



LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Brandteknisk riskvärdering av Danvikshem Nacka



---

**Av:**  
Nina Eriksson  
Ola Håkansson  
Nils Johansson  
Per Vikberg

**Handledare:**  
Henrik Nilsson  
Anders Palm

Lunds tekniska högskola  
Hösten 2003

---

Brandingenjörsprogrammet  
Lunds tekniska högskola  
Box 118  
221 00 Lund  
Telefon: 046-222 73 00  
brand@brand.lth.se

Dept of Fire Safety Engineering  
Lund University  
Box 118  
S-221 00 Lund, Sweden  
Telephone +46-46-222 73 00  
brand@brand.lth.se

## **Rapport/Report 9211**

### **Titel**

Brandteknisk riskvärdering av Danvikshem, Nacka

### **Title**

Fire safety evaluation of Danvikshem, Nacka

### **Av/By**

Nina Eriksson  
Ola Håkansson  
Nils Johansson  
Per Vikberg

Brandingenjörsprogrammet, Lunds tekniska högskola, November 2003  
Dept of Fire Safety Engineering, Lund University, November 2003

### **Abstract**

This report presents a fire safety evaluation of a nursing home, Danvikshemmet in Nacka, Sweden. Danvikshemmet was visited in the beginning of the work to get a better understanding of the building and present fire safety. The fire safety at Danvikshemmet has been evaluated with four different fire scenarios on different floors. Fire growth, smoke filling, temperature increase and evacuation have been simulated and calculated with the help of computer modeling. Programs such as FAST and ERM have been used. Other methods of calculating the smoke filling and fire growth have been used to validate the computer programs. The simulations shows that intolerable conditions will occur before all the people on a floor have been evacuated to a safer location. The report includes suggestions of measures that can be taken to improve the fire safety. [Swedish]

### **Keywords**

Fire safety evaluation, smoke filling, evacuation, fire safety, life-safety, time to intolerable conditions, nursing home, FAST, ERM.

### **Nyckelord**

Brandsäkerhetsutredning, rökfyllnad, utrymning, brandsäkerhet, personsäkerhet, tid till kritiska förhållanden, vårdboende, FAST, ERM.

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

## Sammanfattning

Danvikshem ligger i Nacka kommun söder om Stockholms centrum. Med utsikt över Saltsjön mitt emot prins Eugens Waldemarsudde ligger det som ett slott på en klippa precis vid inseglingsrännan till Stockholm. Danvikshem är ett enskilt vårdhem, bestående av tyngre omvårdnad och 30 kortidsplatser. Samt ålderdomshem med cirka 150 boende pensionärer. Danvikshem drivs av Stiftelsen Danviks hospital och har som ändamål att bedriva vård, sjukvård och omsorg. Verksamheten startades 1551 och har bedrivits på denna plats sedan 1915. Danvikshem beskrivs som ett samhälle i miniatyr, här finns t.ex. egen post, bank, läkare, bibliotek, närbutik och kyrka. Den del som denna rapport berör är den äldsta delen av Danvikshem, kallad A-byggnaden.

Med ingenjörsmässiga metoder har fyra dimensionerande scenarier tagits fram och granskats närmare. Denna rapport avser i första hand utrymningssäkerheten i händelse av brand.

Scenariet med brand i salongen avser att prova möjligheterna att utrymma om två av tre trapphus är obrukbara. Korridorsbranden avser endast undersöka hur en liten stoppad fätölj kan försvåra utrymningen. Vidare kommer två olika typer av rumsbrand att behandlas dels en kaffekokare på en spisplatta, dels en sängbrand. Sängscenariot visas både med en vanlig och en flamskyddad madrass för att visa tidsskillnaderna mellan dessa.

Slutsatserna är att en säker utrymning inte kan ske från Danvikshem idag. Danvikshem har ett väl fungerande heltäckande brandlarmsystem vilket är en bit på väg mot ett säkert boende för vårdtagarna. Dock visas att detta inte är ett tillräckligt skydd.

Utrymningstiderna från lägenheterna är för långa även om trapphusen valts som säkert plats. Dock kan trapphusen inte anses vara säkert plats då dörrarna till dem inte är rimligt täta. Utrymningstiden i trapphusen kommer att bli lång då vertikal förflyttning i trappa knappast hör till vanligheterna för de boende på Danvikshem.

Vidare finns det stora frågetecken kring ventilationen som borde kontrolleras och dokumenteras.

Det är inte realistiskt att göra om rummen till egna brandceller med EI60 skydd. Och det är svårt att behålla den gamla charmen som inte ska förringas i en så här gammal byggnad.

Boendesprinkler köper tid. Det är inte säkert att sprinklern släcker branden men den hindrar branden från att tillväxa så att den hotar säkerheten. Boendesprinklern är förhållandevis billig, minimal rördragning krävs.

Dörrarna i korridoren kan tätas med expanderande lister för att få en rimligt tät dörr med den fördelen att det gamla behålls. Det ger självklart en lägre kostnad och det är tveksamt om en brandskyddsklassad dörr har någon avgörande betydelse.

Givetvis är det alltid positivt med ett systematiskt brandskyddsarbete, detta kommer förmodligen att krävas av den nya lagen som kommer att antas vid årsskiftet, Lagen om skydd mot olyckor. Släckövningar med handbrandsläckare, filter och annat brandskydd kan läggas upp som ”Team building” för personalen.

Till sist måste det påpekas att de boendes bekvämlighet i vardagen bör beaktas, brandskyddet skall inte inkräkta på deras livskvalite, det ska samverka till en säker boendemiljö.



## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b> .....	<b>7</b>
1.1	Bakgrund .....	7
1.2	Syfte.....	7
1.3	Avgränsning .....	7
<b>2</b>	<b>Metod</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Regelverk</b> .....	<b>11</b>
3.1	Räddningstjänstlagen § 41.....	11
3.2	Boverkets byggregler.....	11
3.3	Slutsatser regelverk .....	11
<b>4</b>	<b>Objektsbeskrivning</b> .....	<b>13</b>
4.1	Byggnaden.....	13
4.2	Verksamhet.....	14
4.3	Personal och boende.....	14
4.4	Brandteknisk utformning.....	14
4.5	Aktiva system .....	14
4.6	Ventilationssystem .....	14
4.7	Tillbud .....	15
4.8	Frågor till personal .....	15
<b>5</b>	<b>Förklaringar av brandtekniska begrepp</b> .....	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Utrymning</b> .....	<b>19</b>
6.1	Allmänt .....	19
6.2	Varseblivningstid.....	19
6.3	Besluts- och reaktionstid .....	19
6.4	Förflyttningstid.....	19
6.5	Faktorer som påverkar utrymningen.....	20
<b>7</b>	<b>Dimensionerande brandscenarier</b> .....	<b>23</b>
7.1	Scenario 1: Brand i rum 52 Plan 6.....	25
7.2	Scenario 2: Brand i rum 40 Plan 5.....	29
7.3	Scenario 3: Brand i korridor plan 4 .....	36
7.4	Scenario 4: Brand i salongen Plan 2.....	40
<b>8</b>	<b>Utrymningsberäkningar</b> .....	<b>45</b>
8.1	Varseblivningstid.....	45
8.2	Reaktions- och beslutstid.....	45
8.3	Förflyttningstid.....	46
8.4	Evakueringstid.....	46
8.5	Total evakueringstid scenario 2.....	47
8.6	Total evakueringstid scenario 3.....	50
<b>9</b>	<b>Åtgärder</b> .....	<b>55</b>
9.1	Åtgärder som ska göras .....	55
9.2	Åtgärder som bör göras: .....	56
9.3	Resultat åtgärder.....	57
<b>10</b>	<b>Diskussion/Slutsats</b> .....	<b>59</b>
10.1	Brandscenarier.....	59
10.2	Regelverk.....	59
10.3	Åtgärder.....	60
<b>11</b>	<b>Referenser</b> .....	<b>61</b>

<b>Bilaga 1 FAST</b> .....	<b>63</b>
<b>Bilaga 2 Känslighetsanalys effektutveckling</b> .....	<b>68</b>
<b>Bilaga 3 Känslighetsanalys på olika fönsteröppningar i scenario 2a</b> .....	<b>72</b>
<b>Bilaga 4 Utrymningsberäkningar</b> .....	<b>73</b>
<b>Bilaga 5 Effekter av åtgärder</b> .....	<b>78</b>
<b>Bilaga 6 Handberäkningar av brandgastemperaturer</b> .....	<b>82</b>
<b>Bilaga 7 Handberäkningar av brandgaslagrets höjd</b> .....	<b>87</b>
<b>Bilaga 8 Insatsplan Danvikshem</b> .....	<b>90</b>
<b>Bilaga 9 Indata till ERM</b> .....	<b>95</b>

## 1 Inledning

För att öka studenternas förståelse och engagemang används faktiska byggnadsobjekt för brandteknisk riskvärdering.

### 1.1 Bakgrund

Följande rapport är framtagen i undervisningssyfte i kursen Brandteknisk riskvärdering. Kursen ges av Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Kursen är obligatorisk för tredjeårstudenter vid brandingenjörsprogrammet. En grupp om fyra till fem studenter tilldelas ett byggnadsobjekt. Arbetet går ut på att genomföra en värdering av säkerhetsnivån gällande brand och utrymning och komma med förslag på förbättringar om brister förekommer. Till gruppen knyts två kontaktpersoner, en från Brandteknik och en brandingenjör från kommunala räddningstjänsten på respektive ort.

### 1.2 Syfte

Syftet med kursen är att studenterna ska kunna tillämpa:

- Föreskrifter för utrymning i Boverkets byggregler<sup>1</sup>
- Metoder för beräkning av brand och brandgasspridning
- Modeller för utrymningsberäkning
- Beräkningsmetoder för brandgasspridning via ventilationssystem

Vidare skall studenterna känna till människors beteende och reaktioner vid utrymning. Kunna bedöma verkan av värme, rök och giftiga gaser på människor. Kursen tillhandahåller datorprogram för simulering av brandförlopp och utrymning som studenterna skall vara bekant med efter kursens slut. Utifrån brandscenarioen kunna bedöma vilka konsekvenser som kan förväntas. Momenten knyts ihop av ett tilldelat byggnadsobjekt där säkerhetsnivån på brand och utrymning studeras.

### 1.3 Avgränsning

Danvikshem består av flera byggnader sammanlänkade med trapphus. Östra delen på huvudbyggnaden har två flyglar och västra delen har två där en är L-formad. Mitt på A-byggnaden norrut är kyrkan sammanlänkad med A-byggnaden med ett trapphus. I arbetet har endast huvudbyggnaden A-byggnaden behandlats (figur 1.3.1). På grund av byggnadens storlek och omfattning valdes att fokusera på A-byggnaden. A-byggnaden anses vara representativ för hela byggnadsobjektet. Byggnadens hållfasthet mot brand har ej behandlats i arbetet utan den anses vara stabil under hela brandförloppet.

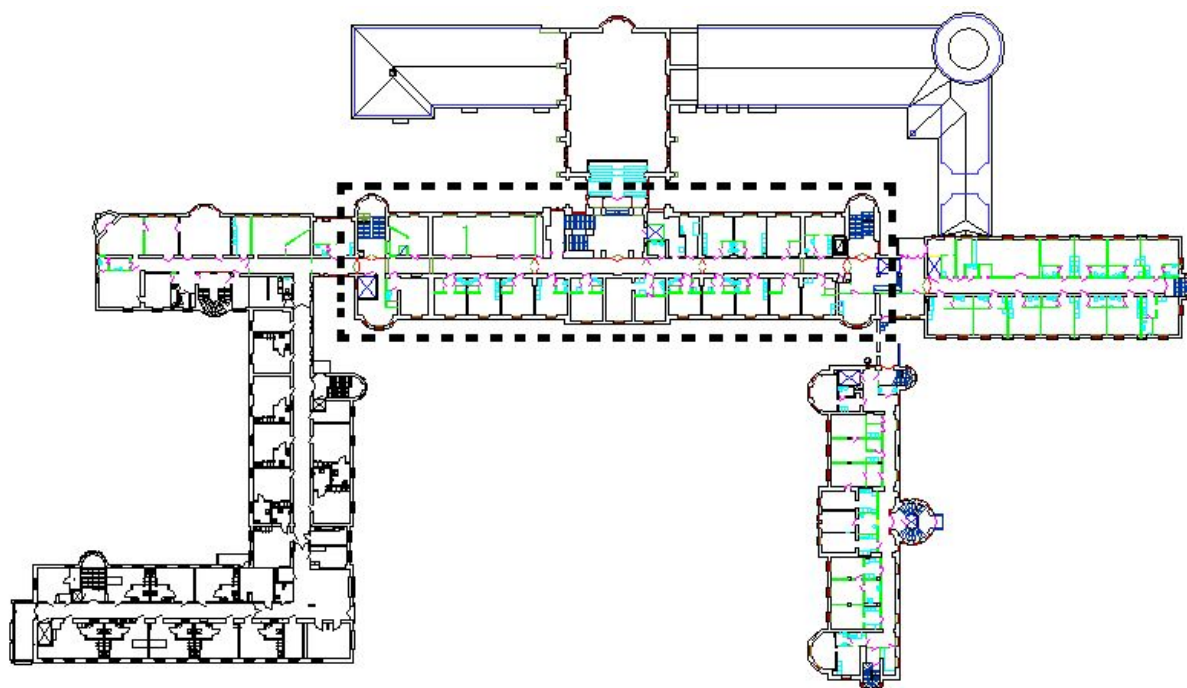
Beräkning av brandgasspridning via ventilationen har inte gjorts då inga ventilationsritningar eller riktiga data finns att tillgå för byggnadsobjektet. Ventilationssystemet kommer att diskuteras på en kvalitativ nivå för att visa vad man kan förvänta sig för effekter vid en brand.

