

Brandteknisk Riskvärdering Holmagården, Svedala

Emma Bäckman
Rebecka Carstensen
Elin Theander

Fire Safety Engineering and Systems Safety
Lund University, Sweden
Report 9328, Lund 2007



Brandingenjörsprogrammet
Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 Lund
Telefon: 046-222 73 00
E-post: brand@brand.lth.se

Fire Safety Engineering and Systems Safety
Lund University
Box 118
221 00 Lund, Sweden
Telephone: +46 46 222 7300
E-mail: brand@brand.lth.se

Titel

Brandteknisk riskvärdering av Holmagården i Svedala

Title

Fire safety evaluation of Holmagården in Svedala, Sweden

Rapport/Report

9328

Av/By

Emma Bäckman
Rebecka Carstensen
Elin Theander

Brandingenjörsprogrammet, Lunds Tekniska Högskola, december 2007
Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lund University, December 2007

Antal sidor/Number of pages

71 (inklusive bilagor/including appendices)

Nyckelord

Brandteknisk Riskvärdering, Holmagården, äldreboende, särskilt boende för personer med vårdbehov, CFAST, ERM, Detact T2, brandscenario, utrymning, kritiska förhållanden.

Keywords

Fire safety evaluation, Holmagården, old people's home, CFAST, ERM, Detact T2, fire scenario, evacuation, critical conditions.

Abstract

This report contains a description of the fire safety situation of Holmagården, which is a residence for elderly with special needs, in Svedala, Sweden. The purpose is to evaluate the personal safety in case of fire where concern has taken to the health status of the individuals at Holmagården. Three different fire scenarios have been the starting direction for modelling and calculating. To estimate critical points computer programs and hand calculations have been used. The evacuation has been approximated with a special model for people who are in need of help during egression. All the results have been weighed together to suggest improvements of the safety at Holmagården.

Språk /Language: Svenska/Swedish

© Copyright: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund 2007

Följande rapport är framtagen i undervisningen. Det huvudsakliga syftet har varit träning i problemlösning och metodik. Rapportens slutsatser och beräkningsresultat har inte kvalitetsgranskats i den omfattning som krävs för kvalitetssäkring. Rapporten måste därför användas med stor försiktighet. Den som åberopar resultaten från rapporten i något sammanhang bär själv ansvaret.

Förord

Författarna vill rikta ett stort tack till alla som varit en del av arbetet.

Tack till:

- Håkan Frantzich, Universitetslektor, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola
- Holmagården och Anna-Stina Nished, Enhetschef
- Pia Håkansson, Brandingenjör, Räddningstjänsten Svedala
- Lars Jensen, Professor, Installationsteknik, Lunds Tekniska Högskola

Sammanfattning

Hur ser personsäkerheten ut i händelse av brand på Holmagården?

Den här frågan genomsyrar den brandtekniska riskvärdering som utförts på äldreboendet Holmagården i Svedala. Särskild hänsyn har tagits till de boendes hälsotillstånd. Projektet redovisas i denna rapport.

Arbetet inleddes med ett besök på Holmagården där den befintliga situationen studerades i detalj. Efter en brainstorming valdes tre troliga brandscenarier ut. För att styrka scenariernas trovärdighet undersöktes statistik över liknande fall. Även ett återbesök gjordes för att ytterligare bekräfta gjorda val.

För att få en uppfattning om hur de olika scenarierna utvecklar sig har utrymnings- och brandsimuleringsprogram använts. En detektionsmodell har använts för att se hur lång tid det uppskattningsvis tar till varseblivning. Validering har skett genom handberäkningar för en del av resultaten från datorprogrammen.

Resultaten av beräkningarna visar att i de flesta fall kan inte tillfredsställande utrymning ske. Därför har förslag till åtgärder tagits fram. Några av dessa är utbildning av personal, bättre möjligheter för släckning i ett tidigt skede, förbättring av avskiljande byggnadsdelar och utrymningsvägar.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	<i>Bakgrund.....</i>	<i>1</i>
1.2	<i>Syfte.....</i>	<i>1</i>
1.3	<i>Mål.....</i>	<i>1</i>
1.4	<i>Metod.....</i>	<i>2</i>
1.5	<i>Avgränsningar.....</i>	<i>3</i>
1.6	<i>Brandtekniska begrepp.....</i>	<i>5</i>
2	Objektsorientering.....	6
2.1	<i>Byggnad.....</i>	<i>6</i>
2.2	<i>Verksamhet.....</i>	<i>6</i>
2.3	<i>Personal och boende.....</i>	<i>6</i>
3	Regelverk.....	7
3.1	<i>Särskilt boende för personer med vårdbehov.....</i>	<i>7</i>
4	Befintligt brandskydd.....	8
4.1	<i>Utrymningsvägar.....</i>	<i>8</i>
4.2	<i>Brandceller.....</i>	<i>8</i>
4.3	<i>Larm.....</i>	<i>9</i>
4.4	<i>Skyltar.....</i>	<i>9</i>
4.5	<i>Ventilation.....</i>	<i>9</i>
4.6	<i>Släckutrustning.....</i>	<i>9</i>
4.7	<i>Systematiskt brandskyddsarbete.....</i>	<i>9</i>
4.8	<i>Organisatoriskt brandskydd.....</i>	<i>10</i>
4.9	<i>Räddningstjänst.....</i>	<i>10</i>
5	Brandscenarier.....	11
5.1	<i>Framtagning av effektkurvor.....</i>	<i>11</i>
6	Scenario 1.....	12
6.1	<i>Brand i lägenhet.....</i>	<i>12</i>
6.2	<i>Resultat.....</i>	<i>13</i>
6.2.1	<i>Detektion.....</i>	<i>13</i>
6.2.2	<i>Kritiska förhållanden.....</i>	<i>13</i>
6.3	<i>Utrymning.....</i>	<i>15</i>
6.3.1	<i>Jämförelse.....</i>	<i>16</i>
6.3.2	<i>Känslighetsanalys.....</i>	<i>17</i>

7	Scenario 2	18
7.1	<i>Brand i uppehållsrum</i>	18
7.2	<i>Resultat</i>	19
7.2.1	<i>Detektion</i>	19
7.2.2	<i>Kritiska förhållanden</i>	19
7.3	<i>Hus B/C, bottenplan</i>	21
7.3.1	<i>Jämförelse</i>	22
7.3.2	<i>Känslighetsanalys</i>	23
7.4	<i>Hus B, plan 2</i>	24
7.4.1	<i>Jämförelser</i>	25
7.4.2	<i>Känslighetsanalys</i>	26
7.5	<i>Hus C, plan 2</i>	27
7.5.1	<i>Jämförelse</i>	28
7.5.2	<i>Känslighetsanalys</i>	29
7.6	<i>Känslighetsanalys av CFAST</i>	29
8	Scenario 3	30
8.1	<i>Brand i tvättstuga</i>	30
8.2	<i>Resultat</i>	31
8.3	<i>Slutsats</i>	31
9	Diskussion	32
10	Åtgärder	33
10.1	<i>Åtgärder med högsta prioritet</i>	33
10.2	<i>Åtgärder med lägre prioritet</i>	35
10.3	<i>Resultat med åtgärder</i>	36
11	Slutsats	37
12	Referenser	38
	Bilaga 1: Underlag vid framtagning av effektkurvor	39
	Bilaga 2: CFAST	40
	Bilaga 3: Handberäkningar	46
	Bilaga 4: Diagram över brandgasernas temperatur och höjd	53
	Bilaga 5: Escape and Rescue Model	59
	Bilaga 6: Detact T2	68
	Bilaga 7: Sammanställning av enkäten	69

1 Inledning

Det inledande kapitlet ger en överblick av bakgrunden till rapporten. Syfte, metod och avgränsningar redovisas. Dessutom förklaras vissa brandtekniska begrepp som kan vara bra att ha med sig i den fortsatta rapporten.

1.1 Bakgrund

Kursen brandteknisk riskvärdering är ett obligatoriskt moment i utbildningen för brandingenjörer vid Lunds Tekniska Högskola. Kursen består till stor del av ett projektarbete som utförs gruppvis på olika byggnadsobjekt och har som mål att fastställa säkerhetsnivån med avseende på brand och utrymning. Den här rapporten redovisar det projektarbete som utförts på äldreboendet Holmagården i Svedala.

1.2 Syfte

Syftet med rapporten är att studenterna ska få använda gällande regelverk, utrymnings- och brandsimuleringsprogram samt handberäkningsmodeller på verkliga objekt. Studenterna ska även på ett problembaserat sätt få lära sig vilka begränsningar modellerna har och vilka antaganden som är möjliga att göra.

1.3 Mål

Målet med rapporten är att redovisa den nuvarande säkerhetsnivån samt att påvisa vilka åtgärder som bör vidtas för att höja personsäkerheten på Holmagården.

1.4 Metod

Projektarbetet inleddes med ett studiebesök på Holmagården 2007-09-13 tillsammans med handledare från Brandteknik och räddningstjänsten samt kontaktperson från Holmagården. Under besöket undersöktes Holmagårdens befintliga brandskydd och uppenbara risker noterades. Underlag togs fram för val av tänkbara brandscenarier samt för utrymningssimuleringar och beräkningar. Kamera användes för att dokumentera besöket.

Efter besöket valdes tänkbara brandscenarier ut genom att värdera sannolikhet och konsekvens för olika händelser. Därefter togs effektkurvor fram för att beskriva de bränder som valts i scenarierna. Kurvorna användes för simulering i CFAST (bilaga 2) där brandförloppets temperatur och höjden på brandgaslagret var några av resultaten. Handberäkningar utfördes för att verifiera att simuleringarna approximerar den tänkta branden.

En enkät delades ut till all personal på Holmagården för att få en bättre uppfattning om rutiner i händelse av brand samt kompetens.

Utrymningssimuleringar utfördes i ERM, Escape and Rescue Model (bilaga 5) som är ett program framtaget för vårdinrättningar där patienterna är beroende av hjälp från personalen vid en utrymning.

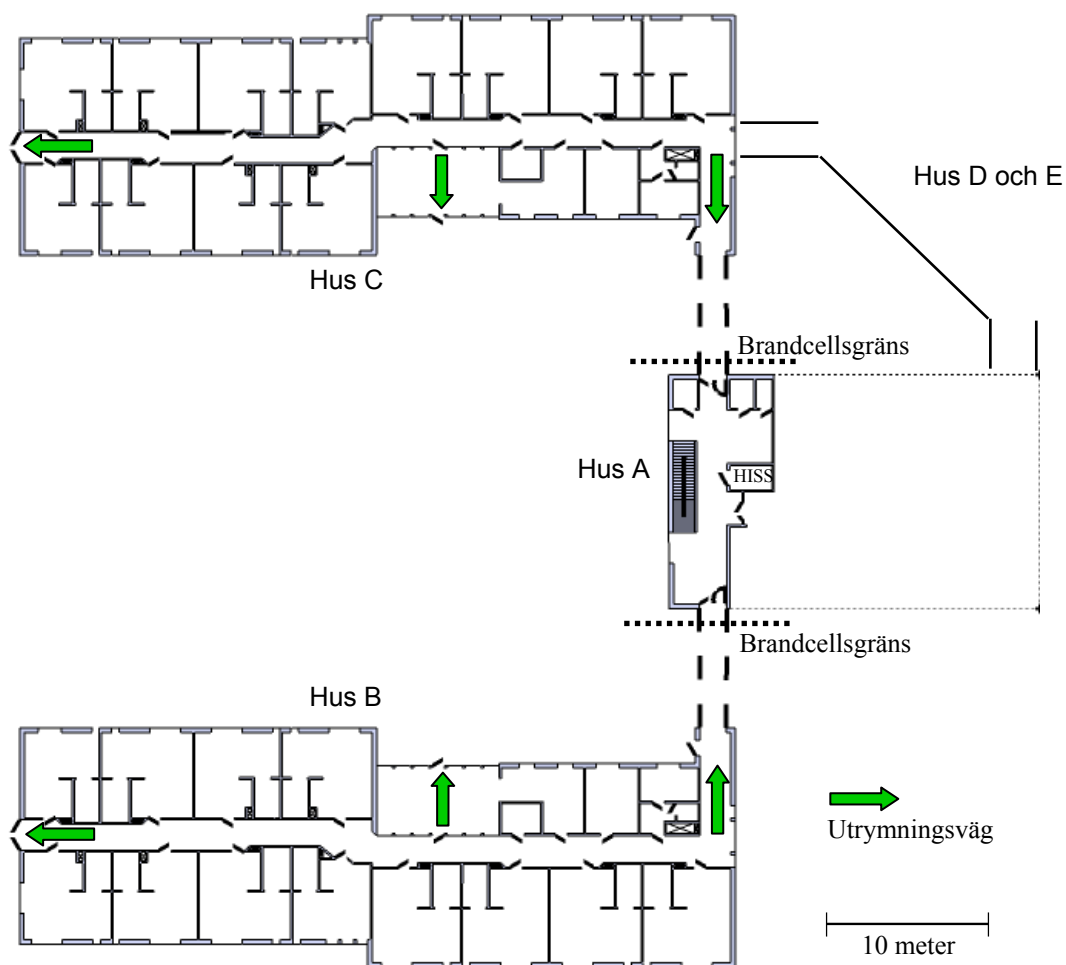
Efter att simuleringarna genomförts fanns underlag för att bedöma den nuvarande säkerhetsnivån. Åtgärder för de brister som upptäcktes diskuterades fram. Nödvändiga simuleringar utfördes för att visa att åtgärderna ger ett bättre brandskydd än det nuvarande.

Arbetet avslutades med ett seminarium där rapporten presenterades med opponering av brandingenjörer, handledare och opponentgrupp.

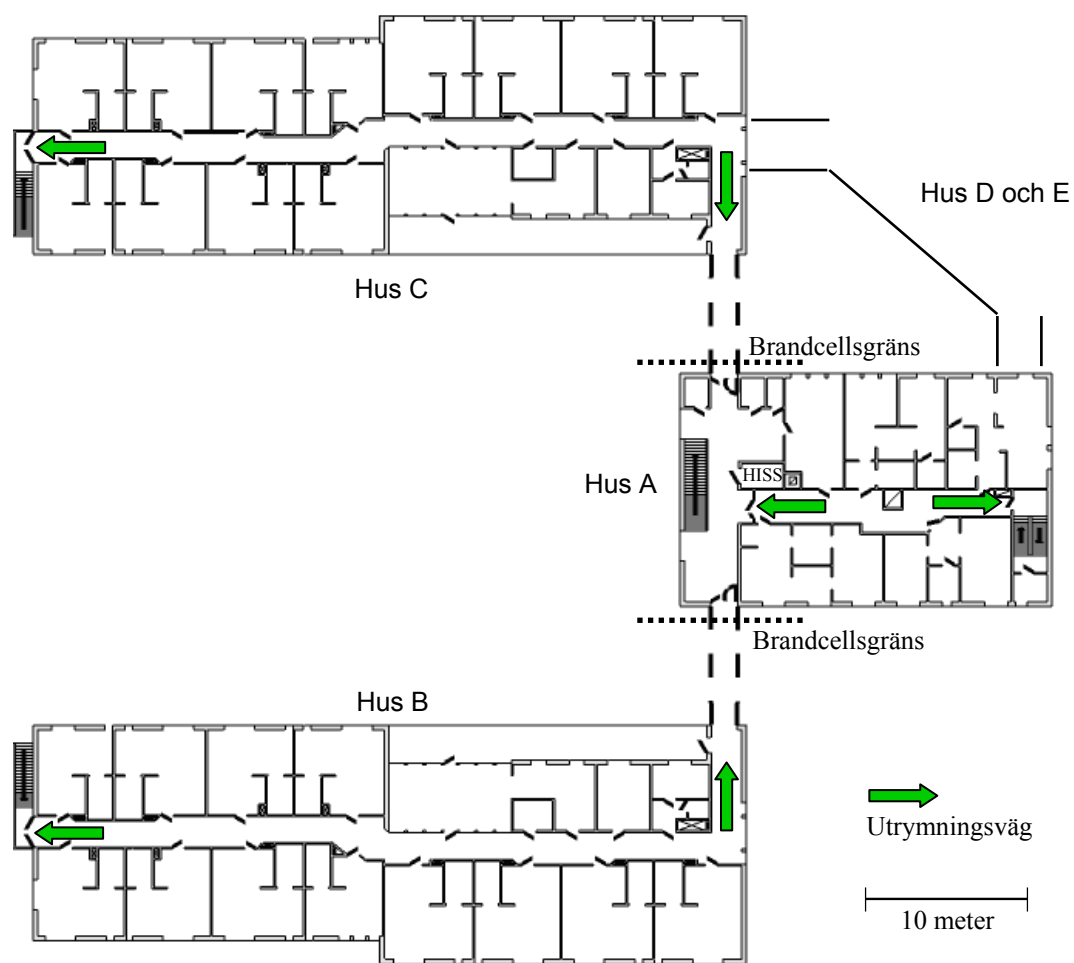
1.5 Avgränsningar

Holmagården är en stor anläggning och därför måste avgränsningar göras. Rapporten avser att behandla byggnaderna A, B och C eftersom det är i dessa byggnader personer vistas dygnet runt. I byggnaderna D och E finns dagverksamhet med personal som i huvudsak inte har någon kontakt med äldreboendet. Det finns naturliga uppdelningar mellan äldreboendet och dagverksamheten på grund av brandcellsgränser som avsevärt försvårar brandspridning. Vi har valt att inte utföra beräkningar för bottenplanet i A-huset då det innehåller sjuksköterskeexpedition och storkök, men inget boende. Storköket är dessutom en egen brandcell med eget ventilationssystem.

Hänsyn inte har tagits till ekonomiska aspekter, byggnadstekniska begränsningar eller toxicitet i brandgaser.



Figur 1.1: Översiktsritning över bottenvåningen.



Figur 1.2: Översiktsritning över plan 2.

1.6 Brandtekniska begrepp

I det här kapitlet beskrivs några viktiga brandtekniska begrepp som används i rapporten.

Utrymningstiden [kap 15, Brandskyddshandboken, 2005] består av många olika händelser. För att förenkla beräkningar på den totala utrymningstiden delas denna upp i mindre delar:

- Varseblivningstid är den tid det tar att upptäcka branden, denna tid kan utgöras av den tid det tar tills en detektor aktiverar och larmar.
- Beslut- och reaktionstid är den tid det tar att bestämma sig för vad som ska göras i den aktuella situationen.
- Förflyttningstid är den tid det tar att ta sig från en plats ut i det fria.

$$t_{\text{utrymning}} = t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{beslut och reaktion}} + t_{\text{förflyttning}}$$

Utrymningen är tillfredsställande om utrymningstiden är kortare än den tid det tar tills kritiska förhållanden har uppstått.

Utrymningstiden effektiviseras genom att ingående delar effektiviseras. Varseblivningstiden kan minskas genom att använda detektorer som är väl anpassade för den specifika situationen och som därmed ger en tidig detektion av en brand. Beslut- och reaktionstiden kan minskas genom väldefinierade rutiner som vid återkommande tillfällen övas. Förflyttningstiden kan minskas genom att utrymningsvägar förses med nödbelysning och tydlig skyltning, förkortas och breddas.

Tvåzonsmodell [kap 14, Brandskyddshandboken, 2005] innebär att ett rum delas in i två homogena skikt, ett övre brandgaslager och ett undre lager med luft. Lagren betraktas som tydligt skiktade, där all förbränning antas ske i det undre lagret och all brandgasspridning i det övre.

Kritiska förhållanden [kap 14, Brandskyddshandboken, 2005] definieras som de gränsvärden där människor inte längre klarar av att utrymma på tillfredsställande sätt. Det ska dock uppmärksammas att dessa värden är anpassade till en genomsnittlig person, således kan gränserna diskuteras vid utrymning med äldre eller sjuka människor. Gränsvärdena är:

Siktbarhet	Antingen får brandgaslagrets höjd inte understiga $1,6 + (0,1 \cdot T_{\text{akhöjd}})$ meter eller så gäller en siktsträcka på 10 meter. I en känd miljö kan en sikt på 5 meter accepteras.
Värmestrålning	Antingen gäller en maximal strålningsintensitet på $2,5 \text{ kW/m}^2$ eller en kortvarig på 10 kW/m^2 samt en total strålningsenergi på 60 kJ/m^2 utöver energin från en strålning på 1 kW/m^2 .
Temperatur	Maximalt 80°C

2 Objektorientering

Kapitlet objektorientering syftar till att ge en överblick över Holmagården. Här beskrivs byggnaderna och respektive byggnads användningsområde.

2.1 Byggnad

Holmagården är en byggnad i två plan (figur 1.1 och 1.2) och består av fem olika hus som är namngivna från A till E:

- A består av tvättstuga, omklädningsrum och personalrum i källarplan, storkök och sjuksköterskeexpedition på bottenplan samt en vårdavdelning på plan två.
- B och C är nästan identiska och består av vårdavdelningar både på bottenplan och på plan två. Varje byggnad består av två avdelningar, en per plan. I anslutning till korridorerna finns även kontor, en mindre tvättstuga och ett uppehållsrum med kök.
- D och E är endast dagverksamhet i ett plan med frisör, samlingslokal, gym med mera.

2.2 Verksamhet

På Holmagården bor 47 personer uppdelade på fem avdelningar. Bostäderna är utformade som ett rum med badrum och pentry. Ett fåtal boende har två rum med kök. Holmagården tillhandahåller sängar men resterande möblemang får de boende själva stå för. En av avdelningarna är ett demensboende för tio personer. Denna avdelning ligger på plan två i hus C och är låst inifrån på grund av att vissa av de boende har vandringsbeteende.

2.3 Personal och boende

Holmagårdens personal består av cirka 45 undersköterskor.

Personalfördelning över dygnet

	Dag 07.00-16.00	Kväll 16.00-21.00	Natt 21.00-07.00
Vardagar			
Bottenplan	6 st per avdelning	3 st per avdelning	4 st
Plan två	4 st per avdelning	2 st per avdelning	sammanlagt
Helg			
Bottenplan	4 st på hela planet	3 st på hela planet	4 st
Plan två	5 st på hela planet	2 st på hela planet	sammanlagt

Tabell 2.1: Tabellen visar hur mycket personal som finns på Holmagården vid olika tider under dygnet.

Ett fåtal av de boende kan gå själva, men hör eller förstår inte innebörden av utrymningslarmet. Detta gör att alla boende är helt eller delvis beroende av utrymningshjälp. Vissa behöver endast uppmärksammas på att de ska utrymma, medan andra behöver ledas eller bäras ut. Det finns möjlighet för de boende att vistas utanför Holmagården, dock följer alltid personal med eftersom de flesta inte klarar sig själva. De boende får även följa med släktingar hem, detta skrivs då ned tillsammans med kontaktuppgifter.

3 Regelverk

Det här kapitlet är grundat på Boverkets Byggregler [kap 5, 2002] och ger läsaren en inblick i vad som styr utformningen av personsäkerheten på ett äldreboende av Holmagårdens karaktär. Från dessa regler går det att avgöra om personsäkerheten är tillfredsställande eller om förbättringar måste göras.

3.1 Särskilt boende för personer med vårdbehov

Det finns regler som skall eller bör följas vid nybyggnationer. För ett befintligt objekt gäller de regler som vid byggnadstillfället var aktuella. Däremot kan det rekommenderas att de nyaste reglerna följs. Nedan följer de regler som är gällande idag.

