärkt

6.2 Dimensionerande brand

Soffan anses vara ett troligt objekt som kan börja brinna i personalrummet. Den antänds exempelvis genom att ett brinnande ljus faller ner i soffan. Då rummet ofta är obemannat och oläst är tillgängligheten för en person med ont uppsåt stor.



Bild 8 – Soffans placering i personalrummet

6.3 Motivering

Soffan i personalrummet har personalen själva köpt in, den faller därmed inte under vårdanläggningens krav på flamskyddat material. En brand i soffan kan således ge en snabb och kraftig effektutveckling. Personalrummet är inte brandtekniskt avskilt från korridorerna. Dessutom är personalrummet ofta lämnat obevakat och glasrutorna in till rummet är delvis insynsskyddade. En brand i detta rum skulle kunna göra det mindre trapphuset omöjligt att använda för utrymning samt att brandgasspridning skulle kunna ske ut i båda korridorerna.

6.4 Frågeställningar

- Efter hur lång tid kommer den rökoptiska detektorn lösa ut?
- Hur långt har brandförloppet gått när branden upptäcks?
- Om personalen då väljer att inte släcka, alternativt att deras insats ej lyckas hur lång tid tar det innan fönstren går sönder och brandgasspridning sker till korridorerna?
- Hur lång tid tar det innan kritiska förhållanden uppstår i brandrummet och i korridorerna närmast?

6.5 Metod

I detta scenario används Argos för att simulera rummets brandförlopp, tid tills att kritiska förhållanden uppstår och att fönstren ger vika. Tiden för evakuering simuleras med hjälp av programmet ERM och tid till detektion i Detact T2. Samtliga beräkningar återfinns i Bilaga O.

6.6 Brandförlopp

Brandförloppssimuleringen har utförts i datorprogrammet Argos. Tre olika soffor testades för att se hur de påverkar brandförloppet. Soffornas effektutvecklingskurvor hämtades från rapporten Initial Fires.

6.6.1 Beskrivning av valda soffor

- Y5.4/12: Soffan består av en stålram och mäter 0,65 x 1,8 x 0,76 m. Soffan är fylld med vanligt PU-skum, överdraget med 100 % akrylvelour tyg. Massan är 8,8 kg.
- Y5.4/21: Soffan består av en träram och mäter 0,84 x 2,0 x 0,81 m. Soffan är fylld med vanligt PU-skum, överdraget med polyolefin tyg. Massan är 51,5 kg.
- Y5.4/16: Soffan består av en stålram och mäter 0,65 x 1,8 x 0,76 m. Soffan är fylld med vanligt PU-skum, överdraget med 100 % akryl tyg. Massan är 8,2 kg.

Den befintliga soffan liknas bäst vid soffa Y5.4/21. Eftersom personalen har möjligheten att byta soffa, och ändra inredningen i personalrummet, undersöktes olika typer av soffor. En eventuell ny soffa förväntas finnas inom de valda soffornas intervall.

6.6.2 Resultat

Den maximala effektutvecklingen varierar kraftigt (1,5-3 MW) och brandförloppet varar olika länge i de tre fallen. Ventilationsförhållandena i brandrummet är avgörande för effektutvecklingen och har simulerats lika i de olika fallen. Brandrummet har i början varit helt slutet så när som på läckage genom fönster och dörr. När brandgaserna blir 350°C antas att fönstren går sönder och öppningar skapas. Detta sker efter cirka 3,5 minuter.

Skillnaden i effektutveckling ger här ingen större skillnad i maxtemperatur på brandgaserna, utan samtliga når cirka 400°C i personalrummet. En högre effektutveckling ger dock en längre tid med hög temperatur.

I korridorerna blir temperaturen i brandgaserna över 100°C vid alla tre typer av soffor. Brandgaslagret kommer att stabiliseras runt 1,5 meter. Kritiska förhållanden i korridoren uppstår efter tre till fem minuter på grund av brandgaslagrets höjd.

6.7 Sikt

Sikten beräknas genom handberäkning för soffornas rökpotential och röken antas spridas homogent på hela avdelningens 1048 m³. Redan då mindre än ett kilogram av sofforna har brunnit är sikten nedsatt till tio meter på hela avdelningen. Om hela soffan förbränns blir sikten mindre än en meter. Röken fördelas homogent i volymen eftersom temperaturen i röken är låg.

6.8 Detektion

Soffornas effektutveckling uppskattas ur Särdaqvists Initial Fires. Detektionstiden för den optiska rökdetektorn i brandrummet, simulerades i Detact T2. Till den tiden adderas förbrinntiden som i detta fall bedöms till 60 sekunder enligt rökpotentialdiagram i Initial Fires. Den totala detektionstiden blir 1,5-2,5 minuter för de simulerade bränderna.

6.9 Utrymning

Resultat från övningen ger en utrymningshastighet på 60 meter per min. Den tid det tar för personalen att förbereda patienterna för utrymning har också uppskattats med hjälp av övningen och är omkring 50 sekunder (se Kapitel 4). Med dessa ingångsvärden simulerades utrymningen i datorprogrammet ERM.

Simuleringarna visar tydligt att antalet personal tillgänglig för utrymning är en viktig faktor för utrymningstiden. Om personalstyrkan fördubblas kan utrymningstiden halveras. Nattetid kan en total utrymning genomföras på omkring 50 minuter och på morgonen endast femton minuter.

6.10 Sammanfattning

Detektion av branden sker av rökdetektorer på grund av rökutvecklingen och sker efter 1,5-2,5 minuter. Vid detta tillfälle har brandgaser ännu inte spridit sig till korridoren utanför brandrummet.

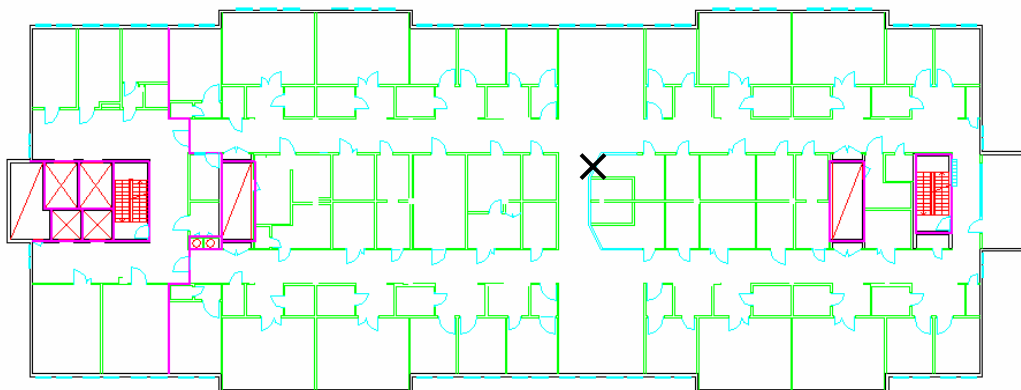
Vid en brand i personalrummet kommer troligtvis fönstren till korridoren att gå sönder efter cirka 3,5 minuter. Miljön i korridorerna kommer då att påverkas så mycket att utrymningen kraftigt kommer försvåras. Kritiska förhållanden uppstår i korridorerna efter två till fem minuter. Brandgaser med en temperatur på minst 100°C stabiliseras vid cirka 1,5 meter ovan golvet.

I de bränder som simulerats har personalen inte hunnit utrymma alla patienter innan kritiska förhållanden uppstår i korridorerna. Evakueringstiden varierar mellan ungefär 15-50 minuter beroende på bemanning.

7 SCENARIO: BRAND I KOPIATOR

7.1 Beskrivning

Utanför receptionsdelen som sammanbinder de båda korridorerna står en kopiator. I korridorerna och dagrummen några meter därifrån finns värmedetektorer och optiska rökdetektorer. Nära kopiatorn finns två handbrandsläckare med fem kilogram koldioxid i vardera.



Figur 6 – Skiss över avdelningen med brandscenariot i kopiatorn utmärkt.

7.2 Dimensionerande brand

I kopiatorn utanför dagrummet uppstår en kortslutning och den börjar brinna. En glödbrand med kraftig rökutveckling uppstår.



Bild 9 – Kopiatorns placering utanför receptionsdelen.

7.3 Motivering

Det finns risk för att kopian i korridoren orsakar en brand då tekniskt fel är den näst vanligaste (fjorton procent, se Tabell 3) brandorsaken i allmän byggnad¹⁰. I korridorerna finns inte mycket brännbart material, personalen är noggrann med att hålla dessa fria. Korridorerna är också så smala att en säng eller något annat som ger en större effektutveckling inte får plats där. Eftersom det inte finns någon möjlighet för personalen att avskilja kopian för att begränsa brandgasspridning i korridorerna förväntas båda korridorerna påverkas av branden. Branden i kopian förväntas upptäckas tidigt men personalens försök att släcka kopian med koldioxidsläckaren strax bredvid antas misslyckas. Detta antagande görs då en glödbrand i kopian blir svåråtkomlig med koldioxidsläckaren. Personalen kan direkt påbörja utrymning av vårdavdelningen. Två tidigare bränder orsakade av tekniska fel redovisas nedan:

Den 9 september 2004 drabbades sjukhuset i Orihuela i Spanien av en brand i källaren som sedan spred sig vidare i sjukhuset. Sammanlagt 160 personer evakuerades från sjukhusbyggnaden. Två patienters liv stod dock inte att rädda. Branden tros ha orsakats av ett tekniskt fel.

Sydkusten

I slutet av oktober 1998 startade en brand på Galeazzi sjukhuset i Milano, Italien. Branden startade i en tryckkammare till följd av en kortslutning. Tio patienter och en sjuksköterska miste livet.

BBC News

7.4 Frågeställningar

- Hur mycket rökutveckling sker från kopian?
- Efter hur lång tid sker detektion?
- Hur mycket påverkas utrymningsmöjligheterna vid denna brand?
- Hur mycket plastmaterial har förbränts och hur lång tid har gått då kritiska förhållanden uppstår?
- Kommer utrymningen att klaras av innan kritiska förhållanden uppstår?

7.5 Metod

För beräkning av brandförlopp och sikt används handberäkningsmodeller. Detektionen simuleras i Detact T2 och utrymningen simuleras i ERM. Alla beräkningar återfinns i Bilaga P.

¹⁰ Räddningstjänst i siffror, 2002

7.6 Brandförlopp

Kopiatorn består till stor del av plast och förväntas ge en låg tillväxthastighet och en låg effektutveckling¹¹ men en förhållandevis kraftig rökutveckling. På grund av den låga effekten simuleras inte denna brand i Argos. Eftersom temperaturen i brandgaserna blir låg och ingen skiktning sker blir tvåzonsmodellens giltighet då låg. Kopiatorns utsatta placering gör att denna höga rökutveckling försvårar utrymning väsentligt.

7.7 Sikt

Sikten beräknas genom handberäkning för olika plasters rökpotential och röken antas spridas homogent på hela avdelningens 980 m³.

Då omkring 100 gram plast förbränts är sikten i korridorerna nedsatt till endast 10 meter. Detta tar mellan 5,5-6 minuter. Skulle allt plastinnehåll i kopiatorn förbrännas blir sikten inte ens en decimeter.

7.8 Detektion

Tiden till detektion av branden har simulerats i datorprogrammet Detact T2.

Den förbestämda tillväxthastigheten slow används och branden detekteras efter ungefär fem minuter och 20 sekunder. Då bedöms den svårtillgängliga glödbranden svår att nå med effektiv släckning med hjälp av koldioxidsläckaren. Dock är det troligt att personalen eller någon annan upptäcker branden innan detektorn larmar på grund av kopiatorns placering. Denna detektionstid är mycket lång med tanke på den kraftiga rökutveckling som sker. En tidigare detektion av patienterna, besökande eller personalen är mer trolig.

7.9 Utrymning

Detta scenario kan jämföras med utrymning simulerat i tidigare scenarier med skillnaden att alla tre utgångar kan användas. Liksom i övriga scenarion används resultat från övningen för att bedöma utrymningshastigheten till 60 meter per minut. Den tid det tar för personalen att förbereda patienterna för utrymning är 50 sekunder. Utrymningstiderna har simulerats i ERM med varierande bemanning och möjliga utrymningsvägar enligt Bilaga D.

Utrymningen har simulerats för tre olika typer av personalstyrkor. Under nattetid kan en total utrymning genomföras på drygt 40 minuter och på morgonen ungefär femton minuter.

Enligt simulering i ERM kan tillgång till det mindre trapphuset som utrymningsväg förkorta den totala evakueringstiden med mer än sex minuter. Detta gäller då personalstyrkan är liten. Vid en större personalstyrka blir tillgången till det mindre trapphuset som utrymningsväg mindre betydelsefull.

¹¹ Fire performance of selected IT-equipment, 2004

7.10 Sammanfattning

Branden ger en långsam effektutveckling och låg maxeffekt. Däremot sker det en kraftig rökutveckling från plasten i kopian.

Simuleringen ger en långsam detektion. Detta beror på att tillväxthastigheten för branden är mycket långsam. Simuleringsmetoden och antagandena för att använda Detact T2 förutsätter att det blir en öppen flambrand vilket ger mindre sot än vid en glödbrand. I verkligheten skulle förmodligen detektion ske snabbare på grund av att det bildas stora sotpartiklar vid denna typ av brand. Stora sotpartiklar detekteras lättare av en optisk rökdetektor. Detektion och larmning kan antas ske snabbare av personalen än av detektorn.

Det krävs endast förbränning av 100 gram polystyrenplast för att efter 5,5-6 minuter ge kritiska förhållanden i korridoren. Liknande gäller även för tv-apparater. Därför är det viktigt att dessa inte är placerade så att hela avdelningen kan rökfyllas i händelse av brand.

En total utrymning av avdelningen tar mycket längre tid än till dess att kritiska förhållanden uppstår i korridorerna. Röken kommer att försämra möjligheterna att utrymma. Inget annat kriterium för kritiska förhållanden uppstår i denna brand. Personal och patienter kan klara sig bra genom att stänga dörrarna till patientrummen, öppna fönsterna och vädra in frisk luft.

8 BRANDSKYDDSVÄRDERING

8.1 Bakgrund

Håkan Frantzich vid avdelningen Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, har tagit fram en enkel metod för att värdera säkerheten på en sjukhusavdelning¹². Metoden kan användas som ett komplement vid en tillsyn, som en checklista vid nybyggnation eller för att jämföra betydelsen av olika faktorer ur brandsäkerhetssynpunkt. Den övergripande målsättningen i Brandskyddsvärdering av vårdavdelningar (BSV-vård) är att vara ett verktyg för att bestämma om avdelningen har tillfredsställande brandsäkerhet.

8.2 Metod

Metoden bygger på att 26 olika komponenter, som alla påverkar brandsäkerheten på en sjukhusavdelning, ansatts med olika vikter. Ju större inverkan de har på brandsäkerheten, desto högre vikt har de tilldelats. Därefter graderas dessa komponenter på just den avdelning man önskar undersöka. Genom att beräkna produkterna av gradering och vikt för samtliga komponenter, och därefter addera dessa, erhålls slutligen ett så kallat brandskyddsindex (BSI). Ett BSI över ca 2,8 indikerar en tillfredsställande säkerhet. Det befintliga brandskyddets BSI bestäms först och därefter beräknas ett nytt BSI med hänsyn till de åtgärder som föreslagits.

8.3 Gradering av komponenterna

Se Bilaga J respektive Bilaga K.

8.4 Resultat

Befintligt brandskyddsindexet beräknades med hjälp av tabell (se Bilaga J) och blev 2,6. Föreslagna åtgärder ger ett Brandskyddsindex med värdet 3,8 (Bilaga K).

8.5 Slutsatser

Värdet på befintligt brandskyddsindex ligger alltså under detta godtyckliga gränsvärde och det är därmed osäkert huruvida Ortopedavdelningens brandsäkerhet kan klassas som godkänd. Det bör dock påpekas att värdet 2,8 endast ger en fingervisning, då ett antal komponenter skattas subjektivt och alltså baseras på tolkning hos själva testledaren. Genomförs de åtgärder rapporten föreslår erhålls alltså ett BSI som ligger klart över den gräns som satts som miniminivå.

¹² Brandskyddsvärdering av vårdavdelningar, 2000

9 SLUTSATSER

9.1 Sammanfattning

Som avdelningen ser ut idag uppfylls inte kravet enligt BBR 5:531, att utrymning ska kunna ske innan kritiska förhållanden uppstår. Tabellen nedan sammanfattar för varje scenario; tid till kritiska förhållanden samt tid för utrymning som simulerats i ERM. Den del av korridoren som anges nedan är den del som simulerats i Argos (se Bilaga N och O). Hela avdelningens tid till kritiska förhållanden har handberäknats (Bilaga E - Sikt).

	Tid till kritiska förhållanden		Tid för utrymning		
	Del av korridor	Hela avdelningen	Morgon	Kväll	Natt
Patientrum	7 minuter	16 minuter	17 min	29 min	56 min
Personalrum	3 minuter	-	14 min	24 min	48 min
Kopiator	-	6 minuter	14 min	24 min	48 min

Tabell 5 – Sammanfattning av tid till kritiska förhållanden samt tid för utrymning

De scenarion som har undersökts i denna rapport har genom datorsimuleringar och beräkningar visat sig kunna bli ödesdigra. Vid samtliga fall tar utrymningen mycket längre tid än den tid det tar till dess att kritiska förhållanden uppstår i korridorerna. Även övningen som genomfördes visade på att såväl utrymning som räddningstjänstsinsats inte kan slutföras innan förhållandena har blivit kritiska. Detta är oacceptabelt och åtgärder mot detta måste vidtagas. Åtgärderna skall syfta till att tid till dess att kritiska förhållanden uppstår förlängs, samt att minska tiden för utrymning av avdelningen. Tiden till kritiska förhållanden uppstår på hela avdelningen skall vara längre än tid för utrymning, oavsett tid på dygnet.

9.2 Diskussion

Anledningen till att kritiska förhållanden uppstår i scenariot brand i patientrum (Kapitel 6) är att dörren öppnas mot korridoren. Om dörren hålls stängd och är tät uppstår inte kritiska förhållanden.

Kritiska förhållanden i scenariot brand i personalrum (Kapitel 6) samt brand i kopiator (Kapitel 7) uppstår på grund av att branden inte kan inneslutas. Genom att flytta brännbara föremål och byggnadstekniskt möjliggöra avskiljning av rummen kan uppkomst av kritiska förhållanden undvikas på avdelningen.

Möjligheten att utrymma via det mindre trapphuset har inte tagits i beaktande i tabellen ovan eftersom detta inte står med i avdelningens utrymningsrutiner. Att evakuera patienter via det mindre trapphuset minskar dock den totala tiden för utrymning i de fall det är möjligt. Genom sektionering av avdelningen kan evakueringsavstånden kortas ned och därmed minska den totala evakueringstiden ytterligare.

Ytterligare åtgärder för att minska risken för att kritiska förhållanden uppstår samt minska tiden för utrymning kan genomföras. Förslag på sådana åtgärder ges i nästa kapitel.

9.3 Åtgärdernas giltighet

Avdelningen har idag ett lågt brandskyddsindex (se Bilaga J), detta tyder på att den sammanlagda brandsäkerheten på avdelningen är undermålig. Ett fiktivt nytt brandskyddsindex har beräknats med hänsyn till att föreslagna åtgärder (se Kapitel 10) genomförs. Beräkning av ett nytt brandskyddsindex genomförs för att visa på att åtgärderna verkligen höjer skyddsnivån med avseende på brand- och utrymningssäkerhet (för beräkning av nytt BSI efter åtgärder se Bilaga K).

För att undersöka huruvida en sektionering av avdelningen innebär att säker evakuering av patienter tryggas studeras scenariot med brand i patientrum (se Kapitel 5). Den föreslagna sektioneringen innebär att den sammanhängande korridorlängden blir kortare och den volym till vilken brandgaser kan sprida sig blir mindre (se sektionering, Kapitel 10). I fallet med en brand i ett patientrum leder detta till att kritiska förhållanden i korridoren utanför brandrummet uppstår fortare om den är uppdelad än om den är i befintligt skick. Tidigare i rapporten har metodiken att väga tiden för kritiska förhållanden mot tiden för utrymning använts. I undersökandet av sektioneringens lämplighet innebär detta att den kortare tiden tills att kritiska förhållanden uppstår i korridoren måste kompenseras med en väsentligt minskad evakueringstid.

Simuleringar i Argos visar att tiden tills att kritiska förhållanden uppstår minskar obetydligt (se Bilaga Q). En större skillnad ses i förloppet efter att kritiska förhållanden har uppstått. I fallet med en sektionerad korridor sjunker brandgaslagret ända ned till golvet medans brandgaslagret i det osektionerade fallet stabiliseras på drygt 1,5 meter. Evakuering av korridordelen tar enligt simuleringar mellan fem och femton minuter beroende på vilken personalstyrka som finns till hands. Detta innebär att enbart sektioneringen inte är en garanti för att utrymning kan genomföras innan kritiska förhållanden uppstår. I det fall som undersökt är det personalens agerande med avseende på att innesluta branden som är avgörande för om evakuering kan genomföras säkert. Vidare visar denna undersökning att skillnaden mellan stor och liten personalstyrka är en kritisk punkt vilket pekar på behovet av förstärkningar från andra avdelningar vid brand. Slutligen visar undersökningen att en sektionering av avdelningen innebär större möjligheter till evakuering innan kritiska förhållanden uppstår.

10 ÅTGÄRDER

10.1 Åtgärder som skall genomföras

För att höja avdelningens säkerhetsnivå med avseende på brand och utrymning föreslås ett antal åtgärder. Nedan listas de åtgärder som *skall* åtgärdas.

10.1.1 Sektionering

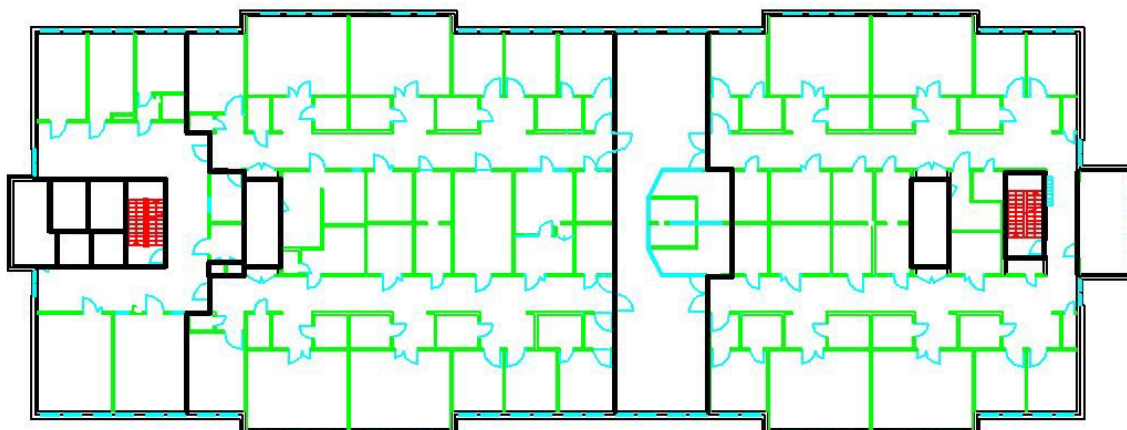
Avdelningen skall sektioneras på grund av i huvudsak tre orsaker:

I dagsläget finns ingen luftsluss till hissfoajén vilket, om korridorerna är rökfyllda, kommer att medföra att brandgaser strömmar in i foajén varje gång den avgränsande dörren öppnas. Vid en evakuering av avdelningens alla patienter kommer den dörren öppnas minst lika många gånger som antalet patienter som finns inlagda den dagen. En sektionering av avdelningen skulle kunna innebära att en luftsluss skapas mot hissfoajén.