Bedömning av tillförlitligheten av det automatiska brand- och utrymningslarmet är ej gjord.

Räddningstjänstens medverkan vid utrymning bortses ifrån då de kan vara upptagna med annan insats.

---

<sup>1</sup> Boverket. (BBR) "Boverkets byggregler" BFS 1993:57.



*Figur 1.3.1 Arbetet är avgränsat till A-byggnaden, innanför den sträckade linjen.*



## 2 Metod

Arbetet inleddes med ett besök på Danvikshem där företrädare för den kommunala räddningstjänsten medverkade. Tyvärr var ingen representant för Stiftelsen Danvikshem på plats under besöket. Vid besöket föredrogs byggandskonstruktionen av den brandingenjör som haft objektet sedan 1992. En rundvandring gjordes för att studera förhållandena i byggnaden. Diskussion med objektets tekniska chef Henri Oinonen har skett via telefon och mail.

Intrycken från besöket jämfördes med den lagstiftning vad det gäller brand och brandskydd som finns i Sverige.

Med ingenjörsmässiga metoder togs fyra dimensionerande scenarier fram och granskades närmare. Effektkurvor för scenarierna hämtades från tidigare dokumenterade försök och med hjälp av datorprogrammet FAST kunde de simuleras. För att verifiera resultatet av indata till FAST gjordes handberäkningar. Då överensstämmelsen mellan FAST och handberäkningarna var god drogs slutsatsen att rätt indata använts i datorprogrammet (bilaga 6 och 7).

Utrymningstiderna för två scenarier beräknades med datorprogrammet ERM som är speciellt framtaget för vårdanläggningar. Tiden till kritiska förhållanden som kunde erhållas ur FAST jämfördes sedan med utrymningstiden. För att säkerheten skall vara godtagbar skall utrymningen vara kortare än tiden till kritiska förhållanden. I de fall då  $t_{ekv} < t_{krit}$  inte uppfylldes bedömdes säkerheten inte vara tillfredställande.

Gruppen satte sig sedan ner och diskuterade fram olika typer av åtgärder som sedan rangordnades efter gruppens egna bedömningar. Några av åtgärderna simulerades i FAST för att bedöma inverkan av åtgärderna (bilaga 5).

Känslighetsanalyser på effektutveckling, tillväxthastighet och fönsteröppningars storlek gjordes också, för att få en uppfattning om dess respektive inverkan på resultatet (bilaga 2 och 3). Variation av material i omslutningsytorna gav minimal skillnad på resultatet. Dessa skillnader är så små och kan anses ligga inom felmarginalen och bortses därför ifrån i rapporten. Brandens placering i rummen har ansetts vara fast då rummens storlek och geometri knappast medger någon alternativ möblering.



### 3 Regelverk

Samhället har krav på nybyggnadation och ombyggnadation, dessa krav regleras av Boverkets byggregler<sup>2</sup>. Byggnader som faller utanför dessa regler omfattas av Räddningstjänstlagen.

#### 3.1 Räddningstjänstlagen § 41

"Ägare eller innehavare av byggnader eller andra anläggningar skall i skälig omfattning hålla utrustning för släckning av brand och för livräddning vid brand eller annan olyckshändelse och i övrigt vidtaga de åtgärder som behövs för att förebygga brand och för att hindra eller begränsa skador till följd av brand".

Paragrafen kan tolkas som att BBR bör följas eftersom det där behandlas hur brand ska förebyggas, hindras och spridas. Detta ger att man antingen kan uppfylla kraven i BBR eller genom analytisk dimensionering visa att byggnaden är säker.

#### 3.2 Boverkets byggregler

"Nödbelysning skall möjliggöra utrymning på ett säkert och effektivt sätt även vid strömavbrott. Nödbelysning skall finnas i utrymningsvägarna i byggnader som innehåller hotell, vårdanläggning (utom förskola och liknande) eller samlingslokal."  
BBR 5:353

"I vårdanläggningar (utom förskola e.d.) skall korridorer inom samma vårdavdelning avskiljas lägst klass E 30 från angränsande vårdrum, dagrum, rökrum och liknande utrymmen".  
BBR 5:514

"Brandceller i vårdanläggningar skall ha tillgång till minst två av varandra oberoende utrymningsvägar. Dessa får utgöras av passage genom angränsande brandcell, om räddningstjänstens insatsväg till vårdavdelningen utformas så att den möjliggör en insats. Passage mellan skilda vårdavdelningar skall kunna ske utan att brandgaser sprider sig till den icke brandutsatta avdelningen. I vårdanläggningar, utom förskolor och liknande, skall finnas anordningar för tidig upptäckt av brand".  
BBR 5:573

I BBR 5:6 *Skydd mot brand- och brandgasspridning mellan brandceller* står följande:  
"I vårdlokaler utom förskolor och liknande skall varje vårdavdelning, operationsavdelning eller annan funktionell enhet utformas som egen brandcell".  
BBR 5:672

#### 3.3 Slutsatser regelverk

Dagens byggnadslagstiftning gällde inte när byggnaden uppfördes. Att uppfylla kraven fullt ut känns inte realistiskt med tanke på byggnadens konstruktion och ålder. Dock gäller Räddningstjänstlagen, att ett skäligt skydd mot brand ska finnas.

Byggnaden bedöms med nuvarande verksamhet vara en vårdanläggning.

Det tolkas som att automatiskt brandlarm ska finnas i byggnaden.

Danvikshem uppfyller nuvarande krav för tidig upptäckt av brand med ett modernt brand och utrymningslarm.

Kraven på utrymningsvägar kan anses vara uppfyllda i byggnaden. Dock kan avskiljning av trapphusen anses vara osäker. Nödbelysning saknas i utrymningsvägar.

Kraven på brandcellsgränser uppfylls inte på grund av oklassade dörrar och läckande väggar.

---

<sup>2</sup> Boverket. (2002) *Boverkets byggregler*. (BBR) BFS 1993:57, med ändringar till och med 2002:19.



## 4 Objektsbeskrivning

### 4.1 Byggnaden

Byggnaden Danvikshem uppfördes i slutet på 1800-talet och början av 1900-talet. Byggnaden är uppförd i tidstypisk sekelskiftsmodell *Så byggdes husen*<sup>3</sup>.

Föreliggande rapport kommer att behandla huvudbyggnaden, A-byggnaden (bild 4.1.1, siffra 3 och bild 4.1.2). A-byggnaden består av 6 våningsplan och 2 källarplan. Ytterväggar och hjärtväggar är utförda i sten och tegel. Tvärgående träreglar är bärande del i bjälklagen. Våningsavskiljningen består underifrån av: puts på vassmatta, glesad spräckpanel, blindbotten fylld med koksaska tätad med lera, och golvplank (skiss 4.1.1). Taket är kopparplåt på takstolar av trä, isoleringen ner mot boendetrymmena består av torv, som tändskydd ligger ett tunt lager koksaska överst. I byggnaden finns tre trapphus, ett i var ände och ett centralt placerat. Det centrala trapphuset tjänar även som förbindelse mellan kyrkan och huvudbyggnaden (bild 4.1.2). Kyrkan sträcker sig över fyra våningar på A byggnaden med ett kyrktorn som reser sig över hela Danvikshem. I båda ändar av huvudbyggnaden finns det flyglar sammanbyggda med trapphusen.

De boende som tillfrågades vid besöket på Danvikshem, upplever byggnaden som estetisk vacker och trivs med sitt boende där.

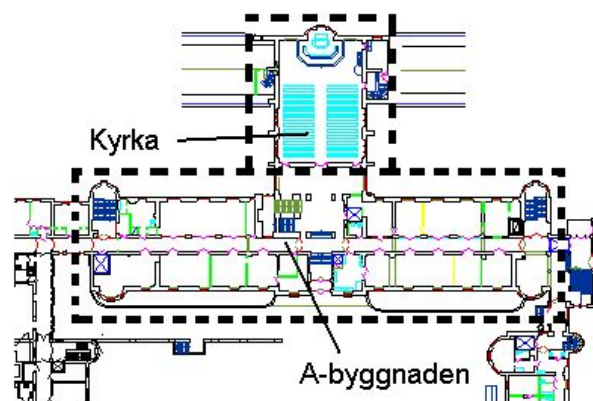
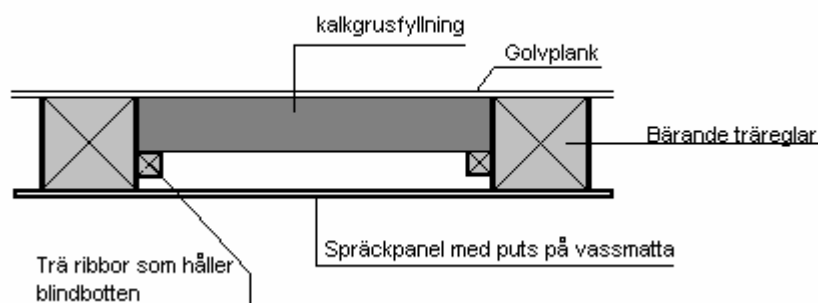


Bild 4.1.1 Flygfoto över Danvikshem. Siffrorna hänvisar till olika byggnadskroppar. A byggnaden är markerad med siffra 3.

Bild 4.1.2 A-byggnaden är sammanbyggd med kyrkan. Det centrala trapphuset tjänar även som förbindelse mellan kyrkan och huvudbyggnaden.

### Principskiss över bjälklag



Skiss 4.1.1 Principskiss över bjälklag<sup>2</sup>

<sup>3</sup> Björk C. & Kallstenius P. & Reppen L. (1983) *Så byggdes husen 1880-1980*. ISBN 91-540-5434-6. Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm

## 4.2 Verksamhet

Danvikshem är ett enskilt vårdhem. Det består av sjukhem med två avdelningar med tyngre omvårdnad och 30 kortidsplatser. Samt vårdhem med sju avdelningar med ca 150 boende pensionärer.

I byggnaden finns även läkarmottagning, konferenslokaler, kök, bibliotek, hår- och fotvård, post- och bankservice, simhall, café och närbutik.

## 4.3 Personal och boende

I A-byggnaden finns fyra våningsplan som fungerar som vårdboende.

Dagtid utgörs personalstyrkan av 25 personer och nattetid av 3 personer. Dagtid finns även kontors-, kökspersonal och personal på den tekniska avdelningen, totalt 22 personer.

Danvikshem har en larmorganisation (bilaga 8) för händelse av brand eller annan olyckshändelse. Den bygger i grund på att tre ur personalen har larmtelefoner där rumsnummer visas vid aktivering av brandlarmet.

## 4.4 Brandteknisk utformning

A byggnaden som byggdes först, är i stort sett utförd som två brandceller. Avskiljningen med betong ligger mellan källarvåningarna och övriga våningsplan. Avskiljningen mellan övriga våningsplan kan anses som tvivelaktig då dessa består av blindbotten. Dokumentation om tätning av bjälklagsgenomföringar vid modernisering av byggnaden, som till exempel toalettinstitution saknas

I bästa fall kan väggarna mellan lägenheterna uppskattas som E 15 och väggen ut mot korridoren något bättre. Väggen mot korridoren består av tegel men eftersom dörren inte är klassad så minskar brandmotståndet.

## 4.5 Aktiva system

Danvikshem har ett modernt automatiskt brand- utrymningslarm installerat mellan 1998-2000. Det består av i huvudsak optiska detektorer kompletterat med värmedetektorer i vissa utrymmen. Detektorerna är adresserbara. Alla utrymmen i A-byggnaden är övervakade med detektorer.

Tillgången på handbrandsläckare är god på varje våningsplan. De är strategiskt placerade, bra servade och storleken anses lämplig för hanterbarhet och släckkapacitet. De finns både pulver och skum som släckmedel i handbrandsläckarna. Därutöver finns centrumrullar placerade i centrala trapphuset på varje våningsplan.

## 4.6 Ventilationssystem

Ventilationssystemet består av enkelt frånluftsystem med tilluft genom självdrag.<sup>4</sup>

Ventilationsutsugen sitter i badrummen och är anslutna till ett vertikalt schakt, för vidare anslutning till fläkt. Ventilationen på Danvikshem A-byggnaden är indelad i tre separata system med tre utsug. Det finns inga brandspjäll eller något annat system för att begränsa brandgasspridning. In till och i ventilationsschaktet går det spirorör som vi inte har fått bekräftat om dom är isolerade eller ej.

Ett tydligt tecken på att det finns stora brister i ventilationssystemet är att det enligt boende på Danvikshem sprids matos vilket kan betyda två saker. Ett, ventilationssystemet är väldigt känsligt. Två, bjälklagen inte är täta. Inget av alternativen är positivt om man vill hindra brandgasspridning. Om matos sprids kommer brandgaser att spridas i större utsträckning eftersom de termiska drivkrafterna är mycket större.

---

<sup>4</sup> Oinonen H. Teknisk chef. Danvikshem. Nacka 2003-11-14

## 4.7 Tillbud

Danvikshem har vid flertalet tillfällen haft incidenter och mindre bränder som orsakat att brandlarmet aktiverats. Vissa av tillbudena kunde ha orsakat en större brand om de inte upptäckts. Med tillbud menas här tillfällen då detektionssystemet aktiverats och brandkårlarmats till plats. Diagrammet (4.7.1) visar endast de tillbud som skett på Danvikshem. Tittar man i Räddningstjänst i siffror<sup>5</sup> förekommer anlagd brand med 25%, tekniskt fel med 14%, rökning 6% och levande ljud 4% vilka är vanliga orsaker till brand.