Brandskyddet skall utformas så att inte personsäkerheten riskeras vid en utrymningssituation. Detta betyder att kritiska förhållanden inte får uppkomma innan alla personer i byggnaden hunnit utrymma, alternativt förflyttat sig till en säker del av byggnaden [5:31].

Byggnader definieras som antingen Br1, Br2 eller Br3 beroende på vilken säkerhetsklass som krävs för just den verksamhet som bedrivs. Holmagården klassas som en Br1-byggnad eftersom de boende har *små förutsättningar att själva sätta sig i säkerhet* vid en eventuell brand [5:21]. Dessutom definieras verksamheten som ett *särskilt boende för personer med vårdbehov* [5:243]. I byggnaden måste det finnas *två av varandra oberoende utrymningsvägar* [5:311] men till skillnad från vanliga bostäder får inte fönster användas som utrymningsväg [5:312].

För att beskriva byggnadsdelars egenskaper används klassbeteckningar. Dessa är:

R bärförmåga
E integritet (täthet)
I isolering

[5:221]

B är en gammal beteckning för EI och består av brännbart material.

Beteckningarna ovan följs av olika tidskrav, till exempel 15, 30, 45, eller 60 min.

Brandcellsavskiljande byggnadsdelar skall utföras i lägst EI60 för en Br1-byggnad, men dörrar och fönster kan utföras i lägst E30 om utrymnings säkerheten ändå upprätthålls och om risken för brandspridning är liten [5:621].

Alla utrymningsvägar som är sammanlänkade på något sätt måste avskiljas så att inte brandgasspridning kan ske mellan dem [5:32]. Dörrar i utrymningsvägar måste vara självstängande, men får ha en upphängningsanordning om denna aktiveras vid brand.

Det ställs även krav på vilken sorts larmanordning som ska vara installerad. I byggnader som Holmagården ställs krav på en tidig detektering av brand [5:375]. Detta betyder att ett automatiskt utrymningslarm skall finnas och brandlarm kopplat till en bemannad plats bör finnas. Detektionen skall ske med hjälp av rökdetektorer och utrymningslarmet bör utformas så att de boende inte påverkas negativt av detta [5:354].

4 Befintligt brandskydd

Det här kapitlet beskriver Holmagårdens brandskydd som det ser ut idag. Materialet kommer att användas som utgångspunkt i simuleringar och syftar till att ge en uppfattning om berörda personers säkerhet vid händelse av brand.

Brandskydd kan delas upp i två huvudgrupper, aktiva respektive passiva system. Till aktiva system hör det brandskydd som aktiveras i händelse av brand såsom brandlarm, utrymningslarm, sprinkler, dörrstängare, brandspjäll med mera. Syftet med dessa är att tidigt upptäcka brand, möjliggöra utrymning, samt att begränsa eller släcka en brand. Fasta byggnadstekniska installationer såsom brandcellsgränser och branddörrar tillhör de passiva systemen. Dessa syftar till att förhindra eller försvåra brandspridning i och mellan byggnader.

4.1 Utrymningsvägar

Varje avdelning har minst två av varandra oberoende utrymningsvägar. På plan två finns två utrymningsvägar medan det på bottenplan finns tre, se figur 1.1 och 1.2. Dock kan inte de boende på plan två använda den ena utrymningsvägen eftersom den utgörs av en trappa och de har svårt att ta sig ned för trappor, se figur 4.1. Trapphuset som är beläget i hus A är en egen brandcell och kan därför användas som en tillfälligt säker plats där de boende kan invänta ytterligare hjälp. De flesta utrymningsvägar är blockerade av möbler, se figur 4.2.



Figur 4.1: En utrymningsväg från plan 2 utgörs endast av en trappa.

4.2 Brandceller

Alla avdelningar samt varje lägenhet är utformade som egna brandceller med motstånd i 60 minuter. Dock är lägenhetsdörrarna bristfälliga och uppfyller inte dagens krav för en Br1-byggnad. Bristfälligheten ligger i att större glipor finns runt dörren och vid brevinkast. Uppehållsrum och kök på respektive avdelning är integrerade med korridorerna. Hela trapphuset, inklusive hissen, som är beläget i hus A är en brandcell i tre plan.

Dörrarna mellan avdelningarna och trapphuset är försedda med magnetiska dörrstängare och är klassade som B15. Lägenhetsdörrarna är inte märkta med någon brandklass, men antas vara B15. Detta gäller även dörren in till tvättstugan på de olika avdelningarna. I källaren finns det en EI 60-dörr som skiljer av tvättstugan mot trapphuset.



Figur 4.2: Bilderna visar en blockerad utrymningsväg samt låsanordningen på denna.

Dörrarna i utrymningsvägarna har i vissa fall låsanordningar som är svåra att förstå hur de ska öppnas, se figur 4.2. På demensavdelningen är dörren mot trapphuset låst inifrån och måste öppnas med en kod.

4.3 Larm

Holmagården har ett automatiskt brandlarm som är kopplat direkt till SOS Alarm. De flesta utrymmen är försedda med rökdetektorer. Med brandlarmet aktiveras även ett ringande utrymningslarm.

Centralapparaten är placerad vid huvudingången till dagverksamheten. Adresseringen av larmet sker sektionsvis vilket innebär att det går att avläsa på centralapparaten från vilken avdelning larmet kommer.



Figur 4.3: Centralapparaten

4.4 Skyltar

Utrymningsvägarna är tydligt utmärkta med utrymningsskyltar. De flesta är genomlysta men det finns även belysta och efterlysande varianter. Skyltarna bedöms vara tillfredställande.

4.5 Ventilation

Ventilationen består av tre till- och frånluftssystem, ett för varje byggnad. I lägenheterna finns ett så kallat omblandande system. I dessa system sitter tillluftsdonen i taknivå, vilket betyder att brandgasspridning skulle kunna ske redan då brandgaser börjar bildas.

Uppehållsrummen består av deplacerade don. Där sitter tilluften i golvnivå. För att brandgasspridning ska kunna ske måste brandgaslagret sjunka så långt ner att det täcker tilluftsdonen. Vid brand stoppas fläktarna som driver ventilationen och speciella spjäll öppnas för att brandgasernas termiska stigningskraft ska transportera dem ut ur byggnaden.

Av de olika delarna i systemet är tilluften den del som har svårast att stå emot brand. Detta betyder att om brandgasspridning sker, så är det troligast att det sprids genom tilluftskanalerna. Kanalerna i ventilationssystemet är vertikalt placerade vilket betyder att om brandgasspridning sker kommer gaserna röra sig till lägenheterna ovanför eller under. Detta utgör ett problem då två avdelningar kan komma att påverkas vid en brand.

4.6 Släckutrustning

Det finns två inomhusbrandposter med rullade slangar i vardera avdelningen samt en per plan i trapphuset. I källaren utanför tvättstugan finns en handbrandsläckare med pulver och på C-husets bottenplan finns en skumsläckare placerad. Befintlig utrustning är i gott skick, men bedöms inte vara tillräcklig.

4.7 Systematiskt brandskyddsarbete

Holmagården hade tidigare inget systematiskt brandskyddsarbete, SBA. Detta inleddes hösten 2007 och idag har de tre brandskyddsansvariga. Det ingår bland annat brandskyddspolicy, byggnads- och verksamhetsbeskrivning, brandskyddsorganisation, utbildning av personal samt kontrollsystem och uppföljning [Nished, 2007-10-13].

4.8 Organisatoriskt brandskydd

Efter besöket delades en enkät ut till personalen (bilaga 7). I den framkom att brandskyddsutbildningen är bristfällig då de flesta inte har tillräckliga kunskaper för att klara av en brandsituation. Många svarade dock att de ska kontrollera var det brinner samt möta upp räddningstjänsten. Däremot har ingen i personalen angivit någon direkt utrymningsstrategi. Några personer har skrivit att de ska se till att de boende befinner sig i sina lägenheter. Att placera de boende i lägenheterna vid brand utgör flera problem. Bland annat kan det hända att branden är svårsläckt och de boende kommer då inte kunna få den hjälp av personal som de kan tänkas behöva under tiden. Dessutom kommer det, beroende på brandens omfattning, antagligen att bli aktuellt med fönsterutrymning. Detta är en strategi som varken är tillåten eller lämplig för en anläggning som Holmagården, om man ser till de boendes hälsa.

4.9 Räddningstjänst

Räddningstjänsten i Svedala är en deltidsstation med fyra befäl som är heltidsanställda. Som deltidsstation har de en anspänningstid på fem minuter. Kör- och angreppstiden är sammanlagt cirka fem minuter. Detta betyder att den totala insatstiden blir tio minuter. Det finns ingen särskild insatsplan för Holmagården. Vid behov av en stegbil måste denna åka från Malmöstationen Jägersro, vilket tar minst 20 minuter från det att stationen larmas [Håkansson, 2007-09-13].

5 Brandscenarier

Utgångspunkten vid val av brandscenarier har varit sannolikheten för en händelse samt hur allvarliga konsekvenserna blir. För en bättre uppfattning över vilka brandrisker som finns har en enkät delats ut till personalen (bilaga 7). Vid val av brandscenarier har hänsyn tagits till de svar som framgick ur enkäten. Personalen tyckte att de största brandriskerna är vårdtagare som röker, personal som inte släcker cigaretter på uteplatsen, levande ljus samt spisar och kaffekokare som glöms påslagna. Hänsyn har även tagits till statistik (bilaga 1) från liknande byggnader samt tidigare tillbud. Tre scenarier har slutligen valts ut för vidare analys. Varje scenario representerar flera rimliga scenarier som troligtvis skulle ge samma konsekvens.

5.1 Framtagning av effektkurvor

För att få effektkurvor som representerar scenario 1 och 2 har effektutveckling för liknande material som finns i lokalerna hämtats från SFPE-handboken [sektion 1, avsnitt 3, 2002] samt SP:s databas [2007-10-18]. Eftersom data inte har hittats för vissa möbler approximeras dessa med liknande material. Scenariernas kurvor har sedan tagits fram genom att varje möbels effektutveckling adderas då den antänds. Tidpunkten för brandspridning till närliggande möbler har uppskattats beroende på vilken effektutveckling startföremålet avger.

Strålningsberäkning har gjorts för att bedöma om brandspridning sker mellan möbler som står långt ifrån varandra (bilaga 3). Beräkningarna är utförda för det scenario där spridning tros vara minst sannolikt. I detta fall är avståndet mellan möblerna störst och branden har svårast att sprida sig. Bevisligen sker brandspridning för detta scenario, varpå brandspridning kan antas ske även i de andra scenarierna.

Eftersom framtagna kurvor är direkt anpassade till de möbler som antagits har de approximerats med α^2 -kurvor. Dessa har jämförts med värden ur tabell 3.7 i Enclosure Fire Dynamics [Karlsson och Quintere, 2000], som visar vilka α -värden som är representativa för bränder i byggnader med olika verksamheter. α^2 -kurvans ursprung kommer ur experiment med en effekt upp till 500 kW för att beräkna aktivering av detektorer. Det har dock visat sig att den korrelerar bra även vid större effekter [Gojkovic, 2007-01-17].

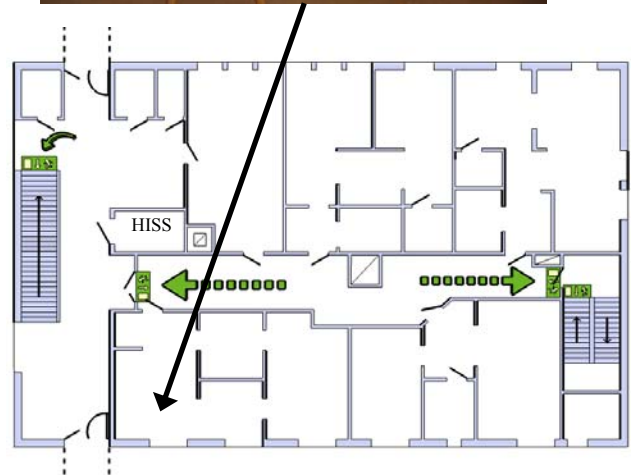
För scenario 3 har en α^2 -kurva använts direkt eftersom inga tillgängliga kurvor för torktumlare finns. Kurvan har då istället jämförts med α^2 -kurvor framtagna för kläder [SP:s databas, 2007-10-18], eftersom dessa antas vara det material som deltar i branden.

6 Scenario 1

En av de fyra boende på avdelningen i hus A röker i sin lägenhet trots rökförbud, vilket utgör en stor brandrisk. Eftersom lägenhetsdörrarna är bristfälliga ur brandgasspridningssynpunkt finns risk för att brandgaser tränger ut i korridorerna och utrymning förhindras. Scenariot kan även representera andra liknande bränder i en lägenhet på Holmagården eftersom konsekvenserna blir snarlika.

6.1 Brand i lägenhet

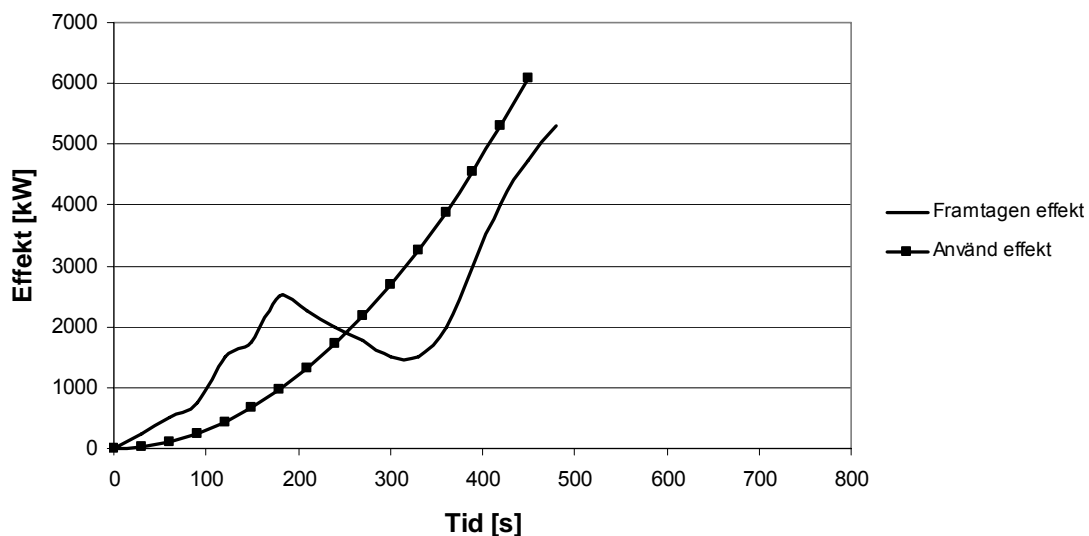
Branden startar genom att rökaren i hus A glömmer en tänd cigarett i soffan. Lägenheten antas innehålla en soffa med bord, gardiner, garderob och en säng med flamskyddad madrass. Eftersom lägenheten är liten och möblerna därmed inte står långt ifrån varandra antas att brandspridning sker utan större svårigheter. Därför görs ingen strålningsberäkning i detta scenario. Dörren till lägenheten antas stå öppen under hela scenariot.



Figur 6.1: Ritningen visar en översikt över avdelningen i hus A samt var i lägenheten branden startar.

För att se om tillgänglig personal kan klara av en utrymning av de fyra boende på avdelningen både dag- och nattetid utförs olika simuleringar i CFAST (bilaga 2) samt i ERM (bilaga 5).

Effektkurva för brand i lägenhet



Figur 6.2: Diagrammet visar effektutvecklingen som funktion av tid för den summerade effektkurvan och den at^2 -kurva som använts.

Kurvan som benämns *framtagen effekt* (figur 6.2) är enligt tidigare beskrivning (avsnitt 5.1) en summering av effektutvecklingen för de möbler som antas delta i brandförloppet. Denna kurva approximeras med en αt^2 -kurva. α -värdet på den approximerade kurvan har valts genom att testa vilket värde som korrelerar bäst. Värdet som använts till kurvan är $0,03 \text{ kW/s}^2$ och det är denna kurva som använts för beräkningar i CFAST. Övriga indata till programmet visas i bilaga 2.

6.2 Resultat

Här redovisas detektionstiden som beräknats i Detact T2 (bilaga 6), de kritiska förhållanden som erhållits efter modelleringar i CFAST samt utrymningssimuleringar i ERM (bilaga 5). CFAST använder den så kallade tvåzonsmodellen som finns beskriven i avsnitt 1.6. Detta innebär att beräkningar sker i två olika skikt, ett övre lager med brandgaser och ett undre med luft. ERM har valts på grund av dess anpassning till vårdanläggningar.

6.2.1 Detektion

För att beräkna när rökdetektorerna aktiveras har värdet 33°C använts som aktiveringstemperatur och 0,5 som RTI-värde enligt Brandskyddshandboken [kap 18, 2005]. Övriga indata som använts vid beräkningarna visas i bilaga 6. Beräkningarna visar en detektionstid på 1,5 minut.

6.2.2 Kritiska förhållanden

Beräkningarna i CFAST ger resultat för temperaturer i både undre och övre lagret samt brandgaslagrets höjd. Den tidigare definierade kritiska temperaturen på 80°C gäller för det utrymme där utrymning ska ske. Det betyder att det kan vara upp till 80°C i brandgaserna om dessa sjunker fortare än vad temperaturen når den kritiska nivån. Kriterier för de kritiska förhållanden som gäller, både i korridoren och i brandrummet, visas i tabell 6.1 nedan.

Scenario 1: Kriterier för kritiska förhållanden

Brandgaslagrets höjd < 1,8 meter
80°C i nedre lagret (gäller då brandgaslagrets höjd > 1,8 meter)
80°C i övre lagret (gäller då brandgaslagrets höjd < 1,8 meter)
Sikt i övre lagret > 5 meter

Tabell 6.1: Kriterier för kritiska förhållanden.

De kritiska förhållanden som har beräknats med CFAST redovisas nedan. I tabell 6.2 visas när förhållandena blir kritiska i lägenheten och i tabell 6.3 visas resultaten för korridoren.

Tid till kritiska förhållanden i brandrummet

Brandgaslagrets höjd	0,5 minuter
80°C i nedre lagret	6 minuter
80°C i övre lagret	1,5 minuter
Sikt i övre lagret	2 minuter

Tabell 6.2: Tid till kritiska förhållanden i lägenheten.

Tid till kritiska förhållanden i korridoren

Brandgaslagrets höjd	1,5 minuter
80°C i nedre lagret	-
80°C i övre lagret	3 minuter
Sikt i övre lagret	2 minuter

Tabell 6.3: Tid till kritiska förhållanden i korridoren.

Beräkningar i CFAST visar att temperaturen 80°C inte uppnås i korridorens nedre lager under simuleringstiden på 15 minuter. Hänsyn måste alltså istället tas till temperatur, höjd och sikt för det övre lagret. Den kritiska höjden för brandgaslagret är enligt tidigare beskrivning $1,6 + (0,1 \cdot 2,4) = 1,8$ meter. Brandgaserna når denna höjd väldigt fort men utrymning antas kunna ske genom dessa så länge de inte når den kritiska temperaturen, därför uppmärksammas sikt och temperatur.

Resultatet blir följaktligen att utrymning kan ske genom brandgaserna så länge de inte är varmare än 80°C. Sikten har tagits fram med hjälp av handberäkningsmodeller (bilaga 3). Resultatet blir att efter cirka 2 minuter är sikten i brandgaserna så dålig att utrymning inte bör ske genom dessa. En begränsning i denna modell är dock att det antas att brandgaserna är väl omblandade i hela utrymmet. Detta säger emot tidigare antaganden om en tvåzonsmodell. Dessutom har det antagits att lägenheten och korridoren är ett sammanslaget rum, vilket inte är helt korrekt. Vid vidare jämförelser har därför inte sikten tagits i beaktning.

De tider som slutligen valts som kritisk tid blir enligt ovanstående resonemang de tider i respektive rum då brandgastemperaturen når upp till 80°C. Dessa visas i tabell 6.4 nedan.

Tid för kritiska förhållanden

80°C i övre lagret i brandrummet	1,5 minuter
80°C i övre lagret i korridoren	3 minuter

Tabell 6.4: Slutliga kritiska tider.

6.3 Utrymning

Utrymningssimuleringar har gjorts i ERM. Programmet kräver många antaganden och för en bättre översikt redovisas dessa i punktform.

- I programmet ska säkra platser anges. Avdelningen har två utrymningsvägar men då den ena utgörs av en trappa kan den inte användas av de boende. För detta scenario har den säkra platsen därför placerats i trapphuset.
- Tiderna som redovisas är när personerna befinner sig på den säkra platsen. Hänsyn har inte tagits till den tid det tar att gå till en uppsamlingsplats utanför byggnaden.
- Utrymningstiden är beroende av var på avdelningen de boende befinner sig. Det värsta scenariot är att alla befinner sig på sina rum och det har därför antagits i simuleringarna.
- De boendes förberedelsetid har antagits till 30 sekunder dagtid. Nattetid antas den vara något längre och har i beräkningarna förmodats vara 45 sekunder.
- På dagen antas att fyra av totalt åtta vårdare på plan två kan hjälpa till med utrymningen. Två av dessa antas se branden direkt vid detektion och de andra två förmodas dröja en minut innan de kommer till avdelningen.
- På natten finns det totalt fyra vårdare på Holmagården. En har ansvar för bottenvåningen, två är placerade på plan två och den fjärde personen ronderar i hela byggnaden. Två av vårdarna antas hjälpa till med utrymning. Den ena vårdaren har en fördröjning på två minuter för att hinna gå och titta på centralapparaten för att lokalisera branden. Den andra vårdaren kommer till avdelningen efter ytterligare en minut.

Resterande indata till beräkningarna visas i bilaga 5.

Resultaten från simuleringarna för dag respektive natt visas i tabell 6.5 nedan.

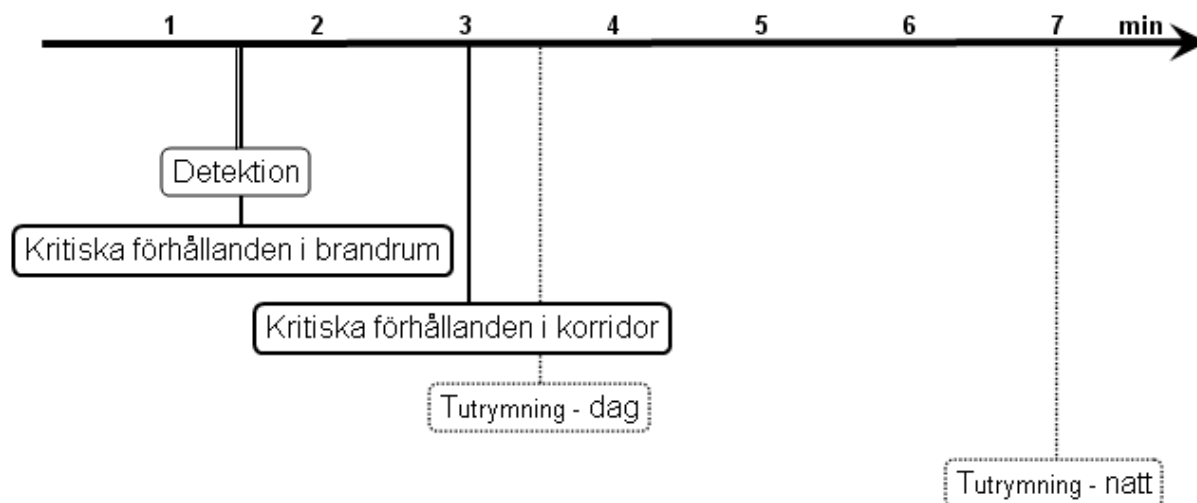
ERM resultat

$T_{\text{utrymning}}$	
Dag	Natt
3,5 min	7 min

Tabell 6.5: Utrymningstider

6.3.1 Jämförelse

Eftersom utrymning sker genom korridoren är det framför allt de kritiska förhållanden i denna som beaktas i jämförelser med utrymningarna. Däremot kan inte de kritiska förhållandena i brandrummet försummas, då det innebär att personen som befinner sig där kanske i så fall inte skulle klara sig. De viktigaste händelserna i förloppet visas i nedanstående tidslinje.