Den sträcka som personalen måste evakuera patienterna kan idag vara så lång som 60 meter. Genomförd övning visar att det tar lång tid och sliter hårt på personalen att evakuera patienter denna sträcka. En sektionering av avdelningen skulle generellt sett innebära ett kortare evakueringsavstånd.

Möbler och teknisk utrustning i personalrum och dagrum samt i andra utrymmen öppna mot korridorerna, kan vid en brand sprida brandgaser till hela avdelningen (jämför med scenario brand i kopiator). En sektionering av avdelningen skulle förhindra detta.

Sektioneringen av avdelningen bör ske på båda sidor av dagrummen enligt skissen nedan. Beslut om att föreslå en sektionering på detta vis har baserats på att de genomgående personalrum som är belägna i avdelningens mittparti inte skall behöva delas av. Även personalrummet skall avskiljas enligt skissen nedan.



Figur 7 - Skiss över brandcellsgränser efter sektionering

Dörrarna i den nya sektioneringen kring dagrummen skall vara i minst klass EI30 och vara försedda med automatisk dörrstängare. Då dörrarna i detta fall kan stå öppna i normalfallet kommer de inte att utgöra ett hinder i det dagliga arbetet. I skissen ovan öppnas dörrarna på ena sidan dagrummet åt olika håll och på andra sidan dagrummet öppnas de åt samma håll. Olika alternativ kan väljas men viktigt att betänka vid detta val är att utrymning genom dörrarna kan komma att ske från båda håll samt att öppna dörrar inte hindrar andra dörrar från att öppnas. Det bästa alternativet vore att dörrarna till dagrummen går att öppna åt båda hållen samt att de är lätta att öppna.

En sektionering skulle innebära att en sängutrymning till övriga avdelningen blir möjlig då sängarna får plats där. Då det är oklart om sängarna får plats i hissfoajén möjliggör en sektionering sängutrymning då sängarna kan rymmas på den övriga avdelningen som inte är utsatt för brand.

Dörren i den nya brandcellsgränsen mellan personalrummet och korridoren skall även den vara i minst klass EI30.

10.1.2 Förbättringar av sjukhusets automatiska brandlarm samt rutiner kring detta

I dagsläget larmas hela byggnaden vid ett utrymningslarm. Detta leder till att det i dagsläget finns risk att samtliga avdelningar påbörjar utrymning, eller att larmet inte tas på allvar. Det bör istället utformas så att det tydligt framgå vilken avdelning larmet kommer ifrån, vilket också skulle möjliggöra för personalförstärkningar från andra avdelningar. Speciellt nattetid är Ortopedavdelningen ordentligt underbemannad i händelse av brand. Trapphus och hissfoajéer skulle då inte heller fyllas med patienter som inte svävar i direkt fara.

I samband med att brandlarmssystemet omarbetas, bör varje avdelning få en tablå över avdelningens detektorer för att möjliggöra att personalen snabbare kan lokalisera branden.

Kontroll av systemet bör utföras externt enligt RUS-regler eller motsvarande, vilket även bidrar till ett högre brandskyddsindex.

10.1.3 Rutiner vid brandlarm

Vid genomförd övning uppdagades brister i avdelningens rutiner vid brandlarm. Rutinerna skall kompletteras med följande:

- Personalen ska vid evakuering i största möjliga mån jobba två och två.
- Rutin för att säkerställa att räddningstjänsten vid ankomst får det korrekta antalet evakuerade patienter och antal patienter kvar på avdelningen.
- De patienter som svävar i omedelbar fara bör dras ut på sina sängar. Sängarna får däremot inte användas genomgående under en evakuering. Varje säng som ställs i hissfoajén eller vid trapphuset intill personalrummet kommer att stå kvar under hela utrymningsförloppet och hindra både fortsatt utrymning och räddningstjänstens insats. Det skall också påpekas att det inte går att förlita sig på att patienter på sängar kan evakueras från hissfoajén med hjälp av hissar.
- Ändra rutinen att avdelningens personal skall möta räddningstjänsten vid entrén, då denna rutin ytterligare minskar personalstyrkan vid utrymningen. Räddningstjänsten bör istället mötas av till exempel personal från receptionen. Mötet med personal från Ortopedavdelningen bör ske först i foajén utanför avdelningen.

10.1.4 Flytta och ta bort föremål

Innan en sektionering av avdelningen är genomförd skall det tillses att personalrum, dagrum och andra utrymmen som inte kan stängas mot korridorerna, inte innehåller möbler eller utrustning som riskerar att sprida brandgaser till hela avdelningen. Det har vid objektsbesöken uppmärksammats att bland annat en kopianator och ett kylskåp finns placerade i korridorerna. Dessa innebär en risk för att en brand kommer att ge kritiska förhållanden i korridorerna som utgör utrymningsväg. Samma regler angående flamskydd och brandsäkerhet, skall gälla för möbler i dag- och personalrum som för övriga möbler på avdelningen (jämför med de scenarion i denna rapport som behandlar brand i soffa och brand i kopianator).

10.1.5 Täthet på dörrar till patientrum

Tätheten på dörrarna till patientrummen är av stor betydelse för hur en brand i dessa rum påverkar förhållandena i korridoren. I förlängningen är det dörrarnas täthet man förlitar sig på då man stänger in branden, vilket rutinerna föreskriver. Dörrarnas täthet, då dessa är stängda, skall kontrolleras med jämna mellanrum. Alla dörrar skall ha en brandteknisk klassning på minst E30 vilket kräver att vissa befintliga dörrar byts ut.

10.1.6 Evakuering genom det mindre trapphuset

Möjligheten att evakuera patienter genom det mindre trapphuset skall ses över. Rent tekniskt, med avseende på personalens fysiska styrka, är det möjligt men i dagsläget är dörrarna till avdelningarna på lägre plan låsta. Om det kan tillses att dörrarna till andra plan alltid kan öppnas från trapphuset, kan detta trapphus användas för begränsad evakuering. Evakuering genom trapphuset måste i detta fall tas upp i rutinerna och övas.

10.1.7 Räddningstjänsten

Räddningstjänsten skall upprätta en insatsplan och verka för att denna övas in väl.

10.1.8 Övning

Enligt utdelad enkät är personalen i hög grad osäker på om de kan hantera en brand- och utrymningssituation. Övningar med momenten lokalisera brand, släckinsats och evakuering skall genomföras regelbundet. Övningarna skall läggas så att ny personal får genomföra övning tätt inpå att de påbörjat sitt arbete på avdelningen. En diskussion i ett lämpligt forum om eventuella tillbud, övningar, förbättringsmöjligheter och motsvarande skall hållas, exempelvis månadsvis.

Förslag för att höja avdelningens brandskyddsindex är att övning genomförs varje år i extern regi.

10.1.9 Draperi i korridor

I dagsläget sitter ett draperi i den ena korridoren för att avskilja Ortopedavdelningens lokaler från de lokaler som används till annan verksamhet. Detta draperi skymmer utrymningsvägen och skall tas bort.

10.2 Åtgärder som bör genomföras

Följande åtgärder bör genomföras i den mån det är möjligt då de förbättrar brandskyddet på avdelningen.

10.2.1 Sprinklersystem

Ett sprinklersystem skulle i de flesta fall effektivt dämpa en brand och mildra brandens påverkan på avdelningen. Alternativet att installera en sprinkleranläggning på avdelningen har ej undersökts då det har bedömts att enbart sektionering är ett billigare och enklare alternativ. Genomförande av enbart sektionering innebär inte att säker utrymning på avdelningen garanteras (se Kapitel 9). Ett sprinklersystem är också den enda åtgärden som kan innebära bättre förhållanden för patienter som befinner sig i brandrummet. Ett sprinklersystem skulle vidare höja avdelningens Brandskyddsindex betydligt. En installation av sprinkleranläggning bör av dessa anledningar undersökas närmare.

10.2.2 Dörr till foajé

Dörrarnas lås bör kompletteras så att dessa öppnas omedelbart då det automatiska brandlarmet aktiveras. Detta för att underlätta räddningstjänstens samt övrig personals ankomst.

10.2.3 Nya madrasser

Vid genomförd övning prövades en ny typ av madrass med handtag för evakuering påsydda. Förberedelse tiden inför evakuering blev i de flesta fall kortare med dessa madrasser. Avdelningen bör byta ut de gamla madrasser som kräver brandlakan mot madrasser av denna nyare typ.

10.2.4 Anordningar för att förhindra brandgasspridning via ventilation

Brandspjäll eller andra anordningar bör installeras för att förhindra brandgasspridning via ventilationen. Brandspjäll och tilläggsisolering av rör kommer också att krävas vid en sektionering av avdelningen. Rutinen att all ventilation stängs av i samband med larm bör ses över.

10.2.5 Kompletterande handbrandsläckare

Idag finns handburna koldioxidsläckare placerade i de två dagrummen. Dessa släckare är inte optimala mot en eventuell brand i trä eller fibrösa material, utan bör kompletteras med handbrandsläckare som klarar dessa bränder. Skumsläckare bör i detta fall väljas eftersom de ger mindre nedsmutsning vid användning än pulversläckare. Utbildning om i vilka fall de olika brandsläckarna ska användas skall hållas om nya brandsläckare införskaffas.

10.2.6 Utökad brandcellsindelning

Utökad brandcellsindelning gällande alla patientrum bör ske för att ytterligare säkerställa möjlighet till att stänga in en eventuell brand. Väggar, tak och ventilation bör klara EI60.

10.2.7 Rutin för tätning

Dokumenterade rutiner för tätning i både bjälklag och vägg i brandcellsgräns bör upprättas. Detta bidrar även till att öka brandskyddsindexet.

11 KÄLLFÖRTECKNING

- Arbetskyddstyrelsens Författningssamling 1995:1, Rök- och kemdykning*, Stockholm, 1995
- Beskrivning av ERM Escape and Rescue Model (användarmanual på svenska)*
- Boverkets Byggregler, BBR. BFS 1993:57 med ändringar till och med 2002:19*. Boverket, Karlskrona, 2002.
- Brandskyddsorganisation för Blekingesjukhusets*, 2000
- Instruktion för brandskyddsombud*, 1998
- Räddningstjänst i siffror 2002*, Räddningsverket, Karlstad, 2003
- Alvord, D. M. *Status Report on the Escape and rescue model*, 1985
- Cooper et al. *An experimental study of upper hot layer stratification in fullscale multiroom fire scenarios*, Journal of heat transfer 104, Gaithersburg, 1982
- DiNenno, Philip J, *SFPE Handbook of fire protection engineering 2nd Edition*, USA, 1995.
- Drysdale, Dougal. *An Introduction to Fire Dynamics. Second Edition*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2002
- Frantzich, Håkan. *Brandskyddsvärdering av vårdanläggning*. Räddningsverket, Karlstad, 2000.
- Husted, Bjarne. *Argos Theory Manual*, Hvidovre, 2003
- Jensen, Lars. *Brandgasspridning via ventilationsystem*. Institutionen för byggnadskonstruktionslära, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 1998.
- Jönsson, Robert et al. *Brandskyddsbandboken*. Rapport 3117. Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2002.
- Karlsson, Björn, James G. Quintiere. *Enclosure Fire Dynamics*. CRC Press LLC, Boca Raton, 2000.
- Lundin, Johan. *Model Uncertainty in Fire Safety Engineering*, Brandteknik LTH, Lund, 1999
- Malmsten et al. *Rök- och kemdykning*, Svenska Brandförsvarsföreningen, Stockholm, 1997
- Mulholland, George W. *Smoke production and properties NFPA*, Quincy MA, 1995
- Simonson, Margeret et al. *Fire performace of selected IT-equipment*, USA, 2004

Särdqvist, Stefan. *Initial Fires. RHR, Smoke production and CO Generation from Single Items and Room Fire Tests*. Report 3070. Institutionen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 1993.

Särdqvist, Stefan. *Vatten och andra släckmedel*. Räddningsverket, Karlstad, 2002.

Elektroniska källor:

Aftonbladet 8 Januari 1999

<http://www.aftonbladet.se/nyheter/9901/08/brand.html>

www.aftonbladet.se

Sydkusten 10 september 2004

<http://www1.sydkusten.se/showArchiveArticle.php?articleId=5167>

www1.sydkusten.se

Svenska dagbladet 25 september 2004

http://www.svd.se/dynamiskt/inrikes/did_8189122.asp

www.svd.se

BBC News 31 oktober 1998

<http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/19452.stm>

<http://news.bbc.co.uk>

BILAGA A – Teori om Tvåzonssimulering i Argos

Datorprogrammet Argos arbetar efter den så kallade tvåzonsmodellen. Argos använder sig av McCaffrey's plymmodell (se Bilaga E). Med utgångspunkt från inlagd rumsgeometri, öppningar mellan rum och till omgivning, brandkälla och omslutande ytors material simulerar Argos ett brandförlopp i ett rum och eventuell brandgasspridning till ytterligare rum. Ur simuleringen kan, som funktion av tiden och för olika rum, bland annat utläsas; temperatur, brandgaslagrets höjd över golvet och strålningsnivå. Denna information är av stor betydelse då den är dimensionerande för tiden tills kritiska förhållanden uppstår.

Begränsning

För att möjliggöra simulering av brandförlopp gör Argos ett antal, mer eller mindre giltiga, förenklingar av verkligheten. Att programmet bygger på en tvåzonsmodell innebär att det delar upp varje rum i en eller två kontrollvolym. En zon med kall luft och möjligtvis en zon med varma luftuppblandade brandgaser.¹³ Båda zonerna anses homogena med avseende på temperatur och brandgaskoncentration. Vidare förenklar Argos branden till att endast vara en punktkälla som producerar massa och energi. Brandplymens volym försummas och likaså transporttiderna av brandgaser i vertikal och i horisontell led i plymen.

Förenklingarna leder till begränsningar av giltigheten för vissa typer av simuleringar. Om övertändning sker är tvåzonsförenklingen inte giltig, eftersom det då råder omblandade förhållande i brandrummet. Dessutom förekommer ofta stickflammar till angränsande rum efter övertändning och dessa kan programmet inte simulera.¹⁴ Förenklingen med homogena zoner är även mindre giltig i de fall då brandgaser sprids långt från brandhärden. Transportsträckor bidrar till att kyla brandgaserna och leder till att temperatur- och således densitetsskillnaden mellan de båda zonerna blir mindre och att heterogena zoner istället bildas. Långt från branden är tvåzonsförenklingen därmed mindre giltig.

Giltighet

I småskaliga försök uppnås god överrensstämmelse mellan Argos och verkligheten.¹⁵ I allmänhet tenderar tvåzonsmodeller att överskatta temperaturen och underskatta brandgaslagrets höjd.¹⁶ Att den fria höjden överskattas leder till en ickekonservativ bedömning ur bland annat utrymningsynpunkt.

¹³ Argos Theory Manual, 2003

¹⁴ Enclosure Fire Dynamics, 1999

¹⁵ Journal of heat transfer 104, 1982

¹⁶ Model Uncertainty in Fire Safety Engineering, 1999

BILAGA B – Teori om Detact T2

Detact T2 är ett datorprogram som används för simulering av tid till detektion för värmedetektorer. Programmet tar hänsyn till rumshöjden, avståndet mellan detektorerna, rumstemperaturen, detektionstemperatur, tillväxthastighet hos branden samt RTI-värdet (Response Time Index, värmeelementets värmekänslighet).

Tillväxthastigheten för branden anges vilket påverkar brandflödet som i sin tur påverkar transporttiden. De standardiserade tillväxthastigheterna slow, medium, fast och ultrafast finns inprogrammerade samt att det finns en möjlighet att ange en egen hastighet genom ett α -värde till en αt^2 -brand.

Programmet grundar sig på teorin om takstrålar (se Bilaga E). Detact T2 beräknar en plym från branden till taket och därefter en så kallad takstråle till detektorn. Temperaturen i denna takstråle beräknas och jämförs med hjälp av RTI, som alltså ger en fördröjning, med temperaturen på detektorns värmeelement.

Detektionstemperaturen anges antingen som en maximal temperatur eller som en differential temperatur, alltså en viss höjning per tidsenhet.

En rökdetektors detektionstid kan approximeras med att RTI sätts till 1,0 som motsvarar en mycket snabb responstid. Temperaturen för detektion anges med hjälp av maxtemperaturfunktionen till 15°C^{17} över rumstemperaturen, vilket i denna rapport motsvarar 35°C .

¹⁷ SFPE-handboken, kapitel 4-19, 1995

BILAGA C – Utrymningsteori

Vid analytisk bedömning av utrymningstiden används en modell som beskriver förloppet i tre faser, som sinsemellan kräver olika lång tid:

- Varseblivning
- Beslut och reaktion
- Förflyttning

Summan av tiderna för varseblivning, beslut och reaktion samt förflyttning skall, i de delar av byggnaden som omfattas av beräkningen, vara kortare än tiden till dess att kritiska förhållanden inträffar. Det är dock lämpligt att begränsa de avstånd som människorna skall förflytta sig även om beräkningar visar att den totala tiden för utrymning ligger inom gränsen för kritiska förhållanden. Anledningen är att modellen inte tar hänsyn till den upplevelse personerna utsätts för och till den ökade oron långa gångavstånd kan medföra.¹⁸

Kritiska förhållanden

Dimensionering av utrymnings säkerheten skall syfta till förhållandena vid brand i en byggnad, inte får överskrida gränsvärden för kritiska förhållanden inom den tid som behövs för utrymning. Med utgångspunkt ifrån Boverkets Byggregler har Brandskyddshandboken definierat kritiska förhållanden enligt följande parametrar:

- Brandgaslagrets höjd får lägst sjunka till $1,6 + 0,1 \times H$ meter ovanför golvet (H är rumshöjden)
- Personer i lokalen får utsättas för en kortvarig strålningsintensitet på högst 10 kW/m^2 , en maximal strålningsenergi på 60 kW/m^2 utöver en strålning på 1 kW/m^2 . Långvarig strålning får inte överskrida $2,5 \text{ kW/m}^2$.
- Lufttemperaturen i lokalen får inte överstiga $80 \text{ }^\circ\text{C}$.
- En siktbarhet på minst fem meter i brandrummet och minst tio meter i utrymningsvägar.
- Toxicitet med avseende på kolmonoxid-, koldioxid- och syrenivåer.

För toxiciteten gäller följande gränsvärde:

- $\text{CO} < 2000 \text{ ppm}$
- $\text{CO}_2 < \text{fem procent}$
- $\text{O}_2 > \text{femton procent}$

Begreppet kritiska förhållanden behöver inte innebära förhållanden som innebär risk att förolyckas på grund av branden. Istället innebär kritiska förhållanden att utrymning inte längre kan ske under acceptabla förhållanden.

¹⁸ Brandskyddshandboken, 2002

Varseblivning

Den första fasen, varseblivning, beskriver den tid det tar för personen att upptäcka att något onormalt inträffat. Tiden beror bland annat på om personen ser branden eller inte, om det finns ett automatiskt brandlarm installerat, vilken relation de som vistas i byggnaden har till varandra, hur överblickbarheten är och så vidare.¹⁹ Varseblivningstiden kan variera från några få sekunder vid en synlig brand till flera minuter för bränder i dolda utrymmen.

Beslut och reaktion

Besluts- och reaktionstiden inbegriper den extra tid det tar innan personen påbörjar förflyttning mot utgången. Denna tid är ofta mycket längre än de två andra, varseblivnings- och evakueringstid. Tiden kan dock minskas kraftigt genom att exempelvis installera ett utrymningslarm som tydligt hjälper till att fatta beslut, ofta är ett talande meddelanden effektivt. Det finns även byggnadstekniska lösningar som kan minska besluts- och reaktionstiden. Placering av utrymningsväg som är intuitivt lätt att hitta, tillräcklig belysning och synliga utrymningsskyltar är exempel på sådana lösningar. För att ytterligare korta besluts- och reaktionstiden, vid exempelvis vårdanläggningar, hotell och affärer är utbildning och övning med personal viktig att genomföra.

Förflyttning

Förflyttningstiden beror på hur personerna är fördelade i lokalen, personernas hjälpbehov, förmåga att förflytta sig och dylikt. Dessutom påverkas gånghastigheten av yttre faktorer som belysning, utrymningsvägarnas framkomlighet och skyltning. Förflyttningstiden kan beräknas genom handberäkning med enkla formler eller simuleras med datormodeller. De vanligaste handberäkningformlerna som används är:

$$t_{\text{gång}} = \frac{L}{v}; t_{\text{dörr}} = \frac{N}{Bf}$$

$$t_{\text{förf.}} = t_{\text{gång}} + t_{\text{dörr}}$$

L = avståndet till utgången (m)

v = personens aktuella gånghastighet (m/s)

N = antalet personer som ska passera en dörr

B = dörrens bredd (m)

f = det dimensionerande personflödet genom dörren

Förflyttningstiden består av den längsta tid det tar att gå till utrymningsvägen, $t_{\text{gång}}$, och den tid det tar att passera ut genom dörren, $t_{\text{dörr}}$. Det som i flera fall är styrande för en lokals evakueringstid är köbildningen vid dörrar och andra trånga passager. Dimensioneringen av utrymningsvägarnas bredd skall grundas på det maximala antalet personer som kan förväntas befinna sig i lokalen. Vid all analytisk dimensionering måste en noggrann känslighetsanalys utföras oavsett om beräkningarna sker för hand eller med hjälp av datorsimulering.

¹⁹ Brandskyddshandboken, 2002

BILAGA D – ERM simulering

Teori

På ett sjukhus med sängbundna patienter kommer tillgången på behjälplig personal och deras prioriteringar, patienternas hjälpbehov och svårigheter vid eventuella trappor ansenligt påverka utrymningstiden. För att kunna simulera dessa faktorer och ta fram en tid för evakuering av samtliga patienter har Emergency and Rescue Model, ERM, använts. Programmet ERM har funnits och använts sedan 1985.

ERM fungerar så att byggnaden, här avdelningen, beskrivs med hjälp av noder som binds ihop av raka linjer. Varje nod står för en del av vägen ut genom utrymningsvägen, det vill säga vägen genom rum och dörrar till korridorer och vidare ut genom en dörr eller öppning till en definierad trygg plats. På dessa noder placeras personal och patienter ut. Om programmet har flera alternativ för att flytta en person mellan två noder väljer programmet alltid den kortaste vägen.

I programmet finns möjligheten att välja femton olika patienttyper beroende på deras gånghastighet samt hjälpbehov. Hjälpbehovet kan varieras från inget hjälpbehov till att patienten är beroende av två vårdare under hela evakueringen. Patienterna prioriteras också efter i vilken ordning personalen ska assistera respektive patient.

Efter simulering fås resultat i form av en förteckning över hur personalen rört sig under utrymningsförloppet, vilka patienter de hjälpt samt tidpunkter för dessa händelser. Den sammanlagda tiden för evakuering blir tiden tills personal och patienter befinner sig på definierat trygga platser.