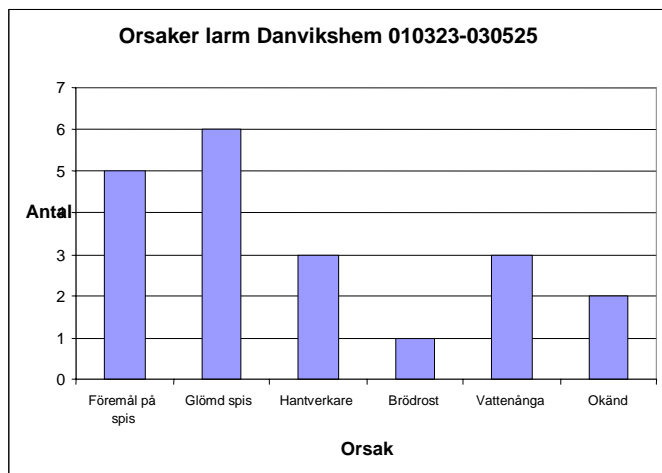


Diagram 4.7.1 Orsaker till larm Danvikshem

## 4.8 Frågor till personal

Vid besöket på Danvikshem<sup>6</sup> ställdes olika frågor till personalen.

Rutiner rörande brand och utrymning är oklara. Vid samtal med personalen på plats rådde det osäkerhet till vilken plats de skulle utrymma. Samtliga har fått brandutbildning minst en gång men ingen har varit med om någon utrymning.

Vid frågan om tillbud är vanliga fick vi svaren att det sker ca ett tillbud per månad. Detta måste anses vara mycket. Under de senaste två åren har räddningstjänsten larmats till platsen vid 20 tillfällen (diagram 4.7.1). Det stora antalet larm minskar trovärdigheten för ett skarpt larm.

<sup>5</sup> Räddningsverket (2002) Räddningstjänst i Siffror 02, ISBN- 91-7253-201-7

<sup>6</sup> Personal Danvikshem. Danvikshem. Nacka. 2003-09-18





## 5 Förklaringar av brandtekniska begrepp.

### Förbrinntid

Förbrinntid utgörs av tiden från antändning till att effekten börjar öka. Denna tid kan variera mellan bråkdelar av sekunder och flera dygn. Bensinångor har bara delar av en sekund i förbrinntid, medan träflislager kan glöda i veckor innan effekten börjar tillta. Under förbrinntiden utvecklas gaser som kan detekteras av brandlarm eller genom lukt.

### Tillväxtfas

Effektutvecklingen ökar och det börjar bildas en brandplym. Brandplymen består av flammor och varma gaser som stiger mot taket. En del av värmen strålar mot rummet och en del värmer taket, ju mer gaser som ansamlas desto högre temperatur. Högre temperatur ger mer återstrålning mot rummet vilket ger ökad pyrolys, dvs. mer bränsle förångas. Detta ger större flammor som värmer inredningen som blir varmare och till sist antänder. Under denna fas måste lokalen utrymmas. Eftersom det blir gas av fast material kommer volymökningen generera ett övertryck i rummet som trycker ut varma gaser genom springor i väggar, tak och ventilation. Detta kan ge kritiska förhållanden i närliggande rum och förvärma material i väggar och annat så att det antänder vid en övertändning i brandrummet.

### Övertändning

Övertändning sker när ”allt” i rummet fattar eld och temperaturen ökar dramatiskt. Detta genererar mycket stora mängder gas som oförbrända trycks ut ur brandrummet genom fönster, dörrar och otätheter. Detta kan ses då stora lågor slår ut ur öppningar från en brandhärjad byggnad. Det finns ingen chans att överleva i ett rum där det sker en övertändning, brandgasskiktet håller då en temperatur på 500-600° C. Detta ger en strålning från brandgasskiktet på över 20 kW/m<sup>2</sup>. Detta kan jämföras med en riktigt varm dag då solstrålningen kan komma upp i 1 kW/m<sup>2</sup>.

### Fullt utvecklade brand

Fasen ”fullt utvecklade brand” pågår mellan övertändning och avsvalningsfasen. Temperaturen fortsätter att öka men inte så fort som vid övertändningen. Mellan 600-1200°C är normala temperaturer i hela brandrummet, denna regleras av syretillgången och mängden brännbart material i rummet.

### Avsvalningsfas

När branden falnar inleds avsvalningsfasen, denna är bara intressant ur byggnadsteknisk synvinkel. Har ett rum eller en byggnad genomgått ett helt brandförlopp finns det inte minsta hopp om att något överlevt. All utrymning måste ske innan kritiska förhållande uppstår.

### Kritiska förhållande

Kritiska förhållanden definieras som<sup>7</sup>:

- Rökgasnivå lägst  $1,6 + (0,1 \times H)$  meter, där  $H$  är rumshöjden.
- Värmestrålningen får endast kortvarigt uppgå till max 10 kW/m<sup>2</sup>, och den sammanlagda strålningsenergin under utrymningen får inte överskrida 60 kJ/m<sup>2</sup>, utöver den 1 kW/m<sup>2</sup> som räknas som normal strålning.
- Lufttemperaturen får vara max 80°C under brandgaslagret.
- 10 meters sikt i utrymningsväg<sup>8</sup> vilket motsvarar en obscura [ob].

---

<sup>7</sup> Brandteknik (2002) "Brandskyddshandboken" Rapport 3117. Lunds tekniska högskola. Lund

<sup>8</sup> Hultquist, H. (2000) "Simulating visibility in HAZARD I/CFAST" Report 7010. Brandteknik. Lunds tekniska högskola. Lund

Kritiska förhållanden behöver inte betyda att folk dör, men det är osäkert om dom klarar att utrymma. Det är även möjligt att känsliga personer dör innan kritiska förhållanden uppstår.

## 6 Utrymning

### 6.1 Allmänt

Utrymning av en lokal på grund av brand eller annan orsak är ingen vanlig händelse som människor ställs inför. Det är en händelse som skall genomföras under stigande grad av stress och fara. Flera olika faktorer påverkar utrymningsförloppet, hur man upplever situationen, tidigare erfarenhet och utbildning, byggnadens utformning och verksamhet påverkar vilket beslut och åtgärd som är lämpligt att ta för att sätta sig i säkerhet. Utrymningsförloppet kan delas in i tre faser<sup>9</sup>.

- Varseblivningstid
- Beslut och reaktionstid
- Förflyttningstid

Hur lång respektive tid är beroende av vilken typ av fara, situation som råder och vilka förebyggande åtgärder som finns. Den totala utrymningstiden är summan av varseblivning, beslut och reaktion och förflyttningstid.

### 6.2 Varseblivningstid

Varseblivningstid kan beskrivas som den tid som förflyter från att fara uppstår tills personen blir medveten om faran. Viktiga faktorer för avgörande om hur lång tiden blir är var faran uppstår, öppen eller stängt utrymme, verksamhet, ålder och vakenhet.

Om lokalen har ett automatiskt brandlarm installerat som upptäcker branden, så kan den teoretiska aktiveringstiden för detektorn användas som varseblivningstid. När lokalen saknar larm är det svårare att uppskatta tiden.

### 6.3 Besluts- och reaktionstid

Besluts- och reaktionstid är tiden som åtgår efter att faran upptäckts och tills att förflyttning mot utgång påbörjas. Beslut och reaktionstid är ofta längre än både varseblivnings- och evakueringstiden<sup>5</sup>. Exempel är när man väljer att försöka släcka eller rädda personer som är i större fara än en själv. Vilken motivation man har att utrymma beror på vad man gör. Står man i kö för att betala eller sitter och äter vill man gärna slutföra det innan man vidtar något annat. I undervisningssituationer förekommer auktoritet som man inte gärna vill sätta sig emot utan kallt väntar in order att på vad man ska göra.

Ett utrymningslarm hjälper personen till att snabbt fatta rätt beslut. Tillgången på utrymningsskyltar, överblickbarheten och attraktiva nödutgångar som är lätta att hitta hjälper till att beslut fattas om utrymning. Ytterligare saker som påverkar tiden är om utbildad personal hjälper till att påbörja utrymning.

### 6.4 Förflyttningstid

Förflyttningstiden består av två delar, den tid det tar att gå till dörren och passera den mot säker plats, och den tid det tar att passera ut genom dörren. Det innebär att köbildning kan ske vid passering av dörr och förlänga förflyttningstiden. Med säker plats menas en annan brandcell eller ut i det fria. Faktorer som påverkar förflyttningstiden är hur många personer som skall utrymma, fördelningen i lokalen, hjälpbehov, synförmåga och rörelseförmåga. I vårdanläggningar finns dessutom personer som är oförmögna att förflytta sig själva. Andra faktorer som påverkar tiden är lokalens utformning, dörrars bredd, trappor, belyningsnivå, tillgång till utrymningsskyltar samt kännedom om lokalen.

---

<sup>9</sup> Brandteknik (2002) "Brandskyddshandboken" Rapport 3117. Lunds tekniska högskola. Lund

## 6.5 Faktorer som påverkar utrymningen

Faktorer som påverkar utrymning kan i huvudsak delas upp i tre delar <sup>10</sup>, personberoende, byggnadsberoende och brandberoende. Därtill kan man lägga organisatoriska förhållanden som har betydelse.

### Personberoende faktorer

I en vårdanläggning är inte patienttätheten den mest betydande faktorn, utan förhållandet mellan antal personal och patienter, rörelseförmåga och vakenhet hos personal och patienter. Vid stor andel sängbundna patienter läggs ansvaret för en lyckad utrymning till största delen på personalens insatser. Det vill säga att personalens insatser är avgörande för utrymningstiden. Vakenhet hos både personal och patienter är av betydelse. Patienter som går på lugnande medicin tar betydligt längre tid på sig att uppfatta fara och besluta sig för utrymning. Det gäller även för patienter som lider av demens, de kan upptäcka fara men inte ta beslut om att utrymma.

Antalet boende med rörelsenedsättning i äldreboende påverkar utrymningstiden. Gånghastighet med rullator, framkomligheten i korridorer och passage genom dörrar gör att tiden förlängs. Utrymningshastigheten blir då låg på grund av antalet vårdtagare med rullatorer och rullstolar där korridorens bredd blir avgörande.

### Byggnadsberoende faktorer

Orienterbarhet, vägledande markeringar, placering av utrymningsvägar och installation av brand- och utrymningslarm är byggnadsberoende faktorer som påverkar utrymningen.

Grundkravet i Boverkets byggregler är att utrymning ska ske på tillfredställande sätt. Det innebär att antalet personer i lokalen ska utan att skada sig kunna ta sig till säker plats i händelse av fara. Utrymningsvägar ska hållas fria och vara tydligt markerade så att de är lätta att hitta. En av utrymningsvägarna skall göra horisontell förflyttning till en annan avdelning möjlig<sup>11</sup>. Varvid utrymning skall kunna fortsätta till ett trapphus eller till det fria.

Kvaliteten och underhållet på brand- och utrymningslarms installationer är av stor betydelse för utrymningen. Det gör att upptäckten av brand kan ske på ett tidigt stadium. Beslut och reaktionstiden minskas med installerat utrymningslarm<sup>7</sup>. Larmet skall vara lätt att känna igen och ha god hörbarhet inom lokalen. Larmet ska ha god driftsäkerhet, det vill säga hög tillförlitlighet och litet antal fellarm. Detta för att personerna i byggnaden skall ta larmet på allvar, varje gång det larmar. Om larmlagring finns ska personalen ha god kännedom om detta och veta vad det innebär.

### Brandberoende faktorer

Brandens utveckling påverkar utrymningen. Ett snabbt brandförlopp där branden producerar stor mängd brandgas och värme, påverkar resultatet för utrymning i negativ riktning. Detta är framför allt påtagligt i lokaler med låg takhöjd. Om lokalen saknar detektionssystem för upptäckt av brand, så kommer branden att upptäckas först när värme och rök når personerna. Detta påverkar resultatet för utrymning negativt.

---

<sup>10</sup> Frantzich,H. (2001) "Tid för utrymning vid brand" Räddningsverket. Karlstad

<sup>11</sup> Brandteknik (2002) "Brandskyddshandboken" Rapport 3117. Lunds tekniska högskola. Lund

### Organisatoriska faktorer

För att en utrymning ska lyckas krävs att det finns rutiner och att övning sker med personalen. *"Personalen blir livräddare när det brinner"*<sup>12</sup>. Personalen har ansvar för att se till att utrymning påbörjas, dessutom organisera och hjälpa patienter ut. Det ställer krav på att personalen har utbildning och rutiner för hur utrymning ska ske.

### Analys

Vid besöket på Danvikshem 2003-09-18 bedömdes olika utrymningsfaktorer.

På Danvikshem byggnad A har vårdtagarna olika grad av vakenhet, hörbarhet och rörelseförmåga. Flertalet gick med hjälpmedel såsom käpp och rullator, även rullstolar fanns till dem som inte kunde gå själva. Gånghastigheten var övervägande låg, detta kan dock bero på att man inte behöver stressa i den miljön man normalt vistas i. Om utrymning ska ske genom trapphus för förflyttning till underliggande våningsplan behövs stor hjälp av personalen på grund av vårdtagarnas ovana att använda trappor. Normalt använder man hissen.

Skyltning till utrymningsvägarna på Danvikshem vara väl synlig. Skyltarna var av typen efterlysande. Nödbelysning saknas i utrymningsvägarna vilket det inte var krav på när byggnaden uppfördes.