Figur 6.3: Tidsaxeln visar händelseförloppet i hus A

Dagtid

$T_{\text{varseblivning}}$ motsvarar detektionstiden som är 1,5 minut och eftersom vårdarna antas lokalisera branden direkt blir $T_{\text{beslut och reaktion}}$ väldigt kort och utrymningen påbörjas omedelbart. Utrymningen startar med att hjälpa personen i brandrummet till en säker plats. Kritiska förhållanden uppstår i brandrummet efter 1,5 minut vilket innebär att utrymning av detta rum hinner ske. Resterande två vårdare har en $T_{\text{beslut och reaktion}}$ på 1 minut och de kommer då att hjälpa till med utrymningen av de resterande boende. $T_{\text{förflyttning}}$ blir enligt ERM 2 minuter och således blir $T_{\text{utrymning}}$ i detta fall 3,5 minuter. Denna avdelning går snabbt att utrymma på grund av att varje boende i detta fall får hjälp av vars en vårdare. Kritiska förhållanden inträffar i korridoren efter 3 minuter och därmed klarar inte personalen av att utrymma hela avdelningen i tid.

$T_{\text{varseblivning}}$	1,5 min
$T_{\text{beslut och reaktion}}$	-
$T_{\text{förflyttning}}$	2 min
$T_{\text{utrymning}}$	3,5 min

Nattetid

$T_{\text{varseblivning}} + T_{\text{beslut och reaktion}}$ är 3,5 minuter för den första vårdaren och 4,5 minuter för den andra vårdaren. Redovisad tid för kritiska förhållanden i brandrummet har vid denna tid redan uppnåtts vilket betyder att utrymning av detta rum inte hinner ske. Efter beräkningar i ERM fås en $T_{\text{förflyttning}}$ på 3,5 minuter. $T_{\text{utrymning}}$ blir 7 minuter och kan därför inte ske tillfredställande i jämförelse med nivån för kritiska förhållanden i korridoren.

$T_{\text{varseblivning}}$	1,5 min
$T_{\text{beslut och reaktion}}$	2 min
$T_{\text{förflyttning}}$	3,5 min
$T_{\text{utrymning}}$	7 min

6.3.2 Känslighetsanalys

Resultaten från beräkningarna har validerats med variationer i simuleringarna enligt nedanstående avsnitt.

Utrymning

Dagtid

Skulle det vara så att personalen inte vet var det brinner antas en tid på 2 minuter för personalen att ta sig till centralapparaten och tillbaka till avdelningen. Detta gör att utrymningen fördröjs och $T_{\text{utrymning}}$ blir då 5,5 minuter. Utrymningssituationen blir i detta fall ännu sämre.

Om beräkningar utförs med en boendetyper som har en snabbare gånghastighet förkortas tiden med 0,5 minuter. Detta gör att en utrymning antagligen kan ske om personalen redan befinner sig på avdelningen. Behöver de kontrollera centralapparaten kan inte tillfredsställande utrymning ske i detta fall heller.

Natttid

Finns alla fyra vårdare tillgängliga blir $T_{\text{utrymning}}$ 6 minuter. Detta förutsätter att en vårdare påbörjar utrymning efter att ha tittat på centralapparaten, medan de andra tre kommer en minut efter. Det kan därmed konstateras att även om all personal som finns på Holmagården natttid hjälper till, så hinner de inte utrymma avdelningen.

Skulle det vara så att någon i personalen befinner sig på avdelningen och upptäcker branden tidigare kommer tiden till färdig utrymning förkortas med två minuter. Trots detta hinner de inte utrymma avdelningen innan kritiska förhållanden uppstår.

CFAST

För att validera resultaten från CFAST har handberäkningar utförts med MQH-metoden. Beräkningsgången visas i bilaga 3. Resultatet blir även här att tiden till kritiska förhållanden uppnås efter 3 minuter.

Stängd dörr till lägenheten

Simuleringar har även utförts då dörren till lägenheten är stängd under hela utrymningsförloppet. Dessa visar att ingen betydande brandspridning kommer att ske till korridoren. För att motsvara dörrarnas glipor har springor i väggen satts in. Då dörrarna är gjorda av trä på Holmagården, kan det antas att de inte kommer stå emot brand lika länge som betongväggarna i datorprogrammet. Trots detta kommer antagligen ingen betydande brandgasspridning under det inledande brandförloppet, vilket betyder att en stängd dörr till brandrummet kommer att underlätta utrymningen avsevärt.

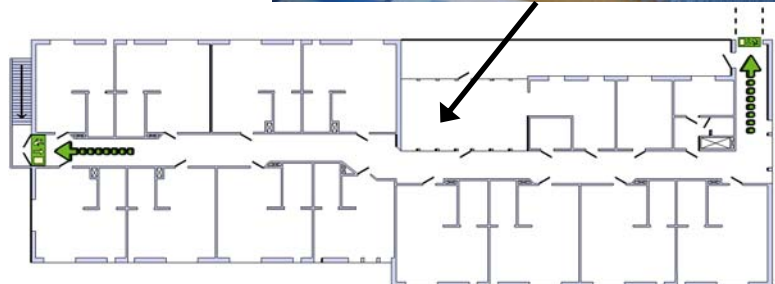
7 Scenario 2

På avdelningarna i hus B och C finns flera utrymmen i anslutning till korridoren utan avskiljande dörrar. Brandgaser kan därmed spridas obehindrat ut i korridoren och avsevärt försvåra utrymning. Det finns ett kontor med utrymme för ytterkläder och en mindre tvättstuga med uppställd dörr där brand kan ske. Enligt Håkansson [2007-09-13] har det tidigare inträffat en mindre brand i en ljusstake på matbordet i uppehållsrummet. Troligt är därför att en brand kan uppstå där. Konsekvenserna kommer även att bli mer omfattande än i andra utrymmen, då det finns mer brännbart material i uppehållsrummet. Scenariot innefattar brand i byggnaderna B eller C eftersom dessa i stort sett är identiska.



7.1 Brand i uppehållsrum

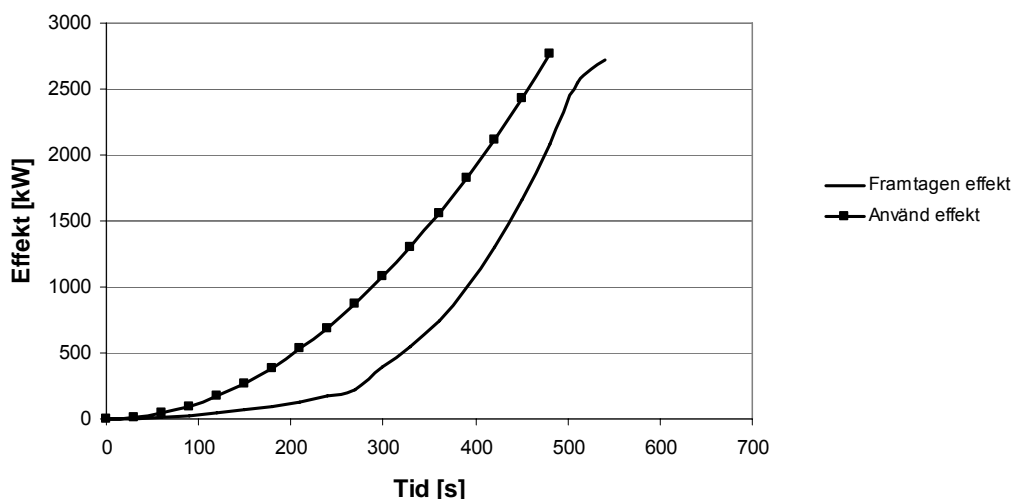
Brand startar i en ljushållare som glöms bort kvällstid enligt tidigare tillbud. Ljusstaken står på ett bord och branden sprider sig till omkringliggande möblemang. Uppehållsrummet innehåller två matbord i trä med vardera sex stolar. Det finns även en del fåtöljer som står uppställda längs väggarna. Då avstånden mellan möblerna är något större än tidigare scenario görs strålningsberäkningar för att undersöka om spridning sker (bilaga 3).



Figur 7.1: Ritningen visar en översikt över avdelningen samt var i uppehållsrummet branden startar.

Olika simuleringar utförs i CFAST (bilaga 2) samt i ERM (bilaga 5) för att se om tillgänglig personal kan klara av en utrymning oberoende av tid på dygnet.

Effektkurva för brand i uppehållsrum



Figur 7.2: Diagrammet visar den använda effektkurvan.

Den kurva som används för beräkningar är den som kallas *Använd effekt* (figur 7.2). α -värdet för denna kurva är $0,012 \text{ kW/s}^2$. Kurvan växer något snabbare än *Framtagen effekt*, men eftersom brandförloppet är svårt att uppskatta bedöms ändå den använda effektutvecklingen som rimlig.

7.2 Resultat

Resultaten från beräkningar och simuleringar i Detact T2, CFAST och ERM redovisas nedan.

7.2.1 Detektion

Aktiveringstiden för detektorerna i uppehållsrummet har beräknats enligt bilaga 6 och resultatet blir att branden pågår i 2 minuter innan detektion sker.

7.2.2 Kritiska förhållanden

Även i detta scenario har beaktning tagits till brandgaslagrets höjd, och till följd av detta dess temperatur. Resonemanget blir därför detsamma som i Scenario 1 (avsnitt 6.2.2). Däremot har ytterligare en faktor tillförts. Denna är strålningen som branden avger. Anledningen till detta är att det i uppehållsrummet sitter stora fönster mot korridoren. Eftersom uppehållsrummet och korridoren är i samma brandcell är inte dessa fönster brandklassade och släpper därför igenom strålning som kan förhindra utrymning. Beräkningsgången visas i bilaga 3 och enligt tidigare definierade kritiska förhållanden klarar en person en strålningsnivå på $2,5 \text{ kW/m}^2$. Denna strålningsnivå motsvarar en temperatur på 200°C men i detta fall måste det uppmärksammas att inte hela branden kommer att stråla mot korridoren. Denna minskning av strålning kallas synfaktor och innebär att det krävs en högre temperatur för att samma strålningsnivå ska uppnås, i detta fall 300°C .

Tabellen nedan visar de kritiska nivåerna för de olika parametrarna.

Scenario 2: Kriterier för kritiska förhållanden

Brandgaslagrets höjd < 1,8 meter
80°C i nedre lagret (gäller då brandgaslagrets höjd > 1,8 meter)
80°C i övre lagret (gäller då brandgaslagrets höjd < 1,8 meter)
Sikt i övre lagret > 5 meter
Strålningsnivå från brandrum < $2,5 \text{ kW/m}^2$

Tabell 7.1: Kriterier för kritiska förhållanden i Scenario 2.

I uppehållsrummet uppstår kritiska förhållanden enligt tabell 7.2.

Tid till kritiska förhållanden i brandrummet

Brandgaslagrets höjd	1 minut
80°C i nedre lagret	8,5 minuter
80°C i övre lagret	4,5 minuter
Sikt i övre lagret	2,5 minut

Tabell 7.2: Tid till kritiska förhållanden i uppehållsrummet.

Då kritiska förhållanden i korridoren inte uppstår samtidigt som i uppehållsrummet visas tiderna som gäller för korridoren i tabell 7.3.

Tid till kritiska förhållanden i korridoren

Brandgaslagrets höjd	2,5 minuter
80°C i nedre lagret	-
80°C i övre lagret	6,5 minuter
Sikt i övre lagret	2,5 minuter
Strålning utanför brandrum	8,5 minuter

Tabell 7.3: Tid till kritiska förhållanden i korridoren.

I uppehållsrummet kommer brandgaslagret att sänkas till den kritiska nivån efter 1 minut. Däremot tar det 4,5 minuter innan temperaturen i gaserna når den kritiska nivån. Detta betyder att om någon skulle befinna sig i uppehållsrummet kan de trots brandgaslagrets höjd utrymma fram till att 4,5 minuter har passerat.

För korridoren gäller samma tankegång. Skillnaden är att hänsyn måste tas till strålningsnivån. Då den kritiska strålningsnivån uppnås efter 8,5 minuter och den kritiska temperaturen för brandgaserna efter 6,5 minuter kommer temperaturen att användas i vidare jämförelser. Brandgaslagrets höjd når kritisk nivå efter 2,5 minuter och eftersom detektionstiden är 2 minuter kommer därför utrymning att ske genom brandgaserna. Utrymningen måste dock vara avslutad innan temperaturen blir 80°C vilket inträffar efter 6,5 minuter.

De kritiska förhållanden som kommer att användas vid jämförelser är de som presenteras i tabell 7.4.

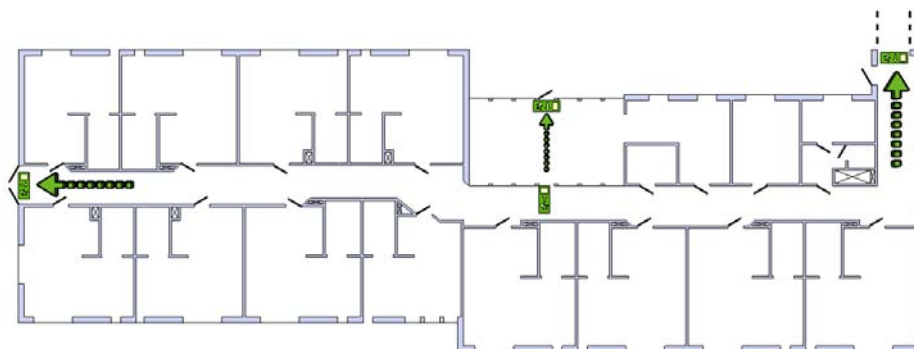
Tid för kritiska förhållanden

80°C i övre lagret i brandrummet	4,5 minuter
80°C i övre lagret i korridoren	6,5 minuter

Tabell 7.4: Tid till kritiska förhållanden i Scenario 2.

Brandscenariot används för byggnaderna B och C, både för bottenplanet och för plan 2. De olika avdelningarna har olika utrymningsförutsättningar och kommer därför att delas upp i tre delar. Utrymning av hus B och C:s bottenplan behandlas på samma sätt eftersom dessa är identiska. Plan 2 delas upp i hus B och hus C då bland annat antalet boende skiljer dessa åt.

7.3 Hus B/C, bottenplan



Figur 7.3: Bilden visar var utrymningsvägarna finns på avdelningarna på bottenplan.

ERM har använts för simuleringar av utrymning. De antaganden som har gjorts är:

- De säkra platserna har antagits vara belägna i trapphuset och utanför utrymningsvägen ut till det fria.
- Hänsyn har inte tagits till den tid det tar att gå till en uppsamlingsplats utanför byggnaden.
- Det antas att alla boende befinner sig på sina rum eftersom utrymningstiden i detta fall blir längst.
- Det finns nio lägenheter
- De boendes förberedsetid har antagits till 30 sekunder dagtid och 45 sekunder nattetid.
- Sex vårdare hjälper till med utrymningen dagtid. Två av dessa antas starta utrymning direkt efter detektion och de resterande fyra har en fördröjning på 1 minut.
- På natten utrymmer två vårdare avdelningen. Båda har en fördröjning på 2 minuter eftersom de förmodas lokalisera branden vid centralapparaten.
- En del av de boende på bottenvåningen kan gå själva, de behöver endast uppmärksammas på att de ska starta utrymningen. Övriga boende behöver assistans hela vägen ut.

Resterande indata visas i bilaga 5 och tiderna för utrymning redovisas i tabell 7.5.

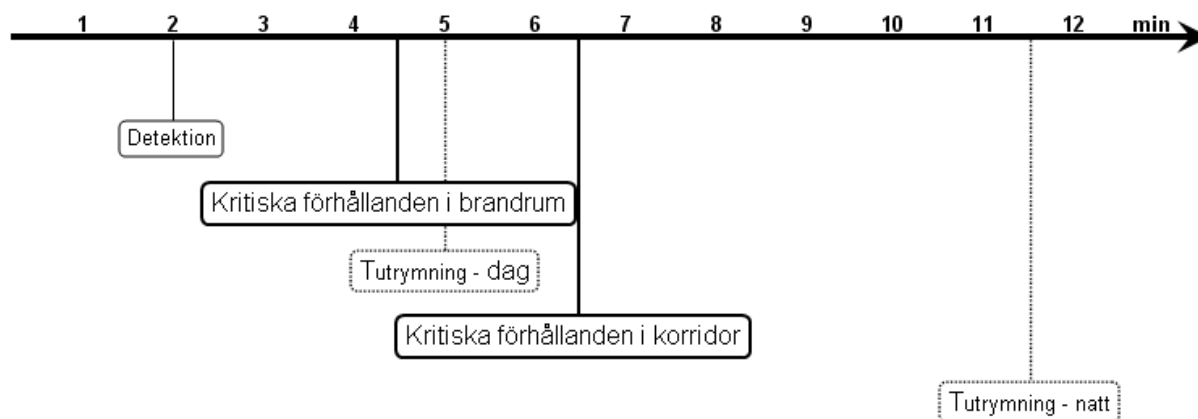
ERM Resultat

$T_{\text{utrymning}}$	
Dag	Natt
5 min	11,5 min

Tabell 7.5: Utrymningstider

7.3.1 Jämförelse

De viktigaste händelserna visas i nedanstående tidslinje.



Figur 7.4: Tidsaxeln visar händelseförloppet i hus B och C på bottenvåningen.

Dagtid

Detektionstiden har beräknats till 2 minuter vilket innebär att $T_{\text{varseblivning}}$ är 2 minuter för scenariot. $T_{\text{beslut och reaktion}}$ antas vara väldigt kort då personal antas se branden.

$T_{\text{förflyttning}}$ beräknas i ERM till 3 minuter. I denna situation blir $T_{\text{utrymning}}$ 5 minuter. De hinner därmed utrymma hela avdelningen innan kritiska förhållanden uppstår i korridoren.

$T_{\text{varseblivning}}$	2 min
$T_{\text{beslut och reaktion}}$	-
$T_{\text{förflyttning}}$	3 min
$T_{\text{utrymning}}$	5 min

Nattetid

$T_{\text{varseblivning}}$ antas som tidigare till 2 minuter och $T_{\text{beslut och reaktion}}$ till 2 minuter. $T_{\text{förflyttning}}$ beräknas till 7,5 minuter vilket ger en $T_{\text{utrymning}}$ på 11,5 minuter. Utrymning hinner därmed inte ske innan kritiska förhållanden uppstår.

$T_{\text{varseblivning}}$	2 min
$T_{\text{beslut och reaktion}}$	2 min
$T_{\text{förflyttning}}$	7,5 min
$T_{\text{utrymning}}$	11,5 min

7.3.2 Känslighetsanalys

Dagtid

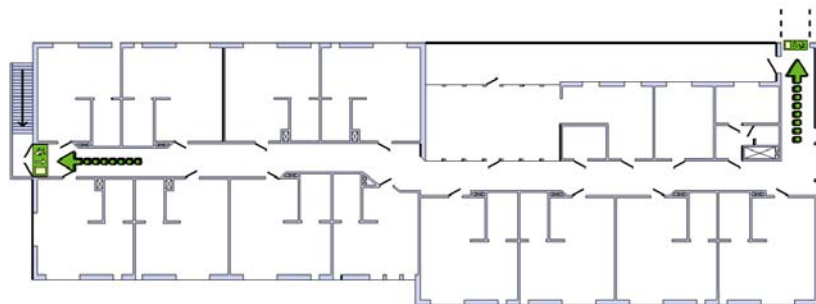
Om personalen inte upptäcker branden direkt vid detektion måste $T_{\text{beslut och reaktion}}$ läggas till för att de ska hinna ta sig till centralapparaten och tillbaka till avdelningen. Denna tid antas vara 2 minuter och $T_{\text{utrymning}}$ blir därmed 7 minuter. Situationen blir i detta fall att utrymning inte hinner utföras.

Natttid

Om alla fyra vårdare finns tillgängliga för att hjälpa till med utrymning blir $T_{\text{utrymning}}$ 8,5 minuter. Detta förutsätter att en vårdare har en $T_{\text{beslut och reaktion}}$ på 2 minuter efter att ha tittat på centralapparaten, medan de andra tre har en $T_{\text{beslut och reaktion}}$ på 3 minuter. Det kan därmed konstateras att även om all personal som finns på Holmagården natttid hjälper till, så kommer inte en tillfredställande utrymning att ske.

Om någon i personalen befinner sig på avdelningen och upptäcker branden tidigare kommer tiden till färdig utrymning förkortas med 2 minuter. Trots detta hinner de inte utrymma avdelningen innan kritiska förhållanden uppstår.

7.4 Hus B, plan 2



Figur 7.5: Bilden visar var utrymningsvägarna finns på plan två i hus B.

För utrymning av denna våning antas följande:

- Två utrymningsvägar finns på avdelningen, men den ena utgörs av en trappa ut till det fria. Det finns därför endast en väg som de boende kan använda och det är den vägen ut mot trapphuset. Den säkra platsen har placerats i trapphuset.
- Hänsyn har inte tagits till den tid det tar för de boende att gå till en uppsamlingsplats.
- De boende befinner sig i sina lägenheter.
- Förberedelse tiden har antagits till 30 sekunder dagtid och 45 sekunder nattetid.
- Det finns 12 boende på avdelningen. Vissa kan gå själva medan andra behöver assistans hela vägen. Detta simuleras med fyra stycken som endast behöver uppmärksammas på larmet och åtta som behöver hjälp.
- Det finns fyra vårdare på avdelningen dagtid och två nattetid som kan hjälpa till med utrymningen.
- På natten måste personalen titta på centralapparaten och har därför en fördröjning på 2 minuter.

Bilaga 5 visar övriga indata

Tiderna för utrymning visas nedan.