Begränsningar

ERM klarar som mest av att simulera en personalstyrka på femton vårdare samt 75 patienter och 125 noder. 125 noder motsvarar ungefär 50 rum.²⁰ Eftersom rum och utrymningsvägar förenklas till raka linjer kan programmet inte ta hänsyn till dörr- eller korridorbredder eller motsvarande. Programmet kommer därför att underskatta tiden till evakuering då det i verkligheten skulle kunna uppkomma flaskhalseffekter vid trånga passager. Eftersom patienter vid utrymning av vårdavdelningar släpas på sina madrasser är utrymning av dessa i vissa fall känsligare än normal utrymning för smala passager.

Vidare tar programmet ingen hänsyn till att personal och patienter påverkas av brand och brandgaser. Även detta leder till att programmet underskattar evakueringstiden.

Eftersom utrymningar av vårdavdelningar ibland kan dra ut på tiden, är det troligt att personalen blir uttröttad och får en lägre förflyttningshastighet både vid assistans av patient och vid förflyttning på egen hand. Detta försummas av programmet.

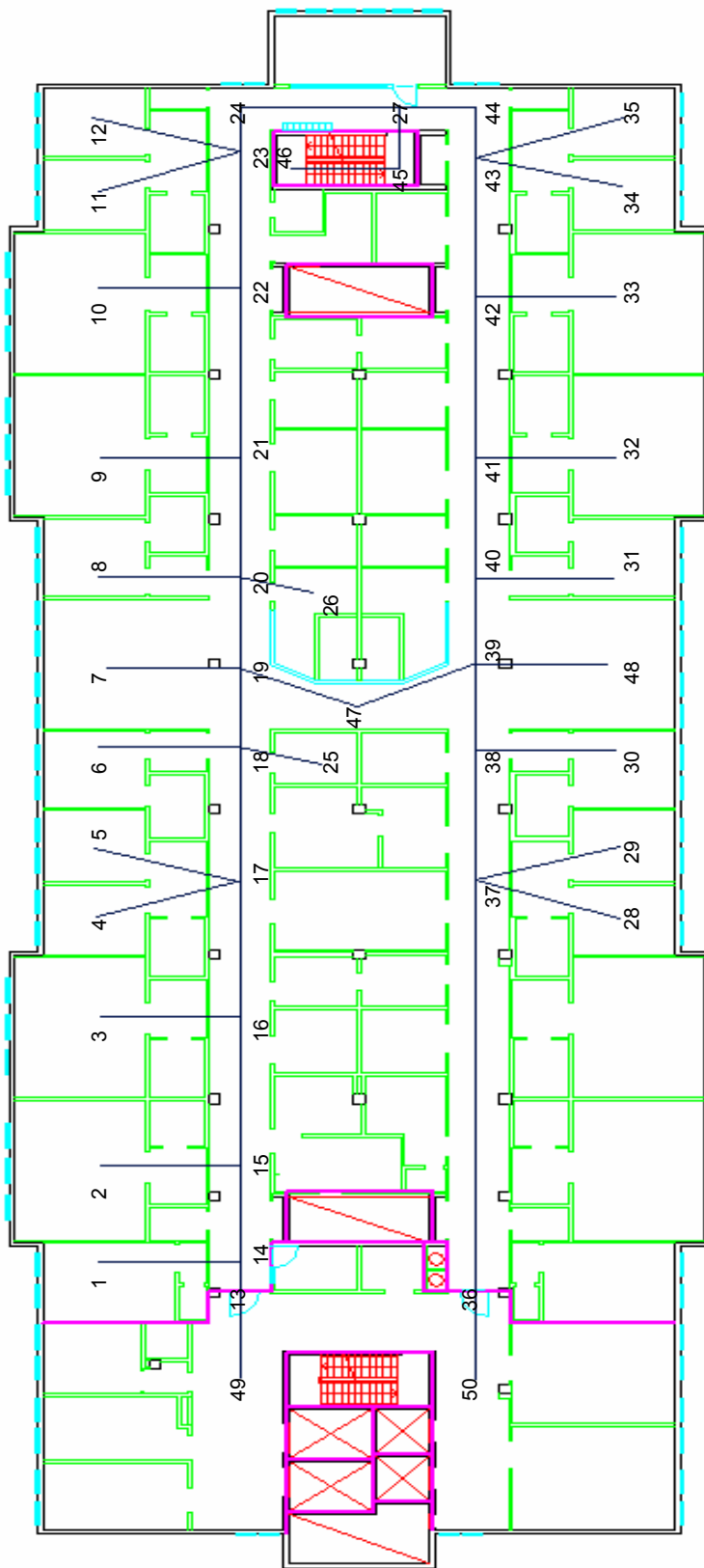
²⁰ Status Report on the Escape and rescue model, 1985

Jämförelse med utrymningsövning

Vid övningen framkom att utrymningshastigheten var ungefär 60 meter per minut. Den förberedelsetid som krävs visade sig vara ungefär 50 sekunder. Dessa två värden har använts vid samtliga utrymningssimuleringar i ERM.

Personalen är själva osäkra om dessa tider är representativa. (se intervjusvar Kapitel 4). Vid en verklig brand kan tiderna bli kortare på grund av adrenalintillskott, de kan också bli längre på grund av de förhållanden som branden ger upphov till.

Nodkarta



Indata

Nedan följer ett exempel på indata för ERM-simulering. Vid denna simulering har sex vårdare och samtliga utrymningsvägar funnits tillgängliga.

FACILITY NAME IS ORTOPEDAVDELNINGEN
MALL GENERAL INFORMATION FOR THE RUN.

1.0 0 0 0

11 33 50 30 10 0

STAFF INFORMATION

1 7 30

2 7 30

3 25 30

4 26 30

5 48 30

6 48 30

RESIDENT INFORMATION

1 1 30B 33 60 0

2 2 30B 32 60 0

3 2 30B 31 60 0

4 2 30B 30 60 0

5 2 30B 29 60 0

6 3 30B 28 60 0

7 3 30B 27 60 0

8 4 30B 25 60 0

9 5 30B 23 60 0

10 6 30B 21 60 0

11 8 30B 19 60 0

12 9 30B 16 60 0

13 9 30B 15 60 0

14 9 30B 14 60 0

15 9 30B 13 60 0

16 10 30B 8 60 0

17 10 30B 7 60 0

18 10 30B 6 60 0

19 10 30B 5 60 0

20 11 30B 3 60 0

21 12 30B 1 60 0

22 28 30B 26 60 0

23 29 30B 24 60 0

24 30 30B 22 60 0

25 31 30B 20 60 0

26 32 30B 18 60 0

27 32 30B 17 60 0

28 33 30B 9 60 0

29 33 30B 10 60 0

30 33 30B 11 60 0

31 33 30B 12 60 0

32 34 30B 4 60 0

33 35 30B 2 60 0

NODE INFORMATION

1 ROOM 5 20 0 1 14

2 ROOM 19 20 0 1 15

3 ROOM 45 20 0 1 16

4 ROOM 61 20 0 1 17

5 ROOM 72 20 0 1 17

6 ROOM 88 20 0 1 18

7 ROOM 102 20 0 1 19

8 ROOM 119 20 0 1 20

9 ROOM 135 20 0 1 21

10 ROOM 163 20 0 1 22

11 ROOM 179 20 0 1 23

12 ROOM 190 20 0 1 23

13 DOOR 0 0 0 2 14 49

14 CORR 5 0 0 3 1 13 15

15 CORR 19 0 0 3 2 14 16

16 CORR 45 0 0 3 3 15 17

17 CORR 67 0 0 4 4 5 16 18

18 CORR 88 0 0 4 6 17 19 25

19 CORR 102 0 0 4 7 18 20 47

20 CORR 117 0 0 4 8 19 21 26

21 CORR 135 0 0 3 9 20 22

22 CORR 163 0 0 3 10 21 23

23 CORR 185 0 0 4 11 12 22 24

24 CORR 192 0 0 2 23 27

25 ROOM 84 -12 0 1 18

26 ROOM 113 -12 0 1 20

27 CORR 192 -12 0 3 24 44 45

28 ROOM 61 -53 0 1 37

29 ROOM 72 -53 0 1 37

30 ROOM 88 -53 0 1 38

31 ROOM 119 -53 0 1 40

32 ROOM 135 -53 0 1 41

33 ROOM 163 -53 0 1 42

34 ROOM 179 -53 0 1 43

35 ROOM 190 -53 0 1 43

36 DOOR 0 -33 0 2 37 50

37 CORR 67 -33 0 4 28 29 36 38

38 CORR 88 -33 0 3 30 37 39

39 CORR 102 -33 0 4 38 40 47 48

40 CORR 117 -33 0 3 31 39 41

41 CORR 135 -33 0 3 32 40 42

42 CORR 163 -33 0 3 33 41 43

43 CORR 185 -33 0 4 34 35 42 44

44 CORR 192 -33 0 2 27 43

45 STR 185 -21 0 2 27 46

46 SAFE 185 -6 -10 1 45

47 CORR 95 -16 0 2 19 39

48 ROOM 102 -53 0 1 39

49 SAFE -14 0 0 1 13

50 SAFE -14 -33 0 1 36

BILAGA E – Handberäkningar

Sikt

I bland annat Särdaqvists Initial Fires ges värden för vilken optisk densitet som bildas vid en brand i en specifik produkt. För dessa värden gäller att tid * medelvärde av produktion ger total mängd producerad obscura, det vill säga arean under kurvan i rökpotetialdiagrammet i Initial Fires. Detta är detsamma som rökpotentialen * avbrunnen massa.

$$D_{10\log} = D_{L10\log} \frac{V}{m} \left[\frac{obs\ m^3}{kg} \right] \text{ ger } D_{10\log} * m = D_{L10\log} * V [obs\ m^3]$$

Beräknat värde divideras med den totala volymen, till vilken röken kommer att sprida sig. Då fås den optiska densiteten per meter som uppkommer i dessa utrymmen. De öppna utrymmena på avdelningen, det vill säga korridorer och dagrum, har en total volym på 980 m³. Till denna volym skall brandrummets volym adderas. Sambandet mellan sikt och obscura är definierat såsom:

$$sikt(m) = \frac{10}{D_{L10\log}}$$

Enligt definition ger en obscura en sikt på tio meter. En sikt på tio meter är gränsen för då kritiska förhållanden råder.

Simulering i Argos ger diagram över ljusintensitetsdämpningen per meter, [dB/m]. En dämpning på en [dB/m] motsvarar en obscura. För att jämföra dessa värden med de framräknade används formeln:

$$D_{L10\log} = -10 \frac{1}{L} \log_{10} \frac{I}{I_0}$$

Antaganden

De antaganden som har gjorts för att möjliggöra denna enkla analytiska approximation av sikten är följande:

- Brandgaserna antas vara kalla och därigenom blanda sig homogent med den kalla, oförbrända luften. Detta antagande är en god approximation långt ifrån branden då brandgaserna på sin väg dit blandats med och kylts av den kalla luften. Antagandet stämmer dåligt nära det brinnande föremålet. Där kommer skiktade förhållanden råda.
- Transporttiderna försummas. Det tar en viss tid för brandgaserna att sprida sig över avdelningen. Försummandet av transporttiderna innebär att beräkningen underkattar siktförhållanden långt ifrån brandhärden men överskattar siktförhållandena nära brandhärden. Märk väl att de båda approximationerna i viss mån verkar i motsats till varandra.

- Brandrummet och den stora volymen med bland annat korridorerna ses som slutna volymer som bara står i förbindelse med varandra. Om fönsterrutorna i fasaden kollapsar på grund av branden kommer stora mängder brandgaser tränga ut den vägen. Sikten på avdelningen kommer då avsevärt förbättras. I övrigt kommer ventilationen på avdelningen och andra öppningar mot den friska luften transportera bort brandgaser och på så sätt förbättra sikten. Ventilation och andra luftdrag kommer i övrigt att verka för att blanda om brandgaser och kall luft samt på ett icke homogent sätt sprida brandgaser över avdelningen.

McCaffreys plymmodell

McCaffrey delade in plymen i tre regioner: den kontinuerliga flamregionen, den mellanliggande regionen och själva plymen. Formler för temperatur och uppåtriktad hastighet är följande:

$$\Delta T_0 = \left(\frac{\kappa}{0,9 \cdot \sqrt{2g}} \right)^2 \left(\frac{z}{\dot{Q}^{2/5}} \right)^{2\eta-1} \cdot T_\infty$$

$$u_0 = \kappa \left(\frac{z}{\dot{Q}^{2/5}} \right)^\eta \dot{Q}^{1/5}$$

Konstanterna η och κ varierar beroende på vilken utav de tre regionerna man undersöker. Dessa konstanter har tagits fram genom korrelationer när man använt sig av den totala effektutvecklingen, därför skall denna även användas i ekvationerna ovan. Konstanter i McCaffrey's plymekvationer:

Region	$z/\dot{Q}^{2/5} [m/kW^{2/5}]$	η	κ
Kontinuerliga	<0,08	1/2	6,8 $[m^{1/2}/s]$
Mellanliggande	0,08-0,2	0	1,9 $[m/(kW^{1/5}s)]$
Plymen	>0,2	-1/3	1,1 $[m^{4/4}/(kW^{1/3}s)]$

Tabell 6 –Konstanter i MacCaffrey's plymekvationer

Fel på grund av att man inte tagit hänsyn till olika bränslens egenskaper minskar när man undersöker de två regionerna ovanför den kontinuerliga regionen. För mycket stora bränder kan flamtemperaturen bli så hög som 1200°C, men ekvationen för temperatur ovan endast kan ge en maximal temperaturökning på 800°C.

Takstråle (Ceiling jets)

När en plyn träffar taket sprids de varma gaserna radiellt och bildar en så kallad takstråle eller ceiling jet. Hastigheten och temperaturen i takstrålen bestämmer till stor del den tid det tar för detektorer som är placerade i taket att upptäcka en brand.

Temperatur och hastighet i en takstråle

Den maximala flödehastigheten och den maximala temperaturen i takstrålen uppträder relativt nära taket. De olika ekvationerna nedan beror av hur nära själva brandplymen man undersöker i förhållande till takhöjden.

$$r/H < 0,18: \quad T_{\max} - T_{\infty} = \frac{16,9\dot{Q}^{2/3}}{H^{5/3}}$$

$$r/H > 0,18: \quad T_{\max} - T_{\infty} = \frac{5,38(\dot{Q}/r)^{2/3}}{H}$$

$$r/H < 0,15: \quad u_{\max} = 0,96 \left(\frac{\dot{Q}}{H} \right)^{1/3}$$

$$r/H > 0,15: \quad u_{\max} = \frac{0,195\dot{Q}^{1/3} H^{1/2}}{r^{5/6}}$$

Nära plymen (då $r/H < 0,18$) ger hastigheten och temperaturen för takstrålen, värden på själva plymen vid takhöjd, och dessa värden kan alltså jämföras med till exempel McCaffreys' ekvationer. McCaffreys' ekvationer ger något högre värden vid taket.

BILAGA F – Utrymningsövning Ortopedavdelningen

Följande dokument behandlar övningen som hölls på Ortopedavdelningen 2004-11-10. *Förslag på utrymningsövning* skickades i förväg till avdelningsföreståndare, sjukhusets säkerhetschef samt till räddningstjänsten. *Genomgång före- respektive efter utrymningsövning* var övningsledningens, det vill säga rapportförfattarnas, underlag vid genomgångarna.

Förslag på utrymningsövning för Ortopedavdelningen, Karlskrona Sjukhus

Syfte

Syftet med övningen är att undersöka personalens möjlighet till utrymning av patienter vid larm, samt den tid det tar tills dess att räddningstjänsten kan påbörja en insats. Med hjälp av övningen hoppas vi kunna väga samman dessa faktorer samt dra slutsatser om avdelningens utrymningsmöjligheter i relation till ett tänkbart brandförlopp.

Brandscenario

En brand uppkommer i personalrummet. Räddningstjänsten och sjukhuset larmas samtidigt av det automatiska brandlarmet. Personalen får efterhand och muntligen vetskap om var branden är belägen. Utrymning av de närmast belägna patientrummen är nödvändig.

Genomgång före övning

Vid genomgång före övning ska följande ingångsvärden ges till övande personal

- Evakuering bara från två rum
- Evakuering bara genom den vänstra korridoren
- Numret till spelad SOS central
- Att agera efter befintliga rutiner
- Att inte trycka in manuell larmknapp

Till de ur personalen som spelar patienter

- Att skådespela krämpor och uppmärksamma om övad personal agerar hårdhänt
- Att återvända till patientrummen genom den högra korridoren och då ta med sina madrasser

Till övriga

- Att inte blockera utrymningsvägen
- Att vänta med kommentarer till utvärderingen efteråt. Viktigt att lägga dessa på minnet

Utförande, sjukhusets personal

Tre eller fyra personer antas ingå i personalstyrkan vid tillfället för brandscenariot. Dessa personer kommer att muntligen få vetskap om att det automatiska brandlarmet har utlöst samt att det luktar brandrök från den delen av avdelningen där personalrummet är beläget. Personalen handlar efter de rutiner som gäller vid brandlarm på sjukhuset. Om man väljer att ringa SOS sker det genom att ringa nummer 4910 vilket är anknytningen, numret, till Gunilla Magnussons bärbara telefon. På det numret svarar spelad SOS operatör.

Om personalen väljer att försöka släcka branden genom att dra ut brandslangen från brandposten meddelas de muntligt om att branden inte går att släcka när de dragit fram slangen till personalrummet. Brandslangen ska inte vattenfyllas om det inte är ordnat för att kunna tömma den efteråt, i så fall troligen genom fönster. När personalen börjar evakuera patienter, evakueras dessa från de två patientrummen närmast personalrummet i korridoren som ligger till vänster, sett från foajén. Detta sker som föreskrivet (förflyttning av patient på madrass) till evakueringsplats belägen vid hissarna. De som evakueras är patienter, 6 - 8 st, spelade av personal på avdelningen. All utrymning sker genom den vänstra korridoren. Om det är fyra ur personalen kan en av dessa tas ur övningen efter att han eller hon evakuerat en patient. De som evakuerats får ta med sig den madrass de evakuerats på och återvända till patientrummen genom att gå genom den högra korridoren.

Utförande, räddningstjänstens personal

Larmet kommer till räddningstjänsten via Claes Nicklassons försorg, som ett automatiskt brandlarm via detektor. Vid framkomst kontrollerar brandmästaren larmadress på centralapparat och väljer angreppsväg (sannolikt via närmaste trapphuset vid akuten). Rökdykare skickas in för släckning/livräddning.

Utförande, studenter

En student kommer att ge muntliga instruktioner till de övande ur personalen.

En student kommer att övervaka evakueringen för att återflödet med spelade patienter ska flyta samt dokumentera tider för att kunna jämföra utrymningstider för olika madrasssorter, gamla respektive nya, om det är möjligt.

En student kommer att möta räddningstjänsten och ge brandmästaren de ingångsvärden som brandförsvartablån på centralapparaten skulle ha gett honom.

En student kommer att videofilma övningen uppe på avdelningen och i trapphuset.

Övningen avbryts

Övningen avbryts efter att rökdykare nått fram till personalrummet eller, om räddningstjänsten får larm och inte kan slutföra övningen, vid den tidpunkt då detta beräknas ha skett.

Utvärdering

Efter avslutad övning utförs separata intervjuer med de ur personalen som medverkat. Därefter hålls en genomgång och utvärdering tillsammans med dessa, personal ur räddningstjänsten, avdelningsföreståndare, säkerhetsansvarig samt övriga intresserade för att utvärdera övningen tillsammans i grupp. I samband med detta kan vi ge vår syn på hur övningen fungerat. Vi bjuder på kakor och sjukhuset på kaffe. Vi samlas i dagrummet för utvärderingen.

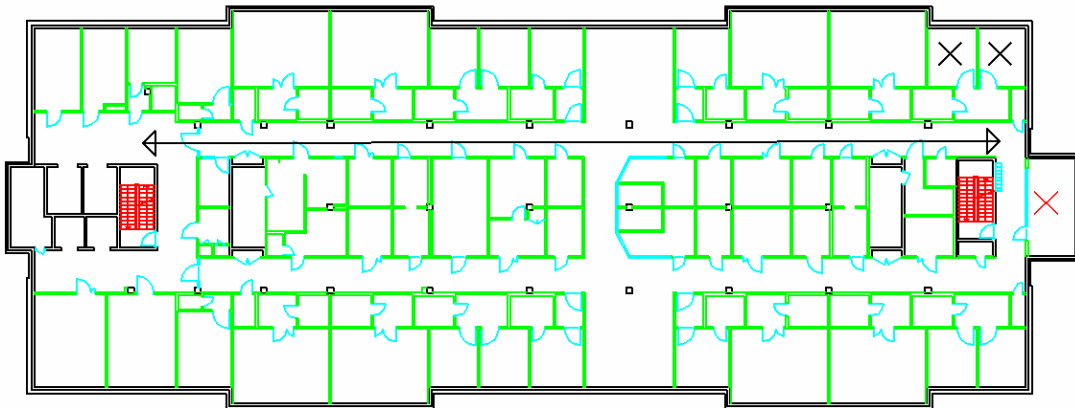
Övrigt

Alla ur personalen bör i mån av tid få möjlighet att pröva att evakuera patienter på madrass. Om det är möjligt och finns tid bör personalen, efter önskemål, få möjlighet att pröva att dra ut, vattenfylla och eventuellt spruta med slangen från brandposten ut genom fönster ner på taket, två våningar ner.

Tidsplan

Vi åker från Lund ca 0830. Vi kommer fram till sjukhuset, Karlskrona, 1100 och går igenom övningen med Gunilla Magnusson innan lunch. Övningen hålls på eftermiddagen.

Själva övningen beräknas ta ca 30-40 minuter inklusive genomgång före övning. Därefter följer intervjuer ur sjukhusets personal på sammanlagt ca 20 minuter. Avslutande samtal i grupp under resterande tid som finns att tillgå.



Skiss över avdelningen.

Korridoren, i texten kallad den vänstra korridoren, genom vilken evakueringen kommer att genomföras är utmärkt med pil.

De två patientrummen är utmärkta med svarta kryss.

Soffan i personalrummet, vilken är föremål för brandscenariot, är utmärkt med rött kryss.

BTR-Grupp 7
Matilda Gustafsson
Per Hultman
Christoffer Jansson
Mattias Larsson

Genomgång före utrymningsövning för Ortopedavdelningen, Karlskrona Sjukhus

Hälsa välkomna

Kort presentation av studenter

Presentera handledare

Kort förklara BTR kursen

Syftet med övningen

1. För att kunna uppskatta evakueringstiden.
2. För att kunna uppskatta räddningstjänstens tid till insats.
3. Övningen i sig förbättrar brandskyddet då övning ger färdighet.

Förklara att räddningstjänsten larmas

Förklara att övningen avbryts på kommando

Vad som händer efter att övningen avbryts

Först hålls intervjuer med övad personal samtidigt som räddningstjänsten packar ihop. Därefter genomförs genomgång efter övning/utvärdering med samliga inklusive åskådare, övriga intresserade och personal från räddningstjänsten.

Allmänna frågor

Därefter delas gruppen upp i markörer, övande personal och åskådare.

Genomgång för övande personal

- Evakuering bara från två rum som kommer att återfyllas med patienter.
- Evakuering bara genom den vänstra korridoren.
- Om man vill nå SOS. Ring anknytning 4910 vilket är numret till spelad SOS central. Ring inte 112.
- Att agera efter befintliga rutiner.
- Att inte trycka in manuell larmknapp.
- Att brandslang och brandsläckare får dras fram. Brandslangen ska inte vattenfyllas. Sprinten i handbrandsläckaren ska inte dras ur.
- Direktiv och händelser som inträffar under övningen kommer ges muntligen av student. Ingen rök kommer att användas. Larmdonet, brandlarmsklockan, kommer inte att ljuda.
- Att en person kan tas ur övningen efter att han eller hon evakuerat en patient.