Korridorerna hölls i huvudsak fria från hindrande föremål och rena från brännbart material. I det centrala trapphuset fanns soffor och stolar vilka ger snabb rökfyllnad i trapphuset. I de mindre trapphusen som ska fungera som utrymningsväg vid larm finns några stolar. Dessa kan försvåra utrymningen genom trapphusen men kan anses befogade för de boendes bekvämlighet.

Brandlarmet<sup>13</sup> på Danvikshem är relativt nytt, installerades 1998-2000. Vid installation av brandlarmet togs hänsyn till hur luftflödet var i rummen. Detektorer placerades efter test med rök i utrymnen där det är svårt att förutsäga hur röken rör sig. Detektorerna placerades i gränsskiktet till det normala luftflödet. Det ger liten nedsmutsning av detektorerna vilket bidrar till hög tillförlitlighet på brandlarmet, vilket är positivt. Alla utrymnen i huvudbyggnaden är övervakade med detektorer. Personalen på Danvikshem har tre larmtelefoner. Vid larm kommer rumsnummer upp på displayen. Enligt rutin (bilaga 8) går en till centralapparaten för att möta räddningstjänsten och de andra går till rummet som larmet kommer från. Genom detta handhavande minskas tiden för kontroll av vad som har löst ut larmet. Antalet larm på grund av tekniskt fel är få på Danvikshem (diagram 4.6.1) vilket kan tyda på hög tillförlitlighet.

Danvikshem har en insatsplan på hur man ska lösa ett nödläge (bilaga 8). I den står det att tjänstgörande sjuksköterska ansvarar för att utrymning påbörjas och att utrymning ska ske till klubblokal/gymsal vid seniorboendet. Dagtid ska tekniska avdelningen hjälpa till.

Vid besöket ställdes frågan till personalen vilken plats utrymning ska ske till. Borggården, entrén vid kyrkan kom som svar eller så var man inte riktigt säker. Det tyder på att kännedom om insatsplanen bland personalen är låg. Har personalen inte kännedom om rutinerna så leder detta till en onödig fördröjning av utrymningen. Fördröjningar som i utrymningssammanhang kan vara avgörande. Ju fler gånger man gått en utrymningsväg desto bättre sitter kunskapen kvar. *"I ett skarpt läge ska man reagera med ryggraden"*<sup>14</sup> då finns det inte tid att fundera på vad som skall göras

---

<sup>12</sup> Ståhlbrand K. (2003) Artikel i Brand och Räddning nr 6-03. SBF

<sup>13</sup> Jarnemyr, B. (1997) *Ritningar brandlarmanläggningen* Kanuk säkerhetsutveckling AB. Skärholmen.

<sup>14</sup> Ståhlbrand K. (2003) Artikel i Brand o Räddning nr 7-03. SBF



## 7 Dimensionerande brandscenarier.

Brandscenarierna ska väljas efter principen den mest sannolika branden och den värsta troliga branden. Det vill säga den mest frekventa branden för liknande byggnader enligt statistik och det värsta troliga brandscenariot som kan uppstå i byggnaden.

För Danvikshem skulle den värsta troliga branden vara när två trapphus rökfylls enligt scenario 4. Den mest sannolika branden är en brand som startar genom ett föremål på en kvarglömd spisplatta enligt scenario 2 som baserats på statistik över tillbud (diagram 4.7.1).

För att undersöka vilka konsekvenser en eventuell brand skulle få på Danvikshem har fyra brandscenarier valts ut.

**Scenario 1** är en brand i ett vådrum på plan 6, översta våningen. Huvudsyftet med scenariet är att studera brand i säng med och utan flamskyddad madrass med avseende på personsäkerhet och om brandspridning från rummet är möjlig.

Brandspridning upp till vindsbjälklaget kan få stora konsekvenser för Danvikshem med risk för att hela vinden brinner bort. Vid en vindsbrand kommer Räddningstjänsten ha svårighet att angripa branden på ett effektivt sätt. Detta beror på brist på lämpliga uppställningsplatser för höjdfordon<sup>15</sup>. Genom att bjälklaget är öppet kommer vattnet sugas upp av den torra torven som en svamp vid släckning. Detta kan innebära att bjälklaget inte håller för vikten av den våta torven.

**Scenario 2** är en brand i ett lägenhetsrum på plan 5. Scenariot har valts för att få reda på hur snabbt kritiska förhållanden uppstår i vårdtagarens lägenhet och hur utrymningsförhållandena genom korridoren påverkas. Scenariot har avgränsats så att det inte skett något läckage till trapphusen. Som startföremål har en kaffekokare valts med spridning till ett köksskåp.

**Scenario 3** är en brand i korridoren på plan 4. Scenariot har valts för att se när kritiska förhållanden uppstår vid en brand i korridoren och hur utrymningsmöjligheterna genom korridoren påverkas. Scenariot har avgränsats så att det inte skett något läckage till trapphusen. Som startföremål har en fätölj valts.

**Scenario 4** är en brand i salongen på plan 2. Scenariot har valts för att bedöma utrymningsmöjligheterna med endast ett trapphus tillgängligt och konsekvenserna av större brand i byggnaden. Som startföremål har en soffa valts.

Antändningsorsak för scenarierna kan exempelvis vara rökning, tekniskt fel eller levande ljus, vilka står för 6%, 14% och 4% av orsak till brand enligt Räddningstjänst i siffror 02<sup>16</sup>. Glömd platta på spisen är den vanligaste orsaken till larm enligt incidentrapportering kapitel 4.7

De effektutvecklingskurvor som har valts i brandscenariorna är modifierade effektutvecklingskurvor som är baserade på verkliga försök. Antagna antändningskällor är inte samma som i försöken utan källor med låg effekt som ger en förbrinningstid innan tillväxtfasen börjar. Modifieringen som gjorts är att effektutvecklingen blir konstant när effekten blivit maximal eftersom antändning till närliggande föremål sker i verkligheten. Effektutvecklingskurvan för scenario 1 är hämtade från *NIST*<sup>17</sup> och effektutvecklingskurvorna för scenario 2,3 och 4 är hämtade från *Initial fires*<sup>18</sup>.

---

<sup>15</sup> Palm, A. & Wesley, S. Brandingenjörer Nacka brandförsvaret. Nacka

<sup>16</sup> Räddningsverket (2002) "Räddningstjänst i Siffror 02", ISBN- 91-7253-201-7

<sup>17</sup> www.fire.nist.gov. NIST. Fire scenarios. 2003-10-07

<sup>18</sup> Särdaqvist S. (1993) "Initial fires", LTH, ISSN 1102-8246

I samtliga scenarier förutsätts fönsterrutorna gå sönder vid 250° C. Detta beror på att det är komplexa mekanismer som gör att glasrutor går sönder. Därför görs denna ingenjörsmässiga bedömning.

Antagandet kan påverka scenarierna på så sätt att om glaset i fönsterna inte går sönder, är det möjligt att branden kan slockna på grund av återcirkulation av brandgaserna. Detta är bara troligt om det är en begränsad, sluten volym. Är det en större volym med bra ventilationsförhållande till brandrummet kan effekten bli en snabbare rökfyllnad. Vilket betyder att står dörren öppen och glaset håller kan korridoren rökfyllas snabbare. Detta då inga brandgaser ventileras ut till omgivningen genom fönsteröppningar.

Höjden på brandgaslagret, temperaturen i brandgaslagret och sikten genom brandgaslagret kommer att bedömas med tvåzonsmodellen FAST (bilaga 1). Programmets giltighet kommer att valideras med handberäkningar (bilaga 6 och 7).

Kritiska förhållande.

Kritiska förhållanden definieras som<sup>19</sup>:

- Rökgasnivå lägst  $1,6 + (0,1 \times H)$  meter, där  $H$  är rumshöjden.
- Värmestrålningen får endast kortvarigt uppgå till max  $10 \text{ kJ/sm}^2$ , ock den totala strålningsenergin under utrymningen får inte överskida  $60 \text{ kJ/m}^2$ , utöver den  $1 \text{ kJ/sm}^2$  som räknas som normal strålning.
- Lufttemperaturen får vara max  $80^\circ\text{C}$  under brandgaslagret.
- 10 meters sikt i utrymningsväg<sup>20</sup> vilket motsvarar en obscura [ob].

Kritiska förhållanden behöver inte betyda att folk dör, men det är osäkert om dom klarar att utrymma. Det är även möjligt att känsliga personer dör innan kritiska förhållenden uppstår.

---

<sup>19</sup> Brandteknik (2002) "Brandskyddshandboken" Rapport 3117. Lunds tekniska högskola. Lund

<sup>20</sup> Hultquist, H. (2000) "Simulating visibility in HAZARD I/CFast" Report 7010. Brandteknik. Lunds tekniska högskola. Lund



## 7.1 Scenario 1: Brand i rum 52 Plan 6

Valet av utrymme för branden är vårdtagares lägenhet (bild 7.1.1). Som dimensionerande brandscenario har brand i säng valts. Rummets dimensioner återfinns i bilaga 1 och planritning över lägenheten figur 7.1.1. I figur 7.1.2 återges lägenhetens geometri som den modellerats i FAST. Rum 3 är brandrummet och effektutvecklingen för den dimensionerande branden återges i graf 7.1.1. Effektkurvan från *NIST*<sup>21</sup> har modifierats på ett sådant sätt att antändningskällan antas ge en förbrinntid på två minuter innan tillväxtfasen börjar på grund av antändningskällans låga effekt. Med en högre effekt på antändningskällan blir förbrinntiden kortare. Effektkurvan blir konstant när maximala effekten för sängen uppnås, då antändning av närliggande föremål antas ske.



Bild 7.1.1 Rumsbild



Figur 7.1.1 Ritning av rum 52

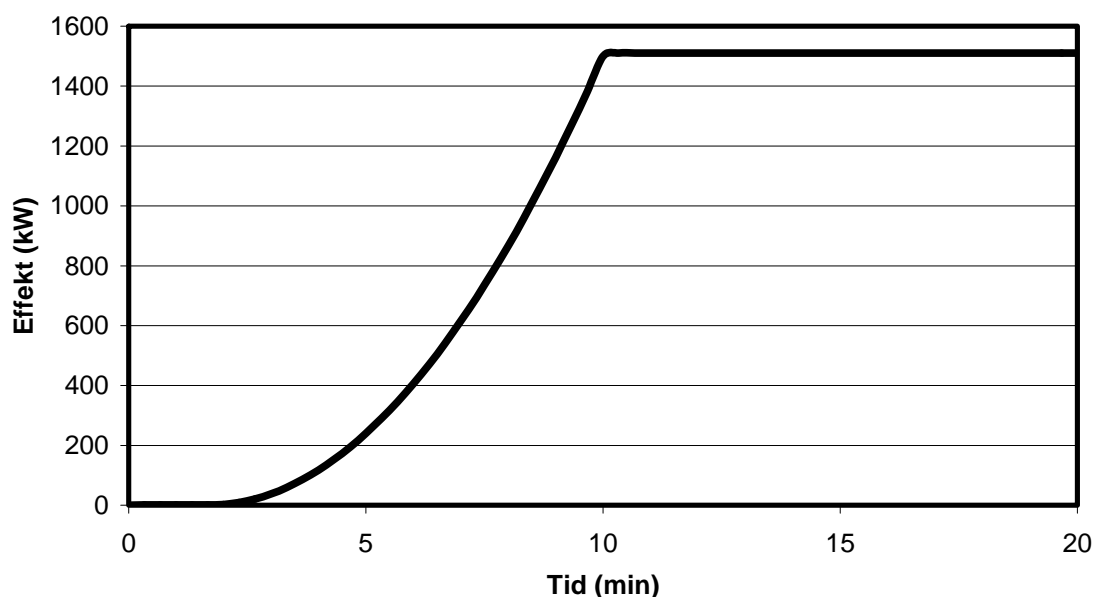


Figur 7.1.2 En bild av den geometriska beskrivningen i FAST, rum 3 är brandrummet

---

<sup>21</sup> www.fire.nist.gov. NIST. Fire scenarios. 2003-10-07

### Effektutveckling för scenario 1



Graf 7.1.1 Modifierad effektutveckling av säng<sup>22</sup> i Scenario 1

#### Resultat av simulering brand i rum 52

Vid jämförelse med scenario 2a och 2b där effekten är högre och tillväxthastigheten är snabbare än i scenario 1. Den maximala effekten nås ungefär sju minuter tidigare, enligt FAST. Detta gör att vi koncentrerar utrymningsberäkningarna till dessa scenarier, då korridorerna anses jämförbara. Känslighetsanalys av scenariet återfinns i bilaga 2.

Vid jämförelse mellan temperaturen i brandrummet mellan flamskyddad och icke flamskyddad säng ses en tydlig skillnad (graf 7.1.3). Enligt FAST kommer temperaturen i rummet att öka först efter 15 minuter för den flamskyddade sängen. Det beror på svårigheten att antända sängen.

Enligt dataprogrammet FAST kommer temperaturen i brandrummet att passera 400°C (graf 7.1.2) efter tio minuter. I hallen nås temperaturer över 300° (enligt FAST) först efter ca 20 minuter.