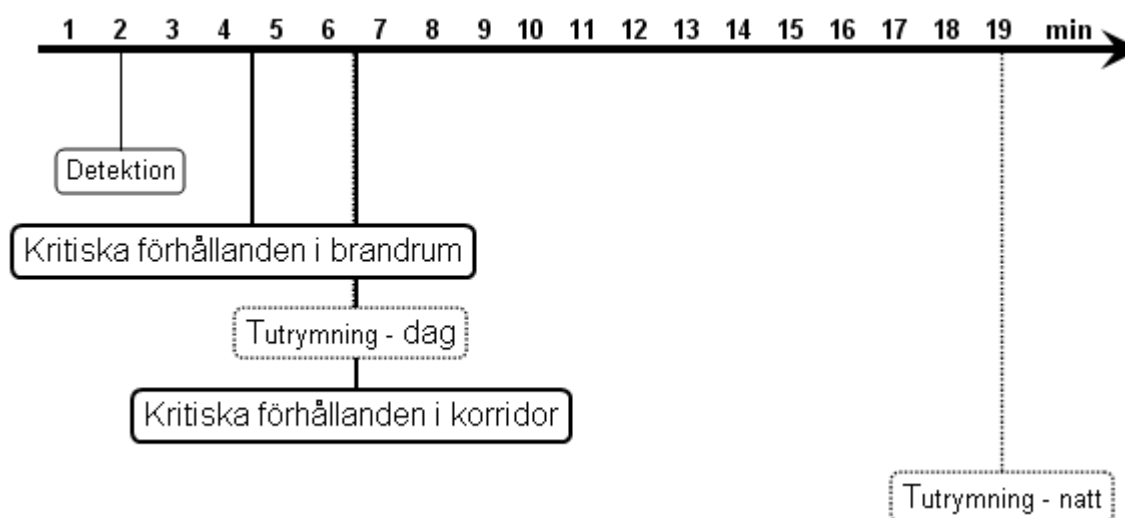
ERM resultat

$T_{\text{utrymning}}$	
Dag	Natt
6,5 min	19 min

Tabell 7.6: Utrymningstider

7.4.1 Jämförelser

De viktigaste händelserna visas i nedanstående tidslinje.



Figur 7.6: Tidsaxeln visar händelseförloppet i hus B på plan 2.

Dagtid

Personalen befinner sig på avdelningen och ser var det brinner, varpå $T_{\text{varseblivning}}$ är lika med detektionstiden på 2 minuter. Eftersom de vet var det brinner kan de påbörja utrymning direkt och $T_{\text{beslut och reaktion}}$ blir därför väldigt kort. Beräknad $T_{\text{förflyttning}}$ är 4,5 minuter och $T_{\text{utrymning}}$ blir i detta fall 6,5 minuter vilket är samma tid som kritiska förhållanden uppstår. Bedömningen blir därför att de inte klarar av att utrymma avdelningen i detta fall.

$T_{\text{varseblivning}}$	2 min
$T_{\text{beslut och reaktion}}$	-
$T_{\text{förflyttning}}$	4,5 min
$T_{\text{utrymning}}$	6,5 min

Nattetid

$T_{\text{beslut och reaktion}}$ är 2 minuter. $T_{\text{förflyttning}}$ beräknas till 15 minuter. Tiden till att alla boende befinner sig på en säker plats blir då 19 minuter. Utrymningstiden överskrider tiden till kritiska förhållanden så mycket att det enkelt kan konstateras att ingen tillfredsställande utrymning kommer att kunna ske.

$T_{\text{varseblivning}}$	2 min
$T_{\text{beslut och reaktion}}$	2 min
$T_{\text{förflyttning}}$	15 min
$T_{\text{utrymning}}$	19 min

7.4.2 Känslighetsanalys

Dagtid

Det finns mycket personal att tillgå dagtid och åtta av dessa är stationerade på plan två. Därför har simuleringar utförts med sex vårdare för att se hur mycket tiden till avklarad utrymning förkortas. Det visar sig att tiden blir 6 minuter och de klarar därmed av att utrymma hela avdelningen.

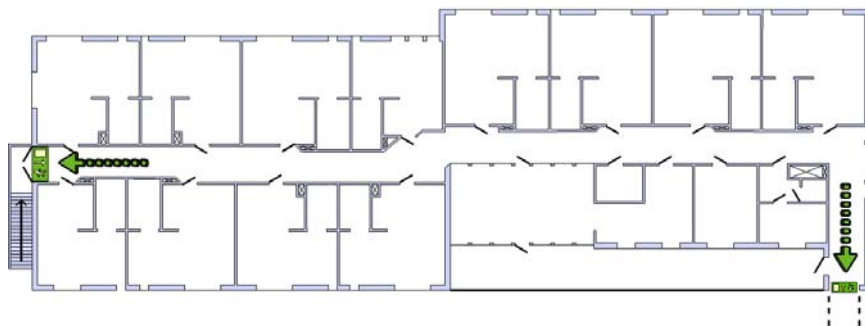
Dagtid har det förmodats att någon i personalen lokaliserar branden då utrymningslarmet aktiverats. Om det inte märks var det brinner måste en person gå till centralapparaten och se efter. Detta fördröjer utrymningen med 2 minuter. Tillfredsställande utrymning kommer då inte att kunna ske med vare sig fyra eller sex vårdare.

Natttid

För att se om personalen har någon möjlighet att klara av en utrymning natttid beräknas även tiden det tar för fyra vårdare att utrymma avdelningen. Om två vårdare direkt efter larm, det vill säga $T_{\text{varseblivning}}$ är mycket kort och de två andra vårdare har en $T_{\text{varseblivning}}$ på 1 minut, kommer utrymningen ta 13 minuter om de måste gå ner och titta på centralapparaten innan utrymningen kan påbörjas.

Även om $T_{\text{beslut och reaktion}}$ är obefintlig, det vill säga att personalen upptäcker branden direkt efter detektion, hinner de inte utrymma avdelningen.

7.5 Hus C, plan 2



Figur 7.7: Bilden visar utrymningsvägarna i hus C, plan två.

Denna våning är ett demensboende med tio boende. Denna avdelning har vissa likheter med avdelningen på plan två i hus B och antaganden som görs i beräkningarna redovisas nedan.

- Utrymningsvägarna finns ut till trapphuset och ut till det fria via en trappa. Trappan ut till det fria kan inte användas och endast den säkra platsen i trapphuset används. Tiden det tar för de boende att ta sig till uppsamlingsplatsen ignoreras.
- Alla boende antas vara i sina lägenheter.
- De boendes förberedelsetid är på dagen 30 sekunder och på natten 45 sekunder.
- Fyra vårdare finns tillgängliga på avdelningen för utrymning dagtid och två nattetid.
- Ingen av de boende kan gå ut själv och flera av de demenssjuka har vandringsbeteende vilket betyder att de inte kan lämnas utan uppsikt. Här förmodas det att en vårdare från en annan avdelning kan hålla uppsikt över patienterna när de har utrymt till den säkra platsen.
- De boende på demensavdelningen behöver nattetid mycket assistans för att ta sig ut vid en eventuell brand. Detta har simulerats med en boendetyper som kräver assistans från två vårdare under hela utrymningen.
- På natten förmodas personalen ha en fördröjningstid på 2 minuter.

All övriga indata visas i bilaga 5.

Tid till avklarad utrymning visas i tabell 7.7.

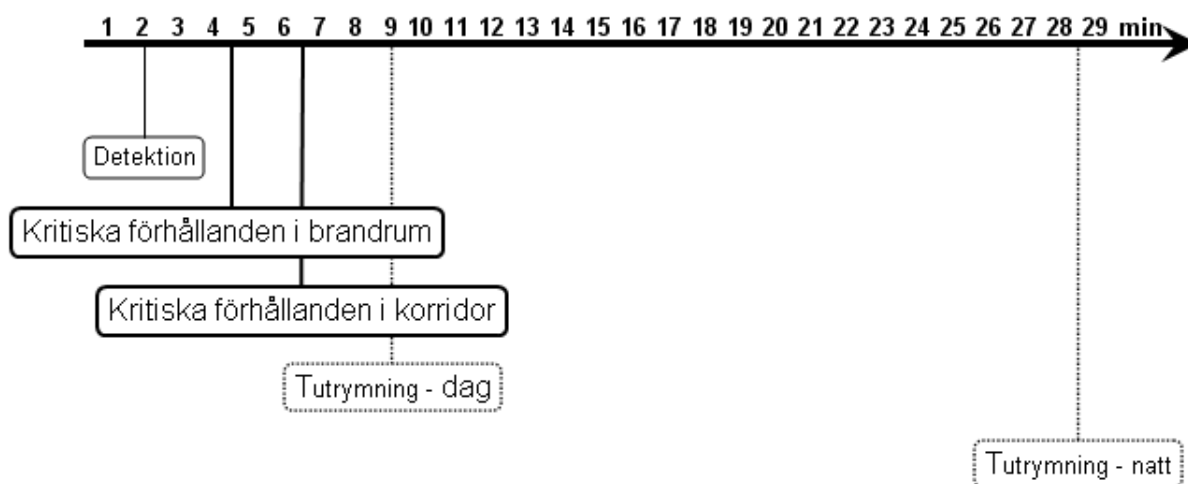
ERM resultat

T _{utrymning}	
Dag	Natt
9 min	28,5 min

Tabell 7.7: Utrymningstider.

7.5.1 Jämförelse

De viktigaste händelserna visas i nedanstående tidslinje.



Figur 7.8: Tidsaxeln visar händelseförloppet i hus C på plan 2.

Dagtid

Personalen har en $T_{\text{varseblivning}}$ på 2 minuter och en $T_{\text{beslut och reaktion}}$ som är väldigt kort. $T_{\text{förflyttning}}$ beräknas i ERM till 7 minuter. $T_{\text{utrymning}}$ blir i detta fall 9 minuter. Detta gör att tillfredsställande utrymning inte kan ske.

$T_{\text{varseblivning}}$	2 min
$T_{\text{beslut och reaktion}}$	-
$T_{\text{förflyttning}}$	7 min
$T_{\text{utrymning}}$	9 min

Nattetid

Då det antas att två vårdare finns tillgängliga betyder det att bara en patient åt gången kan evakueras. Tiden till att hela avdelningen är utrymd uppgår till 28,5 minuter och därmed kan det fastställas att utrymningen inte hinner slutföras.

$T_{\text{varseblivning}}$	2 min
$T_{\text{beslut och reaktion}}$	2 min
$T_{\text{förflyttning}}$	24,5 min
$T_{\text{utrymning}}$	28,5 min

7.5.2 Känslighetsanalys

Dagtid

Om det kommer personal från andra avdelningar för att hjälpa till med en utrymning är det möjligt att de klarar det innan kritiska förhållanden uppstår. Beräkningar visar att om ytterligare två vårdare kommer, blir utrymningstiden 7 minuter. Detta förutsätter att alla sex vårdare påbörjar utrymningen direkt efter larmet gått, vilket inte är troligt.

Om personalen måste gå ner till centralapparaten för att veta var det brinner förlängs tiden med 2 minuter och sannolikheten för att hinna utrymma avdelningen minskar.

Natttid

Utrymningstiden är väldigt lång för demensavdelningen natttid. Mycket beror på den boendetyp som valts. Ännu en beräkning har utförts, denna gång med 4 vårdare.

Utrymningstiden blir då 18 minuter. Denna tid är fortfarande alldeles för lång, trots att all personal på Holmagården deltar i utrymningen.

Tiden kan förkortas om personalen inte behöver gå till centralapparaten. Dock är det inte sannolikt natttid och dessutom förkortas inte tiden så mycket att en utrymning kan ske tillfredsställande.

7.6 Känslighetsanalys av CFAST

Handberäkningar har utförts med MQH-metoden (bilaga 3). Metoden kan endast användas i brandrummet och där har temperaturen i brandgaslagret beräknas. Denna temperatur har sedan använts för att se när strålningen ut mot korridoren blir för hög. Då temperaturen i gaserna är 300°C uppgår strålningsnivån till den kritiska nivån en person klarar av att utrymma genom. Temperaturen motsvarar en tid på 6,5 min. Detta är samma tid till kritiska förhållanden som beräknats i CFAST och resultaten av utrymning blir detsamma.

8 Scenario 3

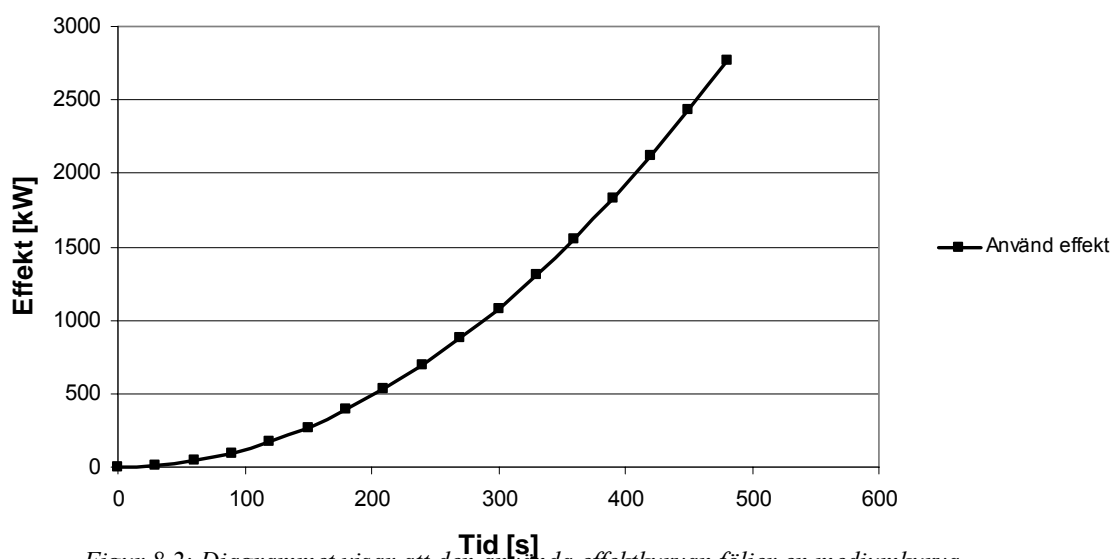
I A-husets källare finns en korridor med anslutande rum. Dessa rum utgörs bland annat av en tvättstuga, ett pannrum och ett omklädningsrum. A-huset sitter ihop med trapphuset och i källaren skiljs dessa av med en brandklassad dörr. Dörren står dagtid uppställd med en kil. Om en brand utbryter i källaren skulle detta kunna förhindra utrymning genom trapphuset. Flera potentiella brandscenarier finns och brand i tvättstuga är ett av dessa. Enligt statistik från Svenska Räddningsverket [2007-10-17] (bilaga 1) inträffar det flera bränder varje år i exempelvis torktumlare och en artikel i Sirenen [nr 1, 1998] visar att brand i en torktumlare av märket Electrolux Wascator är relativt vanlig. Staplade möbler i källaren utgör också en brandrisk men kräver antagligen en anlagd brand. Därför utförs inga beräkningar på det scenariot. Brand i torktumlare ger troligen samma konsekvenser som andra bränder i källaren och därför beräknas endast detta scenario.



8.1 Brand i tvättstuga

Enligt artikeln i Sirenen [nr 1, 1998] är torktumlare en brandrisk på grund av att mycket damm och ludd samlas i värmeelementen och lätt kan antändas. Electrolux Wascator nämns i artikeln på grund av att den återvinner en del av luften vilket gör att damm och ludd följer med tillbaka, vilket ökar risken för brand. Då Holmagården använder torktumlare av samma märke, antas detta ske här. I scenariot förmodas branden starta i torktumlaren och antända de varma kläderna som ligger i. Det står även en tvättkorg med kläder bredvid torktumlaren som antänds.

Effektkurva för brand i tvättstuga



Figur 8.2: Diagrammet visar att den använda effektkurvan följer en mediumkurva med $\alpha = 0.012 \text{ kW/m}^2$.

Effektkurvan som visas i figur 8.2 har tagits fram genom information från SP [2007-10-18]. Ett klädställ brinner med en tillväxthastighet av medium och eftersom det är kläder brinner även i detta scenario antas samma hastighet.

8.2 Resultat

Simuleringar i CFAST har utförts för att se hur branden utvecklas med hänsyn på temperatur och brandgasspridning. Resultat för tvättstugan, korridoren och trapphuset redovisas nedan.

Scenario 3: Kriterier för kritiska förhållanden

Brandgaslagrets höjd < 1,8 meter
80°C i nedre lagret (gäller då brandgaslagrets höjd > 1,8 meter)
80°C i övre lagret (gäller då brandgaslagrets höjd < 1,8 meter)

Tabell 8.1: Kriterier till kritiska förhållanden.

Här redovisas de tider till kritiska förhållanden uppstår i tvättstugan. Tabellen visar att brandgaslagret sjunker till den kritiska höjden på 0,5 minuter, dock tar det 1,5 minuter innan gasernas temperatur uppgår till den kritiska nivån på 80°C.

Tid till kritiska förhållanden i brandrummet

Brandgaslagrets höjd	0,5 minuter
80°C i nedre lagret	-
80°C i övre lagret	1,5 minuter

Tabell 8.2: Tid till att kritiska förhållanden uppstår i tvättstugan.

I korridoren tar det 1 minut innan brandgaslagret sjunkit till 1,8 meter och temperaturen uppgår till 80°C i brandgaserna 3 minuter efter att branden startat.

Tid till kritiska förhållanden i korridoren

Brandgaslagrets höjd	1 minut
80°C i nedre lagret	-
80°C i övre lagret	3 minuter

Tabell 8.3: Tid till kritiska förhållanden i korridoren.

För att se hur trapphuset berörs av en brand i tvättstugan har beräkningar genomförts även här. Det krävs en temperaturökning på 20-30°C för att ett brandgaslager ska bildas. Då simuleringarna visar en temperaturökning på 20°C kommer ingen tydlig skiktning ske i trapphuset. Branden i tvättstugan kommer inte att påverka personsäkerheten så att utrymning blir aktuellt och därför kommer inte några utrymningsberäkningar genomföras för detta scenario.

8.3 Slutsats

I tvättstugan uppstår en kritisk höjd på brandgaslagret snabbt. Det vistas inte många personer i tvättstugan och då avståndet till trapphuset inte är långt kommer dessa lokaler kunna utrymmas i god tid innan kritiska förhållanden uppstår. Ett problem kan vara brandgaslagrets höjd, men då personerna som vistas där har god lokalkännedom bör de inte ha svårt att hitta ut.

9 Diskussion

I diskussionen tas de frågor upp som vi ställt oss under rapportens gång. Fokus läggs på personsäkerhet och utrymningsstrategier.

I enkätsvaren från personalen har flera angivit att de ska se till att de boende befinner sig på sina rum vid brand. Detta fall har vi inte lyckats simulera eftersom vi inte vet exakt hur materialet i dörrarna beter sig vid brand och är osäkra på hur mycket de läcker. Det vi vet är att dörrarna har bristande brandskydd, bland annat glipor. Dock är det inte ett alternativ att de boende uppehåller sig i sina lägenheter eftersom det inte är tillåtet med fönsterutrymning vid särskilda boenden. Detta gäller även efter att en brand är släckt. Dessutom skulle det ta mycket lång tid att utrymma alla boende genom fönstren. Vi rekommenderar istället att utbildning och övningar utförs tillsammans med räddningstjänsten.

Att stänga dörren till det rum som brinner är något av det första många får lära sig. Det bör även vara den första åtgärd som personalen utför vid en brand, om släckning inte är möjligt. I scenariot med lägenhetsbranden har vi antagit att personalen inte stänger dörren till lägenheten. Brandgasspridning sker inte i samma omfattning som med öppen dörr och konsekvenserna blir inte lika stora. Är dörren till brandrummet stängd kommer personalen enligt våra beräkningar antagligen att kunna utrymma hela avdelningen innan kritiska förhållanden uppstår i korridoren.

Personalen arbetar i tre olika skift: dag, kväll och natt. Vi vill i rapporten visa bästa och sämsta utrymningsförhållanden och utifrån det sämsta fallet utforma åtgärder. Vid beräkningar av utrymningstider har därför inte kvällsskiftets personalantal tagits med på grund av att klarar de av att utrymma nattetid kommer de antagligen att klara en utrymning kvällstid.

Scenariot med brand i tvättstuga valdes för att visa hur kraftig temperaturökningen och produktionen av brandgaser kommer att bli. Då dörren mot trapphuset är stängd kommer brandgasspridningen till trapphuset att bli liten och konsekvenserna blir därför i det närmaste obefintliga. En osäkerhet är om brandgasspridning kommer att ske genom ventilationssystemet. Skulle detta inträffa kan brandgaser sprida sig till lägenheterna på plan två. Då vi inte vet om brandspridning sker på detta sätt har detta ignorerats i beräkningar. Självklart kommer tvättstugan och utrymnena i anslutning till denna att bli obrukbara men det borde inte innebära några större problem för den övriga verksamheten.

10 Åtgärder

Som framgår i de tidigare kapitlen kommer inte tillfredställande utrymning kunna ske i de allra flesta fall. Därför presenteras här en rad åtgärder i rangordning som kan förbättra brandsäkerheten med avseende på personskydd. Framtagna åtgärder har olika prioritet, vissa åtgärder anses nödvändiga medan andra är rekommenderade.

10.1 Åtgärder med högsta prioritet

Följande åtgärder anses vara direkt nödvändiga. Dock kan det konstateras att detta måste ses som en helhetslösning. Att avdela korridoren i två delar betyder inte att utrymning kan ske om inte en ramp eller liknande installeras. Endast utbildning av personalen kommer inte att vara tillräckligt för att personsäkerheten ska säkerställas.

Utbildning av personal

Eftersom brand är en mycket ovan situation för de flesta är det viktigt att man noggrant har gått igenom hur man skall agera i förväg för att förvirring inte skall uppstå. Enligt enkäten (bilaga 7) saknar de flesta i personalen kunskaper för att hantera en brand. Det är viktigt att personalen vet hur de ska göra vid en eventuell brand och de ska till exempel ha goda kunskaper om hur en handbrandsläckare fungerar så de kan släcka mindre bränder som uppstår. Skulle det även bli aktuellt med utrymning, bör de ha övat detta tidigare så att utrymning kan ske så snabbt som möjligt. Brandutbildning och återkommande övningar för personalen skulle förmodligen kunna underlätta omständigheterna vid en brand i alla avseenden. Därför ska utbildning och återkoppling av denna ges till personalen regelbundet.

Handbrandsläckare

Det finns två inomhusbrandposter placerade i varje korridor. Detta är bra för en tidig släckinsats om personalen kan hantera dem. Ett alternativ är handbrandsläckare som är en billig och lättanvänd investering. Genom att välja brandsläckare med släckmedel anpassat till den omgivande miljön kan en mindre brand snabbt begränsas och släckas. Vi rekommenderar därför att det ska finnas handbrandsläckare med pulver vid alla utrymningsvägar.

Fria utrymningsvägar

Idag finns det mycket soffor och andra möbler i korridorerna. Detta är inte lämpligt ur utrymningssynpunkt. De fåtöljer som idag står framför utrymningsvägarna ska avlägsnas så att framkomligheten ökar.

I beräkning av utrymningstiderna har inte hänsyn tagits till de låsta dörrarna. Dörrar i utrymningsvägar ska vara lätta att öppna och det är de inte med de lås som sitter där idag. Det är inte något alternativ att ta bort låsen då vissa boende har vandringsbeteende. Förslag är därför att lås med tydligare öppningsanordning installeras. Här ska nämnas att demensavdelningen i hus C, plan två är låst inifrån. För att underlätta utrymning av denna avdelning bör ett system installeras så att dörren låses upp vid larm. Dörren bör även kunna låsas upp och kunna hållas öppen trots att larmet inte gått.