- Om någon, vid utvärderingen, kan redogöra för hur övningen uppfattades från de övandes sida.
- Förklara att räddningstjänsten larmas.
- Förklara att övningen avbryts på kommando.
- Att efter övningen kommer först intervjuer hållas med den övade personalen.
- Att efter övningen kommer genomgång efter övning/utvärdering att genomföras med samtliga, inklusive publik, övriga och personal från räddningstjänsten.
- Frågor?

Genomgång för de ur personalen som spelar patienter, markörer

- Att spela patienter med krämpor och uppmärksamma övad personal om dessa agerar hårdhänt.
- Att återvända till patientrummen, ur vilka utrymning sker, genom den högra korridoren och att då ta med sig den madrass man blivit evakuerad på.
- Att efter övningen kommer genomgång efter övning/utvärdering att genomföras med samtliga, inklusive publik, övriga och personal från räddningstjänsten.
- Att någon på utvärderingen får redogöra för hur markörerna uppfattade övningen och känslan av att bli evakuerad.
- Frågor?

Genomgång övriga/åskådare

- Att inte blockera utrymningsvägen.
- Att vänta med kommentarer till utvärderingen efteråt. Viktigt att lägga dessa på minnet.
- Att efter övningen kommer genomgång efter övning/utvärdering att genomföras med samtliga, inklusive publik, övriga och personal från räddningstjänsten.
- Frågor?

Genomgång efter utrymningsövning för Ortopedavdelningen, Karlskrona Sjukhus

Genomgång brandförlopp

- A3 papper med rökgaslagrets höjd och rökgaslager temperatur som funktion av tid.
- Förklara att datorsimulering använts och att det är en grov uppskattning.
- Förklara att det skulle kunna se ännu värre ut.
- Förklara hur värmen får de oklassade fönsterrutorna mellan personalrummet och korridoren att gå sönder. Att denna tid uppskattats med datorsimulering.
- Förklara att i slutet av korridoren kommer rökgaserna blanda sig med den kalla luften och omblandade förhållanden fås.

Genomgång tidsförlopp

Redovisa övningens tidsförlopp (rita på A3 papper)

1. När brandlarmet utlöser, att larmdonen då ljuder och att larmet vidareförmedlas till räddningstjänsten.
2. Om, när SOS kontaktas.
3. När evakueringen påbörjas.
4. Patienter som evakuerats som funktion av tid.
5. När räddningstjänsten anländer till sjukhuset.
6. När räddningstjänsten är beredda att genomföra släckinsats (slut på övningen).
7. Vad som händer därefter.

Avslutande diskussion

- Någon från räddningstjänsten redogör för övningen ur räddningstjänstens perspektiv.
- Någon markör redogör för hur de uppfattade övningen. Hur det kändes att bli evakuerad.
- Någon ur den övade personalen redogör för övningen ur personalens perspektiv.

Avslutande diskussion med andras åsikter

BILAGA G – Intervjufrågor efter övning

Följande frågor ställdes till den övande personalen direkt efter avslutad utrymningsövning.

Intervjufrågor

Namn:

Yrkesroll:

År inom vården:

År på avdelningen:

Om du arbetat på olika avdelningar, Skiljer rutinerna sig?

Varit med om utrymning/övning tidigare:

Om ja, rörde det sig om övning eller riktigt tillbud? Berätta...

Allmänt: Hur upplevde du övningen? (stressnivå, rädsla, ansträngningsnivå, rutiner, samarbete mellan personal)

Kände du dig säker på din uppgift?

Var du säker på vart du skulle utrymma patienterna?

Hur lång tid, uppskattar du, tog det innan räddningstjänsten anlände?

Hur agerade du när räddningstjänsten anlät?

Tänkte du på **att** räddningstjänsten skulle anlända?

Tänkte du på **hur** räddningstjänsten skulle anlända?

Hur tror du att du hade påverkats om detta varit på riktigt och inte en övning? (effektivare, mer stressad, skillnader?)

Var det en bra övning? (några tänkbara förbättringar?)

Egna kommentarer?

BILAGA H – Enkät

Enkäten delades ut på avdelningen tre veckor innan utrymningsövningen hölls och de besvarade enkäterna samlades in.

Syfte

Att utröna om utbildning och övningsverksamhet är tillräcklig med hänsyn till personalens kunskaper i brandsäkerhet och i förlängningen personalens beteende vid en incident.

Metod

Med hjälp av en enkät undersöks personalens kunskaper om brandsäkerheten på Ortopedavdelningen. Med hjälp av enkäten undersöks också personalens inställning till brandsäkerheten på avdelningen.

Innan enkäten delades ut utvärderades den av personal på Sunne Vårdcentral och Sophiahemmets Sjuksköterskehögskola.

Lunds Tekniska Högskola
Brandingenjörsutbildningen

Enkät

Denna enkät ingår i ett projekt av studenter på brandingenjörsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola. Alla svar kommer att behandlas konfidentiellt.

Vid eventuella frågor vänligen kontakta:
Mattias Larsson, 0730-558554
mattias.larsson.849@student.lth.se

Med vänliga hälsningar:

Matilda Gustafsson
Per Hultman
Christoffer Jansson
Mattias Larsson

Enkät om brandsäkerhet.

Frågor till Personalen på Ortopedavdelningen, Karlskrona sjukhus

Allmänna frågor

1. Vilken är din arbetsroll på avdelningen (läkare, sjuksköterska, praktikant etc.)?

2. Hur länge har du arbetat på avdelningen?

3. Hur länge har du arbetat inom vården?

Kunskaper om brandsäkerhet

4. Vilken utbildning har du fått i brandsäkerhet?

5. Upplever du att dina kunskaper i brandsäkerhet är tillräckliga?

6. Om nej, vad saknar du i din brandsäkerhetsutbildning?

Brandsläckning och utrymning

7. Har du medverkat vid någon utrymningsövning på avdelningen?

8. Om ja, hur många övningar?

9. Om ja, när var detta?

10. Anser du att det övas tillräcklig på utrymning?

11. Upplever du att du kan hantera en eventuell utrymning på avdelningen?

12. Om nej, vad skulle du vilja öva ytterligare på?

13. Upplever du att du vet hur du ska hantera en brandsituation?

14. Om nej, vad skulle du vilja öva ytterligare på?

15. Vilket/vilka av följande alternativ på släktutrustning/släckmetod anser du att du kan hantera?

Kryssa i respektive ruta:

- Handbrandsläckare
- Avdelningens brandposter
- Stänga in en brand
- Brandfilt

Övrigt

16. Har du upplevt några tillbud på avdelningen som har lett, eller som har kunnat leda till brand?

17. Om ja, beskriv detta/dessa tillbud?

18. Vilka förbättringar av brandsäkerheten på avdelningen skulle du vilja göra?

19. Övriga kommentarer:

Tack för Er medverkan!

BILAGA I – Sammanfattning av enkätsvar

Bakgrund

Enkäterna (utformade enligt Bilaga H) delades ut på avdelningen. De medverkande fick tre veckor på sig att svara. Av 40 utdelade enkäter inkom 20 stycken besvarade. Av de som svarade, arbetade tolv som sjuksköterskor, sju som undersköterskor och en valde att inte skriva vad han/hon arbetade med. Hur länge de arbetat på avdelningen varierade från sex månader upp till 30 år och den totala tiden inom vården varierade mellan 1,5 och 38 år.

Brandsäkerhet

Vilken utbildning personalen fått i brandsäkerhet varierade. Endast en svarade ”inte någon utbildning” och en svarade ”ingen här på avdelningen”. Resterande hade fått någon form av utbildning av olika omfattning. Som andra svar angavs bland annat; ”genomgång av avdelningens rutiner”, ”halv dag – film och dra madrass”, ”brandsläckning och utrymningsövning” och ”grundutbildning på skolan men ingen på avdelningen”.

På frågan om personalen upplever sina kunskaper tillräckliga svarade de enligt nedan:

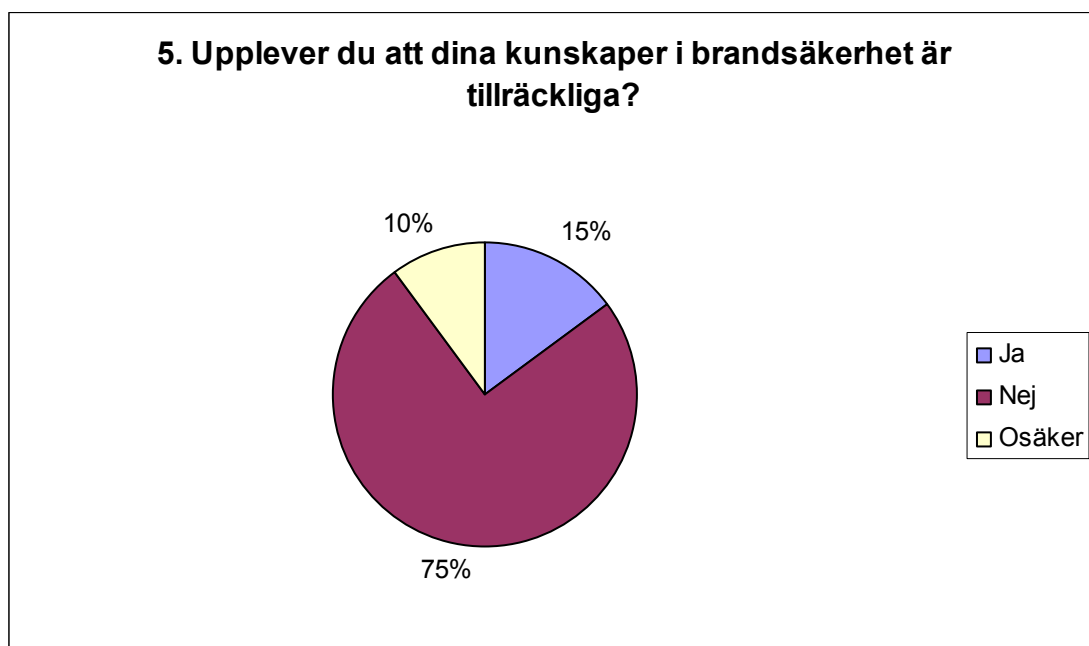


Diagram 1 – Svar på enkätfråga 5.

Bland de som svarade nej fanns kommentarer som; ”mer uppföljning och repetition”, ”det mesta saknas”, ”utrymning och brandsläckningsövning behövs” och ”man kan aldrig få för mycket övning”.

Brandsläckning och utrymning



Diagram 2 - Svar på enkätfråga 7.

Många av de personer som svarat ja, har gjort tillägget att de endast rört sig om mindre övningar som de själva anordnat, med moment som madrassdragning i trappan och dylikt. Av de personer som svarade nej kunde också noteras en tydlig trend att de som arbetat på avdelningen endast en kortare tid, inte medverkat vid en övning. Detta tyder på att det var länge sedan en övning genomfördes.



Diagram 3 - Svar på enkätfråga 10.

En stor del av personalen anser att det krävs mer övning på utrymning. Förslag på att det bör övas en gång om året framkom.

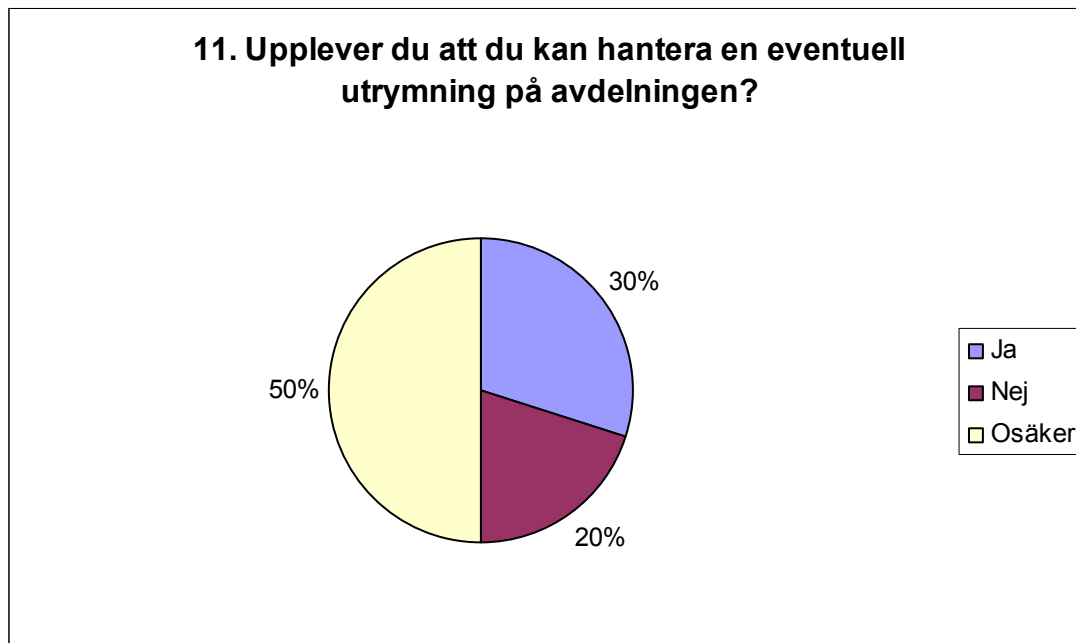


Diagram 4 - Svar på enkätfråga 11.

Endast 30 procent anser sig vara helt säkra på hur de skall hantera en utrymning på avdelningen. Många är osäkra och anser att det krävs mer övning.

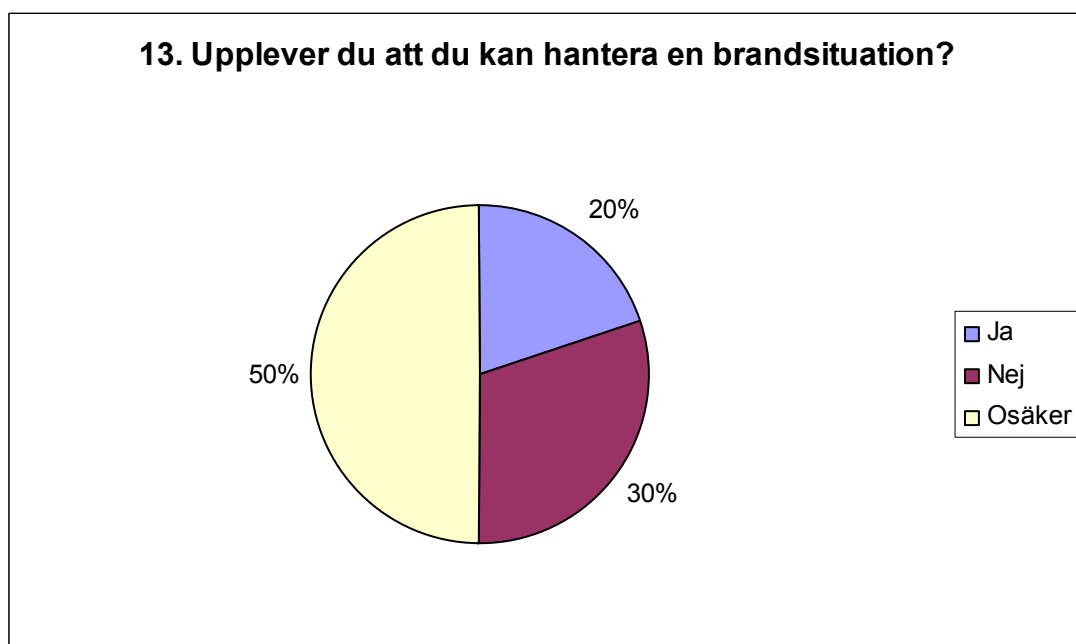


Diagram 5 - Svar på enkätfråga 13.

80 procent känner sig osäkra eller vet inte hur de skall hantera en brandsituation. Även här uttrycker personalen önskemål att öva oftare på brandsläckning och rutiner.

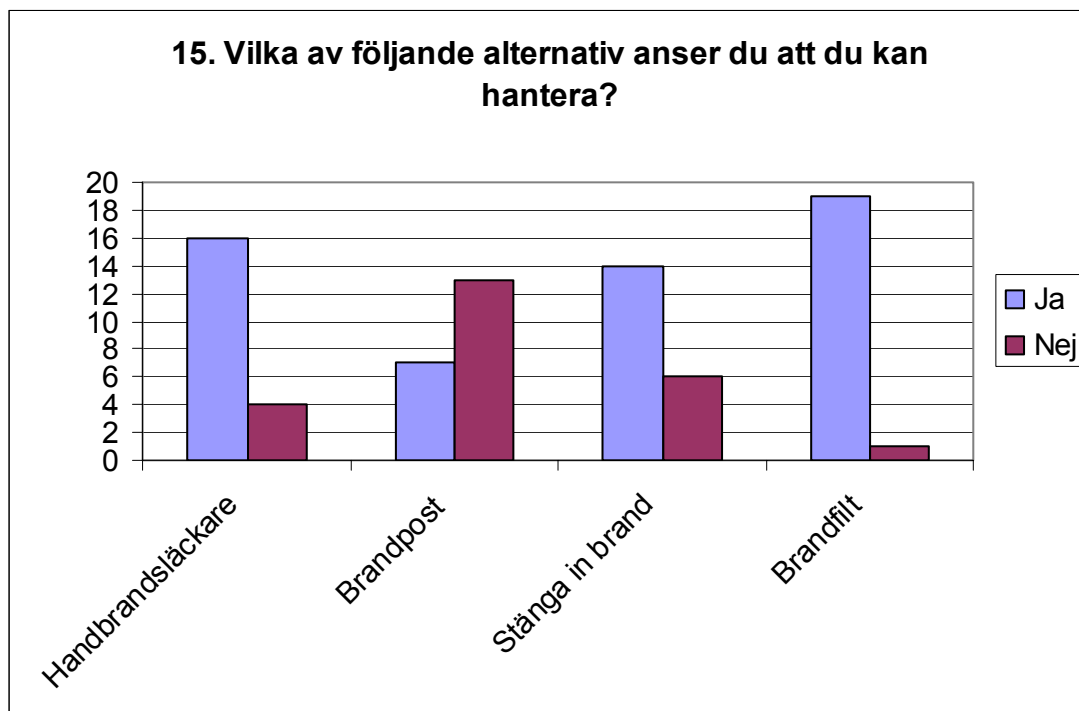


Diagram 6 - Svar på enkätfråga 15.

På frågan om vilka brandsläckningsmetoder personalen behärskade blev svaret att de flesta känner att de kan hantera handbrandsläckare och brandfilt. De flesta känner även att de kan hantera förfarandet att stänga in en brand. Däremot råder större osäkerhet gällande hanterandet av avdelningens brandpost.

Mer än hälften har upplevt tillbud tidigare på avdelningen. Dessa tillbud har rört sig om rökning på rum eller på toalett. Dessa tillbud har inte resulterat i någon brand men har av personalen upplevts som "olustigt".

Åtgärder

Följande åtgärder och önskemål uttryckte personalen i enkäten:

- Kontinuerlig utbildning och övning
- Tömma korridorer på föremål
- Fler utgångar vid utrymning
- Avskiljande branddörrar på våningsplanet
- Information från räddningstjänstens personal
- Kontroll av madrasser och lakan
- Fler brandsläckare

BILAGA J – Befintligt brandskyddsindex

Gradering av komponenterna

K₁ – Personal

A. Kunskap och övning

Utbildning med praktiska inslag (omfattar > 75% av personal och genomförd inom de senaste 3 åren): Prakt

Dokumenterad kontroll (årlig, ej i samband med övningen): ingen

Sammanvägning ger delvärde 3

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

Patient/personal \geq 5-10 ger delvärde 2

C. Minsta bemanning då patienter finns på avdelningen

Fler än två ger delvärde 5

Komponentvärde = $(5*3+3*2 +2*5)/10 = 3,1$

K₂ – Patienter

A. Antal patienter i varje vådrum/korridor

Största delen av patienter vårdas i rum för upp till fyra personer. Inga patienter i korridoren. Detta ger delvärde 3

B. Patienternas hjälpbehov

Stort behov, fler än 1/3 av patienterna behöver hjälp av flera personer hela vägen ut, vilket ger delvärde 1

Komponentvärde = $(3+4*1)/5 = 1,4$

K₃ – Gångavstånd till utrymningsväg

På avdelningen finns rullstolsbundna eller sängliggande patienter som svårtligen kan evakueras via trappa. Horisontell utrymningsväg (med sluss) saknas.

Komponentvärde = 0

K₄ – Brandcellsgräns i bjälklag

A. Brandteknisk klass på golv och tak till annan brandcell

Föreskriven klass eller mer: Ja

B. Tätning av genomföring

Hål i golv och tak är tätat: Ja

C. Rutin för tätning

Dokumenterade interna rutiner finns: Nej

Komponentvärde = 4

K₅ – Brandcellsgräns i vägg

A. Brandteknisk klass på vägg till annan brandcell

Föreskriven klass eller mer: Ja

B. Tätning av genomföring

Hål i väggen är tätat: Ja

C. Brännbar yttervägg

Ytterväggen är brännbar: Nej

Komponentvärde = 4

K₆ – Interna dörrar och väggar

Underkomponenter

- Minst E30-parti mellan vådrum och korridor: Nej
- Minst E30-parti mellan dagrum, personalrum m.fl. och korridor: Nej
- E30-parti går upp till bjälklaget: Nej
- Samtliga dörrar till vådrum, förråd etc. är stängda eller stängs automatiskt vid brand: Nej
- Kilar för att hålla dörrar uppställda finns: Nej

Komponentvärde = 0

K₇ – Dörr till utrymningsväg

Brandtekniskt rätt klassad dörr som är låst nattetid.

Komponentvärde = 1

K₈ – Automatiskt brandlarm

A. Typ av detektor och placering (Heltäckande system)

- Vårdrum: Rök
- Korridor: Rök
- Över undertak: Rök

Detta ger delvärde 5

B. Kontrollsystem

Enbart intern kontroll ger delvärde 2

C. Larmöverföring

Direkt förbindelse till räddningstjänsten utan larmlagring ger delvärde 5

Komponentvärde = $(5*3 + 3*2 + 3*5)/10 = 3,6$

K₉ – Utrymningslarm

A. Aktivering

Automatisk aktivering: A

B. Teknisk utrustning

Installation följer i stort SBFs rekommendationer om utrymningslarm: Ja

C. Larm till annan avdelning

Automatisk larmöverföring finns till annan avdelning *samt* att det finns en förberedd planering att bistå vid utrymning: Nej

D. Typ av informationsöverförare

Ringklocka eller tonsignal: R

Komponentvärde = 3

K₁₀ – Sprinkler

Sprinkler saknas vilket ger komponentvärde = 0

K₁₁ – Hiss som utrymningsväg

Hiss som kan användas vid brand saknas vilket ger komponentvärde = 0

K₁₂ – Utrymningsvägar

A. Primär utrymning

Utrymningsväg via trappa: T

B. Alternativ utrymningsväg

Utrymningsväg via trappa: T

C. Utrymningsvägens bredd

Fria utrymningsbredden är minst 1,2 m: Ja

Komponentvärde = 1

K₁₃ – Ytskikt på väggarna

Ytskiktssklass II, vilket ger komponentvärde = 3

K₁₄ – Ytskikt på innertak

Ytskikt i klass I ger komponentvärde = 4

K₁₅ – Ventilationssystem

A. System

Separat för varje avdelning: S

B. Försvårande åtgärder

Spjäll eller annan aktiv åtgärd finns inom avdelningen för att försvåra brandgasspridning: Nej

Komponentvärde = 3

K₁₆ – Lös inredning

Stoppade möbler (tunn stoppning eller tunna dynor) i dagrum. Få möbler i korridoren. Lite papper på anslagstavla. Brandimpregnerade madrasser i vådrummen. Sparsamt möblering i vådrum. Dörrar till förrådsutrymmen finns.