Brandspridning kan ske ut genom dörren eller genom taket i brandrummet. Dörren är ej klassad enligt nuvarande norm. En homogen trädörr kan antas stå emot brand i 10-15 min<sup>23</sup>. Dörrens svaga punkt är gångjärnen och spalten mellan blad och karm där spridning kommer att ske först<sup>18</sup>. Putsen i taket är ca 10-15 mm tjock och har en hållbarhet i tio minuter vid 350-400°C<sup>24</sup>. Eftersom denna temperatur kommer att råda i rummet mer än tio minuter är det troligt att brandspridning kommer att ske. Brandspridning kommer i första hand att ske upp i tak och vidare i bjälklaget med torv. I andra hand ut genom dörren, dock kommer brandgas att spridas ut till korridoren på grund av otätheter runt dörren. Detta på grund av att temperaturen enligt FAST i brandrummet når 400°C efter tio minuter och att dörren i hallen inte är direkt utsatt för brand utan av en temperatur på 300°C (enligt FAST) först efter 20 minuter. Brandspridning kommer att ske uppåt genom bjälklaget och sannolikt involvera hela vindsbjälklaget. Vilket leder till att utrymning behöver ske av hela A-byggnaden.

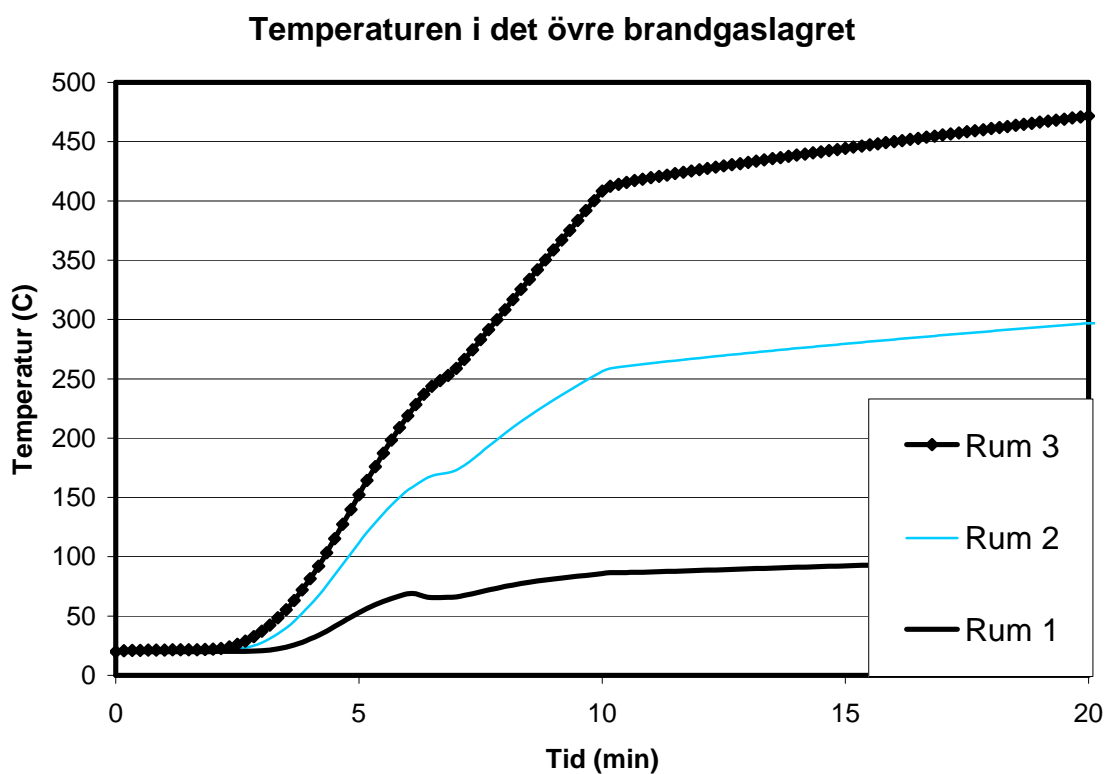
<sup>22</sup> www.fire.nist.gov. NIST. Fire scenarios. 2003-10-07

<sup>23</sup> Adolfsson P. Brandteknik. Sveriges provnings- och forskningsinstitut. Borås. 2003-11-13

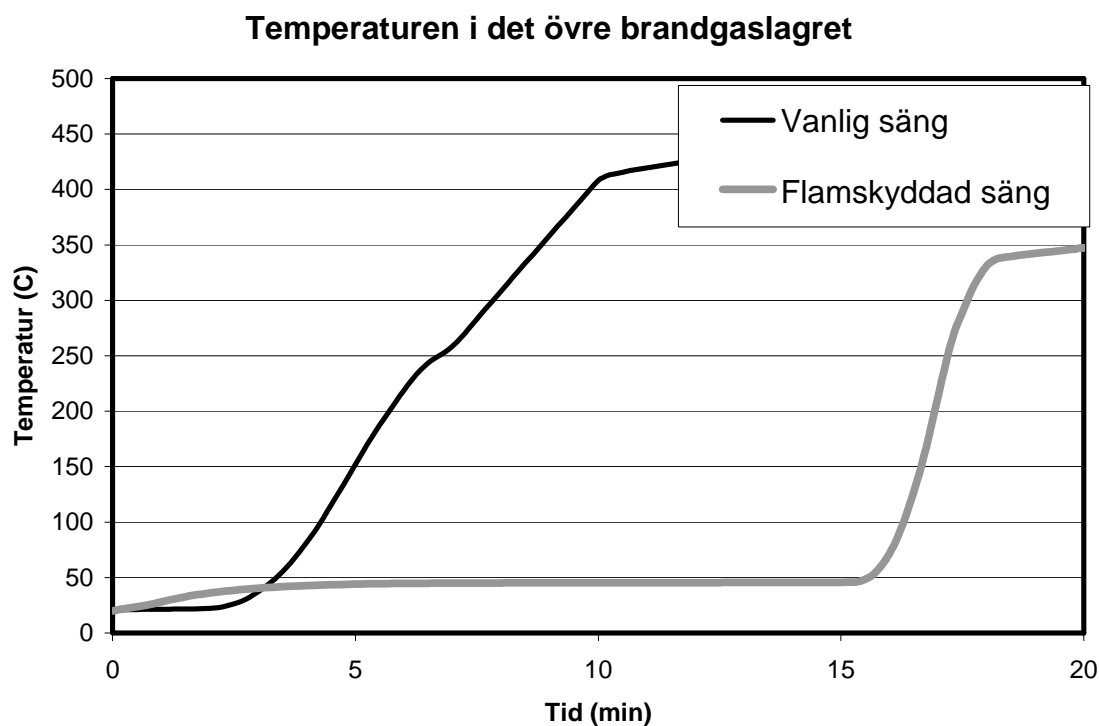
<sup>24</sup> Prof., Burström, P.G. Avdelning byggnadsmaterial, LTH samtal, hösten 2003

### Slutsats

Brandspridning till vindsbjälklaget leder till en totalutrymning är nödvändig. Detta har inte kunnats simulerats på grund av utrymningsprogrammets begränsningar med antalet noder. En ren kvalitativ bedömning blir att detta kommer att ta lång tid och kräva stora personalresurser med Räddningstjänsten inräknad. En form av brandbegränsning måste ske för att förhindra brandspridning.



Graf 7.1.2 Brandgaslagrets temperatur med vanlig säng



Graf 7.1.3 Brandgaslagrets temperatur i brandrum med och utan flamskyddad säng

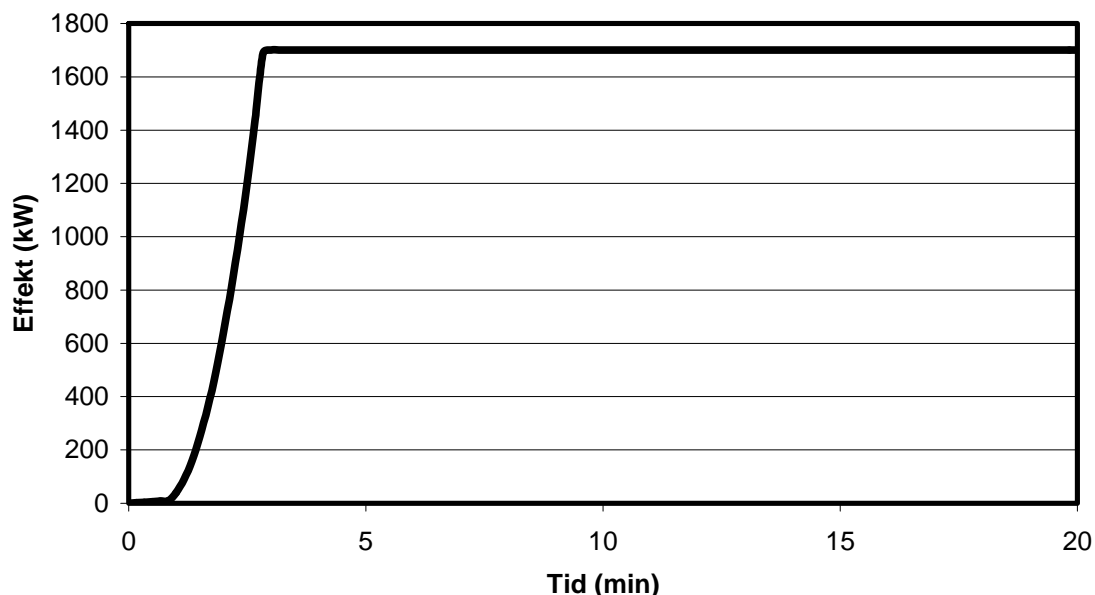
## 7.2 Scenario 2: Brand i rum 40 Plan 5

För att bedöma effekterna på utrymning från övriga lägenheter genom korridoren har ett scenario valts där en brand initieras i ett av rummen. En kaffekokare står på spisen under ett köksskåp och plattan har glömts påslagen (bild 7.2.1). Kaffekokaren börjar brinna vart efter branden sprider sig till köksskåpet och tillväxer snabbt. Brandeffekten som används i scenariot är tagen från *Initial fires*<sup>25</sup>. Effektkurvan har modifierats på ett sådant sätt att antändningskällan antas ge en förbrinntid på en minut innan tillväxtfasen börjar på grund av antändningskällans låga effekt. Med en högre effekt på antändningskällan blir förbrinntiden kortare. Effekttutvecklingen blir konstant när maximala effekten för köksskåpen uppnås, då antändning av närliggande föremål antas ske



Bild 7.2.1 Vattenkokare på platta.

### Effekttutveckling för scenario 2



Graf 7.2.1 Modifierad effekttutvecklingen i scenario 2

<sup>25</sup> Sårdqvist S. (1993) "Initial fires O4/10 och Y1/10", LTH, ISSN 1102-8246

Fönstren i brandrummet och vardagsrummet har antagits vara öppna med 10% i scenariot. Vid besök på Danvikshem noterades det att de flesta fönster var öppna något. 10 % motsvarar denna öppning. Besöket skedde dock i september men som känslighetsanalysen visar (bilaga 3) så har detta inte någon större inverkan på brandförloppet. Det har även förutsatts att fönstren går sönder vid 250°C och faller ut helt.

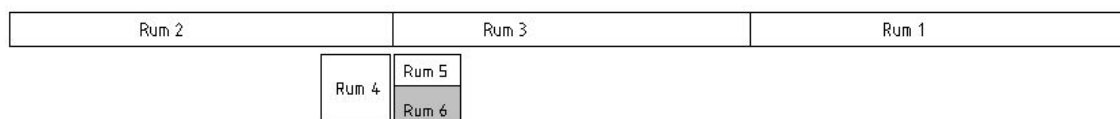
Två olika delscenarier har gjorts för det beskrivna scenariot för att simulera två olika förlopp efter antändningen. I scenario 2a förutsätts det att dörren mot korridoren är stängd men läcker med 2% av dörrens area. Efter ett besök på Danvikshem bedömdes dörrarna från lägenheterna till korridoren inte kunna uppfylla de krav som ställs på dörrar av klass E. Det ansågs rimligt att anta att de skulle läcka med 2% av sin area. Detta kan tyckas vara väldigt konservativt men det bör nämnas att ingen hänsyn har tagits till läckage genom övriga väggen vilket kan förekomma.

I scenario 2b har dörren mot korridoren lämnats öppen då de personer som befann sig i lägenheten har utrymt den. Dörren är då öppen mot korridoren under hela scenariot.

Rummens geometriska utformning och försöksuppställning återfinns i bilaga 1. Ritning av plan 5 enligt figur 6.2.1 och den geometriska uppställningen i FAST i figur 6.2.2. Rum 40 är samma som rum 4.



Figur 7.2.1 Ritning av plan 5.

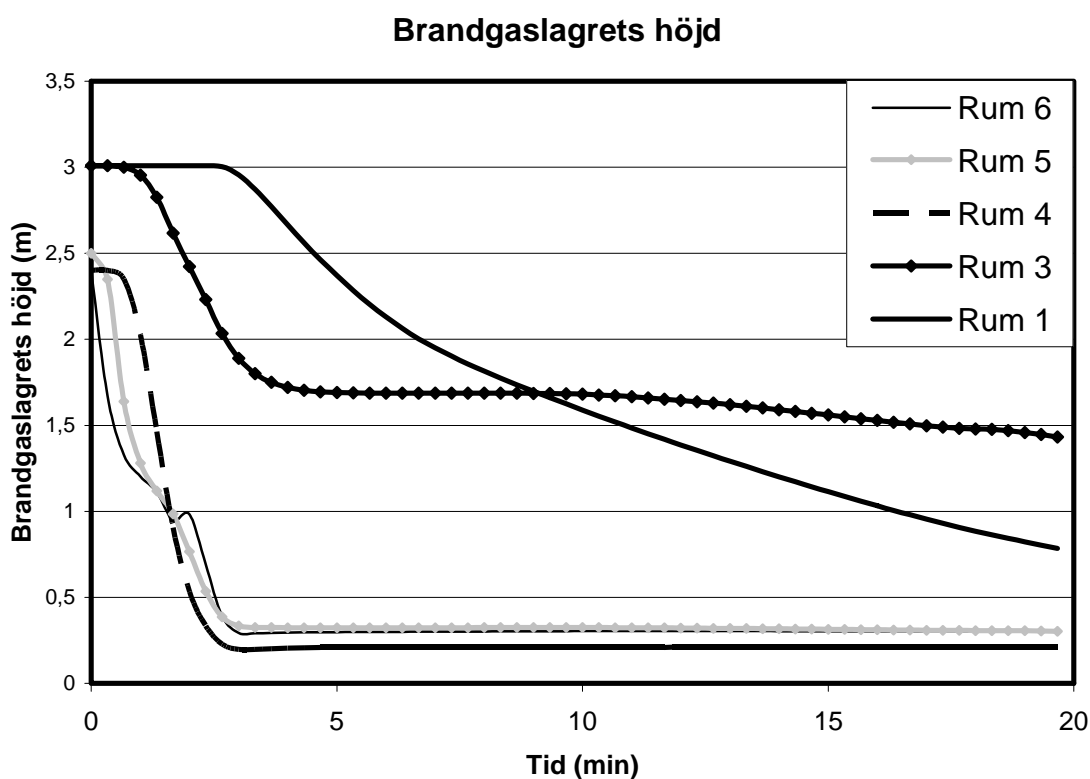


Figur 7.2.2 En bild av den geometriska beskrivningen i FAST, rum 6 är brandrummet.