Korridor i två delar

Att dela av korridoren med en dörr utförd i EI30 kommer att minska antalet lägenheter som i första hand måste utrymmas. Det ger även en kortare gångväg till säker plats och två vägar kan användas. Skulle en utrymning av lägenheterna i andra delen av korridoren vara nödvändig kan detta ske utan stress. Denna åtgärd kräver någon form av lösning så att utrymningsvägar för båda delar av korridoren kan användas.

Dörrar

Dörrarna till lägenheterna är i dag klassade som B15. De har dock flera brister som gör att de troligtvis endast hindrar brandgasspridning och inte kan stå emot brand. Vissa av dörrarna har större glipor vid trösklarna och vid brevinkasten. På grund av detta är det även troligt att viss brandgasspridning kommer att ske. I en Br1-byggnad, vilket Holmagården bör klassas som, finns det krav på att avskiljande dörr ska upprättas i EI30.

Dörrarna mellan trapphus och avdelningar klassas också som B15. Eftersom trapphuset används som säker plats i alla utrymningssituationer måste dörrarna uppfylla minst EI30 för att kunna stå emot brand.

Avskiljning mot korridoren

Det är inte tillåtet att ha någon form av verksamhet i en utrymningsväg enligt dagens regler. Detta betyder att uppehållsrummet måste avskiljas brandtekniskt mot korridoren eftersom den används som utrymningsväg. Dessutom har uppehållsrummet flera stora fönster ut mot korridoren. Vid en brand kommer strålningen från uppehållsrummet omöjliggöra utrymning. Ett alternativ för att minska strålningen är att använda E-klassade glas i fönstren. Dessa glas absorberar en viss del av strålningen vilket gör att personer kan passera i korridoren under en längre tid.

Ramp

Det ska finnas två av varandra oberoende utrymningsvägar för varje avdelning, vilket det i dagsläget gör. Problemet är att plan två i B- och C-husen har en väg som leder ut till det fria via en trappa. Då de boende i avdelningarna på plan två inte klarar av att gå i trappor, är denna väg inte ett alternativ för utrymning. Därför föreslås att trappan byts ut mot en ramp med låg lutning som de boende klarar av att gå ned för.

Ett alternativ till rampen skulle vara att bygga en större avsats innan trappen och förse den med en grind. Då kan de boende placeras där i väntan på ytterligare hjälp. Denna åtgärd kräver även att dörren mot avsatsen utförs i EI30 så att de tryggt kan vänta där.



Figur 10.1: Bilden visar ett förslag på hur rampen skulle kunna utföras på hus B och C.

10.2 Åtgärder med lägre prioritet

Fläkt i ventilationen

Några beräkningar på brandgasspridning via ventilationssystemet har inte utförts och det finns därför inga uppgifter om vad som händer vid en brand. Dock visar simuleringarna i CFAST att vid brand i en lägenhet rökfylls denna snabbt. På grund av att de idag har ett till- och frånluftssystem på Holmagården är brandgasspridning möjlig, via tilluftskanlerna. Varma brandgaser stiger uppåt, men på sin väg upp i ventilationssystemet kommer kall luft att blandas in och stigningen avstannar. Detta betyder att brandgaserna kan spridas till övriga lägenheter. För att förhindra detta bör fläktar installeras, så att brandgaserna fortsätter uppåt.

10.3 Resultat med åtgärder

För att visa att föreslagna åtgärder förbättrar utrymningsituationen verifieras åtgärderna med nya beräkningar och diskussion i de fall där beräkningar inte är möjligt.

Åtgärd – Utbildning av personal

Det är svårt att veta hur mycket en utrymning förbättras med utbildning av personalen. Emellertid ska personalen ha kunskap och mod till att göra en första insats i ett tidigt skede av brandförloppet. De ska kunna använda en handbrandsläckare för att släcka en mindre brand eller i alla fall kunna begränsa en brand så pass mycket att utrymning inte blir aktuellt. Måste en avdelning utrymmas ska personalen övat detta tidigare för att effektivisera utrymningen.

Åtgärd - Ramp

Att bygga en ramp medför att avdelningarna på plan två kan utnyttja de två utrymningsvägar som finns. Rampen förmodas ha en avsats direkt utanför dörren vilket betyder att tiderna som beräknats är den tid då alla boende står samlade på denna. Tiden det tar för dem att gå ner för rampen har försumrats. I övrigt gäller samma förutsättningar som i beräkningarna utan ramp.

Resultaten av att installera en ramp blir att tid till avklarad utrymning förkortas betydligt. Nedan presenteras de för varje avdelning och tidpunkt på dygnet.

Utrymningstider med ramp

Dag	
Hus B, plan 2	5 min
Huc C, plan 2	5,5 min

Natt		
Hus B, plan 2	2 vårdare	13 min
	4 vårdare	9,5 min
Hus C, plan 2	2 vårdare	19 min
	4 vårdare	12,5 min

Tabell 10.1: Tid till avklarad utrymning med en ramp installerad.

Tabellen visar att tiderna förkortas avsevärt när två utrymningsvägar kan användas. Dagtid, då det finns mer personal tillgängliga, klarar de av att utrymma avdelningarna innan kritiska förhållanden uppstår. Tiderna för natten är fortfarande för långa vilket bland annat beror på att det finns maximalt fyra vårdare som kan hjälpa till.

Åtgärd – Avskiljande dörr

Med en avskiljande dörr i korridoren har personalen större möjlighet att klara av en utrymning. För avdelningarna på plan två krävs att denna åtgärd utförs för att en tillfredställande utrymning ska ske nattetid, men för övriga avdelningar gör dörren att utrymning betryggas ännu mer. Utrymning av de tre lägenheterna mittemot korridoren tar 5 minuter. Detta gör att de kan placera de tre boende på säker plats i trapphuset eller andra delen av korridoren. Skulle det sedan visa sig nödvändigt att utrymma den resterande delen av korridoren kan detta göras i lugn och ro, då väggen bör ha upprättats i EI30.

11 Slutsats

Föreslagna åtgärder är relativt billiga i förhållande till hur mycket de underlättar utrymningen. Kombinationen av ramp och avskiljande dörr i korridoren är mycket bra då antalet lägenheter som måste utrymmas minskar och ytterligare en utrymningsväg kan användas. Detta gör att personalen, enligt våra beräkningar, hinner utrymma alla avdelningar.

Ett alternativ till en del av rekommenderade åtgärder skulle kunna vara att installera sprinkler på Holmagården. Detta skulle innebära att en eventuell brand kan begränsas och kanske till och med släckas. Däremot är det en dyr åtgärd och vi anser att de åtgärder som föreslås kommer att säkerställa utrymningssituationen så att alternativet med sprinkler kan uteslutas.

12 Referenser

- Alpert R L. *Calculation of response time of ceiling-mounted fire detectors*, Fire Technology, Vol 8, pp 181-195, 1972.
- Alvord D.M, *Status Report on the Escape and Rescue Model and the Fire Emergency Evacuation Simulation for Multifamily Buildings*, American Institute of Architects Foundation, Washington D.C, 1985
- Boverket, *Boverkets byggregler*, BFS 2005:17, Boverket, Karlskrona, 2002
- Brandskyddshandboken*, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2005
- Davis W, Notarianni K, “*Prediction Based Design of Fire Detection for Buildings with Ceiling Heights Between 9 m and 18 m*”, National Institute of Standards and Technology, NISTIR 6199, Gaithersburg MD, 1998
- Drysdale D, *An Introduction to Fire Dynamics*, 2:a upplagan, John Wiley & Sons, Chichester, 1999
- Erlandsson U, *Torktumlare uppenbar brandrisk*, Sirenen nr 1, 1998
- Evans D, Stroup D W, *Methods of Calculating the Response Time of Heat and Smoke Detectors Installed Below Large Unobstructed Ceilings*, NBSIR 85-3167, National Bureau of Standards, Gaithersburg, July 1985
- Karlsson B, Quintere, J.G, *Enclosure Fire Dynamics*, CRC Press, Boca Raton, 2000
- Kompendium i Aktiva system – Detektion*, Rapport 7030, Nilsson D, Holmstedt G, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2007
- Peacock R, Jones W, Reneke P, Forney G, *CFAST-Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport*, Users Guide, version 6, National Institute of Standards and Technology Gaithersburg, 1997
- Statens Räddningsverk, www.srv.se, 2007-10-17
- Statens Tekniska Forskningsinstitut, www.sp.se, 2007-10-18
- The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3:e upplagan, National Fire Protection Association, Quincy, 2002

Muntliga källor

- Frantzich H. Universitetslektor Brandteknik, 2007-09-13
- Gojkovic D, Universitetsadjunkt Brandteknik, föreläsning i Branddynamik, Lund, 2007-01-17
- Gojkovic D, Universitetsadjunkt Brandteknik, föreläsning i Brandteknisk Riskvärdering, Lund, 2007-09-19
- Håkansson P, Brandingenjör Räddningstjänsten Svedala, 2007-09-13
- Jensen L, Professor Installationsteknik, 2007-09-17
- Nished A-S, Enhetschef Holmagården, 2007-10-13

Bilaga 1: Underlag vid framtagning av effektkurvor

I den här bilagan presenteras underlaget som använts vid framtagning av effektkurvor för respektive scenario.

Scenario 1: Brand i lägenhet

Statistiken är tagen från Svenska Räddningsverket [2007-10-17] och har använts som underlag till Scenario 1. Den visar att det inträffar relativt många bränder i soffor och scenariot med en glömd cigarett i soffan är inte helt osannolik, även om en brand i sängen är lite mer trolig enligt denna statistiskt.

Statistik för brand i inredning

	Gardiner	Soffa/fåtölj	Säng	Annan lös inredning
Stockholms län	22	52	70	1759
Skåne län	11	41	48	1202
Västra Götalands län	21	30	51	1991
Totalt hela riket	102	238	335	10261

Tabell B1.1: Tabellen visar statistik från SRV:s databas [2007-10-17] till och med 2006. "Annan lös inredning" representerar alla bränder till och med år 2004.

Scenario 2: Brand i uppehållsrum

Information från SFPE-handboken [sektion 1, avsnitt 3, 2002] och SP:s databas [2007-10-18] om olika möblers effektutveckling har använts för att konstruera den totala effektkurvan i uppehållsrummet.

Scenario 3: Brand i tvättstuga

För att få en uppfattning om vad som oftast var startföremålet för brand i tvättstuga användes återigen statistik från Svenska Räddningsverket [2007-10-17]. Denna visar på att bränder i tvättmaskiner är vanligare än brand i torktumlare. Torktumlade används ändå som startföremål i Scenario 3 på grund av en artikel i Sirenen [1998].

Statistik för brand i tvättstuga

	El - Torkskåp	El - Torktumlare	El - Tvättmaskin	Total
Stockholms län	35	165	188	388
Skåne län	23	130	175	328
Västra Götalands län	16	148	185	349
Totalt hela riket	153	890	1127	2170

Tabell B1.2: Tabellen visar statistik från SRV:s databas [2007-10-17].

Bilaga 2: CFAST

Allmänt

CFAST, Consolidate Model of Fire Growth and Smoke Transport, är ett datorprogram som används för att simulera brandförlopp. Programmet bygger på tvåzonsmodellen. CFAST uppskattar bland annat hur temperatur, tryck och brandgaslagrets höjd förändras med tiden beroende på rummets dimensioner, öppningar, material och brandens effektutveckling. Utdata ges dels för brandrummet, dels för anslutande rum. De beräkningsmodeller som programmet använder härleds ur grundläggande fysikaliska och termodynamiska samband och använder McCaffreys plymmodell [Peacock, Jones, Reneke, Forney, 2005].

Begränsningar

Branden är ett komplext förlopp och CFAST är en modell för att kunna beskriva detta. Det skall betonas att en modell aldrig kan beskriva verkligheten och att alla data noggrant måste verifieras. Om indatan inte kan approximera det specifika fallet som ska simuleras kommer utdatan från programmet inte heller att vara representativt. Då programmet använder tvåzonsmodellen måste branden vara så stor att en skiktning uppstår. Om det uppstår en liten brand i en stor lokal är det inte troligt att det blir en tydlig skiktning eftersom brandgaserna längre bort från branden kyls och blandar sig med det nedre lagret. CFAST antar att skiktning sker i alla rum även om temperaturskillnaden är mycket liten, trots att detta inte sker i verkligheten. Dessutom ingår inte brandplymen i något lager, vilket inte är rimligt vid stora bränder i små rum. Rum måste anges som rektangulära vilket medför att andra geometrier måste approximeras till rektanglar. Programmet tar inte hänsyn till transporttider. I exempelvis en korridor kommer brandgaserna inte att ligga på en jämn nivå i hela rummet, varpå denna uppskattning inte är rimlig. För att ta hänsyn till transporttiden i korridorfall kan den uppdelas i mindre sektioner genom att en avgränsning i taknivå som hindrar brandgaserna att spridas direkt. Det bildas då ett brandgaslager som måste bli tjockare än avgränsningen innan brandgaser sprider sig vidare till en annan avdelning [Gojkovic, 2007-09-19].

Indata

Exempel på en indatafil från CFAST. Denna visar Scenario 1:

```

Date stamp from CFAST initialization 0011/0008/2007
The project files are based on the root: Cfast rokare5 med fonster
Version 6.0.9 Created 5/15/2006, Run 11/8/2007
Opening a version 6 file in normal mode
Key word TIMES parameter(s) = 900 -50 0 10 10
Key word EAMB parameter(s) = 293.15 101300 0
Key word TAMB parameter(s) = 293.15 101300 0 50
Key word CJET parameter(s) = WALLS
Ceiling jet calculation has been set: F F T T T
Key word CHEMI parameter(s) = 10 393.15
Key word WIND parameter(s) = 0 10 0.16
Key word COMPA parameter(s) = Rökarrum 9.2 5 2.4 0 0 0 CONCRETE
CONCRETE CONCRETE
Compartment 1 Rökarrum 9.2 5.0 2.4 0.0 0.0 0.0 T T T T T CONCRETE CONCRETE
CONCRETE CONCRETE
Key word COMPA parameter(s) = Korridor 17 2 2.4 1 5 0 CONCRETE
CONCRETE CONCRETE
Compartment 2 Korridor 17.0 2.0 2.4 1.0 5.0 0.0 T T T T T CONCRETE CONCRETE
CONCRETE CONCRETE
Key word COMPA parameter(s) = Sällskapsr3.7 6.8 2.4 2.7 7 0 CONCRETE
CONCRETE CONCRETE
Compartment 3 Sällskap 3.7 6.8 2.4 2.7 7.0 0.0 T T T T T CONCRETE CONCRETE
CONCRETE CONCRETE
Key word COMPA parameter(s) = Granne1 8.2 5 2.4 9.5 0 0 GYPSUM
OFF GYPSUM
Compartment 4 Granne1 8.2 5.0 2.4 9.5 0.0 0.0 T F T T GYPSUM OFF GYPSUM
GYPSUM
Key word COMPA parameter(s) = Granne2 6.7 6.8 2.4 6.7 7 0 CONCRETE
CONCRETE CONCRETE
Compartment 5 Granne2 6.7 6.8 2.4 6.7 7.0 0.0 T T T T T CONCRETE CONCRETE
CONCRETE CONCRETE
Key word COMPA parameter(s) = Granne 6.5 6.8 2.4 13.1 7 0 CONCRETE
CONCRETE CONCRETE
Compartment 6 Granne 6.5 6.8 2.4 13.1 7.0 0.0 T T T T T CONCRETE CONCRETE
CONCRETE CONCRETE
Key word HALL parameter(s) = 2 -1 -1 -1
Key word HVENT parameter(s) = 1 2 1 0.9 2.1 0 1 1.5 1.5 3
1
Key word HVENT parameter(s) = 2 3 1 0.9 2.1 2.085 1 4.4 0 3
1
Key word HVENT parameter(s) = 2 4 1 0.9 2.1 2.085 1 12 0 1
1
Key word HVENT parameter(s) = 2 5 1 0.9 2.1 2.085 1 7 0 3
1
Key word HVENT parameter(s) = 2 6 1 0.9 2.1 2.085 1 15 0 3
1
Key word HVENT parameter(s) = 1 7 1 1.2 0.01 0 1 5 0 1
1
Key word HVENT parameter(s) = 7 1 2 1.2 2 1 1 2 0 1
1
Key word HVENT parameter(s) = 7 1 3 1.2 2 1 1 5 0 1
1
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H 7 1 2 190 1 1
Key word EVENT parameter(s) = H 7 1 2 190 1 1
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H 7 1 3 190 1 1

```

Key word EVENT parameter(s) = H 7 1 3 190 1 1
Key word OBJEC parameter(s) = Rokarrum 1 4.6 2.5 0 1 1 0 0
0 1

Open the output file C:\Temp\Grupp 6\Rökarrum, öppen dörr 2\New Folder\Cfast rokare5 med fonster.out

Open the smokeview files - C:\Temp\Grupp 6\Rökarrum, öppen dörr 2\New Folder\Cfast rokare5 med fonster.smv C:\Temp\Grupp 6\Rökarrum, öppen dörr 2\New Folder\Cfast rokare5 med fonster.plt

Open the spreadsheet files - C:\Temp\Grupp 6\Rökarrum, öppen dörr 2\New Folder\Cfast rokare5 med fonster.n.csv C:\Temp\Grupp 6\Rökarrum, öppen dörr 2\New Folder\Cfast rokare5 med fonster.f.csv

C:\Temp\Grupp 6\Rökarrum, öppen dörr 2\New Folder\Cfast rokare5 med fonster.s.csv C:\Temp\Grupp 6\Rökarrum, öppen dörr 2\New Folder\Cfast rokare5 med fonster.w.csv

Open the object fire file C:\Temp\Grupp 6\Rökarrum, öppen dörr 2\New Folder\Rokarrum.o

Object Rokarrum position set to 4.600 2.500 0.001; Maximum HRR per m³ is 7.234E+05

Open the thermophysical properties file C:\Program Files\CFAST6\thermal.csv

Total execution time = 159. seconds

Normal exit from CFAST

Indata för Scenario 1

Indata till Scenario 1 Brand i lägenhet

Rum	Bredd [m]	Djup [m]	Höjd [m]
Lägenhet	9,2	5	2,4
Korridor	17	2	2,4

Tabell B2.1: Indata för Scenario 1, brand i lägenhet med öppen dörr.

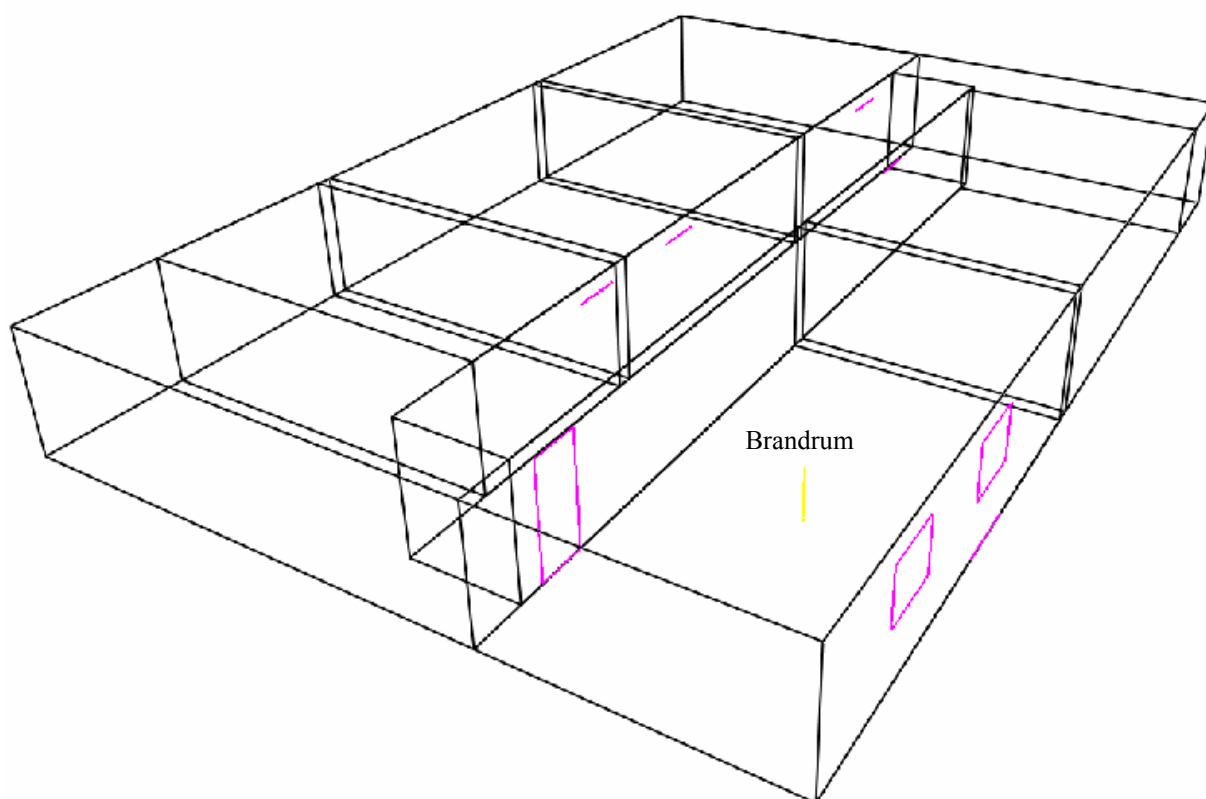
Öppningar till Scenario 1 Lägenhet med öppen dörr

Från	Till	Bröstningshöjd [m]	Öppningens höjd [m]	Bredd [m]	Öppningstid [s]
Lägenhet	Korridor	0	2,1	0,9	alltid öppen
Lägenhet	Ut	0	0,01	1,2	alltid öppen
Ut	Lägenhet	1	1	1,2	190
Ut	Lägenhet	1	1	1,2	190

Lägenhet med stängd dörr

Lägenhet	Korridor	0	0,1	0,9	alltid öppen
----------	----------	---	-----	-----	--------------

Tabell B2.2: Öppningar som användes i Scenario 1.



Figur B2.1: Bild över rummen i Scenario 1, med öppen dörr. Trapphuset finns i vänster kant av bilden.

Indata till Scenario 2

Indata till Scenario 2 Uppehållsrum

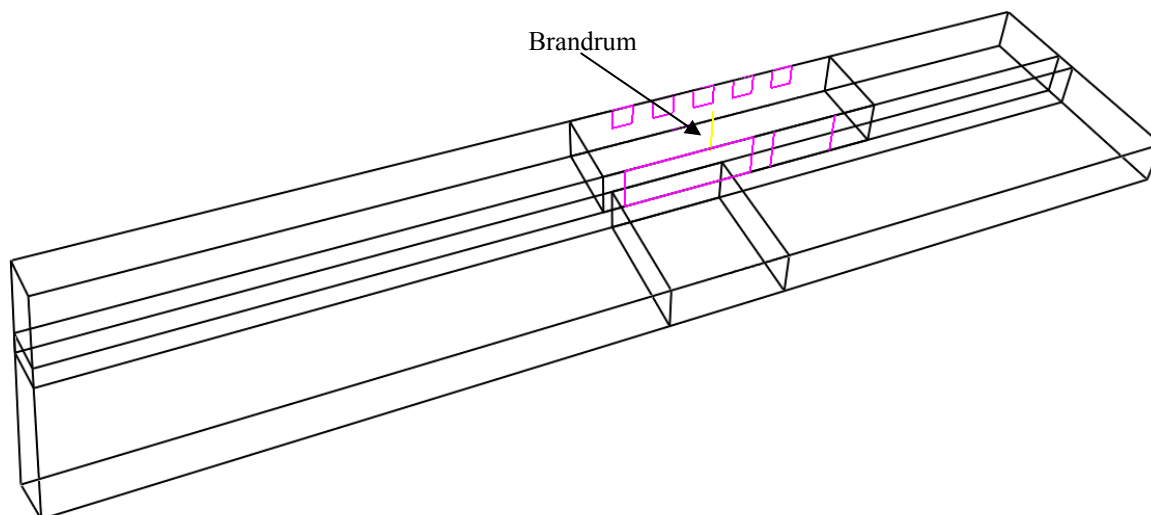
Rum	Bredd [m]	Djup [m]	Höjd [m]
Uppehållsrum	13,4	4,2	2,4
Korridor	46,5	2,0	2,4

Tabell B2.3: Indata för Scenario 2, brand i uppehållsrum.