Komponentvärde = 3

K₁₇ – Fasta riskkällor

A. Rutin för fasta brandkällor

Rutin för hantering av brandfarlig vara finns/öppen låga (ljus etc.): Ja

B. Rökning

Rökning förekommer inom avdelningen: Ja

C. Risk för anläggning av brand

Finns patienter som kan anlägga brand: Ja

Komponentvärde = 1

K₁₈ – Nödbelysning

A. Strömförsörjning

Nödbelysningen tänds endast om central matning till sjukhuset eller motsvarande bryts: C

B. Kontroll av nödbelysningsfunktionen

Kontroll en gång per år: En

Komponentvärde = 3

K₁₉ – Brandgasevakuering

A. Brandgaskontrollsystem

Anordning för brandgasevakuering finns: Ja

B. Kontrollsystem

Intern brandskyddskontroll finns: Ja

Komponentvärde = 5

K₂₀ – Vägledande markering

A. Typ av markering

Skyltar med nyare typ av symbol: N

B. Belysning av markeringar (utrymning)

Genomlysta skyltar: G

C. Övriga markeringar

Markering av släckutrustning finns: Ja

Komponentvärde = 5

K₂₁ – Brandsläckningsutrustning

A. Släckutrustning (handbrandsläckare och inomhusbrandposter)

Finns i tillräcklig omfattning och är kontrollerade: Ja

B. Utbildning

Personalen har utbildats på brandsläckning: Ja

Komponentvärde = 5

K₂₂ – Räddningstjänstens insats

A. Typ av förststyrka

> 1+4 ger delvärde 5

B. Insatstid

5-10 min ger delvärde 3

C. Tillgänglighet

Körbar väg fram till insatsvägen: Ja
vilket ger delvärde 5

D. Förberedd insatsplan

Insatsplan saknas och personalen är ej orienterad på objektet ger delvärde 0

Komponentvärde = $(3*5 + 4*3 + 5 + 2*0)/10 = 3,2$

K₂₃ – Geometrisk utformning

Dubbelkorridor med rum på vardera sidan av respektive korridor. Inga vertikala höjdskillnader.

Komponentvärde = 4

K₂₄ – Våning ovan mark

Avdelningen är belägen över 2:a våning.

Komponentvärde = 1

K₂₅ – Drift och underhåll

A. Interna rapporteringsrutiner

Rutiner för rapportering av trasig utrustning och brandtillbud. Rapporterad trasig utrustning åtgärdas omedelbart: Ja

B. Intern brandskyddskontroll

Intern kontroll utöver tillsyn finns organiserad: Ja

Komponentvärde = 5

K₂₆ – Larmstyrka på sjukhuset

Larmstyrka saknas, vilket ger komponentvärde = 0

Tabell för beräkning av BSI

Innan åtgärder

Komponent	Gradering	Vikt	Produkt
Personal	3,1	0,127	0,3937
Patient	1,4	0,065	0,091
Gångavstånd till utrymningsväg	0	0,027	0
Brandcellsgräns i bjälklag	4	0,026	0,104
Brandcellsgräns i vägg	4	0,019	0,076
Interna dörrar och väggar	0	0,032	0
Dörr till utrymningsväg	1	0,023	0,023
Automatiskt brandlarm	3,6	0,043	0,1548
Utrymningslarm	3	0,031	0,093
Sprinkler	0	0,054	0
Hiss som utrymningsväg	0	0,006	0
Utrymningsvägar	1	0,028	0,028
Ytskikt på väggar	3	0,019	0,057
Ytskikt på innertak	4	0,026	0,104
Ventilationssystem	3	0,019	0,057
Lös inredning	3	0,08	0,24
Fasta riskkällor	1	0,049	0,049
Nödbelysning	3	0,006	0,018
Brandgasevakuering	5	0,029	0,145
Vägledande markeringar	5	0,016	0,08
Brandsläckningsutrustning	5	0,059	0,295
Räddningstjänstens insats	3,2	0,042	0,1344
Geometrisk utformning	4	0,016	0,064
Våning ovan mark	1	0,026	0,026
Drift och underhåll	5	0,077	0,385
Larmstyrka på sjukhuset	0	0,055	0
Summa		BSI =	2,6179

BILAGA K – Brandskyddsindex efter föreslagna åtgärder

Gradering av komponenterna

K₁ – Personal

A. Kunskap och övning

Utbildning med praktiska inslag (omfattar >75% av personal och genomförd inom de senaste 3 åren): Utbildning med praktiska inslag

Kunskapskontroll hos personalen (ej i samband med utbildningen): årlig praktisk övning i extern regi

Sammanvägning ger delvärde 5

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

Patient/personal \geq 5-10 ger delvärde 2

C. Minsta bemanning då patienter finns på avdelningen

Fler än två ger delvärde 5

Komponentvärde = $(5*5+3*2 +2*5) / 10 = 4,1$

K₂ – Patienter

Ingen åtgärd.

Komponentvärde = 1,4

K₃ – Gångavstånd till utrymningsväg

På avdelningen finns rullstolsbundna eller sängliggande patienter som svårt kan evakueras via trappa. Längsta gångavstånd till horisontell utrymningsväg är mellan 15-30 meter.

Komponentvärde = 4

K₄ – Brandcellsgräns i bjälklag

D. Brandteknisk klass på golv och tak till annan brandcell

Föreskriven klass eller mer: Ja

E. Tätning av genomföring

Hål i golv och tak är tätat: Ja

F. Rutin för tätning

Dokumenterade interna rutiner finns: Ja

Komponentvärde = 5

K₅ – Brandcellsgräns i vägg

Ingen åtgärd.

Komponentvärde = 4

K₆ – Interna dörrar och väggar

Underkomponenter

- Minst E30-parti mellan vårdrum och korridor? Ja
- Minst E30-parti mellan dagrum, personalrum m.fl. och korridor? Nej
- E30-parti går upp till bjälklaget? Ja
- Samtliga dörrar till vårdrum, förråd etc. är stängda eller stängs automatiskt vid brand? Nej
- Kilar för att hålla dörrar uppställda finns? Nej

Komponentvärde = 3

K₇ – Dörr till utrymningsväg

Brandtekniskt rätt klassad dörr som är låst men kompletterad med öppning via automatiskt brandlarm.

Komponentvärde = 2

K₈ – Automatiskt brandlarm

D. Typ av detektor och placering (Heltäckande system)

Ingen åtgärd ger delvärde 5

C. Kontrollsystem

RUS-besiktning + intern brandskyddskontroll ger delvärde 5

D. Larmöverföring

Direkt förbindelse till räddningstjänsten utan larmlagring ger delvärde 5

Komponentvärde = $(4*5 + 3*5 + 3*5)/10 = 5$

K₉ – Utrymningslarm

A. Aktivering

Automatisk aktivering: A

B. Teknisk utrustning

Installation följer i stort SBFs rekommendationer om utrymningslarm: Ja

C. Larm till annan avdelning

Automatisk larmöverföring finns till annan avdelning *samt* att det finns en förberedd planering att bistå vid utrymning: Ja

D. Typ av informationsöverförare

Textfönster indikerar att brand utbrutit och var det skett: R + T

Komponentvärde = 5

K₁₀ – Sprinkler

Ingen åtgärd.

Komponentvärde = 0

K₁₁ – Hiss som utrymningsväg

Ingen åtgärd.

Komponentvärde = 0

K₁₂ – Utrymningsvägar

A. Primär utrymning

Horisontell utrymningsmöjlighet: H

B. Alternativ utrymningsväg

Horisontell utrymningsmöjlighet: H

C. Utrymningsvägens bredd

Fria utrymningsbredden är minst 1,2 m: Ja

Komponentvärde = 5

K₁₃ – Ytskikt på väggarna

Ingen åtgärd.

Komponentvärde = 3

K₁₄ – Ytskikt på innertak

Ingen åtgärd.

Komponentvärde = 4

K₁₅ – Ventilationssystem

A. System

Separat för varje avdelning: S

B. Försvårande åtgärder

Spjäll eller annan aktiv åtgärd finns inom avdelningen för att försvåra brandgasspridning: Ja

Komponentvärde = 5

K₁₆ – Lös inredning

Ingen åtgärd.

Komponentvärde = 3

K₁₇ – Fasta riskkällor

Ingen åtgärd.

Komponentvärde = 1

K₁₈ – Nödbelysning

Ingen åtgärd.

Komponentvärde = 3

K₁₉ – Brandgasevakuering

Ingen åtgärd.

Komponentvärde = 5

K₂₀ – Vägledande markering

Ingen åtgärd.

Komponentvärde = 5

K₂₁ – Brandsläckningsutrustning

Ingen åtgärd.

Komponentvärde = 5

K₂₂ – Räddningstjänstens insats

A. Typ av förststyrka

> 1+4 ger delvärde 5

B. Insatstid

5 – 10 minuter ger delvärde 3

C. Tillgänglighet

Körbar väg fram till insatsvägen: Ja ger delvärde 5

D. Förberedd insatsplan

Insatsplan finns och är inövad ger delvärde 5

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

K₂₃ – Geometrisk utformning

Ingen åtgärd.

Komponentvärde = 4

K₂₄ – Våning ovan mark

Ingen åtgärd.

Komponentvärde = 1

K₂₅ – Drift och underhåll

Ingen åtgärd.

Komponentvärde = 5

K₂₆ – Larmstyrka på sjukhuset

Ingen åtgärd.

Komponentvärde = 0

Tabell för beräkning av BSI

Efter åtgärder

	A	B	A*B
Komponent	Gradering	Vikt	Produkt
Personal	4,1	0,127	0,5207
Patient	1,4	0,065	0,091
Gångavstånd till utrymningsväg	4	0,027	0,108
Brandcellsgräns i bjälklag	5	0,026	0,13
Brandcellsgräns i vägg	4	0,019	0,076
Interna dörrar och väggar	3	0,032	0,096
Dörr till utrymningsväg	2	0,023	0,046
Automatiskt brandlarm	5	0,043	0,215
Utrymningslarm	5	0,031	0,155
Sprinkler	0	0,054	0
Hiss som utrymningsväg	0	0,006	0
Utrymningsvägar	5	0,028	0,14
Ytskikt på väggar	3	0,019	0,057
Ytskikt på innertak	4	0,026	0,104
Ventilationssystem	5	0,019	0,095
Lös inredning	3	0,08	0,24
Fasta riskkällor	1	0,049	0,049
Nödbelysning	3	0,006	0,018
Brandgasevakuering	5	0,029	0,145
Vägledande markeringar	5	0,016	0,08
Brandsläckningsutrustning	5	0,059	0,295
Räddningstjänstens insats	4,2	0,042	0,1764
Geometrisk utformning	4	0,016	0,064
Våning ovan mark	1	0,026	0,026
Drift och underhåll	5	0,077	0,385
Larmstyrka på sjukhuset	0	0,055	0
Summa		BSI =	3,8328

BILAGA L – Information till nyanställda



INFORMATION TILL NYANSTÄLLDA

Nyanställda skall erhålla information avseende brand- och utrymnings säkerheten. 1:a linjens chef är ansvarig för att informationen delges den nyanställda under den första arbetsveckan.

Brandombuden bistår 1:a linjens chef vid informationen.

Informationen skall genomföras enligt följande;

Använd utrymningsplanen,

1. Larma,

Hur larmar man räddningstjänsten ?

Vad händer när man trycker in brandlarmsknapp ?

Hur många är och var finns brandlarmsknapparna ?

Vad ska man göra när brandlarmet ljuder ?

Finns larmtablå på avdelning som visar vart larmet utlöst ?

Om, ja. Vart?

Finns det andra larm som rör personsäkerheten?

2. Varna,

Hur varnar man övriga på avdelningen?

Hur varnar man övriga fastigheten?

4. Stänga/stoppa

Hur stänger man av syrgasen på avdelningen?

.....
.....

5. Släcka

Var och vilken typ av brandsläckare finns på avdelningen?

Finns brandposter och fungerar de?

6. Begränsa

Vad är en brandcell hur är brandcellerna på avdelningen?

7. Utrym

Vilka utrymningsvägar finns?

När skall utrymning påbörjas?

Hur fungerar evakueringslakana?

8. Återsamlingsplatsen

- var är den?

Gå igenom eventuella avdelningsspecifika instruktioner för hur patienterna skall "hanteras" vid en evakuering.

Avsluta med att, från den nyanställdes arbetsplats gå de alternativa utrymningsvägarna till återsamlingsplatsen.

BILAGA M – Instruktion till brandskyddsombud

REV 980513

Instruktion för brandskyddsombud

Brandskyddsombud utses på varje arbetsplats.

Brandskyddsombuden skall tillsammans med avdelningsföreståndare/motsvarande och handläggare i staben genomgå en teoretisk och praktisk utbildning i brandförsvar. Utbildningen omfattar:

Teoretisk del:

- Byggnadstekniskt brandskydd
- brandorsaker och brandförlopp
- rädda - larma - släck
- utrymning och utrymningsplanering
- släckutrustning, släckverkan
- checklistan

Praktisk del:

- släckövning med olika släckverktyg

Brandskyddsombuden genomför egenkontroll enligt checklist en gång per kvartal.

Checklistan innehåller följande:

- utrymningsvägar
- släckredskap
- automatiska brandlarm
- rutiner/utbildning
- allmän ordning

Resultatet från egenkontrollen skall rapporteras till närmaste arbetsledare som ansvarar för att erforderliga åtgärder vidtages.

Checklistorna presenteras regelbundet på basenhetsrådet.

Brandskyddsombuden tillsammans med arbetsledare och stabens handläggare sammankallas vart annat år till en gemensam information.

Checklistorna skall årligen, från varje verksamhet, skickas till brandförvarsledaren.

BILAGA N – Scenario: Brand i patientrum

Brandförlopp

För teori angående Argos, se Bilaga A.

Antaganden

De utrymmen som studerats vid de olika simuleringarna är patientrummet (alltså själva brandrummet), förrummet samt en bit av den till förrummet angränsande korridoren (se skiss nedan). Det maximala avståndet i patientrummet är det största avståndet från branden till det längst bort belägna hörnet. I förrummet är det maximala avståndet sträckan mellan ovankanten på dörröppningen och det längst bort belägna hörnet. Det maximala avståndet i korridoren är avståndet mellan öppningen till förrummet och det längst bort belägna hörnet i korridoren.



Figur 8 - Skiss över studerade rum vid simuleringar

Rum	Area (m ²)	Höjd (m)	Maximalt avstånd (m)
Patientrum	20.14	2.60	5.02
Förrum	2.28	2.10	2.00
Korridor	65.76	2.40	26.44

Tabell 7 - Mått på rum vid simuleringar

Brandbelastningen som använts vid simuleringarna, är två sängar av olika storlek. Den större Y6/16 samt den mindre Y6/11²¹. De två olika sängarna stämmer båda in på kategorin flamskyddad madrass, men skiljer sig betydligt åt när det gäller utvecklade effekt. Eftersom det inte är klart vilken av de ovan nämnda sängarna som bäst representerar de som i dagsläget finns i patientrummen på Ortopedavdelningen, har simuleringar utförts för båda sängarna. En jämförelse kan sedan göras av hur mycket de olika brandbelastningarna påverkar till exempel brandgasspridning till korridoren samt temperatur i brandgaslagret.

Korridorens längd i simuleringarna begränsades till att endast gälla fram till dagrummet, därefter har den fortsatta konstruktionen approximerats med en öppning ut till det fria. Öppningen har samma bredd och höjd som korridoren. Approximationen har gjorts för att få en bättre giltighet i tvåzonsmodellen (se Bilaga A). Brandgasspridning till övriga delar handberäknas med hjälp av den kända rökpotentialen hos en av sängarna.

²¹Initial Fires 1993

Fall tre – Dörren hålls stängd

I fall tre hålls dörren stängd under hela brandförloppet, vilket är i enlighet med den föreskrivna rutinen på avdelningen. De anställda har god kännedom om detta förfarande (enligt svar på utdelad enkät, se bilaga I) och det bedöms som troligt att en brand i ett patientrum stängs in av personalen. Riskerna vid en brand i ett stängt patientrum är i huvudsak två: Dels risk för brandgasspridning via ventilationssystemet och dels risk för att läckage genom otätheter kring dörren, det vill säga att trots att dörren hålls stängd uppstår kritiska förhållanden i korridoren. För att ge underlag till det förstnämnda fallet och för att undersöka det sistnämnda, simulerades det helt stängda scenariot i Argos.

Brandgasspridning till korridor

Läckagearean ut till korridoren har antagits vara en procent av dörrarean. Vid ett sådant läckage bildas inget brandgaslager i korridoren och ingen temperaturökning sker. Syrenivån påverkas inte heller nämnvärt. Däremot ger de brandgaser som tränger ut följande optiska densitet i korridoren:

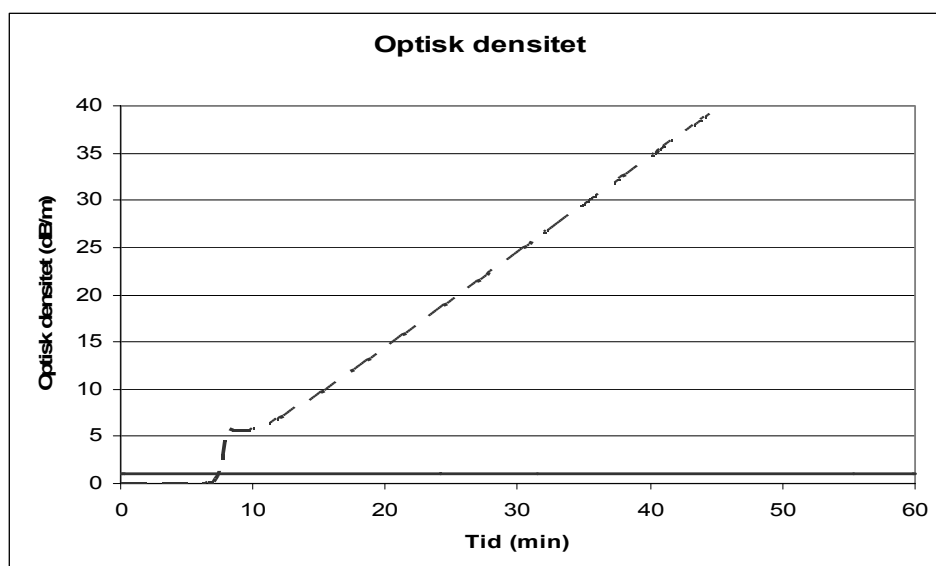


Diagram 7 - Optisk densitet i korridoren som funktion av tiden

Gränsvärdet för kritiska förhållanden, en dB/m, är inlagt som linje i diagrammet. Gränsen överskrids efter drygt 7,5 minuter och den optiska densiteten fortsätter därefter att stiga, vilket ger mycket dåliga siktförhållanden på avdelningen efter en relativt kort tid.

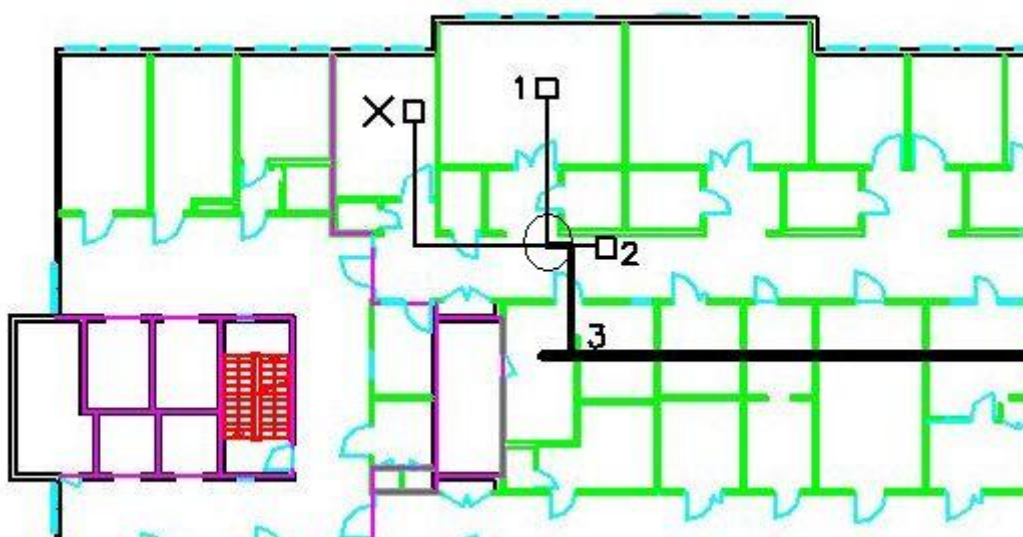
Antagandet att läckagearean är en procent av dörrarean kan ses som en grov överskattning då det motsvarar en springa på 3,7 millimeter runt hela dörren. Dörrarna på avdelningen är relativt täta och dessutom klassade i åtminstone femton minuter. Diagrammet ovan ska snarare belysa vikten av täta dörrar.

Resultatet enligt diagram sju verifierar antagandet som gjordes i rapportdelen om hur personalen upptäcker var branden är belägen trots att dörren hålls stängd. Det är troligt att personalen som vägledning både kan se brandgaser och känna lukten av brand.

Beräkning av brandgasspridning via ventilationssystem

Ingen brandgasspridning sker via ventilationen om fönstren i fasaden går sönder. Att utgå ifrån att fönstren helt går sönder är vådligt. Det är också svårt att uppskatta när detta sker. För att simuleringstekniskt komma runt detta faktum utfördes en simulering där fönstren ersatts med ett hål. Hålets area motsvarar en procent av fönstrens area, vilket motsvarar det simulerade luftläckaget genom fönstren. Denna simulering ligger sedan till grund för vidare beräkningar på brandgasspridning via ventilationen och för uppskattning av förhållandena i korridoren.

Vid brand på sjukhuset stängs ventilationen av. Hur fort detta sker är inte klarlagt. Ett avstängt ventilationssystem sprider brandgaser vid ett lägre brandflöde än ett system i drift. Därför har brandgasspridningen via ventilationssystemet beräknats både då systemet är avstängt och då systemet är i drift.



Figur 9 - Del av Förenklad skiss över tilluftssystemet

Det totala brandflödet beräknas genom att summera flödena i tilluftssystemet, flödena i frånluftssystemet, flödet genom läckage runt dörren samt flödet genom läckage genom fasaden.

Dörren till patientrummet är två meter hög och 1,2 meter bred. Omkretsen är 6,4 meter och arean 2,4 m². Läckage genom dörren antas ske genom en springa mellan dörrfodret och dörrposten. Springan antas vara högst en millimeter. Detta ger en läckagearea på 0,0064 m² vilket motsvarar 0,267 procent av dörrarean. Det relativa trycket i korridoren antas vara noll.