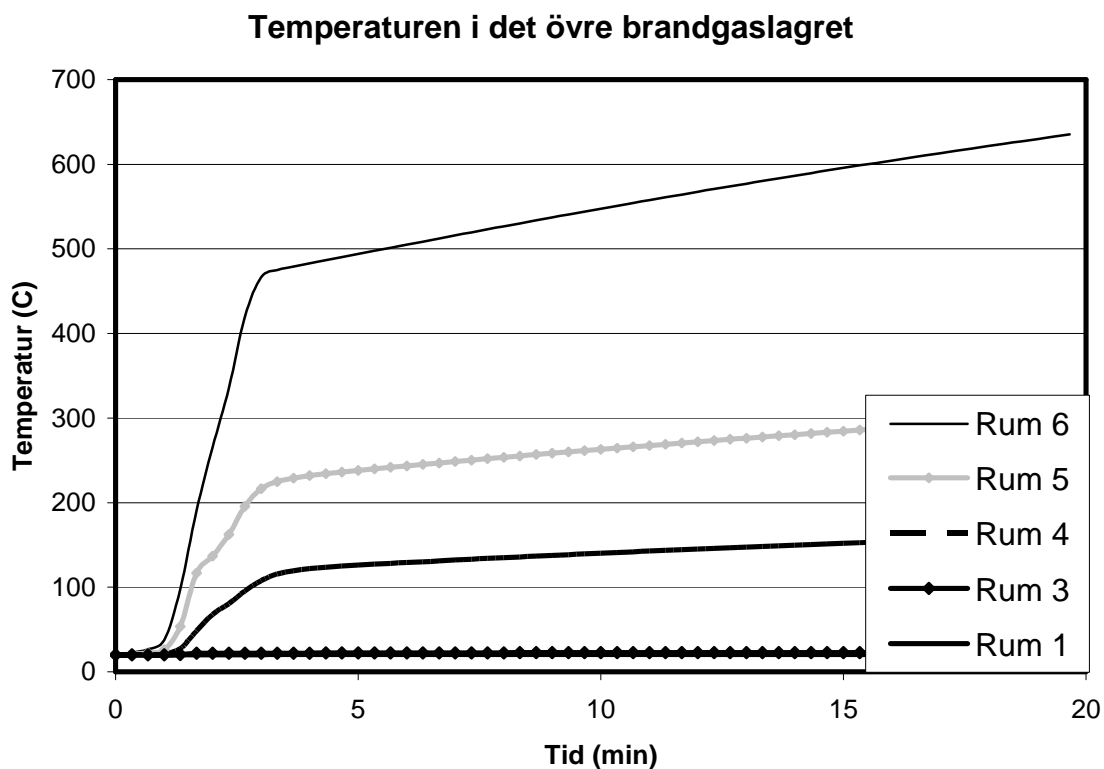
## Resultat scenario 2a

Enligt simuleringarna dröjer det någon minut innan effektutveckling stigit så pass att branden får fart. Därefter blir miljön i brandrummet snabbt kritisk till följd av den höga temperaturen. Kort därefter även i hallen och senare i vardagsrummet till följd av brandgaslagrets höjd (graf 7.2.2). Fönstret i brandrummet går sönder efter cirka 2 minuter då temperaturen är 250° C enligt FAST. Övertändning sker efter drygt femton minuter. Efter detta är inte tvåzonsmodellen giltig på grund av att det blir turbulent i brandrummet (bilaga 1).

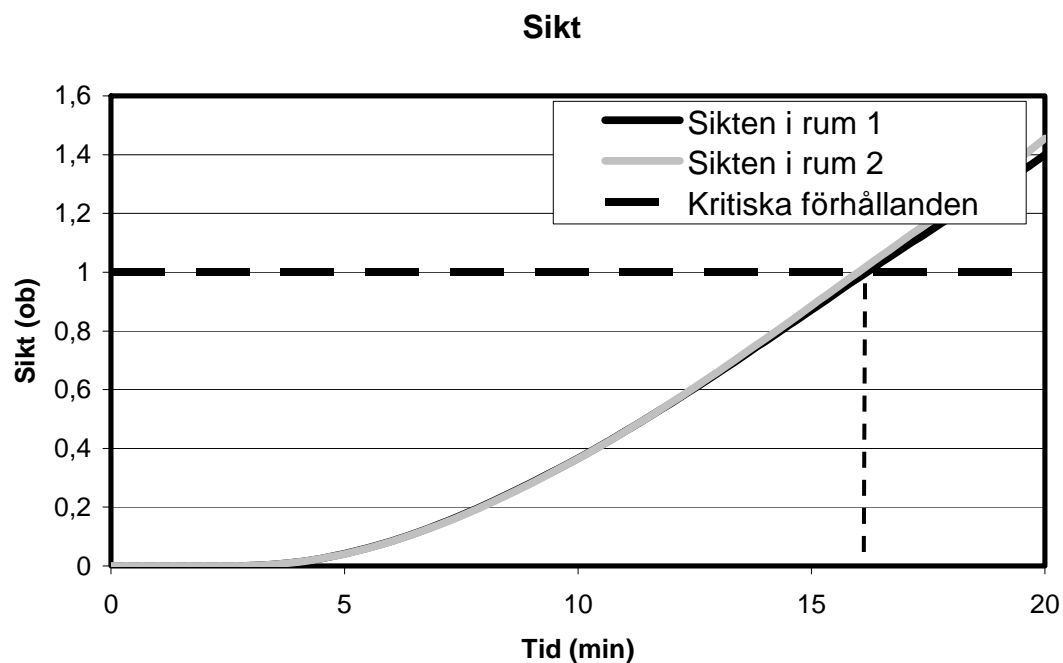
På grund av läckagearean i dörren sker en viss brandgasspridning till korridoren, men temperaturen i de brandgaserna är väldigt låga. Detta kommer att betyda att det inte är kommer att bildas en tvåzonsskiktning utan enbart en blandad luftmassa innehållande brandgaser från golv till tak. Detta gör att de data för korridoren som erhålls från FAST kan anses tvivelaktiga (bilaga 1).



Graf 7.2.2 Brandgaslagrets höjd. Rum 1 och 2 är i stort sett identiska och blir nästan symmetriska i FAST, därför ger de samma resultat.



Graf 7.2.3 Brandgaslagrets temperatur.



Graf 7.2.4 Siktbarhet i korridoren. En obscura [ob] motsvarar 10 meters sikt.



Syftet med detta scenario är att se hur utrymningen genom korridoren påverkas av brand i en av lägenheterna. Detta görs med utgångspunkt ifrån de kritiska förhållanden, vilka omnämns i början på detta kapitel .

**Brandgaslagrets höjd:** I korridoren, rum 1 och 3 har brandgaslagret sjunkit till en kritisk nivå (1,9 meter) på sju respektive tre minuter (graf 7.2.2). Det antas att då rum 1 (figur 7.2.2) är rökfyllt så råder kritiska förhållande i hela korridoren.

**Temperaturen:** Den temperatur som definieras för kritiskt förhållande är 80°C. En så hög temperatur nås aldrig i korridoren i detta scenario.

**Strålning:** Inte heller strålningen ger kritiska förhållanden innan brandgaslagret gör det. Kriteriet för kritiska förhållanden till följd av strålning är 2,5 kW/m<sup>2</sup>, detta uppnås inte på grund av de låga temperaturerna i brandgaslagret.

**Sikten:** Sikten i rum 1 och 2 i korridoren kommer att understiga 10 meter efter ungefär 16 minuter. Det är längre än den tid som ges av brandgaslagretshöjd. Det antas att då sikten i rum 1 (figur 7.2.2) är kritiskt så råder kritiska förhållande i hela korridoren.

Slutsatsen av ovanstående resonemang kan vara att brandgaslagrets höjd bör ses som dimensionerande för kritiska förhållanden i korridoren. Men det kan dock diskuteras om giltigheten är god på grund att temperaturen i det övre brandgaslagret är så låg. Det kommer inte finnas tillräckligt med termisk stigningskraft i brandgaserna för att ett brandgaslager skall bildas i korridoren. Istället kommer hela korridoren vara fylld med kalla brandgaser från golv till tak. Om brandgaserna är toxiska är det möjligt att det kommer att bli kritiskt tidigare. Toxiciteten beror på vad som brinner och är i stort sett omöjlig att förutsäga.

Därför bör sikten ses som dimensionerande. Kritiska förhållanden inträffar då efter 16 minuter (graf 7.2.4).

Riktigheten av indatan till simuleringarna i FAST har bekräftats med handberäkningar (bilaga 6 och bilaga 7). Några valideringar av siktberäkningarna har inte gjorts men här hänvisas till Hultquist, H.<sup>26</sup>.

För att prova känsligheten för dom ingående parametrarna har dessa varierats för att se vilka som är dominerande. I detta scenario har effekten och fönsteröppningarna varierats (bilaga 2 och bilaga 3).

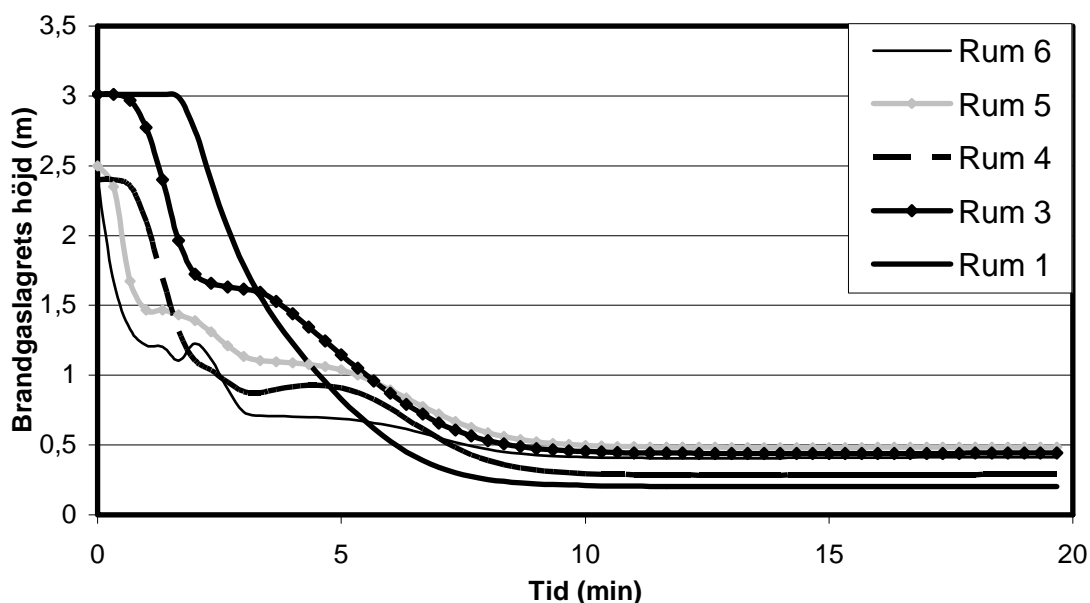
---

<sup>26</sup> Hultquist, H. (2000) "Simulating visibility in HAZARD I/CFast" Report 7010. Brandteknik. Lunds tekniska högskola. Lund

Scenario 2b

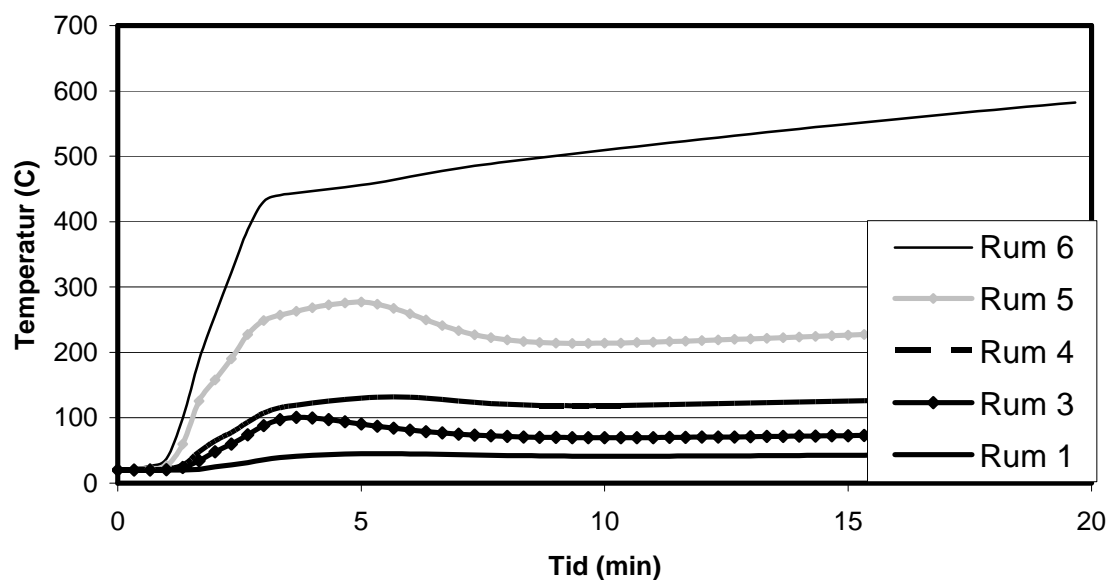
Till en början liknar detta scenario det förra. Fönstret går sönder vid ungefär samma tid som i scenario 2a men någon övertändning sker inte enligt FAST. När brandgaserna når hallen, har dom möjligheten att sprida sig till korridoren genom den öppna dörren. Det medför att förhållandena för utrymning genom korridoren försämras snabbt.