Öppningar till Scenario 2 Uppehållsrum

Från	Till	Bröstningshöjd [m]	Öppningens höjd [m]	Bredd [m]	Öppningstid [s]
Uppehållsrum	Ut	0	0,1	1	alltid öppen
Uppehållsrum	Korridor	0	2	0,9	alltid öppen
Uppehållsrum	Korridor	0	2	0,9	alltid öppen
Korridor	Ut	0	0,1	0,9	alltid öppen
Uppehållsrum	Korridor	0,7	1,3	6	380
Uppehållsrum	Ut	1	1	1	460
Uppehållsrum	Ut	1	1	1	460
Uppehållsrum	Ut	1	1	1	460
Uppehållsrum	Ut	1	1	1	460
Uppehållsrum	Ut	1	1	1	460

Tabell B2.4: De öppningar som användes för Scenario 2.



Figur B2.2: Bild över rummen i CFAST, Scenario 2.

Indata till Scenario 3

Indata till Scenario 3 Tvättstuga

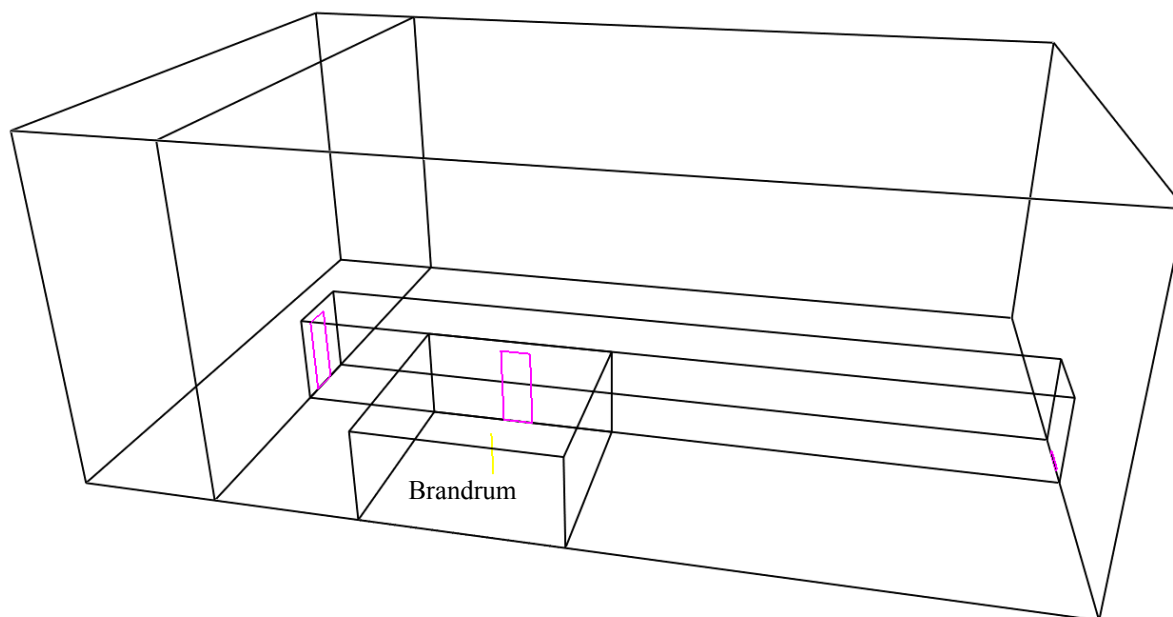
Rum	Bredd [m]	Djup [m]	Höjd [m]
Tvättstuga	5	5	2,4
Korridor	14,5	2	2,4
Trapphus	3,5	14,5	9

Tabell B2.5: Indata för brand i tvättstuga, Scenario 3.

Öppningar till Scenario 3 Tvättstuga

Från	Till	Bröstningshöjd [m]	Öppningen höjd [m]	Bredd [m]	Öppningstid [s]
Korridor	Trapphus	0	2,1	0,8	alltid öppen
Tvättstuga	Korridor	0	2,1	0,8	alltid öppen
Korridor	Ut	0	0,1	0,8	alltid öppen

Tabell B2.6: Öppningar för Scenario 3.



Figur B2.3: Bild över rummen i Scenario 3. Trapphuset syns i vänster kant av bilden.

Bilaga 3: Handberäkningar

Antändning av intilliggande möbler

Strålningsberäkningar gjordes för att få underlag som styrker att flamspridning mellan möbler kommer att ske vid de olika scenarierna. Beräkningar utfördes endast för scenario 3 med brand i uppehållsrum eftersom det är störst avstånd mellan möblerna och därmed minst sannolikt att närliggande möbler skulle antändas genom strålning. Beräkningen täcker således in övriga scenarier. Branden i uppehållsrummet antas börja på bordet och stolarna intill antänds.

$$A_{bord} = 3,75 \text{ m}^2 \Rightarrow D = 2,2 \text{ m}$$

$$\dot{Q}_{bord+stolar} = 2200 \text{ kW}$$

Från detta kan flamhöjden beräknas

$$L = 0,235 \cdot \dot{Q}^{(2/5)} - 1,02 \cdot D = 0,235 \cdot 2200^{(2/5)} - 1,02 \cdot 2,2 = 2,86 \text{ m}$$

$$L = \text{Flamhöjd [m]}$$

$$\dot{Q} = \text{Effektutveckling [kW]}$$

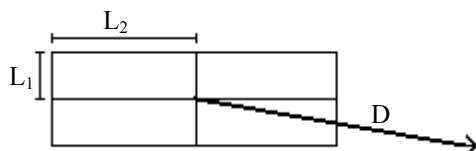
$$D = \text{Diameter [m]}$$

Ekvation 4.3 (Karlsson och Quintiere, 2002)

Beräknad flamhöjd är högre än takhöjden vilket betyder att flammorna slår i taket. Flamhöjden sätts därför till 1,7 m vilket motsvarar avståndet mellan bordet och taket.

$$L = 1,7 \text{ m}$$

För att kunna beräkna den strålning som intilliggande möbel utsätts för, måste först en synfaktor beräknas. Synfaktorn betecknas Φ och beror av avståndet mellan flammen och det objekt som utsätts för strålning. Denna beräknas enligt tabell 2.7 i An Introduction to Fire Dynamics [2000].



$$L_1 = 0,85 \text{ m}$$

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

$$D = \text{varieras}$$

I dessa beräkningar varieras D för att se hur långt avståndet kan vara för att spridning ska ske.

När synfaktorn är känd kan strålningen från de olika avstånden beräknas

$$E = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot \Phi$$

$$E = \text{Strålning} [W/m^2]$$

$\varepsilon =$ emissivitet, antas till 1

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

$T =$ Flamtemperatur [K], antas till 1200

$\Phi =$ Synfaktor

Ekvation 2.4 (Drysdale, 1999)

Strålningsberäkningar

Avstånd [m]	Synfaktor	Strålning [kW/m ²]
2	$\Phi = 0,202$	23,7
3	$\Phi = 0,108$	12,7
4	$\Phi = 0,064$	7,5

Tabell B3.1: Tabellen visar resultaten från strålningsberäkningarna.

Trä antänds vid en strålningsintensitet på 12 kW/m² (Tabell 6.5, Drysdale, 1999). Detta innebär att spridning kommer att ske om avståndet mellan flamma och föremål är mindre än tre meter, vilket är fallet i scenarierna.

Temperatur för kritisk strålningsnivå

Branden i uppehållsrummet kommer att stråla ut mot korridoren eftersom de fönstren inte är brandklassade. Dock kommer inte hela branden att stråla, utan en synfaktor måste beräknas. Denna beräknas enligt tabell 2.7 i An Introduction to Fire Dynamics [2000] och värdena som används är

$$\left. \begin{aligned} S &= \frac{L_1}{L_2} = \frac{1}{3} = 0.33 \\ \alpha &= \frac{L_1 \cdot L_2}{D^2} = \frac{1 \cdot 3}{2^2} = 0.75 \end{aligned} \right\} \phi = 0.099$$

$$\phi_{total} = 4 \cdot 0.099 \approx 0.4$$

Strålningen per kvadratmeter kan sedan beräknas genom

$$\dot{q}'' = \phi \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

Ekvation 2.4 (Karlsson och Quintiere, 2002)

För att strålningen ska uppnå den kritiska nivån på 2,5 kW/m² krävs en temperatur i brandgaserna på

$$2500 = 0,4 \cdot 1 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot T^4$$

$$T = 300 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Brandgaslagrets temperatur

McCaffrey, Quintiere, and Harkleroad [2000], utvecklade en handberäkningsmetod som används för att beräkna temperaturen i brandgaserna, kallad MQH-metoden. Metoden är framtagen från experimentella data och antar en tvåzonsmodell. Vid experimenten användes olika bränslen som gas, trä och plast. Storleken på rummen varierade från fullskala till en åttondels skala. De valde att ha olika dörrar och fönsteröppningar och att använda väggar med olika termiska egenskaper. Värmeöverföring sker där de varma brandgaserna har kontakt med väggen. Då brandgaslagrets höjd varierar med tiden har McCaffrey med kollegor valt att använda hela omslutningsarean i beräkningsmetoden. Materialet i väggarna antas vara halvoändligt och de försummar kylning av ytorna vilket betyder att yttemperaturen på väggarna är den samma som gastemperaturen.

Den största begränsningen med MQH-metoden är att temperaturökningen måste vara mellan 20°C och 600°C. Om temperaturen är högre sker övertändning och modellens korrelation med verkligheten bör ifrågasättas. Modellen utgår från att värmeförluster sker genom massflöde ut genom öppningar. Detta gör att metoden inte passar för utrymmen där det tar lång tid innan gaserna börjar flöda ut. Branden antas även vara bränslekontrollerad och stå fritt i rummet. Beräkningarna fungerar både för konstant och transient brandtillväxt.
[Karlsson, Quintiere, 2000]

Ekvationer

$$\Delta T = 6,85 \cdot \left(\frac{\dot{Q}^2}{A_0 \cdot \sqrt{H_0} \cdot h_k \cdot A_T} \right)^{1/3}$$

$$\Delta T = T_g - T_0$$

$$T_g = \text{Brandgasernas temperatur [K]}$$

$$T_0 = \text{Omgivningstemperatur [K]}$$

$$\dot{Q} = \text{Effektutveckling [kW]}$$

$$A_t = \text{Rummets inneslutningsarea [m}^2\text{]}$$

$$A_0 = \text{Öppningarnas area [m}^2\text{]}$$

$$H_0 = \text{Öppningarnas höjd [m]}$$

$$A_{t,Uppehållsrum} = 173,4 \text{ m}^2$$

$$A_{t,Lägenhet} = 144,9 \text{ m}^2$$

$$A_{t,Tvättstuga} = 98 \text{ m}^2$$

Ekvation 6.11 (Karlsson och Quintiere, 2002)

Väggarna består av betong med okänd tjocklek. Väggarna antas därför vara halvoändliga vilket medför $t < t_p$.

$$h_k = \sqrt{\frac{k\rho c}{t}} \quad t < t_p$$

h_k = förbränningsvärme [$W / m^2 K$]

k = konduktivitet [W / mK]

ρ = densitet [kg / m^3]

c = specifik värmekapacitet [kJ / kgK]

t = tid [s]

t_p = penetrationstid [s]

Ekvation 6.15 (Karlsson och Quintiere, 2002)

$$k\rho c_{betong} = 2 \cdot 10^6 \text{ W}^2 \text{ s} / \text{m}^4 \text{ K}$$

Tabell 6.1 (Karlsson och Quintiere, 2002)

Vid beräkningarna antas samma tid tills fönstren går sönder som anges vid simuleringarna i CFAST. Detta medför att öppningens area ökar successivt under brandförloppet. Hänsyn tas till detta genom ny öppningsarea och höjd beräknas varje gång då ett fönster går sönder.

Tabell B3.2 visar öppningarnas area för Scenario 1 med öppen dörr för brand i lägenhet. Tabell B3.3 visar den sammanlagda arean när dörren till lägenheten är stängd. Arean varierar med tiden eftersom fönstren går sönder av värmen.

Lägenhet, dörr öppen

	Dörr öppen	En dörr + två fönster öppna (190 s)
A_0	1,9	4,3
H_0	2,1	1,6

Tabell B3.2: Tabellen visar den sammanlagda öppningsarean.

Lägenhet, dörr stängd

	Dörr stängd	Två fönster öppna (170 s)
A_0	Modellen ej	2,4
H_0	giltig	1,2

Tabell B3.3: Tabellen visar den sammanlagda öppningsarean.

Tabellen nedan visar sammanlagda arean för öppningarna i Scenario 2.

Uppehållsrum

	Två dörrar öppna	Två dörrar + Fönster mot korridor öppna (380s)	Två dörrar + Fönster mot korridor (380 s) + Fönster mot utsida öppna (460 s)
A ₀	3,6	11,4	16,4
H ₀	1,9	1,2	1,1

Tabell B3.4: Tabellen visar den sammanlagda öppningsarean.

Den sista tabellen visar hur öppningarna ser ut för Scenario 3, brand i tvättstuga.

Tvättstuga

	En dörr öppen
A ₀	1,7
H ₀	2,1

Tabell B3.5: Tabellen visar den sammanlagda öppningsarean.

Beräkningsresultaten visas under bilaga 4 tillsammans med resultaten från CFAST.

Sikt

Materialet i uppehållsrummet och i lägenheten består i huvudsak av trä. Detta approximeras i beräkningarna till cellulosa. Massan är framtagen ur effektkurvorna och beror av tiden.

Ekvationer

$$D_L = \frac{D_0 \cdot m}{V}$$

D_L = optisk densitet per meter [ob]

D_0 = rökpotential [obm^3 / g]

m = massa

V = volym brandrum och korridor

Ekvation 7.5 (Nilsson och Holmstedt, 2007)

Rökpotentialen för cellulosa

$$D_{0,cellulosa} = 0,22 \text{ obm}^3/g$$

Tabell 11.5 (Drysdale, 1999)

Volym för korridor respektive uppehållsrum är

$$V_{korridor} = 259,2 \text{ m}^3$$

$$V_{uppehållsrum} = 118,8 \text{ m}^3$$

Volym för korridor respektive lägenhet är

$$V_{korridor} = 259,2 \text{ m}^3$$

$$V_{lägenhet} = 99,0 \text{ m}^3$$

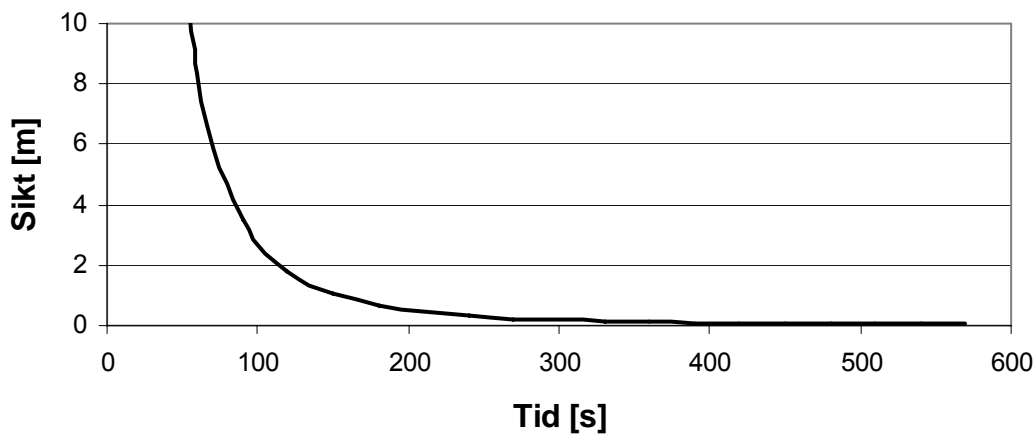
$$Sikt = \frac{10}{D_L}$$

Ekvation 7.3 (Nilsson och Holmstedt, 2007)

Beräkningsresultat

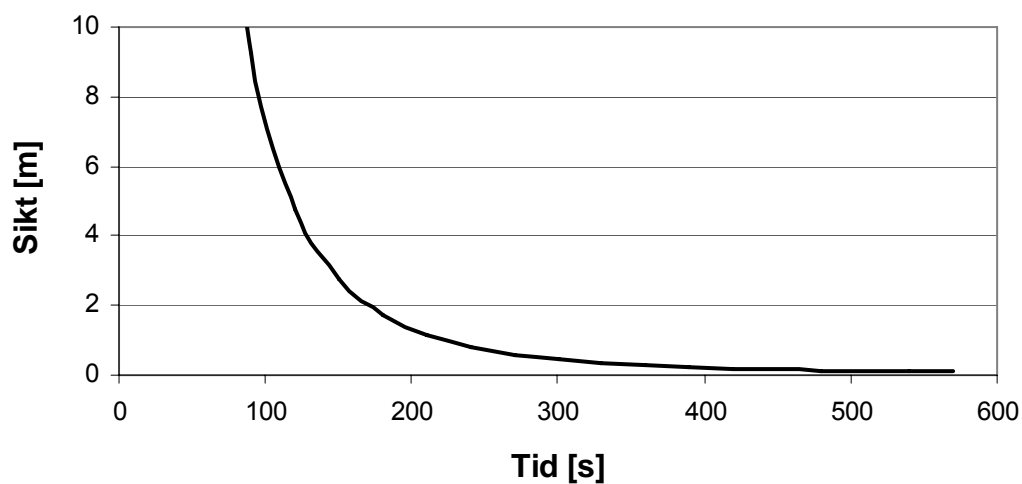
Sikten visas i nedanstående diagram.

Scenario 1: Sikt i lägenhet och korridor



Figur B3.1: Diagrammet visar sikten i lägenheten och anslutande korridor som funktion av tiden.

Scenario 2: Sikt i upphållsrum och korridor



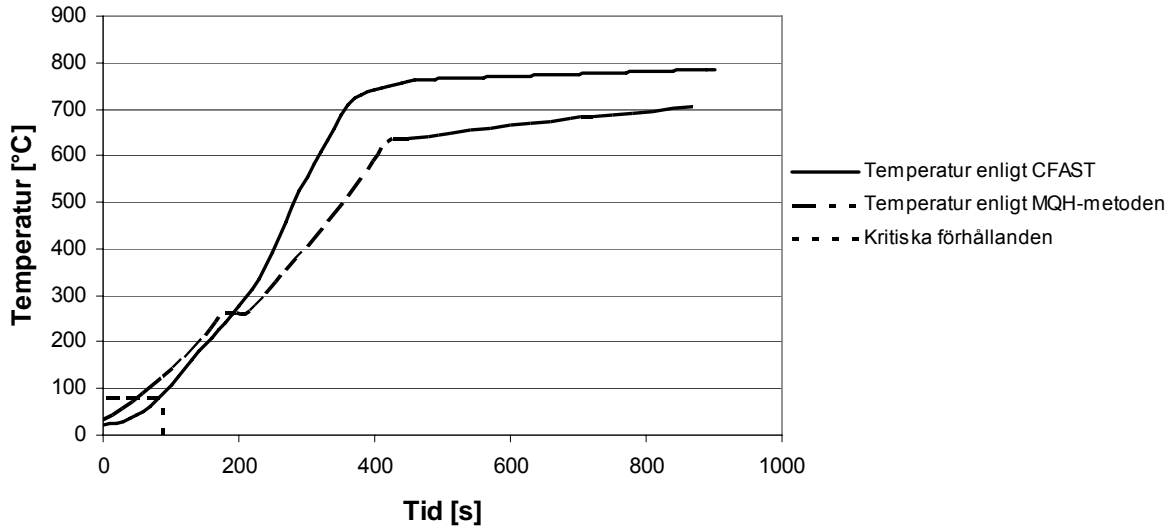
Figur B3.2: Diagrammet visar sikten i uppehållsrummet och anslutande korridor som funktion av tiden.

Bilaga 4: Diagram över brandgasernas temperatur och höjd

Här visas diagram över brandgasernas höjd och temperatur för de olika scenarierna.

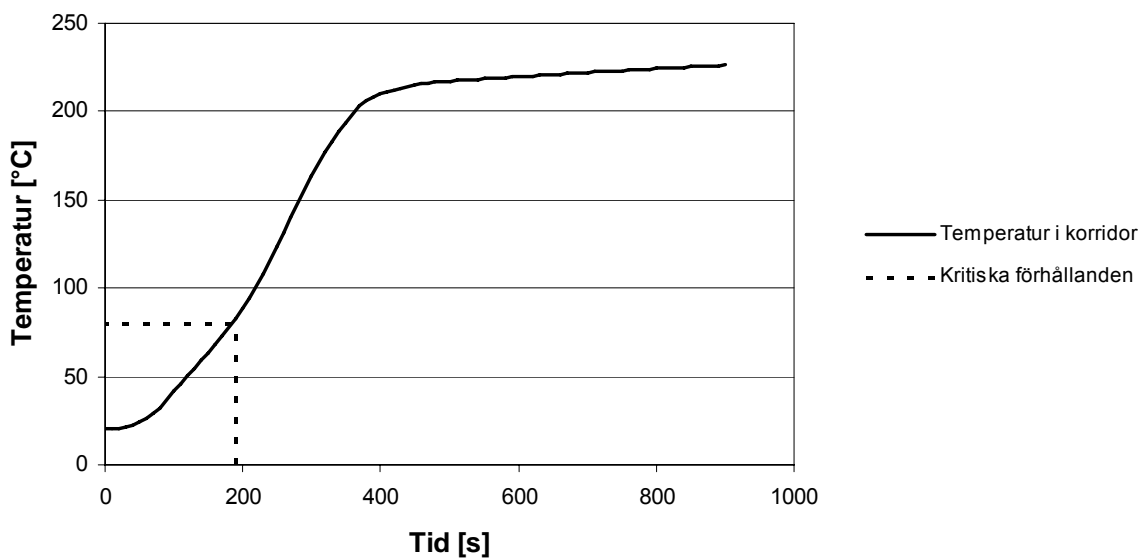
Scenario 1

Scenario 1: Brandgasernas temperatur i lägenheten, öppen dörr



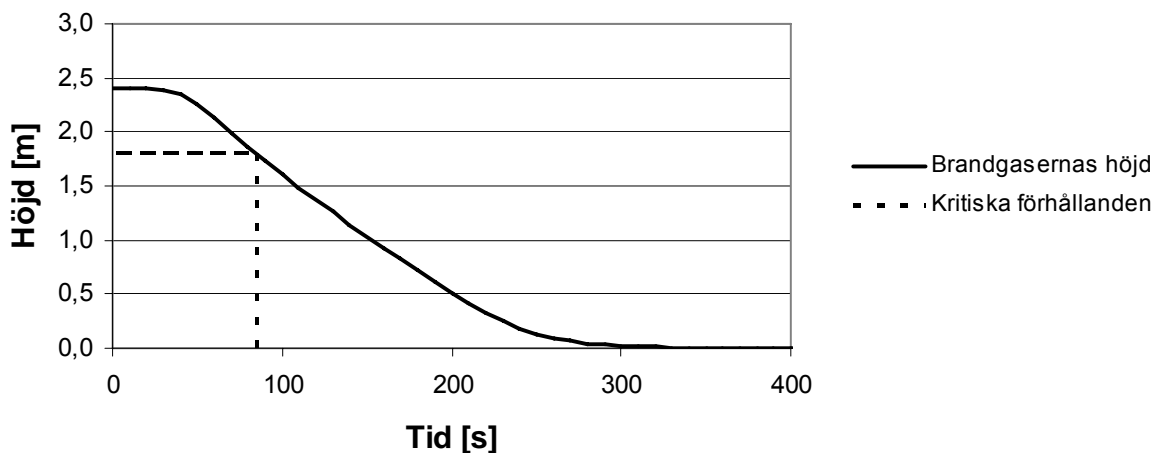
Figur B4.1: Diagrammet visar temperaturen i lägenheten med öppen dörr som funktion av tiden. Den streckade linjen visar tid för kritiska förhållanden.