De relativa trycken i tilluft- respektive frånluftssystemen, P_t och P_f , motsvarar ett uppskattat tryckfall över don, rör, spjäll och ljuddämpare mellan brandrummet och anslutningspunkten. P_t uppskattas till 250 Pa och P_f till 100 Pa. Dessa uppskattningar bygger på information från ventiationsritningar över avdelningen. I skissen ovan (Figur 9) är tilluftssystemets anslutningspunkt markerad med ring.

Ekvationer som använts vid beräkningarna då ventilationen är i drift visas nedan, därefter följer tabeller som redovisar resultaten:

$$\text{Flöde, frånluft: } q_f = q_{fn} \sqrt{\frac{P_b + P_f}{P_f}}$$

$$\text{Flöde, tilluft: } q_t = q_{tn} \sqrt{\frac{P_b - P_t}{P_t}}$$

$$\text{Flöde, dörrläckage: } q_d = A_d \sqrt{\frac{2 \cdot P_b}{\rho}}$$

$$\text{Flöde, fasadläckage: } q_l = 1,6 \cdot A_{fasad} \cdot \sqrt{\frac{P_b}{50}}$$

Brandtryck P_b [Pa]	Flöde, frånluft q_f [l/s]	Flöde, tilluft q_t [l/s]	Flöde, dörrläckage q_d [l/s]	Flöde, fasadläckage q_l [l/s]	Brandflöde Σ flöden q_b [l/s]
0	25,0	- 25,0	0	0	0
250	46,8	0	130,6	54,4	231,8
500	61,2	25,0	184,8	77,0	348,0
1000	82,9	43,3	261,3	108,9	496,4
2000	114,6	66,1	369,5	154,0	704,2

Tabell 8 - Brandflöde vid ett antal givna brandtryck med ventilationen i drift

Då ventilationen är avstängd gäller följande:

$$\text{Flöde, frånluft: } q_f = q_{fn} \sqrt{\frac{P_b}{P_f}}$$

$$\text{Flöde, tilluft: } q_t = q_{tn} \sqrt{\frac{P_b}{P_t}}$$

$$\text{Flöde, dörrläckage: } q_d = A_d \sqrt{\frac{2 \cdot P_b}{\rho}}$$

$$\text{Flöde, fasadläckage: } q_l = 1,6 \cdot A_{fasad} \cdot \sqrt{\frac{P_b}{50}}$$

Brandtryck P_b [Pa]	Flöde, frånluft q_f [l/s]	Flöde, tilluft q_t [l/s]	Flöde, dörrläckage q_d [l/s]	Flöde, fasadläckage q_l [l/s]	Brandflöde Σ flöden q_b [l/s]
0	0	0	0	0	0
250	39,5	0	130,6	54,4	224,5
500	55,9	35,4	184,8	77,0	353,1
1000	79,1	50,0	261,3	108,9	499,3
2000	111,8	70,7	369,5	154,0	706,0

Tabell 9 - Brandflöden vid ett antal givna brandtryck med ventilationen avstängd

Jämförelse med troligt brandflöde i brandrummet

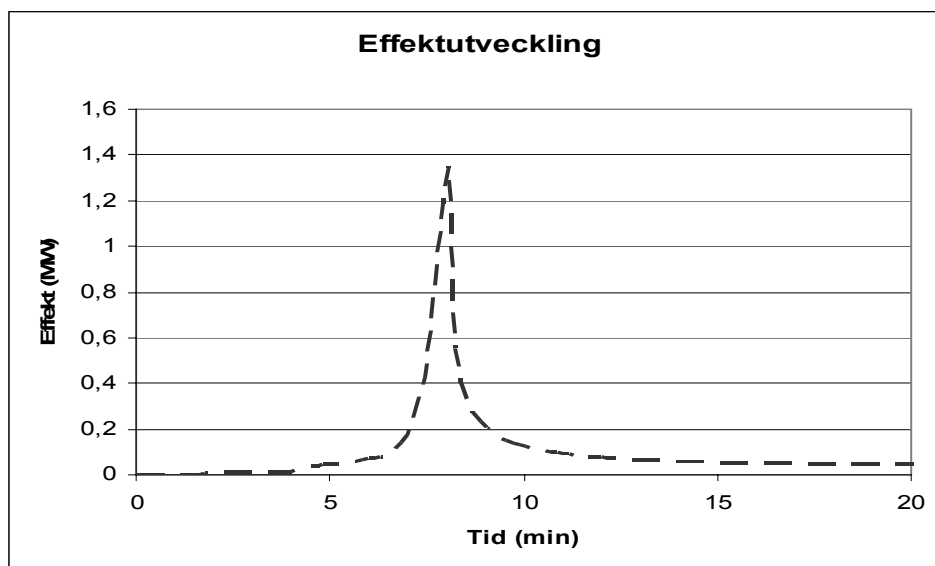


Diagram 8 - Effekttutveckling i brandrummet med hål i stället för fönster

Diagrammet ovan visar den effekttutveckling som ligger till grund för brandflödet. Den höga toppen motsvarar ett brandflöde på ungefär 1400 liter per sekund vilket överskrider de värden som högst kan tillåtas innan brandgasspridning via ventilationssystemet sker. Detta värde gäller under en förhållandevis kort tid, varför brandgasspridningen blir begränsad. Effekttutvecklingen efter toppen motsvarar ett brandflöde på omkring 40 liter per sekund, vilket inte leder till brandgasspridning, vare sig om ventilationen är i eller ur drift.

Fall fyra – Dörren öppnas

Det fall då dörren öppnas av personalen som sedan inte klarar av att stänga den igen delas upp i två scenarion:

- Dagtidsscenario: dörren öppnas efter fem minuter och 35 sekunder
- Natttidsscenario: dörren öppnas efter sex minuter och 35 sekunder.

Tiderna har tagits fram med hjälp av simulering i Detact T2 adderat med antagandet om tid för varseblivning och beslut för dag- respektive nattscenario. Tiderna uppskattas till 30 sekunder under dagen och 90 sekunder under natten.

Dagtidsscenario

Tider för simuleringen:

- Dörren öppnas efter 5 minuter och 35 sekunder
- Övertändning efter 9 minuter och 56 sekunder
- Branden dör efter 12 minuter och 12 sekunder

Förhållandena som erhålls i korridoren, med avseende på brandgaslagrets höjd över golvet samt temperaturen i brandgaslagret visas i diagrammen nio och tio. I diagrammet över brandgaslagrets höjd har även en linje för gränsvärdet vid kritiska förhållanden lagts in.

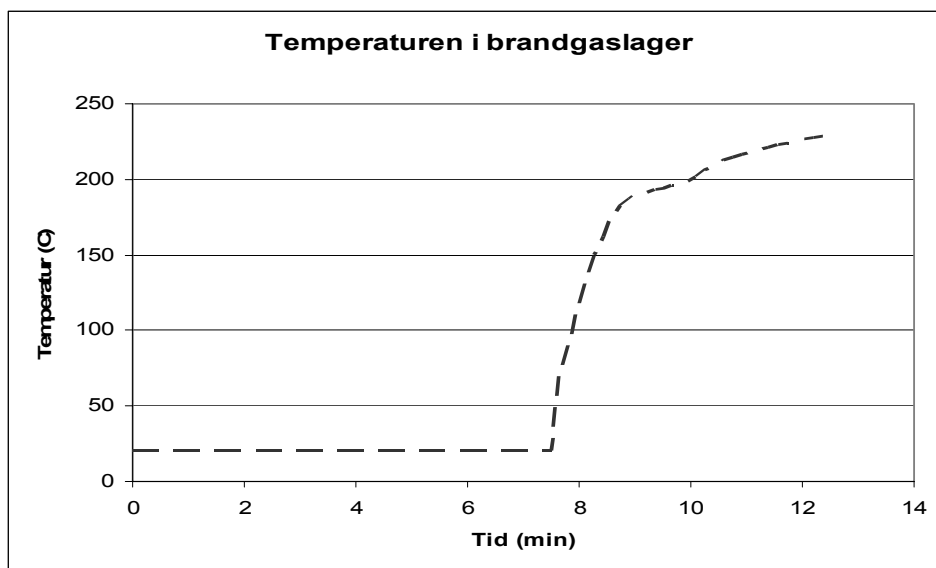


Diagram 9 - Brandgaslagrets temperatur i korridoren som funktion av tid

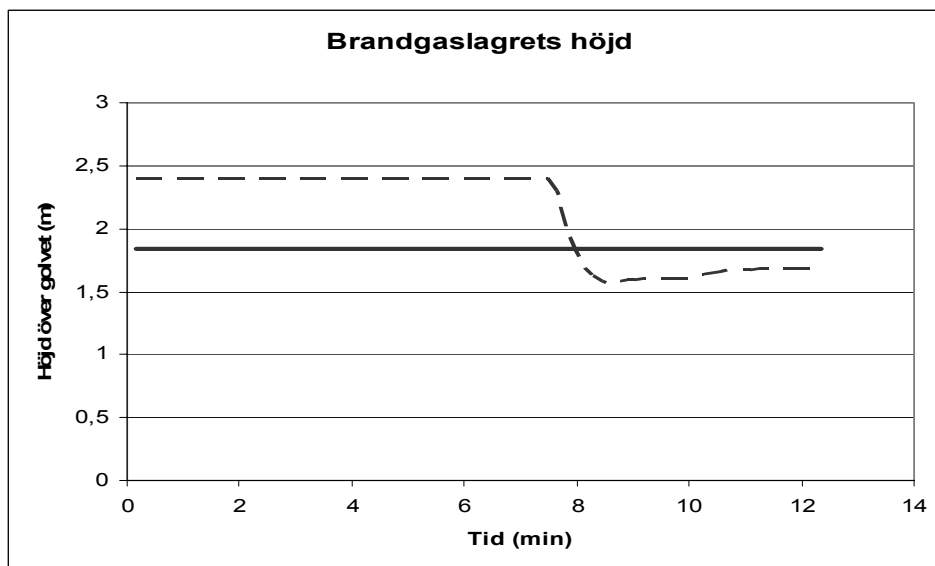


Diagram 10 - Brandgaslagrets höjd i korridoren som funktion av tid

Efter att dörren öppnas dröjer det cirka två minuter till dess att brandgaslagrets nivå börjar sjunka i korridoren. I korridoren får, enligt gränsvärden för kritiska förhållanden, brandgaslagret inte sjunka lägre än 1,84 meter över golvnivå. Detta sker efter ungefär åtta minuter. Temperaturen är då ungefär 110°C i brandgaslagret. Gränsvärdet för kritiska förhållanden med avseende på temperatur är en lufttemperatur på 80°C. Brandgastemperaturen stiger över 80°C strax innan varför brandgaslagrets höjd, i jämförelsen mellan dessa värden, torde bli bestämmande för då kritiska förhållanden uppstår. Efter åtta minuter stabiliserar sig brandgaslagret på drygt 1,5 meter. Man kan ana att brandgaslagret sedan höjer sig något. Detta beror på den blygsamma brandbelastningen som valts att simuleras. Eftersom rummet når övertändning efter ungefär tio minuter kommer brandbelastningen efter det att öka och brandgaslagret ytterligare sjunka. Detta har inte simulerats enligt tidigare antaganden och den ytterligare sänkningen av brandgaslagret påverkar inte nämnvärt den initiala evakueringssituationen och tiden tills att kritiska förhållanden uppstår. Ur diagrammet för temperatur i brandgaslagret kan utläsas att temperaturen i brandgaslagret efter tio minuter är över 200°C.

I begreppet *kritiska förhållanden* ingår även faktorer som strålningsintensitet, siktnedsättning samt toxicitet. Diagrammen som följer visar den optiska densiteten i korridoren samt den strålningsintensitet som erhålls. Båda diagrammen illustrerar respektive förhållande som funktion av tid och i båda fallen har en linje motsvarande gränsvärdet för kritiska förhållanden lagts in. Simuleringsprogrammet Argos ger endast värden för syrehalten. Denna visas inte i diagram, men enligt simulering sjunker aldrig syrehalten i korridoren under de femton procent som utgör gränsvärde.

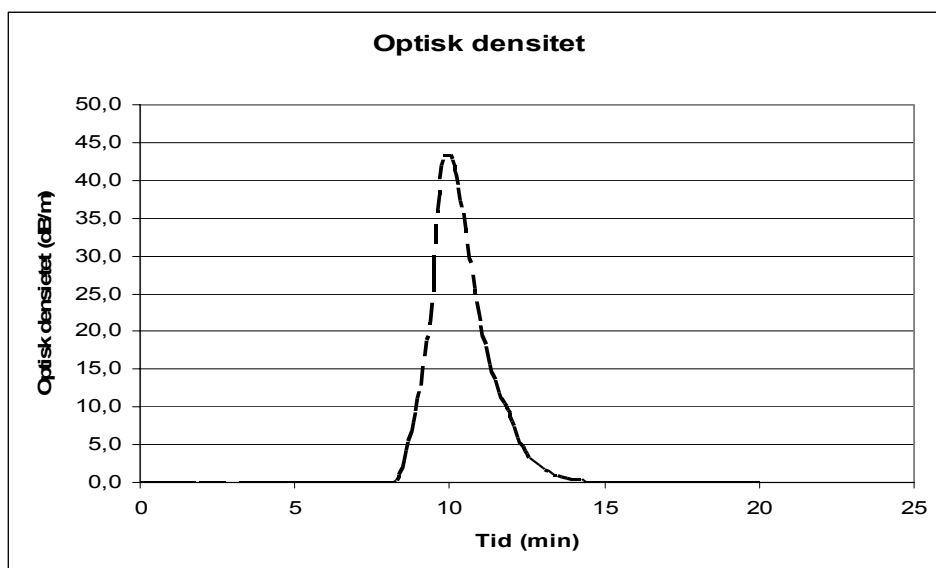


Diagram 11 – Optisk densitet i korridoren som funktion av tid

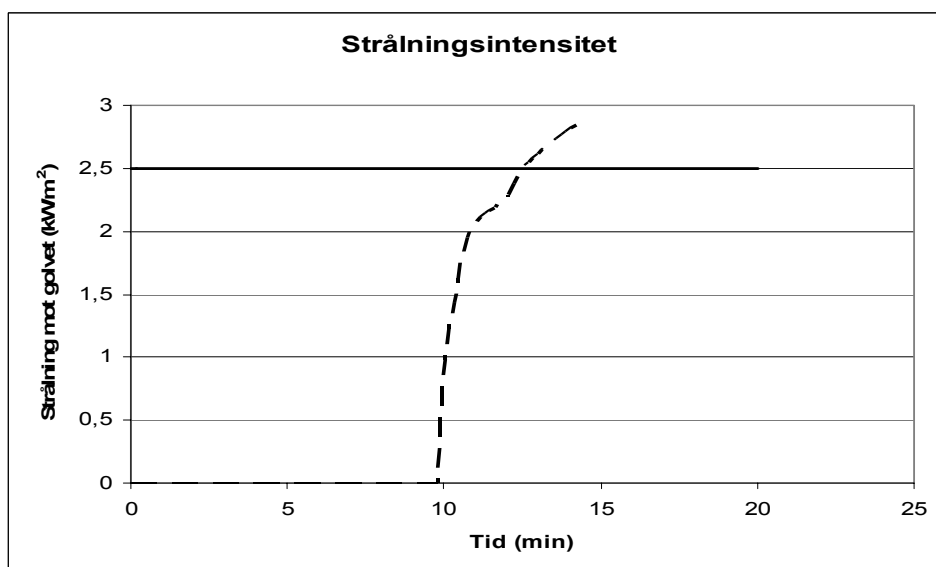


Diagram 12 - Strålningsintensitet mot golv i korridor som funktion av tid

Vad det gäller siktförhållandena stiger den optiska densiteten över gränsvärdet efter sex minuter och 50 sekunder. Strålningsintensiteten mot golvet överskrider gränsvärdet för kritiska förhållanden efter drygt tio minuter.

Nattetidsscenario

Tider för simuleringen:

- Dörren öppnas efter 6 minuter och 35 sekunder
- Övertändning efter 9 minuter och 56 sekunder
- Branden dör efter 12 minuter och 12 sekunder

Dörren öppnas efter sex minuter och 35 sekunder. Diagram över brandgaslagrets höjd ovan golvnivå samt brandgaslagrets temperatur som funktion av tid visas i diagrammen nedan.

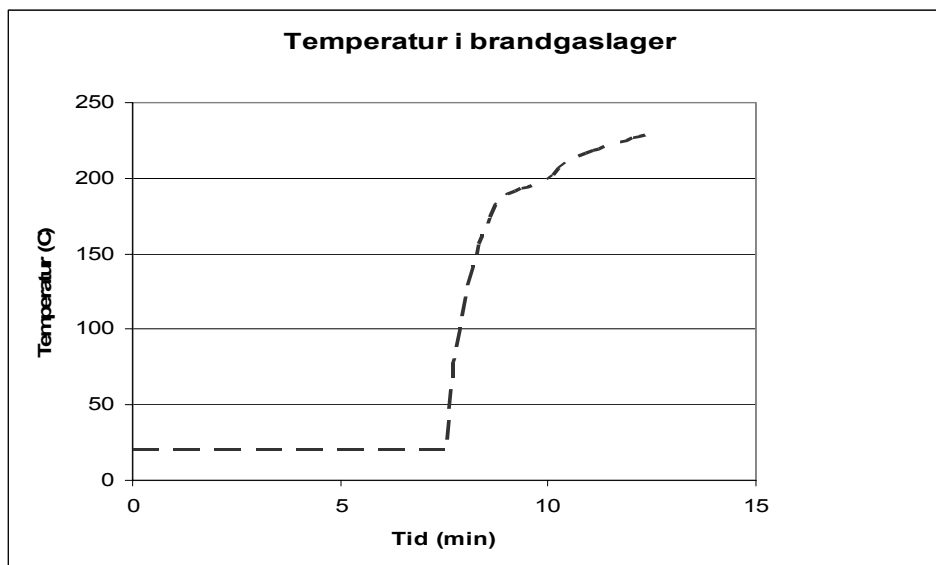


Diagram 13 - Brandgaslagrets temperatur i korridoren som funktion av tid

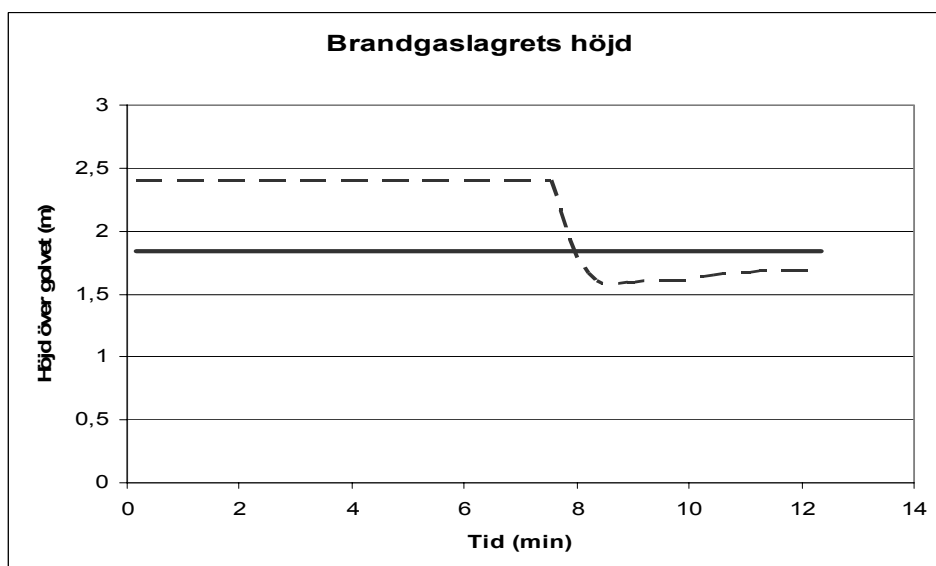


Diagram 14 - Brandgaslagrets höjd i korridoren som funktion av tid

En nästan exakt överrensstämmelse kan ses mellan diagrammen för de olika öppningstiderna med avseende på tidsförloppet någon minut efter att dörren öppnats. Slutsatsen är att den tid det tar innan dörren öppnas inte nämnvärt påverkar förhållandena i korridoren så länge den varierar mellan de tider som valts. Nattetidsscenarioet analyseras därför inte vidare, utan fortsatta studier görs baserat på dagtidsscenarioet.

Anmärkning angående detektion

Tid till detektion som tidigare simulerats fram i Detact T2 och därmed ligger till grund för tid till dörrens öppnande, kan jämföras med dessa värden från simuleringen i Argos av det helt stängda rummet med fönster. Motsvarande simulering med hål ger snarlika resultat.

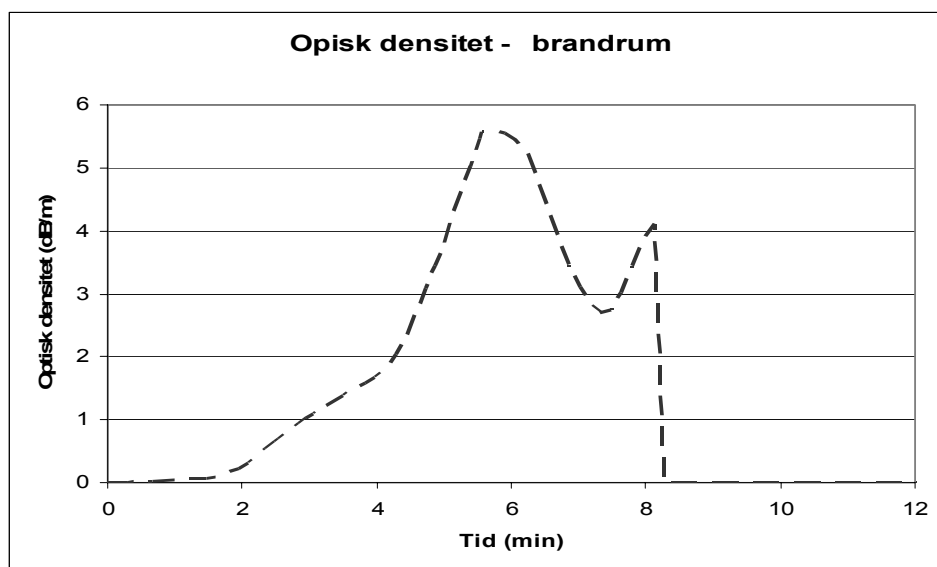


Diagram 15 - Optisk densitet i brandrummet som funktion av tid

Den optiska densiteten ökar fram till dess att brandgaslagret sjunkit ner till golvet. I och med att det då inte längre finns något undre lager definierar simuleringssprogrammet att den optiska densiteten i det undre lagret är noll.

Känslighetsanalys med avseende på effektutveckling

För att simulera ett värsta tänkbara scenario har en större säng (Y6/16 ur Initial Fires) valts. Eftersom denna säng ger en högre effektutveckling än vad som förväntas i det verkliga fallet har en känslighetsanalys genomförts. I analysen har den större sängen jämförts med en mindre (Y6/11) vilken ger en betydligt lägre effekt. Diagrammet på nästa sida visar effektutvecklingen för de två olika sängarna som funktion av tid, och kan användas för att utröna effektutvecklingens påverkan på förhållandena i korridoren. Den mindre sängen leder inte till övertändning vilket ger den stora skillnaden i effektutveckling. Eftersom det i tidigare resonemang framkom att tidpunkten för dörrens öppnande är av liten betydelse har bara fallet med att dörren öppnas efter fem minuter och 35 sekunder simulerats.

Tider för simuleringen:

- Dörren öppnas efter 5 minuter och 35 sekunder
- Branden dör efter 20 minuter

Ingen övertändning sker i detta scenario.