**Brandgaslagrets höjd**

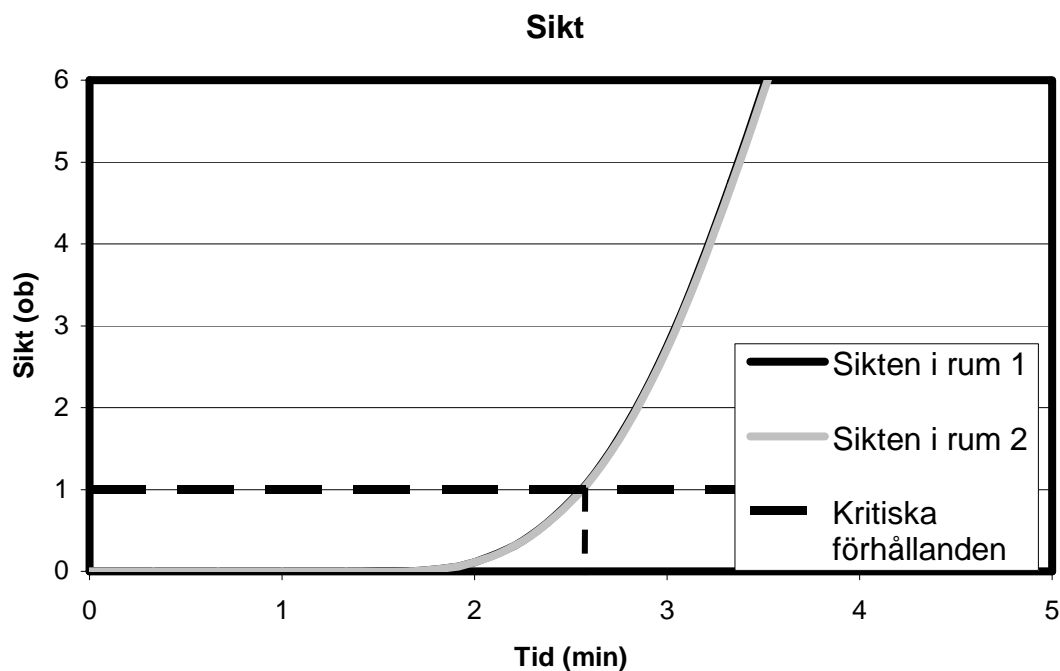


Graf 7.2.5 Brandgaslagrets höjd

**Temperaturen i det övre brandgaslaget**



Graf 7.2.6 Brandgaslagret temperatur



Graf 7.2.7 Siktbarhet i korridoren

**Brandgaslagrets höjd:** I korridoren (rum 1) har brandgaslagret sjunkit till en kritisk nivå på knappt tre minuter (graf 7.2.5).

**Temperaturen:** Den temperatur som definieras för kritiskt förhållande är 80°C i undre brandgaslagret. En så hög temperatur nås aldrig i det undre brandgaslagret i korridoren (graf 7.2.6).

**Strålning:** Inte heller strålningen ger kritiska förhållanden innan brandgaslagret gör det av samma andledning som i scenario 2a.

**Sikten:** Sikten i rum 1 och 2 i korridoren kommer att understiga 10 meter efter ungefär 2 minuter och 40 sekunder (graf 7.2.7).

Chansen att ett brandgaslager kommer att bildas i ändarna av korridoren i detta scenario är tveksamt, det betyder att brandgaserna kommer att blandas i hela volymen. Därför kommer siktnefsättningen vara relevant för hela volymen. Kontentan av detta resonemang är att sikten bör ses som dimensionerande för kritiska förhållanden även i detta scenario. Kritiska förhållanden inträffar efter cirka 2 minuter och 40 sekunder.

Riktigheten av indatan till dessa simuleringar i FAST har bekräftats med handberäkningar (bilaga 6 och bilaga 7). Några valideringar av siktberäkningarna har inte gjorts men här hänvisas till Hultquist, H.<sup>27</sup>.

För att prova känsligheten för dom ingående parametrarna har dessa varierats för att se vilka som är dominerande. I detta scenario har effekten varierats (bilaga 2 och 3).

<sup>27</sup> Hultquist, H. (2000) "Simulating visibility in HAZARD I/CFast" Report 7010. Brandteknik. Lunds tekniska högskola. Lund

### 7.3 Scenario 3: Brand i korridor plan 4



Bild 7.3.1 Fåtölj i korridor



Figur 7.3.1 Ritning över plan 4

Rum 5	Rum 4	Rum 3	Rum 2	Rum 1
-------	-------	-------	-------	-------

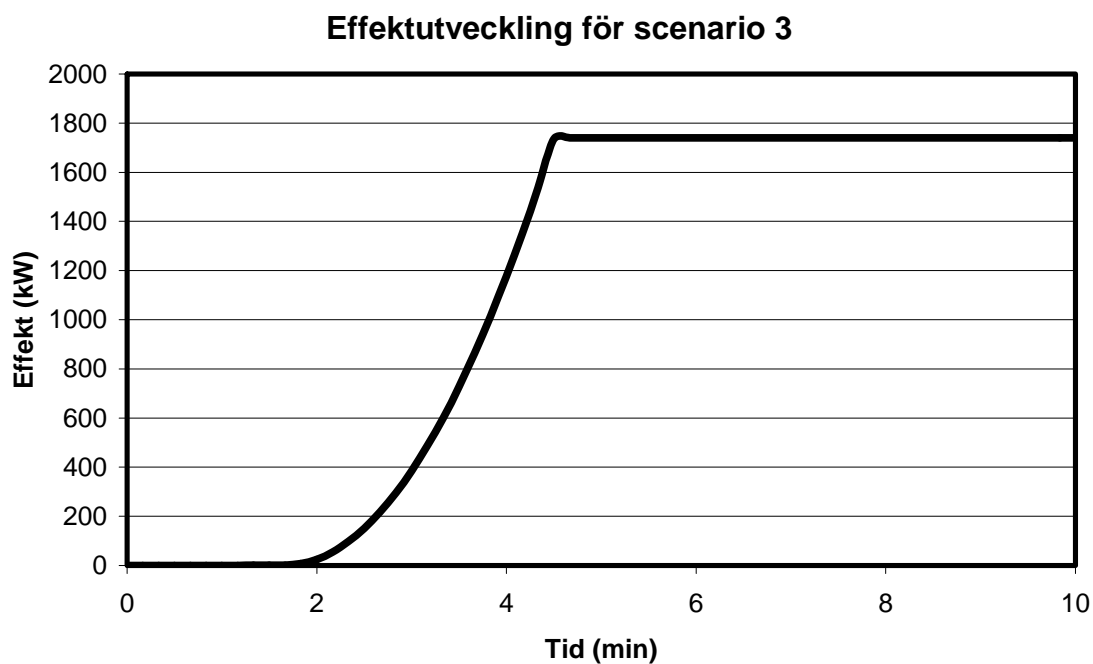
Figur 7.3.2 En bild av den geometriska beskrivningen i FAST, rum 1 är brandrummet

För att bedöma utrymningsmöjligheterna från lägenheterna om det börjar brinna i en korridor så har korridoren på plan 4 valts som dimensionerande brandrum. Dimensionerande brand är en fåtölj (bild 7.3.1), som tändkälla antas fel i elektrisk apparat eller glömt stearinljus. Brandeffekten är tagen från *Initial fires*<sup>28</sup>. Effektkurvan har modifierats på ett sådant sätt att antändningskällan antas ge en förbrinntid på två minuter innan tillväxtfasen börjar på grund av antändningskällans låga effekt. Med en högre effekt på antändningskällan blir förbrinntiden kortare. Effekttutvecklingen blir konstant när maximala effekten för fåtöljen uppnås (graf 7.3.1).

Rummets dimensioner återfinns i bilaga 1 och planritning över lägenheten enligt figur 7.3.1. I figur 7.3.2 återges korridorens geometri som den har simulerats i FAST. Rum 1 är brandrummet.

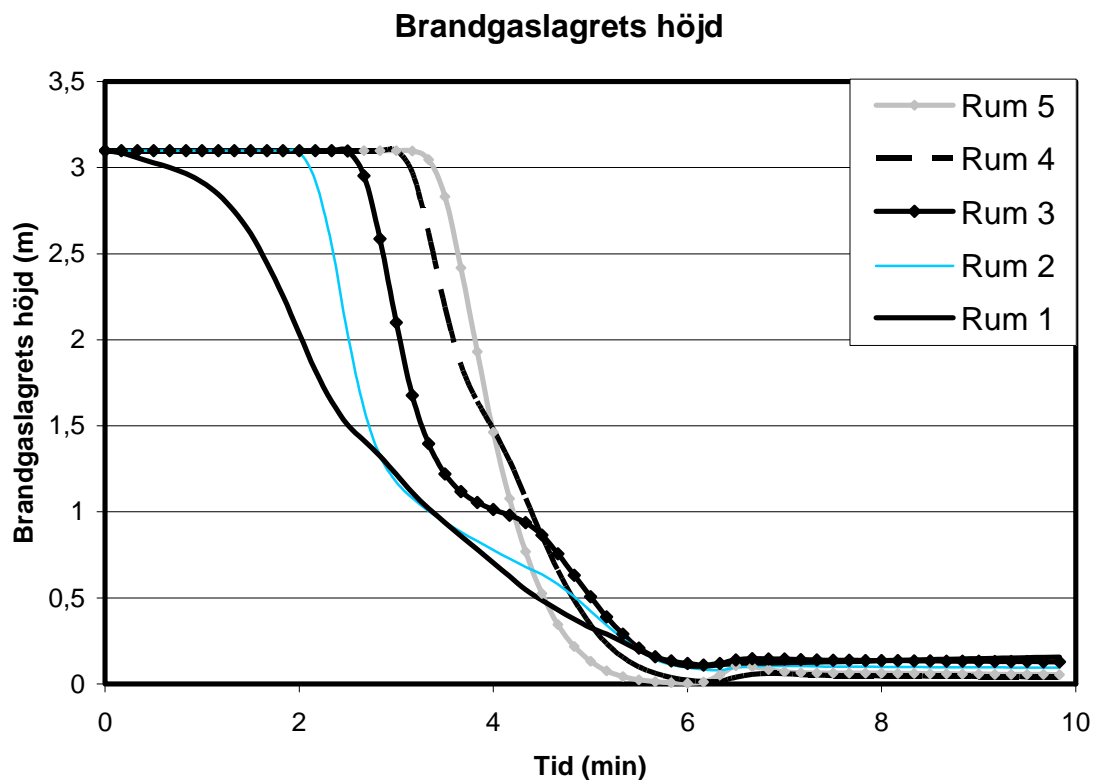
För att prova känsligheten för dom ingående parametrarna har dessa varierats för att se vilka som är dominerande. I detta scenario har effekten varierats (bilaga 2).