Scenario 1: Brandgasernas temperatur i korridor



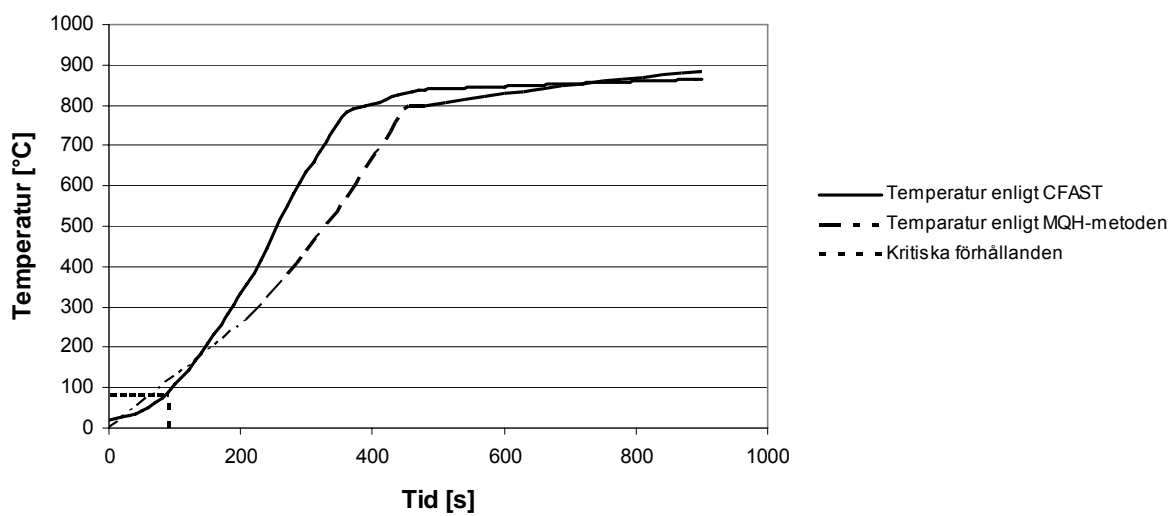
Figur B4.2: Diagrammet visar temperaturen i korridoren som funktion av tiden. Den streckade linjen visar tid för kritiska förhållanden. Temperaturen redovisas med resultat från CFAST då MQH-metoden inte är tillämpbar utanför brandrummet.

Scenario 1: Brandgasernas höjd i korridor



Figur B4.3: Diagrammet visar brandgaslagrets höjd i korridoren som funktion av tiden. Den streckade linjen visar tid för kritiska förhållanden.

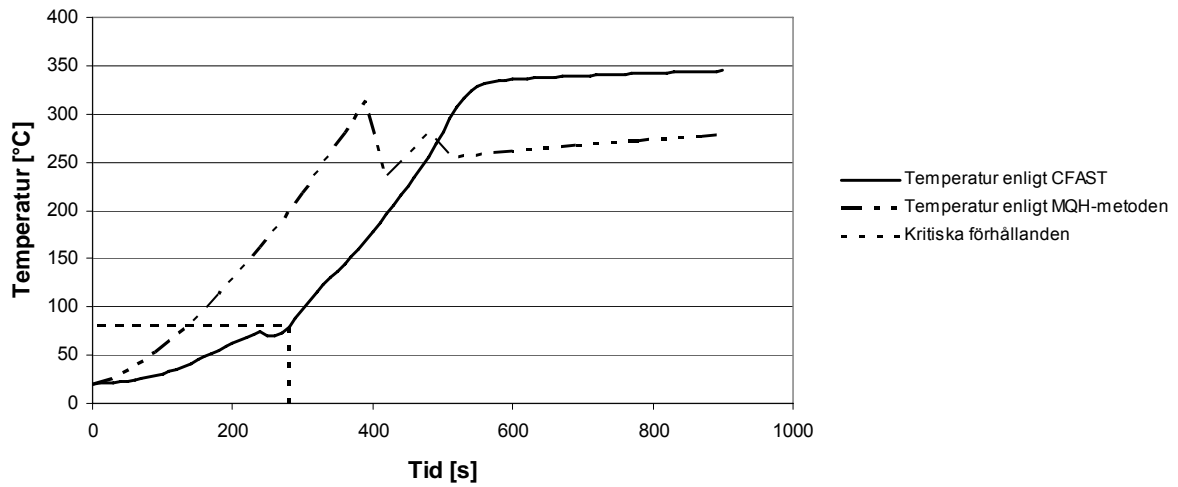
Scenario 1: Brandgasernas temperatur i lägenheten, stängd dörr



Figur B4.4: Diagrammet visar temperaturen i lägenheten med stängd dörr som funktion av tiden. Den streckade linjen visar tid för kritiska förhållanden.

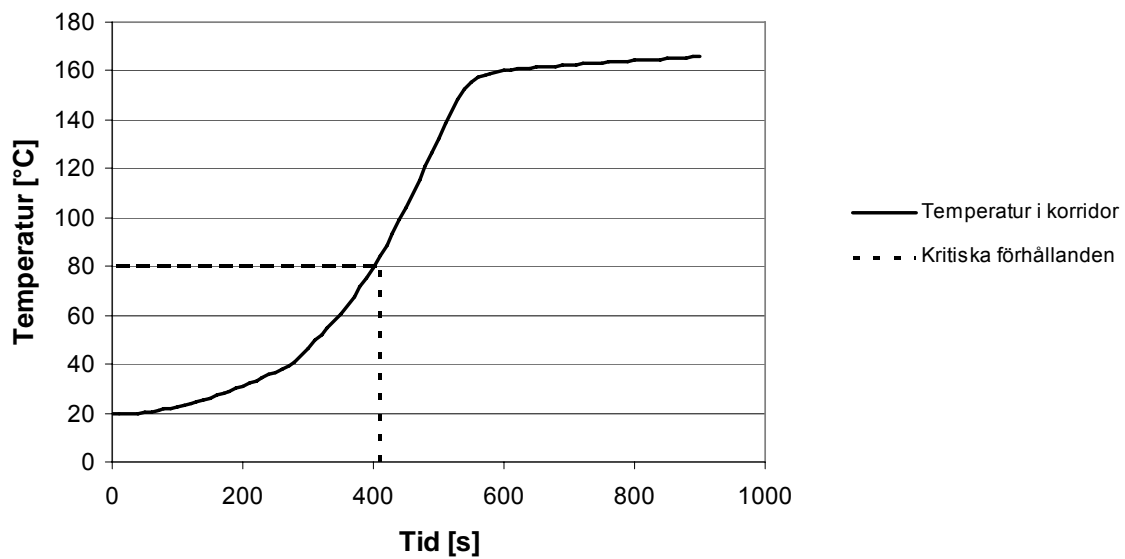
Scenario 2

Scenario 2: Brandgasernas temperatur i uppehållsrummet



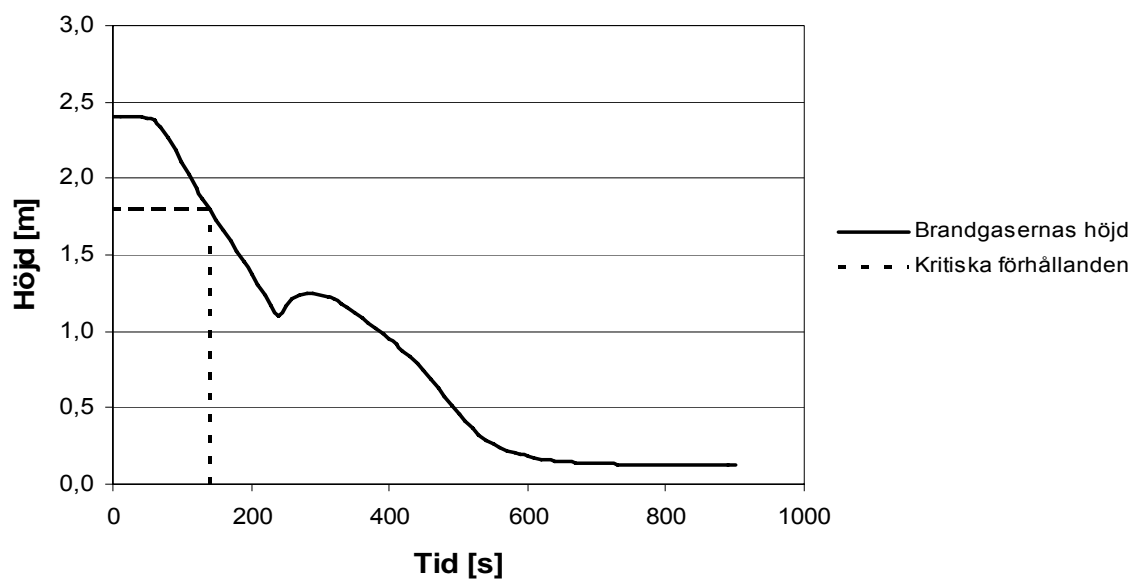
Figur B4.5: Diagrammet visar temperaturen i uppehållsrummet som funktion av tiden. De streckade linjerna visar tid för kritiska förhållanden.

Scenario 2: Brandgasernas temperatur i korridor



Figur B4.6: Diagrammet visar temperaturen i korridoren som funktion av tiden. Kritiska förhållanden uppstår ej. Temperaturen redovisas med resultat från CFAST då MQH-metoden inte är tillämpbar utanför brandrummet.

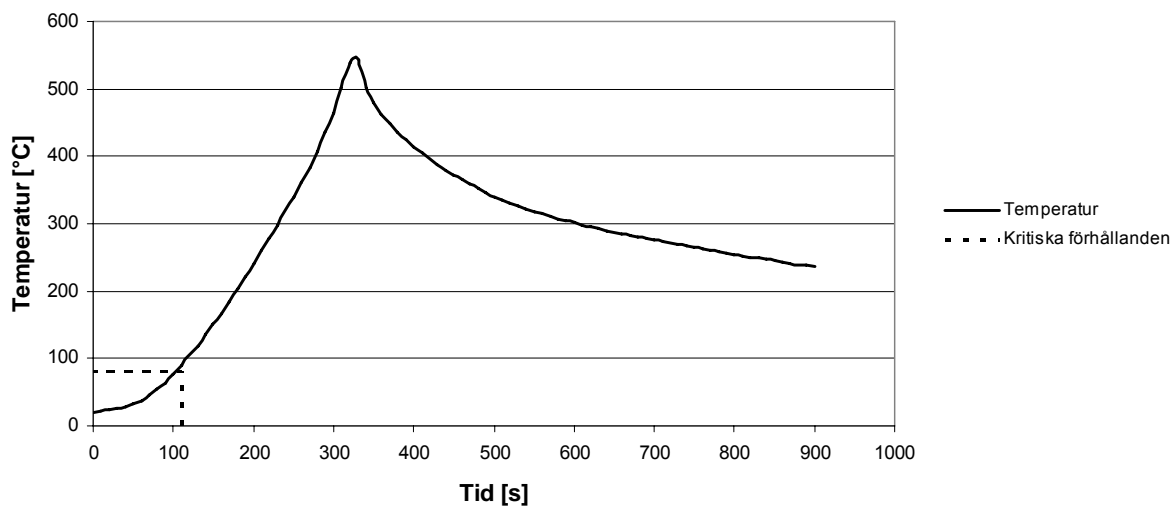
Scenario 2: Brandgasernas höjd i korridor



Figur B4.7: Diagrammet visar brandgaslagrets höjd i korridoren som funktion av tiden. Den streckade linjen visar tid för kritiska förhållanden.

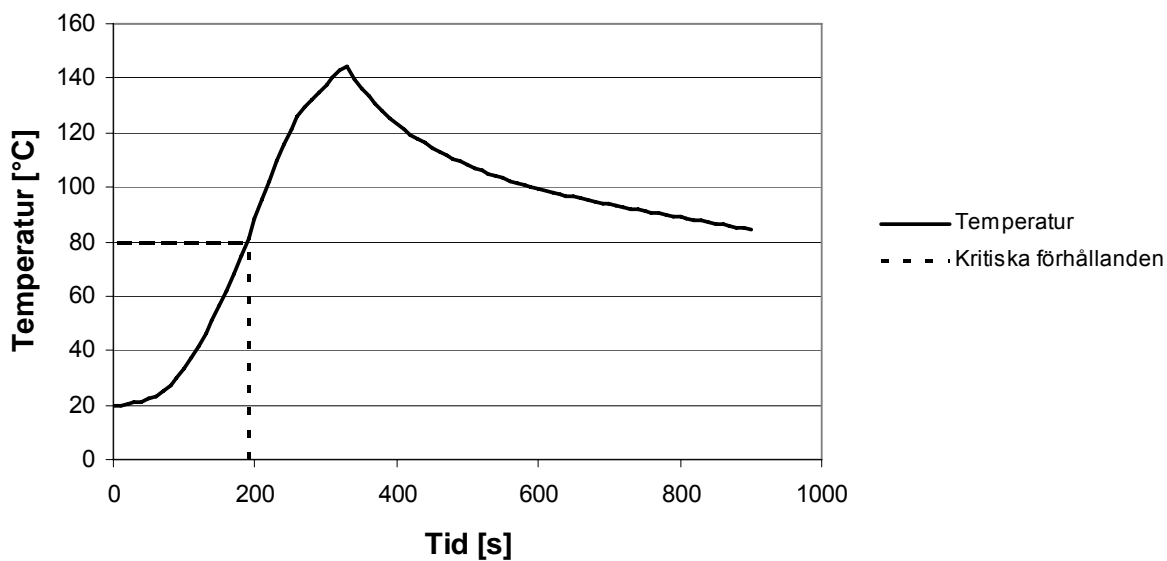
Scenario 3

Scenario 3: Brandgasernas temperatur i tvättstugan



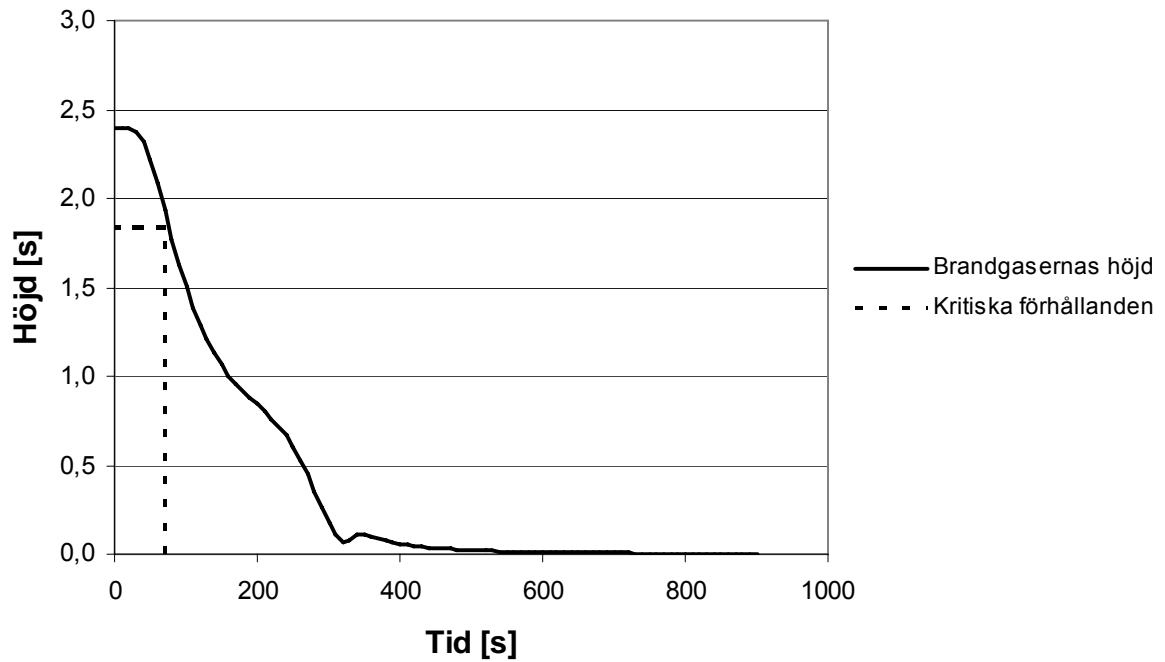
Figur B4.8: Diagrammet visar temperaturen i tvättstugan som funktion av tiden. Den streckade linjen visar tid för kritiska förhållanden.

Scenario 3: Brandgasernas temperatur i korridor



Figur B4.9: Diagrammet visar temperaturen i korridoren som funktion av tiden. Den streckade linjen visar tid för kritiska förhållanden.

Scenario 3: Brandgasernas höjd i korridor



Figur B4.10: Diagrammet visar brandgaslagrets höjd i korridoren som funktion av tiden. Den streckade linjen visar tid för kritiska förhållanden.

Bilaga 5: Escape and Rescue Model

Escape and Rescue Model, ERM [Alvord, 1985], är ett program som används för att simulera utrymning av vårdanläggningar. Tiden till utrymning beror på gånghastighet, reaktionstid, prioritering av boende och de boendes hjälpbehov. I programmet kan de boendes gånghastighet varieras och det går även att bestämma om de boende klarar sig ut själva eller om de behöver hjälp. Det går att välja mellan flera olika typer av hjälp, från att en vårdare endast behöver uppmärksamma en boende på larmet till en boende som är i behov av hjälp från två vårdare för att kunna utrymma. Reaktionstider kan varieras för varje boende och vårdare beroende på hur lång tid det tar för vårdarna att komma till rummen som ska utrymmas och hur mycket tid de boende behöver för att påbörja en utrymning. ERM tar inte hänsyn till utrymningsvägarnas bredd eller om flaskhalsar uppstår.

Genom att lägga in punkter i ett koordinatsystem, så kallade noder, som representerar rum, dörrar och säkra platser, kan man välja hur personerna ska gå. Personerna placeras sedan ut på noderna som då representerar deras startposition. Noderna binds ihop så att gångvägar bildas. Skulle det uppstå flera vägar för personerna att gå, väljs den kortaste. Vårdarna går i första hand till boende med hög prioritet för att sedan gå till de övriga. Boende som kan utrymma själva börjar gå ut när deras förberedelsestid passerat. Efter simulering visas tiderna för de olika händelserna samt en sluttid då alla vårdare och de boende är i säkerhet.

Indata

Scenario 1: Brand i lägenhet - Utrymning av hus A, plan 2

Dag (4 personal + typ 20)

GENERAL INFORMATION FOR THE RUN.

1 0 0 0

4 4 9 0 0 0

STAFF INFORMATION FOR THE RUN.

1 3 0

2 3 0

3 3 60

4 3 60

RESIDENT INFORMATION FOR THE RUN.

1 1 20 1 30 0

2 2 20 1 30 0

3 9 20 1 30 0

4 8 20 1 30 0

NODE INFORMATION FOR THE RUN.

1 LGH 33 36 0 1 5

2 LGH 56 36 0 1 7

3 SAFE 0 22 0 1 4

4 KORR 6 22 0 3 3 5 8

5 KORR 28 22 0 3 1 4 6

6 KORR 43 22 0 3 5 7 9

7 KORR 54 22 0 2 2 6

8 LGH 10 7 0 1 4

9 LGH 43 10 0 1 6

Dag (4 personal + typ 3A)

Samma som ovan

RESIDENT INFORMATION FOR THE RUN.

1 1 3A 1 30 0

2 2 3A 1 30 0

3 9 3A 1 30 0

4 8 3A 1 30 0

Samma som ovan

Natt (2 personal + typ 20)

GENERAL INFORMATION FOR THE RUN.

1 0 0 0

2 4 9 0 0 0

STAFF INFORMATION FOR THE RUN.

1 3 0

2 3 60

RESIDENT INFORMATION FOR THE RUN.

1 1 20 1 45 0

2 2 20 1 45 0

3 8 20 1 45 0

4 9 20 1 45 0

Samma som ovan

Natt (4 personal + typ 20)

GENERAL INFORMATION FOR THE RUN.

1 0 0 0

4 4 9 0 0 0

STAFF INFORMATION FOR THE RUN.