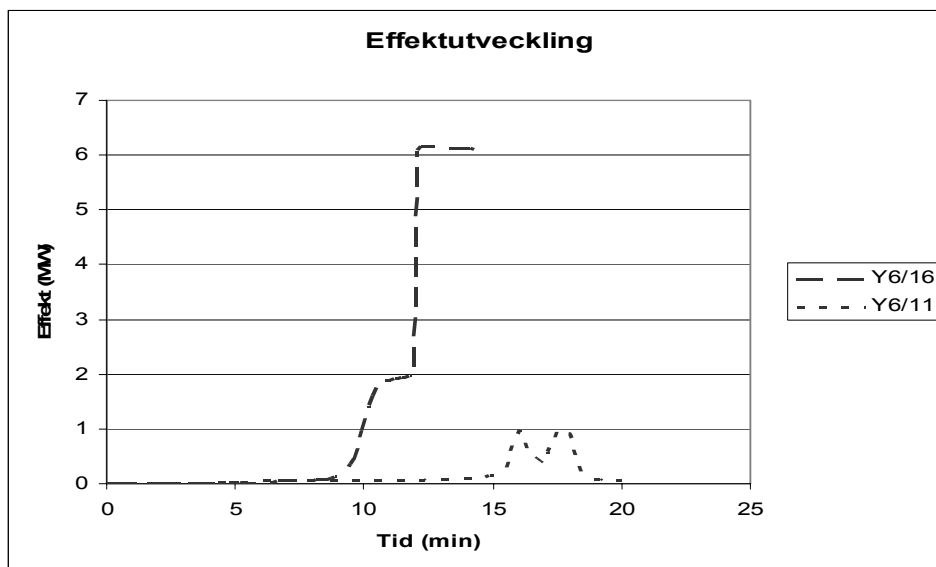


Diagram 16 - Effektutveckling i brandrummet

Tidskalan påverkas av förbrinntiden som beror på antändningskällan. Vid de försök som tagit fram den ovan angivna effektkurvan har ett träbål placerats i mitten av sängen och detta kan approximera en anlagd brand. Då antändningskällan kan liknas vid den som kan användas i scenariot har förbrinntiden bibehållts.

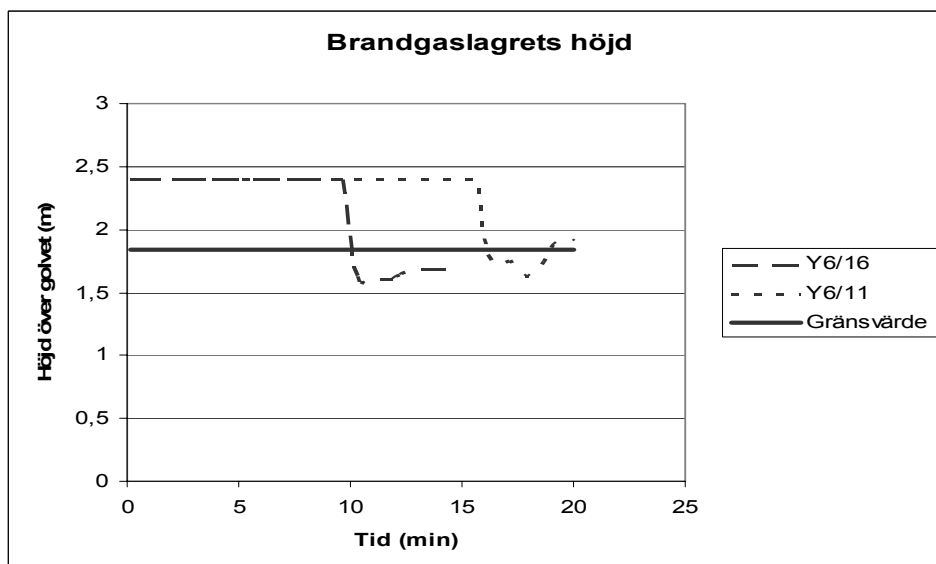


Diagram 17 - Brandgaslagrets höjd i korridoren som funktion av tid

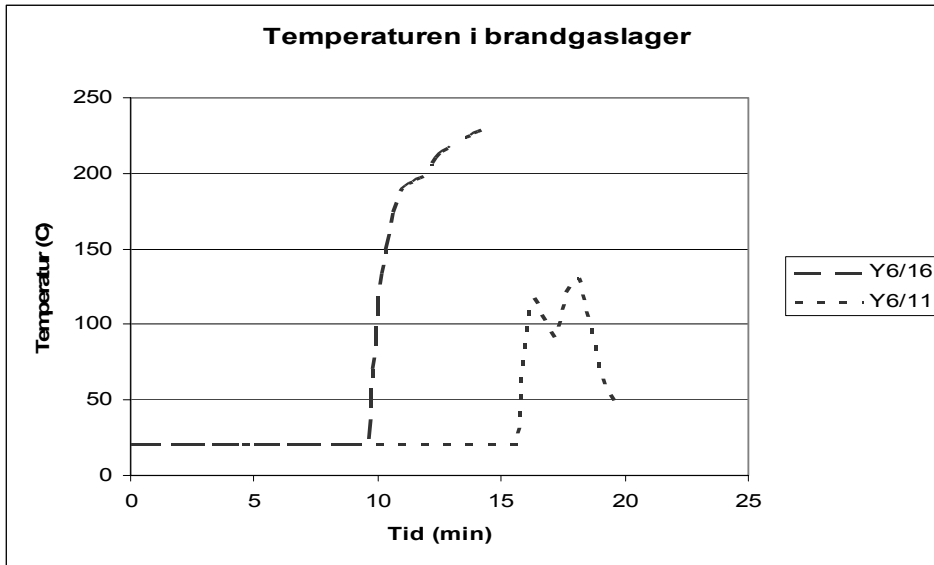


Diagram 18 - Temperatur i brandgaslaget i korridoren som funktion av tid

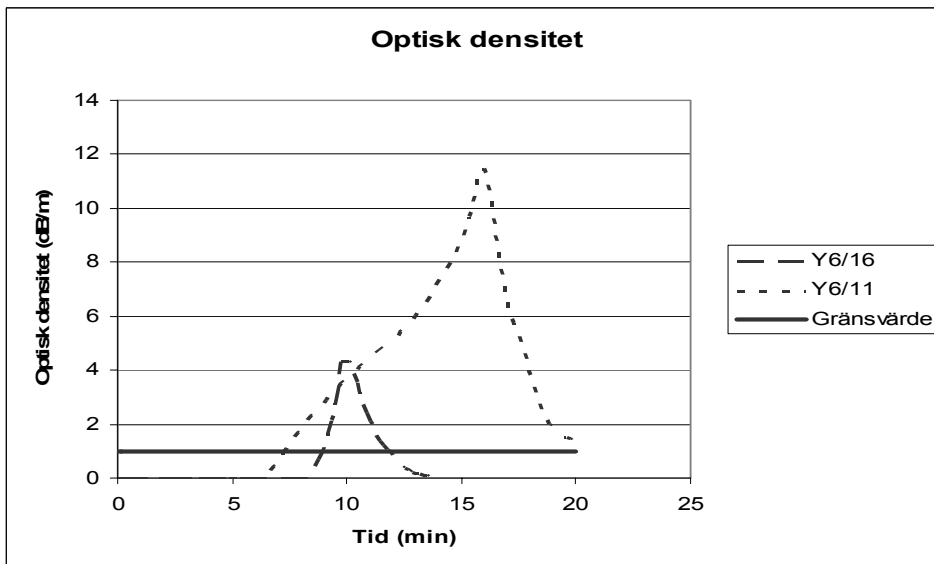


Diagram 19 - Optisk densitet i korridoren som funktion av tid

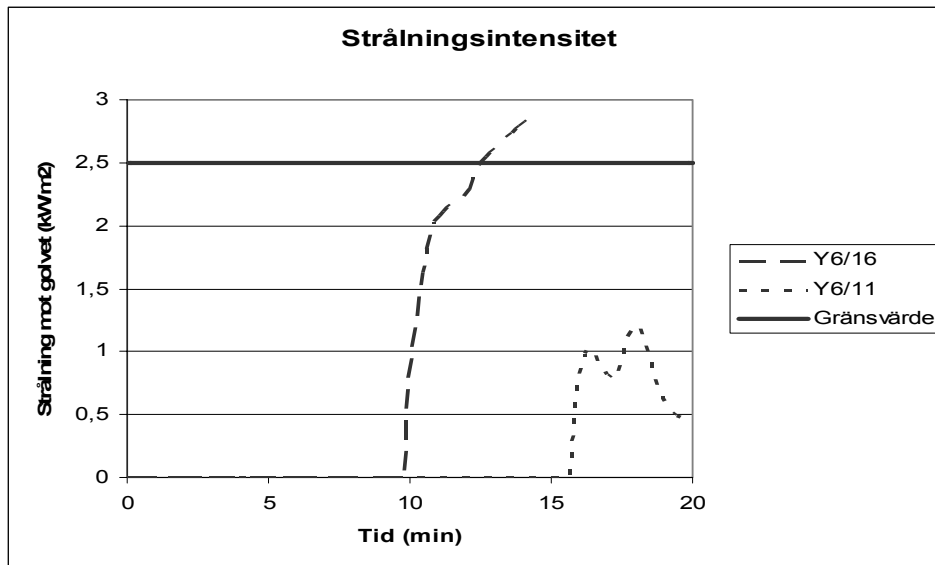


Diagram 20 - Strålning mot golvet i korridoren som funktion av tid

Ur diagrammen kan utläsas att med den större sängen påverkas förhållandena i korridoren generellt sett betydligt mindre än med den mindre. Ett brandgaslager uppstår i korridoren först efter femton minuter. Kritiska förhållanden uppstår däremot tidigare på grund av att den optiska densiteten stiger över det tillåtna värdet redan efter 7,5 minuter. Brand i den större sängen innebär alltså minst lika kritiska förhållanden för utrymning som för den mindre.

Detektion

Tid till dess att en detektor larmar och löser ut det automatiska brandlarmet har simulerats i Detact T2 (se Bilaga B).

Antaganden

Sängen antas stå på en meters avstånd från ytterväggen med långsidan parallellt med denna och branden antas starta mitt på sängen. För att få Detact T2 att ta hänsyn till brandens avstånd till detektorn, som sitter mitt i rummet, har det dubbla avståndet från branden till detektorn matats in som avståndet mellan detektorerna. För att simulera en rökdetektor sattes utlösningstemperaturen till 35°C och RTI-värdet till 1,0 (se Bilaga B).

Detektionstid

Ett α -värde för insättning i en αT^2 kurva har beräknats. Detta α -värde motsvarar det värde som ger en αT^2 kurva som tangerar punkten för maximal brandeffekt för den större sängen. Maximala effekten för madrassen är 2300 kW, vilken nås 780 sekunder efter antändning, där de första 200 sekunderna utgör en förbrinntid. Förbrinntiden tas inte med i beräkningarna för α -värdet.

Insatt i formeln för αT^2 kurvan erhålls:

$$Q = t^2 * \alpha \Rightarrow \alpha = 0,00684 \frac{\text{kW}}{\text{s}^2}$$

Det beräknade α -värdet ligger mellan de standardiserade kurvorna *slow* och *medium* och benämns nedan som A. Detact T2 simuleras samtliga dessa tre kurvor.

Resultat

Tillväxthastighet	α -värde	Tid sim. (min)	Tid till detektion (s)
S	0,003	2,43	346
M	0,012	1,43	286
A	0,00684	1,75	305

Tabell 10 - Detektionstid i Detact T2 vid olika tillväxthastigheter

Bokstaven A står för simulering med det framräknade α -värdet. I värdena för tid till detektion har inkluderats förbrinntiden på 200 sekunder för att få den totala tiden från antändning till dess att detektorn larmar. Förbrinntiden har inte tagits i beaktande vid själva simuleringen i Detact T2, utan lagts till i efterhand.

Giltighet

Datorprogrammet Detact T2 har ett antal begränsningar (se Bilaga B). De antaganden som görs för att få programmet att approximera en rökdetektor innebär ytterligare begränsningar. Därför har Argos använts för att simulera detektionstiden. Dessa simuleringar är identiska med tidigare brandförloppssimuleringar. Argos beräknar simuleringstiden med hjälp av den optiska densiteten och detektorns känslighet på ljusintensitetsdämpning.

Känslighet	Större säng	Mindre säng
Optisk densitet (dB/m)	Tid (s)	Tid (s)
0,1	98	102
0,2	114	190
0,3	124	247
0,4	132	255
0,5	139	260

Tabell 11 – Detektionstid i Argos

Då känsligheten på avdelningens detektorer inte är känd har simuleringar gjorts för varierande känslighet. Ur resultaten kan utläsas att tiden till detektion av brand i den större sängen sker efter ungefär två minuter. Detta kan jämföras med 5,5 minuter vilket simulering i Detact T2 gav. Därur kan slutsatsen dras att simulering i Detact T2 innebär konservativa detektionstider.

Sikt

Antaganden

Brandgasspridning sker till en rumsvolym på omkring 1030 m³, varav 52 m³ utgörs av patientrummet.

Ur initial Fires används värden för den större sängen (Y6/11). Den sängen är den som bäst motsvarar de sängar som finns på sjukhuset, av de som i Initial Fires har värden för optisk densitet vid brand. Värdena ur diagrammet förenklas till en triangel

med början efter femton minuter, som har basen fyra minuter och höjden 80 obs*m³/s. Arealen under grafen motsvarar den totala rökproduktionen.

Resultat

Säng	Brinntid (s)	Maximal rökproduktion (obsm ³ /s)	Rökproduktion (obsm ³)	D _L (obs)	Sikt (m)
Y6/11	240	80	9600	9,32	1,07

Tabell 12 - Sikt då hela sängen brunnit upp

Sikten blir drygt en meter då sängen helt förbränts efter 19 minuter.

Även tiden tills sikten är tio meter beräknas. En sikt på tio meter är gränsvärdet för kritiska förhållanden och motsvarar värdet en obscura. Sikten i lokalerna sjunker till tio meter efter femton minuter och 40 sekunder.

Utrymning

För att få en uppskattning om evakueringstiderna simulerades evakueringsmomentet i datorprogrammet ERM (se Bilaga D). Scenariot utgår ifrån att korridoren som ligger intill patientrummet inte är tillgänglig för evakuering av patienter. Detta är fallet då dörren till brandrummet öppnas av personalen. Kritiska förhållanden i korridoren uppstår, varför evakuering i denna del bör undvikas.

Resultat

I tabellen ges evakueringstiden beroende på vilka utgångar som får användas. Siffrorna är hänvisningar till nodnummer. Utgångarna med nodnummer "49" och "50" är placerade i anslutning till hissfoajén och utgång "46" motsvarar det mindre trapphuset i närheten av personalrummet (se Bilaga D, nodkarta). Patienternas evakueras i fallande prioriteringsordning efter hur nära branden de befinner sig.

Scenario	Personal	Utgångar	"49"	"50"	"46"	Evakueringstid (min)
Natt 1	3	2		x	x	46,44
Natt 2	3	1		x		56,43
Morgon 1	11	2		x	x	13,70
Morgon 2	11	1		x		17,31
Kväll 1	6	2		x	x	24,02
Kväll 2	6	1		x		28,86

Tabell 13 - Evakueringstid vid olika scenarier

Ur tabellen kan utläsas att personalstyrkan påverkar utrymningstiden i högre grad än vilka utgångar som används.

Om dörren till brandrummet är stängd under hela brandförloppet kan korridoren användas för evakuering av patienter. Utrymningstiderna kommer i stort att överrensstämma med de utrymningstider som simulerats fram för scenariot med brand i personalrummet. Det är dock troligt att personalen undviker att evakuera patienter förbi den dörr bakom vilken branden rasar, även om kritiska förhållanden inte uppstår i korridoren.

BILAGA O – Scenario: Brand i personalrum

Brandförlopp

För teori angående Argos, se Bilaga B.

Antaganden

Följande värden har använts som ingångsdata för simuleringen.

Rum	Area m ²	Höjd m	Maximalt avstånd
Personalrum	23,8	2,6	5,14
"Utanför"	14	2,4	6,01
Korridor Ö	60	2,4	24
Korridor V	60	2,4	24

Tabell 14 - Mått vid simuleringar



Figur 10 - Skiss över studerade rum vid simuleringar

Vid simuleringen har följande antaganden gjorts utöver de som är inkluderade i tvåzonsmodellen:

Innertaket består av betong och befinner sig 2,60 meter över golvet. Övriga väggar i personalrummet består även de av betong. Fönstren ut mot korridoren består av en enkel glasruta och antas helt gå sönder när brandgasernas temperatur nått 350°C och brandgaslagret sjunkit till en nivå lägre än fönsterrutornas underkant. Dörren ut till korridoren är en enkel trädörr med glasruta i och även den rutan antas gå sönder vid samma temperatur. Treglasfönstren i fasaden antas inte gå sönder.

Korridorernas längd har minskats till 25 meter för att få högre giltighet vid simulering i tvåzonsmodellen. Samtidigt har två öppningar lika höga och breda som korridoren placerats vid angränsning mot dagrummen för att ta hänsyn till att brandgaserna sprids till resten av avdelningen.

Ingen brandspridning antas ske till övriga möbler i rummet, utan branden beskrivs endast genom olika typer av dimensionerande brand i soffa. Detta antagande görs då en brand i enbart soffan ger förhållanden som inte uppfyller krav för säker utrymning.

Resultat

Effektutvecklingen från de tre sofforna var enligt nedan.

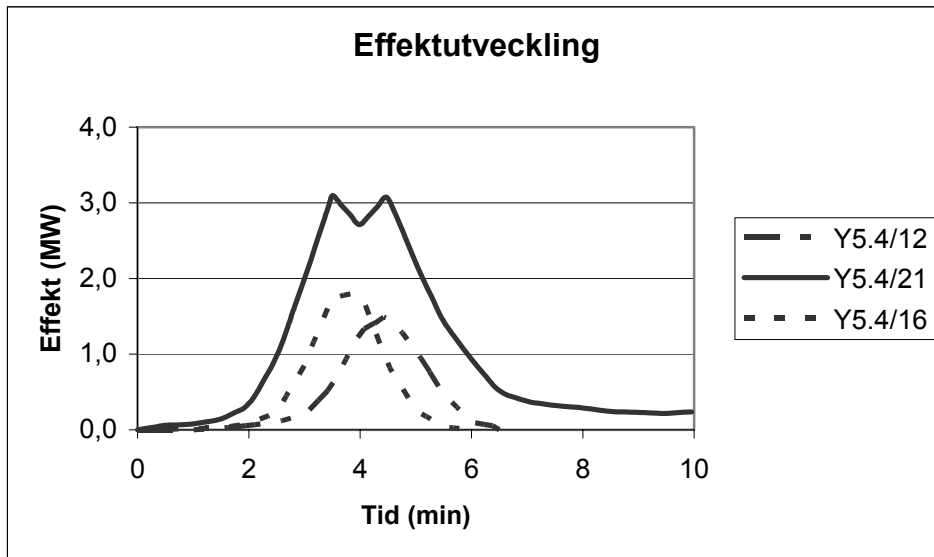


Diagram 21 – Effekt som funktion av tid för de tre sofforna

Brandspridning till andra föremål har inte beaktats utan det antas att enbart soffan brinner. I verkligheten skulle med all säkerhet branden spridas till andra föremål i rummet och branden intensifieras. Temperaturen skulle då öka och brandgaslagret sjunka ännu lägre.

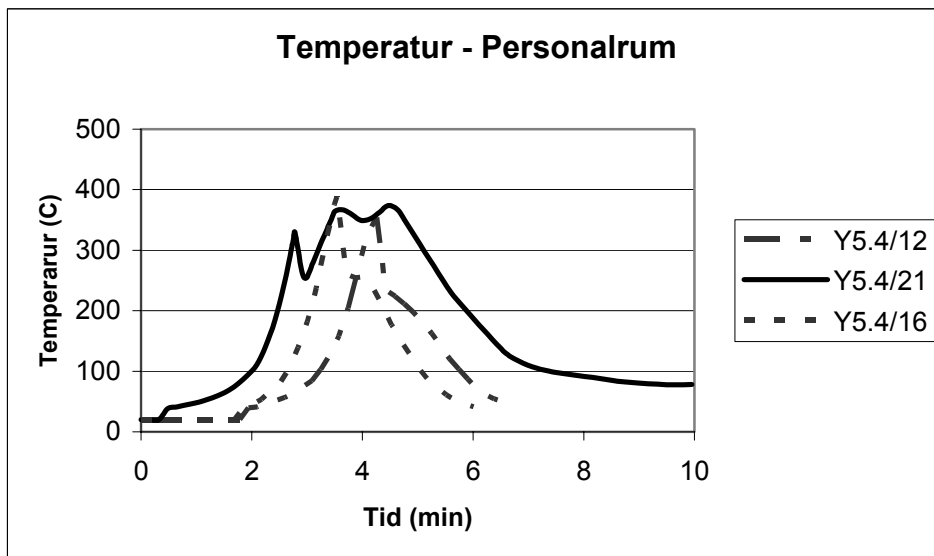


Diagram 22 – Brandgasernas temperatur i brandrummet som funktion av tid

Skillnaden i effektutveckling ger här ingen större skillnad i maxtemperatur på brandgaserna i personalrummet, utan samtliga når cirka 400°C. En högre effektutveckling ger dock en längre tid med högre temperatur.

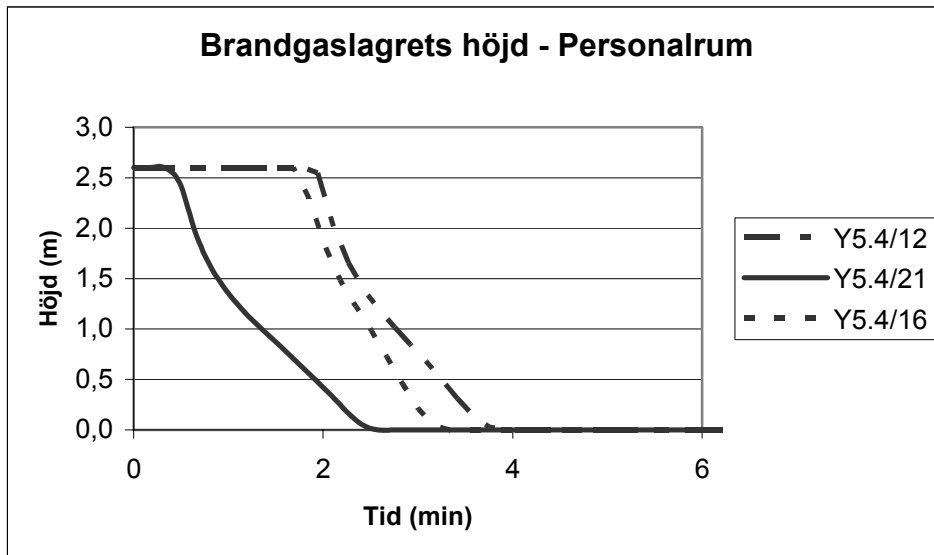


Diagram 23 – Brandgaslagrets höjd i brandrummet som funktion av tid

I försöket med den större soffan finns, redan efter drygt en minut, mindre än 1,5 meter brandgasfri höjd i brandrummet. För de andra sofforna tar det lite längre tid men efter ungefär tre minuter är den fria sikten cirka en meter. Inom fyra minuter är hela rummet fyllt med brandgaser.

Efterhand går fönstren till utrymmet utanför brandrummet sönder. Redan innan detta inträffar läcker en mindre mängd brandgaser ut genom otätheter i dörren och fönstren. I simuleringen har otätheten utgjort en procent av dörrens respektive fönstrens area. Efter att fönstren gått sönder kommer en större mängd brandgaser välla ut i korridorerna på grund av den volymökning av gaser som sker i brandrummet. Nedan visas temperaturen i brandgaslagret och dess höjd i utrymmet utanför personalrummet som funktion av tid.

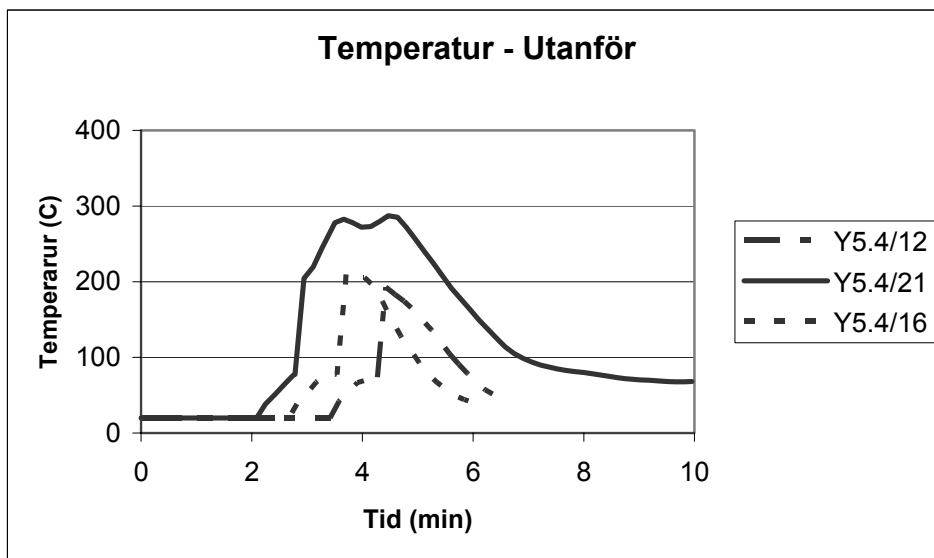


Diagram 24 – Brandgasernas temperatur utanför brandrummet som funktion av tid

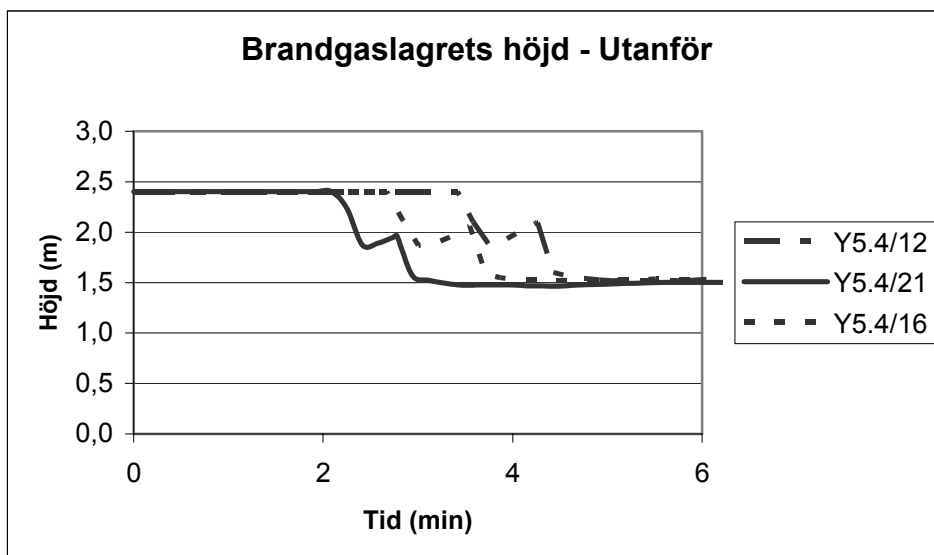


Diagram 25 – Brandgaslagrets höjd utanför brandrummet om funktion av tid

Kritiska förhållanden uppstår i korridoren efter cirka tre till fyra minuter på grund av att brandgaslagrets höjd då är under 1,84 meter. Därefter sjunker brandgaserna till cirka 1,5 meter för samtliga effektutvecklingskurvorna. Den maximala temperaturen blir mellan 200°C och 300°C.

Förhållandena i korridorerna avgör hur länge utrymning av de närmsta patientrummen kan genomföras. Därför undersöks när kritiska förhållanden uppstår.

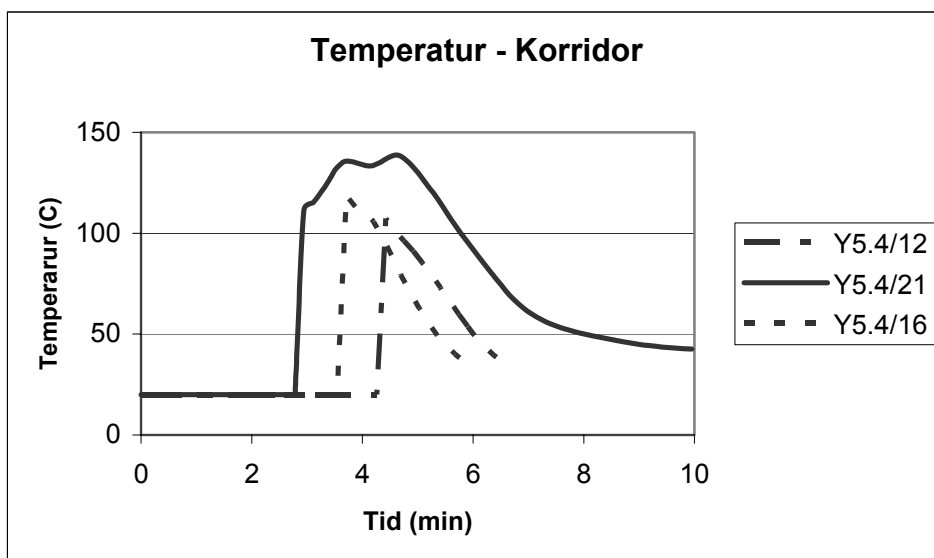


Diagram 26 - Brandgasernas temperatur som funktion av tid i korridorerna.

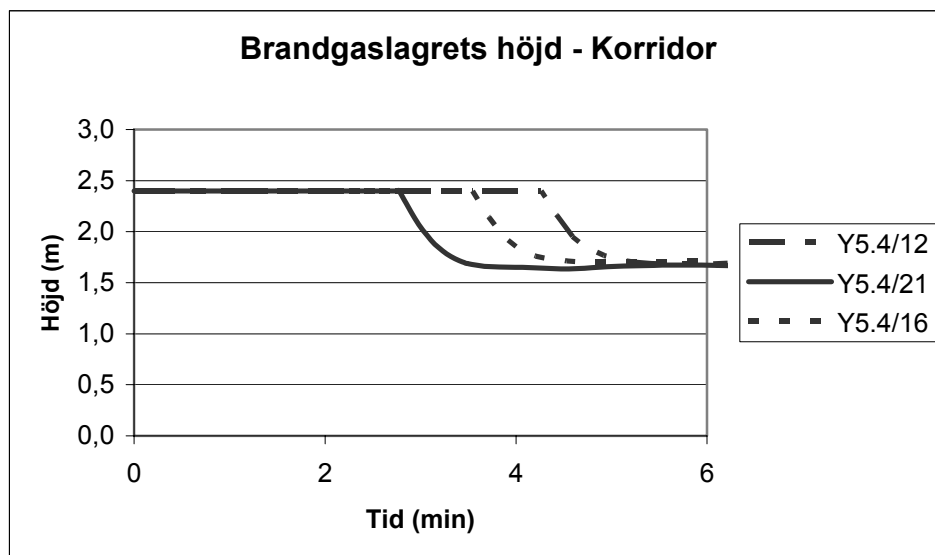


Diagram 27 - Brandgaslagrets höjd i korridorerna som funktion av tid

Kritiska förhållanden uppstår efter tre till fem minuter på grund av brandgaslagrets höjd. Temperaturen i brandgaserna blir över 100°C vid alla tre typerna av soffor. Brandgaslagret kommer att stabiliseras runt 1,5 meter ovan golvnivå.

Sikt

För att beskriva rökfyllnaden av de delar av korridorerna som är utanför simuleringsområdet görs handberäkningar av sikten.

Handberäkningar

Volymen på avdelningen som riskerar rökfyllnad blir, om alla patientrummen är stängda, ungefär 1048 m³.

Ur Särdaqvists Initial Fires erhålls en kurva för rökproduktion som funktion av tiden. Arean under kurvan beräknas, vilket representerar den totala rökmängd som producerats när hela soffan brunnit ut. Detta värde divideras med volymen som rökfylls och då erhålls ett värde på sikten i det utrymmet.

Resultat

Soffa	Brinntid	Max rökprod.	Rökproduktion	Optisk densitet	Sikt
Y5.4/12	300 s	60 obsm ³ /s	9000 obsm ³	9,23 obs	1,08 m
Y5.4/16	300 s	100 obsm ³ /s	15000 obsm ³	15,38 obs	0,65 m
Y5.4/21	-	-	-	-	-

Tabell 15 – Beräkning av sikt då hela soffan förbränts

Värden för rökproduktion från den tredje soffan återfanns inte i Initial Fires och har därför uteslutits i ovanstående beräkning.

För den kända rökproduktionen angiven ovan kan den mängd som måste förbrännas innan siktkriteriet för kritiska förhållanden uppfylls beräknas. Kriteriet är en sikt på tio meter vilket motsvarar en obscura.

Soffa	Rökproduktion	Massa	Rökprod./kg	Kritisk massa
Y5.4/12	9000 obsm ³	8,8 kg	1024 obsm ³ /kg	0,95 kg
Y5.4/16	15000 obsm ³	8,2 kg	1829 obsm ³ /kg	0,53 kg
Y5.4/21	-	51,5 kg	-	-

Tabell 16 – Beräkning den förbrända massa som krävs för att ge sikten tio meter.

Detektion

Tid till dess att en detektor larmar och löser ut det automatiska brandlarmet har simulerats i Detact T2 (se Bilaga B).

α -värdet för de olika sofforna har beräknats genom att en trendlinje adderas till effektkurvornas tillväxtfas. Trendlinjens ekvation ger kurvans α -värde. Detta värde har sedan använts i Detact T2 tillsammans med ovanstående indata.

Resultat

För de tre olika typerna av soffor detekterades branden enligt nedan:

Brand	Alfa - värde	Tid (min)	Tid (s)
Y5.4/12	0,01	1,26	75,6
Y5.4/16	0,04	0,78	46,8
Y5.4/21	0,10	0,58	34,8

Tabell 17 – Detektionstid för brand i personalrum.

Till detektionstiden tillkommer en förbrinntid som är ungefär 60 sekunder enligt rökpotentialdiagram ur Inital fires. Detta ger en total detektionstid på 1,5 – 2,5 minuter för de simulerade bränderna.

Utrymning

Utrymningstiderna har simulerats i ERM med en nodkarta och med varierande personaltäthet och möjliga utrymningsvägar (enligt Bilaga D).

Antaganden

För detta scenario har det antagits att det mindre trapphuset blir omöjligt att använda för utrymning i och med att den kraftiga rökutvecklingen blockerar trapphuset. Patienternas utrymningsprioritering sker i fallande ordning efter närhet till branden.

Resultat

ERM ger följande resultat för utrymning vid brand i personalrum. Vid de olika fallen har det mindre trapphuset uteslutits som utrymningsväg på grund av brandens påverkan.

Namn	Personal	Utgångar	"49"	"50"	"46"	Utrymningstid (min)
Natt	3	2	X	x		48,49
Morgon	11	2	X	x		14,30
Kväll	6	2	X	x		24,45

Tabell 18 – Resultat av ERM simulering

I tabellen ges utrymningstiden beroende på vilka utgångar som får eller kan användas. Nodnumren "49" och "50" motsvarar de utgångar från avdelningen som angränsar till hissfoajén (se Bilaga D – Nodkarta).

BILAGA P – Scenario: Brand i kopiator

Brandförlopp

Kopiatorns tillväxthastighet uppskattas med en printer²² som antas innehålla samma typ av plast. Maxeffekten för kopiatorn antas vara ca 300 kW, grundat på tumregeln för brand i plast, 500 kW/m².²³ Kopiatorns yta uppskattas till cirka en halv kvadratmeter.

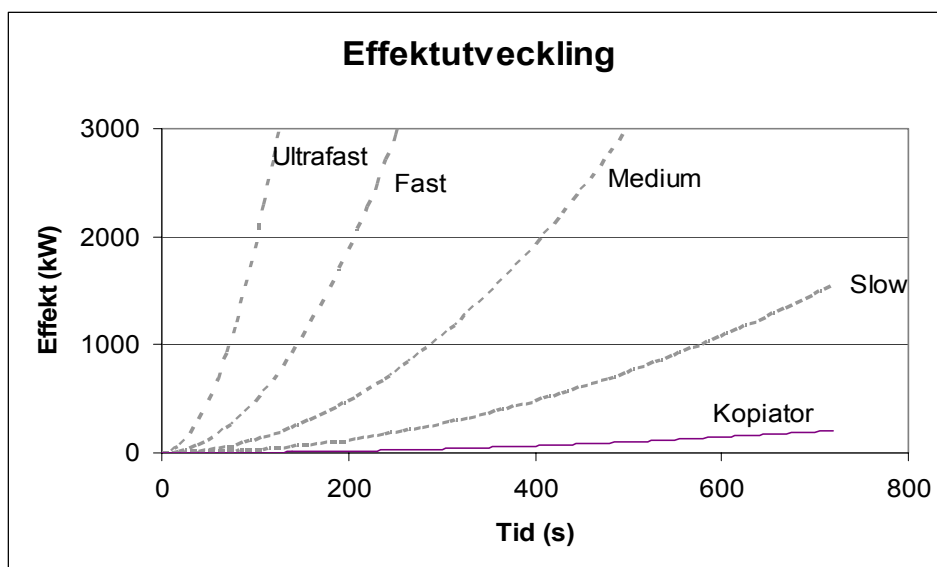


Diagram 28 - Kopiatorns effektutveckling

Antaganden

Dörrarna till samtliga patientrum antas vara stängda. Släckningsinsats med den nära placerade koldioxidsläckaren antas misslyckas. Detta antagande görs baserat på att det inte sker någon större effektutveckling jämfört med en öppen flambrand. Istället är det en svåråtkomlig glödbland som framkallar en kraftig rökutveckling.

På grund av den låga maximala effektutvecklingen antas att brandspridning till andra föremål inte sker. De brandgaser som produceras har en förhållandevis låg temperatur och sprids i en stor volym. Dessa två faktorer gör att tvåzonsmodellen inte används på grund av låg giltighet.

²² Fire performance of selected IT-equipment, 2004

²³ SFPE-handboken, 1995

Sikt

Handberäkning av sikt i korridorerna görs med hjälp av plastens rökpotential. Volymen på avdelningen som riskerar att bli rökfylld blir om alla patientrummen är stängda är cirka 980 m³.

Kopiatorn antas bestå till mestadels av polystyren. Tre olika rökpotentialvärden för polystyrenplast valdes och användes vid beräkningarna²⁴. I tabellen nedan visas hur mycket av plasten som måste brinna för sikten i korridorerna begränsas till tio meter, benämnt kritisk massa. Med hjälp av massavbrinningen 2,2 g/s,²⁵ kan tid detta kriterium beräknas.

Plast	Rökpotential	Rökpotential	Sikt	Kritisk massa	Tid till rökfyllnad
1	1,4 m ² /g	14 obsm ³ /g	10 m	69,6 g	31 s
2	1,0 m ² /g	10 obsm ³ /g	10 m	97,5 g	44 s
3	0,79 m ² /g	7,9 obsm ³ /g	10 m	123,4 g	56 s

Tabell 19 – Beräkning av tid till rökfyllnad i korridorerna.

Som synes ovan kommer sikten att sjunka till det kritiska värdet tio meter redan en halv till en minut efter en förbrinntid på fem minuter. Siktberäkningar med rökpotential ger endast en kraftig approximation av siktförhållandena på avdelningen, (se Bilaga E för närmare beskrivning av antaganden).

Plastinnehållet i kopiatorn uppskattas vara ungefär tio kilogram. Då all plast i kopiatorn brunnit är sikten i korridorerna enligt tabell nedan:

Plast	Rökpotential	Rökpotential	Massa	Optisk densitet	Sikt (m)
1	1,4 m ² /g	14 obsm ³ /g	10 kg	143,6 obs	0,07
2	1,0 m ² /g	10 obsm ³ /g	10 kg	102,6 obs	0,10
3	0,79 m ² /g	7,9 obsm ³ /g	10 kg	81,0 obs	0,12

Tabell 20 – Beräkning av sikt då allt plastinnehåll i kopiatorn förbränts.

Utrymning

Antaganden

Detta scenario kan jämföras med utrymning simulerat i tidigare scenarier med skillnaden att alla tre utgångar kan användas.

Resultat

ERM ger följande resultat för utrymning vid brand i personalrum. Vid de olika fallen har det mindre trapphuset tagits med i simuleringen för att se hur känslig analysen är för antal och placering av utgångar samt utvärdera fördelarna med att använda det mindre trapphuset.

²⁴ Smoke production and properties, 1995

²⁵ Fire performance of selected IT-equipment, 2004

Namn	Personal	Utgångar	"49"	"50"	"46"	Utrymningstid (min)
Natt 1	3	3	X	x	x	42,07
Natt 2	3	2	X	x		48,49
Morgon 1	11	3	X	x	x	13,27
Morgon 2	11	2	X	x		14,30
Kväll 1	6	3	X	x	x	21,78
Kväll 2	6	2	X	x		24,45

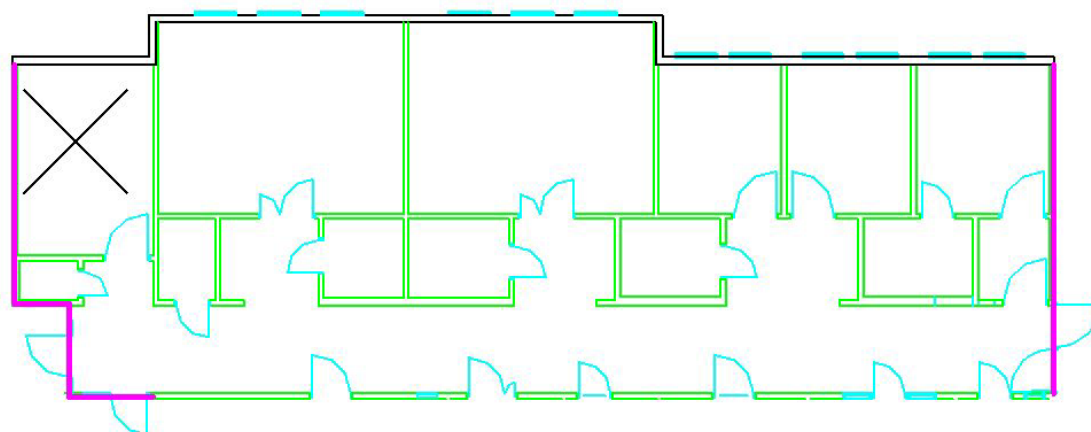
Tabell 21 – Utrymningssimulering i ERM

I detta scenario kan alla nödutgångar användas för utrymning. Nodnumren ”49” och ”50” motsvarar de utgångar från avdelningen som angränsar till hissfoajén. Nod ”46” motsvarar utgång till våningen under genom det mindre trapphuset (se Bilaga D – Nodkarta).

BILAGA Q – Beräkningar av åtgärdernas giltighet

Brandförlopp

För att undersöka lämpligheten med sektionering av avdelningen har brandförloppet med brand i patientrum simulerats i Argos. I dessa simuleringar har korridoren varit sluten. Detta ska jämföras med de simuleringar som gjorts i kapitel sju i denna rapport där korridoren från receptionsdelen har approximerats med en öppning ut till det fria. I övrigt har simuleringarna i Argos varit identiska.



Figur 11 – Skiss över korridordelen som avses

I figur är scenariorummet markerat med kryss. Befintlig och föreslagen brandcellsgräns är markerade till vänster respektive höger i figuren. Samtliga patientrum på skissen ovan, förutom brandrummet, har evakuerats i simuleringarna i ERM.

Resultat

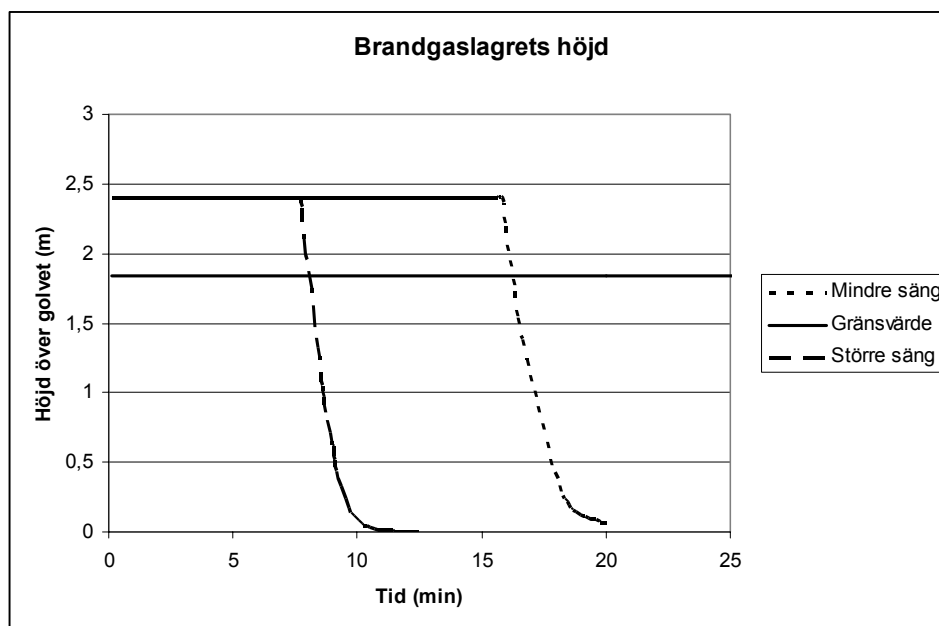


Diagram 29 - Brandgaslagrets höjd som funktion av tid

Diagrammet 29 visar brandgaslagrets höjd över golvet som funktion av tid för den större och den mindre sängen samt gränsvärdet för kritiska förhållanden. Kritiska förhållanden med avseende på brandgaslagrets höjd uppstår något tidigare än i det tidigare studerade scenariot (se Kapitel 5). Därefter skiljer sig förloppet åt såtillvida att brandgaslaget i detta scenario sjunker ner till golvet medans det i tidigare scenariot har stabiliserats på en viss höjd över golvet. I scenariot med brand i patientrum var denna höjd drygt 1,5 meter.

Evakuering av korridordel simulerades i ERM.

Scenario	Personal	Utgångar	Evakueringstid (min)
Natt	3	2	14,31
Morgon	11	2	5,03
Kväll	6	2	7,78

Tabell 22 - Evakueringstid

Simuleringar av evakueringsförloppet visar tydligt vikten av antalet ur personalen som finns tillgängliga för att genomföra evakuering.