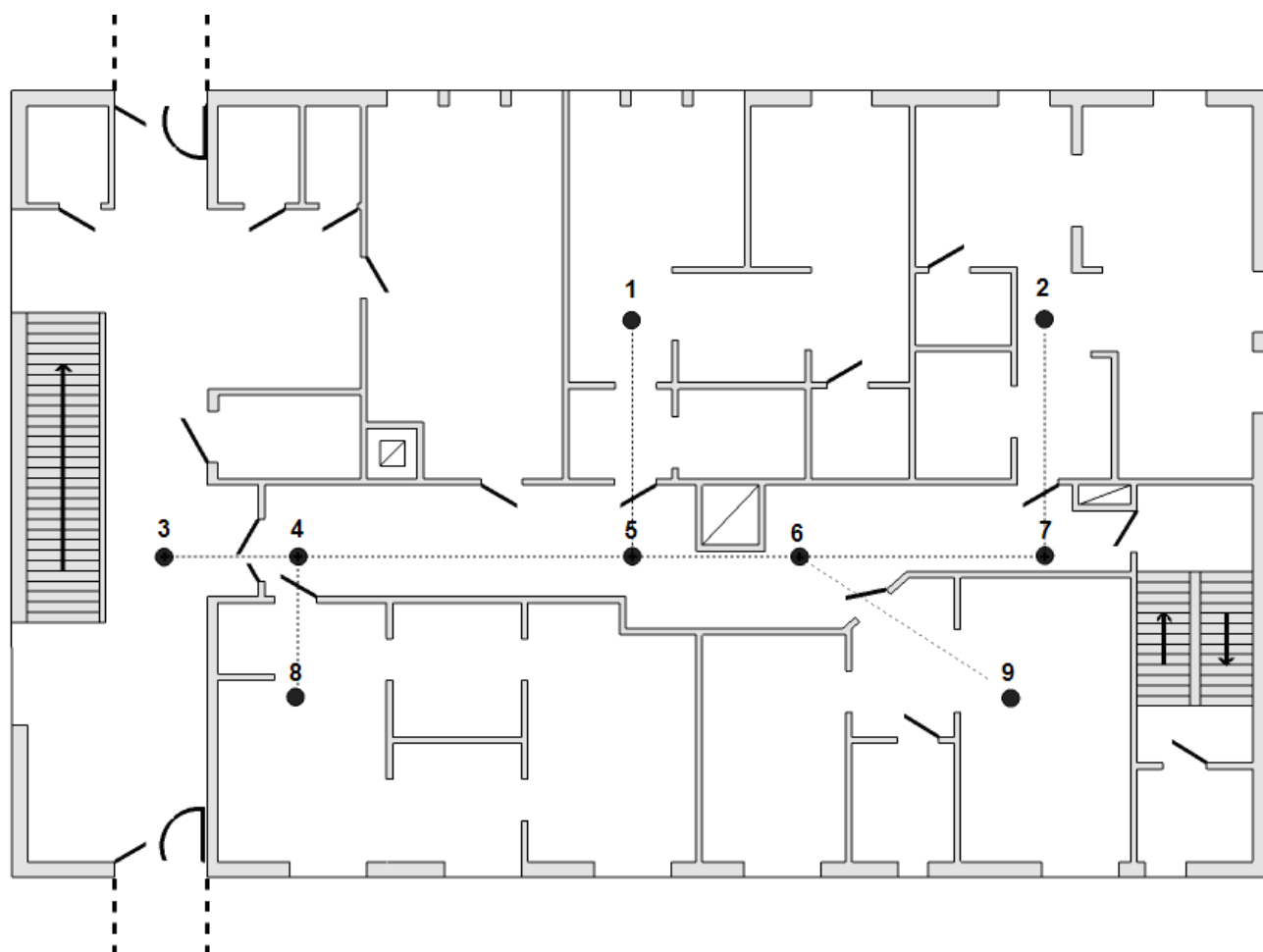
1 3 0

2 3 60

3 3 60

4 3 60

Samma som ovan



Figur B5.1: Bilden visar hur noderna i ERM är placerade i hus A.

Scenario 2: Brand i uppehållsrum - Utrymning av hus B/C, bottenplan

Dag (6 personal + typ 20 och 6B)

GENERAL INFORMATION FOR THE RUN.

1 0 0 0

6 9 17 0 0 0

STAFF INFORMATION FOR THE RUN.

1 17 0

2 17 0

3 17 60

4 17 60

5 17 60

6 17 60

RESIDENT INFORMATION FOR THE RUN.

1 1 6B 1 30 0

2 2 20 1 30 0

3 3 6B 1 30 0

4 4 20 1 30 0

5 5 20 1 30 0

6 6 20 1 30 0

7 7 6B 1 30 0

8 8 20 1 30 0

9 9 20 1 30 0

NODE INFORMATION FOR THE RUN.

1 LGH 13 41 0 1 11

2 LGH 39 41 0 1 12

3 LGH 62 41 0 1 13

4 LGH 13 15 0 1 11

5 LGH 39 15 0 1 12

6 LGH 66 15 0 1 13

7 LGH 89 9 0 1 14

8 LGH 115 9 0 1 15

9 LGH 144 9 0 1 16

10 SAFE 0 28 0 1 11

11 KORR 20 28 0 4 1 4 10 12

12 KORR 44 28 0 4 2 5 11 13

13 KORR 62 28 0 4 3 6 12 14

14 KORR 95 22 0 3 7 13 15

15 KORR 112 22 0 3 8 14 16

16 KORR 140 22 0 3 9 15 17

17 SAFE 152 51 0 1 16

Natt (2 personal + typ 20)

GENERAL INFORMATION FOR THE RUN.

1 0 0 0

2 9 17 0 0 0

STAFF INFORMATION FOR THE RUN.

1 17 0

2 17 0

RESIDENT INFORMATION FOR THE RUN.

1 1 20 1 45 0

2 2 20 1 45 0

3 3 20 1 45 0

4 4 20 1 45 0

5 5 20 1 45 0

6 6 20 1 45 0

7 7 20 1 45 0

8 8 20 1 45 0

9 9 20 1 45 0

Samma som ovan

Natt (4 personal + typ 20)

GENERAL INFORMATION FOR THE RUN.

1 0 0 0

4 9 17 0 0 0

STAFF INFORMATION FOR THE RUN.

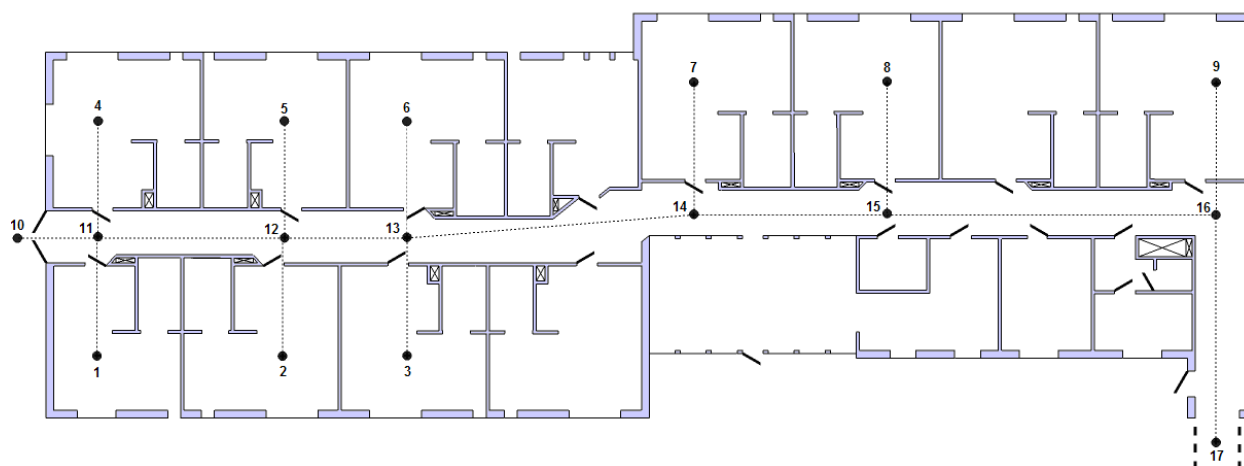
1 17 0

2 17 0

3 17 60

4 17 60

Samma som ovan



Figur B5.2: Noderna på B/C bottenplan.

Scenario 2: Brand i uppehållsrum - Utrymning av hus B, plan 2

Dag (4 personal + typ 20 och 3A)

GENERAL INFORMATION FOR THE RUN.

1 0 0 0

4 12 21 0 0 0

STAFF INFORMATION FOR THE RUN.

1 21 0

2 21 0

3 21 0

4 21 0

RESIDENT INFORMATION FOR THE RUN.

1 1 3A 1 30 0

2 2 20 1 30 0

3 3 20 1 30 0

4 4 20 1 30 0

5 5 3A 1 30 0

6 6 3A 1 30 0

7 7 20 1 30 0

8 8 20 1 30 0

9 9 20 1 30 0

10 10 3A 1 30 0

11 11 20 1 30 0

12 12 20 1 30 0

NODE INFORMATION FOR THE RUN.

1 LGH 10 42 0 1 13

2 LGH 26 42 0 1 14

3 LGH 46 42 0 1 15

4 LGH 66 42 0 1 16

5 LGH 10 16 0 1 13

6 LGH 30 16 0 1 14

7 LGH 50 16 0 1 15

8 LGH 66 16 0 1 16

9 LGH 85 9 0 1 17

10 LGH 108 9 0 1 18

11 LGH 125 9 0 1 19

12 LGH 144 9 0 1 20

13 KORR 8 29 0 3 1 5 14

14 KORR 31 29 0 4 2 6 13 15

15 KORR 47 29 0 4 3 7 14 16

16 KORR 70 29 0 4 4 8 15 17

17 KORR 83 22 0 3 9 16 18

18 KORR 110 22 0 3 10 17 19

19 KORR 125 22 0 3 11 18 20

20 KORR 146 22 0 3 12 19 21

21 SAFE 151 51 0 1 20

Dag (6 personal + typ 20 och 3A)

GENERAL INFORMATION FOR THE RUN.

1 0 0 0

6 12 21 0 0 0

STAFF INFORMATION FOR THE RUN.

1 21 0

2 21 0

3 21 0

4 21 0

5 21 0

6 21 0

Samma som ovan

Natt (2 personal + typ 20)

GENERAL INFORMATION FOR THE RUN.

1 0 0 0

2 12 21 0 0 0

STAFF INFORMATION FOR THE RUN.

1 21 0

2 21 0

RESIDENT INFORMATION FOR THE RUN.

1 1 20 1 45 0

2 2 20 1 45 0

3 3 20 1 45 0

4 4 20 1 45 0

5 5 20 1 45 0

6 6 20 1 45 0

7 7 20 1 45 0

8 8 20 1 45 0

9 9 20 1 45 0

10 10 20 1 45 0

11 11 20 1 45 0

12 12 20 1 45 0

Samma som ovan

Natt (4 personal + typ 20)

GENERAL INFORMATION FOR THE RUN.

1 0 0 0

4 12 21 0 0 0

STAFF INFORMATION FOR THE RUN.

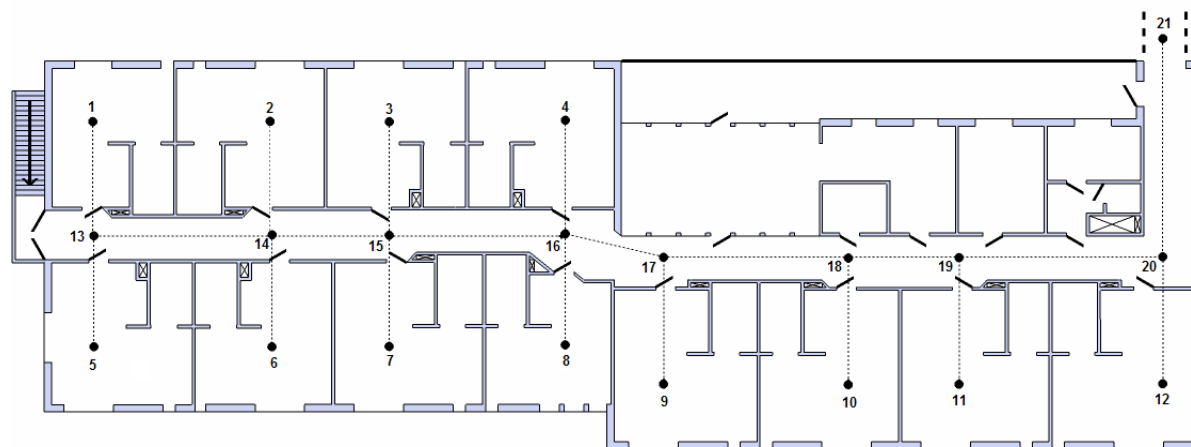
1 21 0

2 21 0

3 21 60

4 21 60

Samma som ovan



Figur B5.3: Ritning över nodernas placering i Hus B, plan 2.

Scenario 2: Brand i uppehållsrum - Utrymning av hus C, plan 2

Dag (4 personal + typ 20)

GENERAL INFORMATION FOR THE RUN.

1 0 0 0

4 10 19 0 0 0

STAFF INFORMATION FOR THE RUN.

1 18 0

2 18 0

3 18 0

4 18 0

RESIDENT INFORMATION FOR THE RUN.

1 1 20 1 30 0

2 2 20 1 30 0

3 3 20 1 30 0

4 4 20 1 30 0

5 5 20 1 30 0

6 6 20 1 30 0

7 7 20 1 30 0

8 8 20 1 30 0

9 9 20 1 30 0

10 10 20 1 30 0

NODE INFORMATION FOR THE RUN.

1 LGH 10 42 0 1 11

2 LGH 26 42 0 1 12

3 LGH 46 42 0 1 13

4 LGH 10 16 0 1 11

5 LGH 30 16 0 1 12

6 LGH 50 16 0 1 13

7 LGH 66 16 0 1 14

8 LGH 85 9 0 1 15

9 LGH 108 9 0 1 16

10 LGH 125 9 0 1 17

11 KORR 8 29 0 3 1 4 12

12 KORR 31 29 0 4 2 5 11 13

13 KORR 47 29 0 4 3 6 12 14

14 KORR 70 29 0 3 7 13 15

15 KORR 83 22 0 3 8 14 16

16 KORR 110 22 0 3 9 15 17

17 KORR 125 22 0 3 10 16 18

18 KORR 146 22 0 2 17 19

19 SAFE 151 51 0 1 18

Dag (6 personal + typ 20)

GENERAL INFORMATION FOR THE RUN.

1 0 0 0

6 10 19 0 0 0

STAFF INFORMATION FOR THE RUN.

1 18 0

2 18 0

3 18 0

4 18 0

5 18 0

6 18 0

Samma som ovan

Natt (2 personal + typ 40)

GENERAL INFORMATION FOR THE RUN.

1 0 0 0

2 10 19 0 0 0

STAFF INFORMATION FOR THE RUN.

1 18 0

2 18 0

RESIDENT INFORMATION FOR THE RUN.

1 1 40 1 45 0

2 2 40 1 45 0

3 3 40 1 45 0

4 4 40 1 45 0

5 5 40 1 45 0

6 6 40 1 45 0

7 7 40 1 45 0

8 8 40 1 45 0

9 9 40 1 45 0

10 10 40 1 45 0

Samma som ovan

Natt (4 personal + typ 40)

GENERAL INFORMATION FOR THE RUN.

1 0 0 0

4 10 19 0 0 0

STAFF INFORMATION FOR THE RUN.

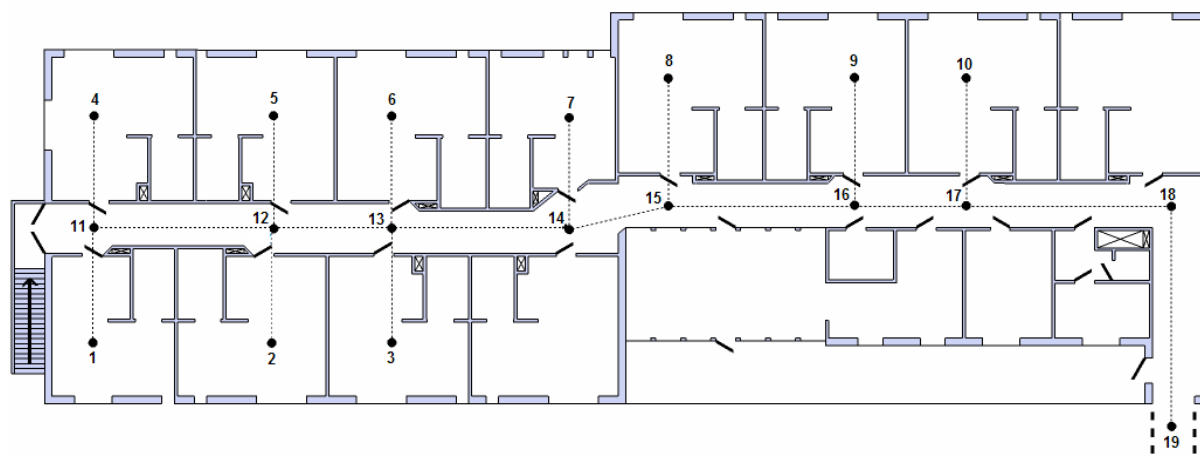
1 18 0

2 18 0

3 18 60

4 18 60

Samma som ovan



Figur B5.4: Bilden visar noderna i Hus C, plan 2.

Bilaga 6: Detact T2

Allmänt

Detact T2 är ett program utvecklat av Evans och Stroup [1985] som används för att beräkna aktiveringstiden för sprinkler eller detektorer. Modellen bygger på ekvationer utvecklade av Alpert [1972] för beräkning av temperatur och gashastighet i takstrålen. Branden antas följa en αt^2 -kurva, där man i programmet anger α -värdet som tillväxthastigheten.

Rökdetektorer kan detektera bränder med stor och liten värmeutveckling. Med större värmeutveckling blir detektionsförutsättningarna bättre. Temperaturhöjningen i brandgaserna används för att beräkna tiden till aktivering. Då rökpotentialen för olika material försummas blir osäkerheten stor. Ett passande värde är 13°C på temperaturstigningen och 0,5 som RTI-värde för beräkningen av aktiveringsgräns. Dock har Davis med flera [1998] visat att det för temperaturen kan användas ett sådant lågt värde som 5°C. Modellen förutsätter att transporttiden från brandkällan till detektorn försummas och att takhöjden är konstant. För beräkning krävs att takhöjden, det horisontella avståndet från brandplymen till känselementet, omgivningstemperaturen, aktiveringstemperaturen och RTI-värdet för detektorn är kända.

Indata

Här redovisas de data som Brandskyddshandboken [2005] rekommenderar och som har använts för beräkning av rökdetektorer i Detact T2.

Indata för Detact

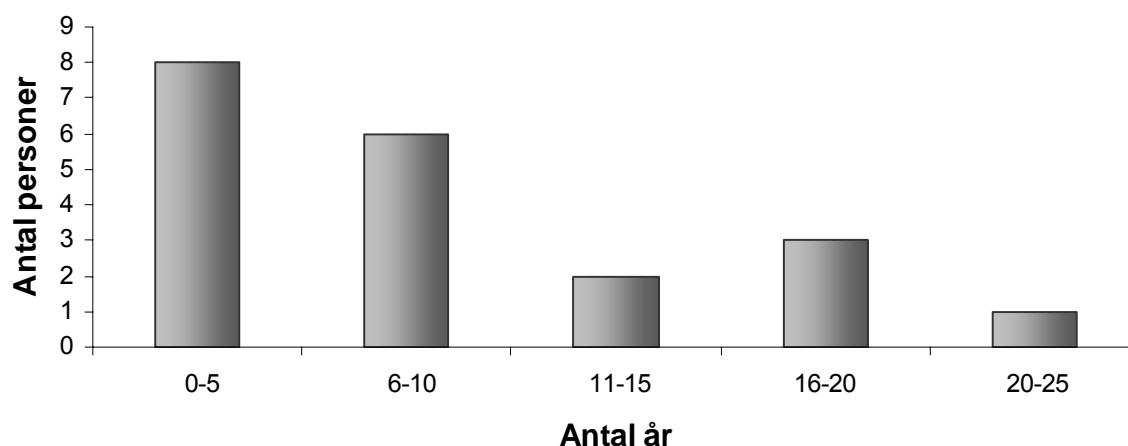
Omgivningstemperatur [°C]	20°C
RTI-värde [(ms) ^{1/2}]	0,5
Aktiveringstemperatur [°C]	33°C
Takhöjd [m]	2,4
Avstånd mellan detektorer [m]	10
Alfa-värde på effektkurva [kW/s ²]	M=0,012

Tabell B6.1: Tabellen visar den data som används vid beräkning av aktiveringstid för rökdetektorer.

Bilaga 7: Sammanställning av enkäten

För att få en uppfattning om hur Holmagårdens personal skulle klara av en utrymningsituation har en enkät delats ut. Enkäten syftade även till att ge en uppfattning om vilka scenarier som personalen anser troliga, för att se om deras svar överrensstämmer med de i rapporten valda scenarier. 21 av de cirka 45 anställda besvarade enkäten. Nedan sker en sammanställning av resultaten.

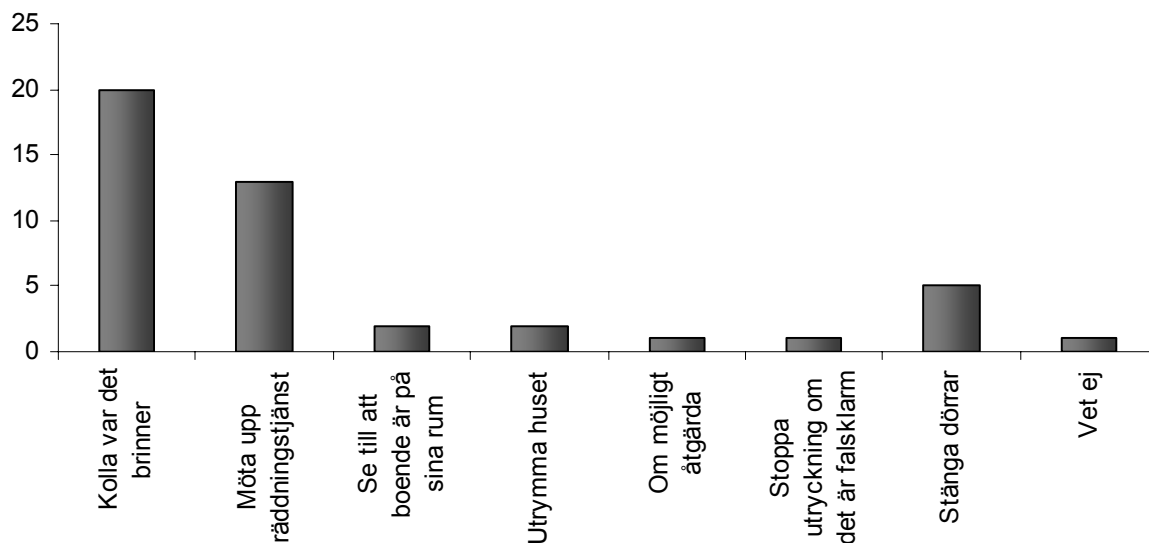
Hur länge har du jobbat här?



Vilka är dina arbetsuppgifter?

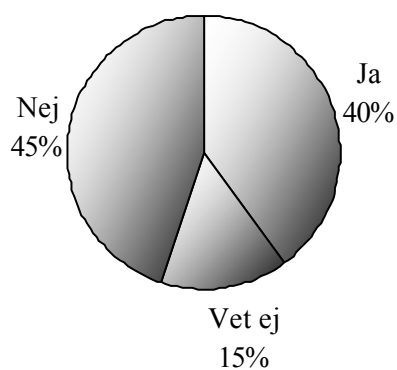
Samtliga som svarat på enkäten hade omvårdnadsarbete som huvudsyssla. Ett fåtal höll även på med städning och liknande uppgifter.

Vet du vad du ska göra om utrymningslarmet börjar ringa? I så fall, vad?

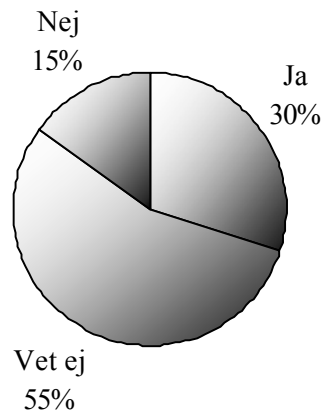


Diagrammet beskriver hur många i personalen som svarat att de tänker utföra respektive åtgärd om utrymningslarmet börjar ringa. Alla åtgärder som tagits upp i enkätsvaren finns representerade.

Fick du tillräckligt med brandskyddsutbildning när du började jobba på Holmagården?



Har du tillräckligt med kunskaper för att klara av en brandsituation?



Vilka är de största brandriskerna på Holmagården?

- Vårdtagare som röker
- Personal som inte släcker cigaretter ordentligt på uteplatsen
- Levande ljus
- Spisar och kaffekokare som glöms på

Är det något du vill tillägga?

Inget tillägg