<sup>28</sup> Särndqvist S. (1993) "Initial fires", LTH, ISSN 1102-8246



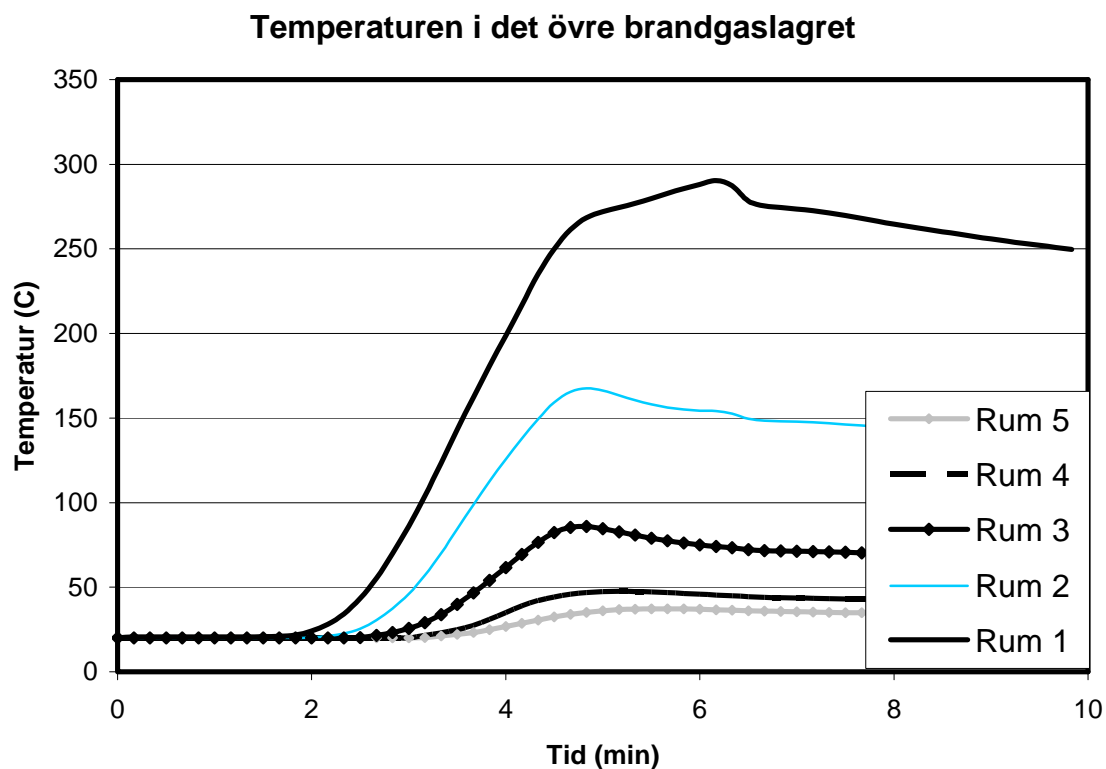
Graf 7.3.1 Effektutveckling<sup>29</sup> i scenario 3

Resultat av simuleringar

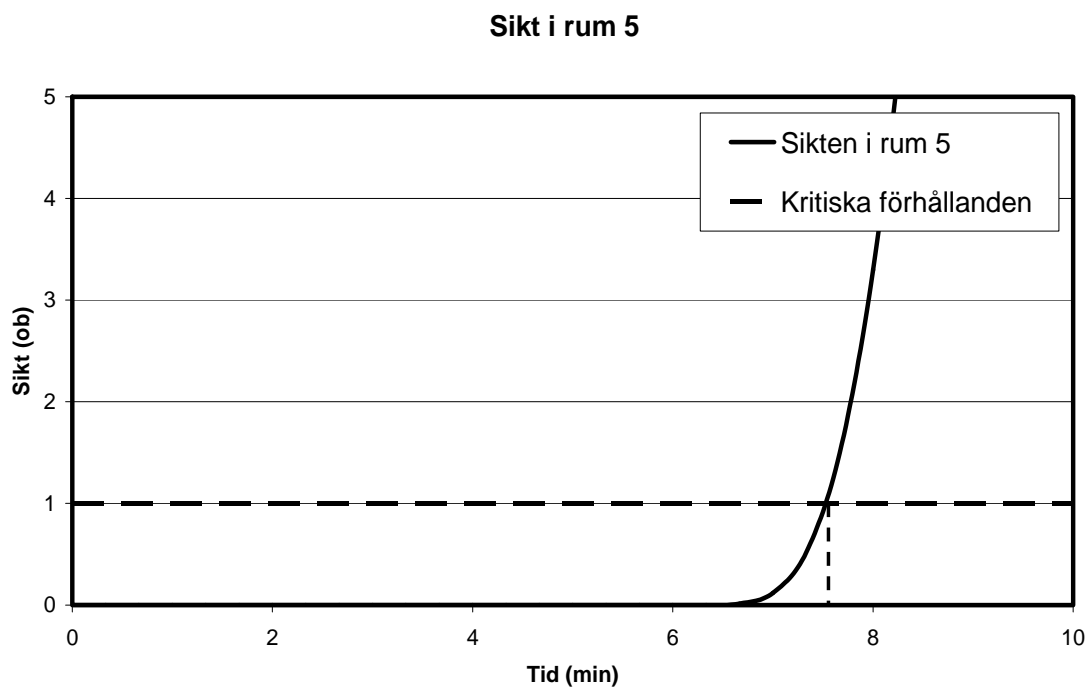


Graf 7.3.2 Brandgaslagrets höjd

<sup>29</sup> Särndqvist S. (1993) "Initial fires", LTH, ISSN 1102-8246



Graf 7.3.3 Brandgaslagrets temperatur



Graf 7.3.4 Siktbarhet i korridoren

**Brandgaslagrets höjd:** Brandgaslagrets höjd i berörda delar av byggnaden återfinns i graf 7.3.2. Efter cirka två minuter har brandgaslagret sjunkit till 1,9 meter över golvet i brandrummet. Tiden till kritiska förhållanden i brandrummet är under två minuter det vill säga när brandgaslagret sjunkit till en höjd av 1,9 meter över golvet enligt graf 7.3.2. Det är tveklöst om en tvåzonsskiktning kommer att ske då temperaturen i brandgaslagret är mycket låg längst bort i korridoren.

**Temperaturen:** Nio minuter efter att brandgaslagrets höjd blivit dimensionerande för kritiska förhållanden, når temperaturen definitionen för kritiska förhållanden i brandrummet.

**Strålning:** Inte heller strålningen ger kritiska förhållanden innan brandgaslagret gör det. Kriteriet för kritiska förhållanden till följd av strålning är  $2,5 \text{ kW/m}^2$ , detta uppnås inte på grund av de låga temperaturerna i brandgaslagret.

**Sikten:** Eftersom brandgastemperaturen längst bort från branden är låg, är det inte troligt att en tvåzonsskiktning kommer att ske. Därför har sikten i detta rum tagits fram. Det visar sig att kritiska förhållanden uppstår efter drygt sju och en halv minut enligt graf 7.3.4.

Av ovanstående kriterier för kritiska förhållanden anses brandgaslagrets höjd vara dimensionerande, för detta kriteriet uppfylls tidigast. Men på grund av den låga temperaturdifferansen så kommer sannolikt inte ett brandgaslager att bildas.

Kontentan av resonemanget är att sikten bör ses som dimensionerande för kritiska förhållanden. Temperaturen och strålningen följer gaslagret men på grund av dom stora volymerna kyls brandgaserna så mycket att dom inte ger kritiska temperaturer. Kritiska förhållanden uppstår då efter 7 minuter och 30 sekunder.

Riktigheten av indatan till dessa simuleringar i FAST har bekräftats med handberäkningar (bilaga 6 och bilaga 7). Några valideringar av siktberäkningarna har inte gjorts men här hänvisas till Hultquist, H<sup>30</sup>.

För att prova känsligheten för dom ingående parametrarna har dessa varierats för att se vilka som är dominerande (bilaga 2).

Brandgaslagrets höjd och brandgaslagrets temperatur är okänslig för olika effektutvecklingar som varierats med 80 % och 120 % av ursprungliga. Öppningarna har simulerats med 2-5% läckagearea med dörrarna öppna i korridoren.

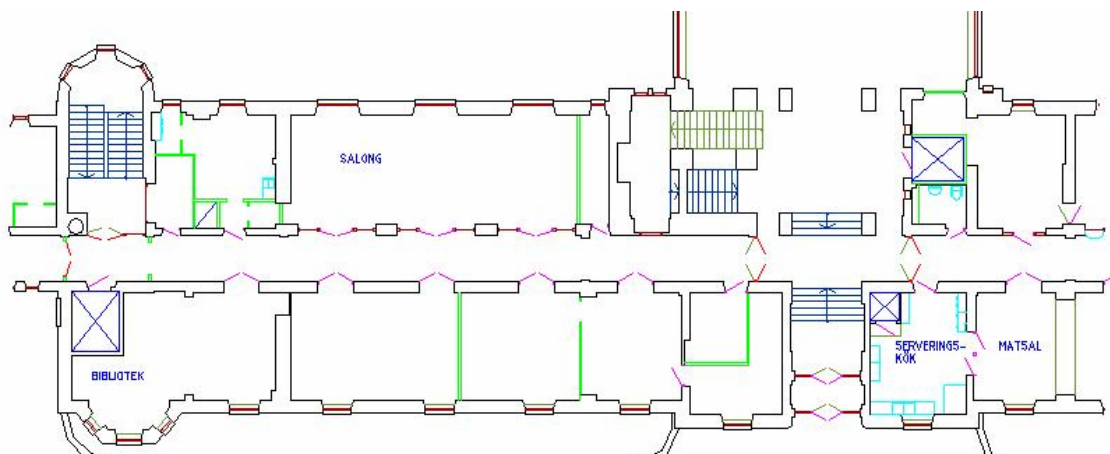
---

<sup>30</sup> Hultquist, H. (2000) "Simulating visibility in HAZARD I/CFast" Report 7010. Brandteknik. Lunds tekniska högskola. Lund

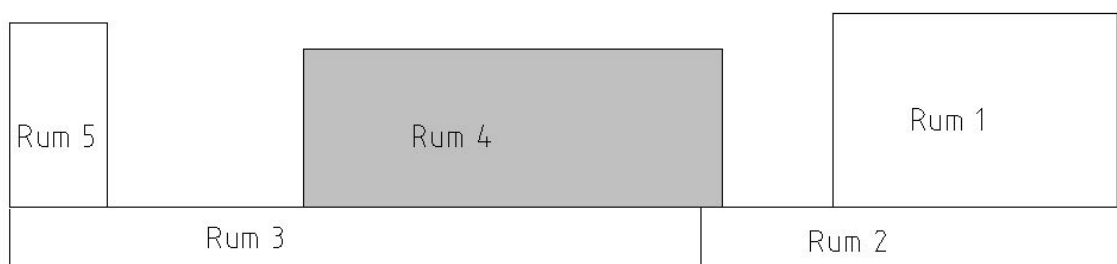
## 7.4 Scenario 4: Brand i salongen Plan 2



Bild 7.4.1 Salongen



Figur 7.4.1 Ritning över plan 2, salongen är brandrummet



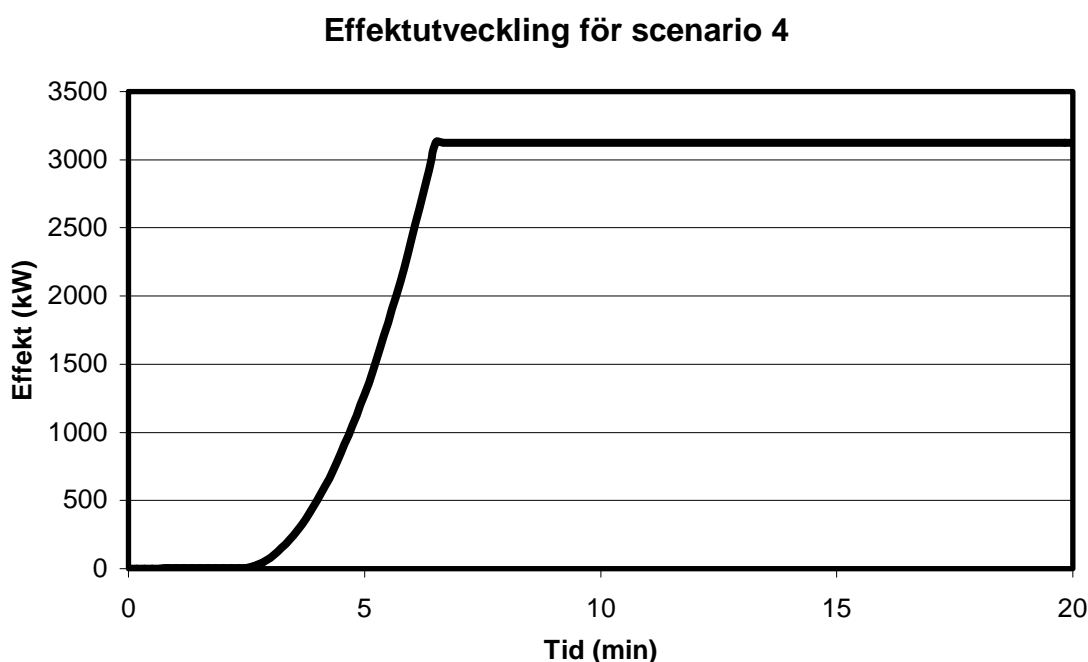
Figur 7.4.2 En bild av den geometriska beskrivningen i FAST, rum 4 är brandrummet



För att bedöma utrymningsmöjligheterna med endast ett trapphus tillgängligt har salongen på entréplan valts som dimensionerande brandrum. Dimensionerande brand blir en soffa som antänder ytterligare en soffa och ett soffbord. Som tändkälla antas fel i elektrisk apparat eller glömt stearinljus. Valet av tändkällan styrks av statistik från SRV<sup>31</sup>. Brandeffekten är tagen från Särdaqvists *Initial fires*<sup>32</sup>. Effektkurvan har modifierats på ett sådant sätt att antändningskällan antas ge en förbrinntid på tre minuter innan tillväxtfasen börjar på grund av antändningskällans låga effekt (graf 7.4.2). Med en högre effekt på antändningskällan blir förbrinntiden kortare. Effekttutvecklingen blir konstant när maximala effekten för soffan uppnås, då antändning av närliggande föremål antas ske

Rummets dimensioner återfinns i bilaga 1 och planritning över lägenheten enligt figur 7.4.1. I figur 7.4.2 återges korridorens geometri som den har simulerats i FAST. Rum 4 är brandrummet.

För att verifiera effektvärdena har dessa jämförts mot soffor från NIST's hemsida<sup>33</sup> och värdena som ligger inlagda i FAST. Rummets geometriska utformning och försöksuppställning återfinns i bilaga 1.



Graf 7.4.1 Effekttutveckling i scenario 4

---

<sup>31</sup> Räddningsverket (2002) Räddningstjänst i Siffror 02, ISBN- 91-7253-201-7

<sup>32</sup> Särdaqvist S. (1993) "Initial fires", LTH, ISSN 1102-8246

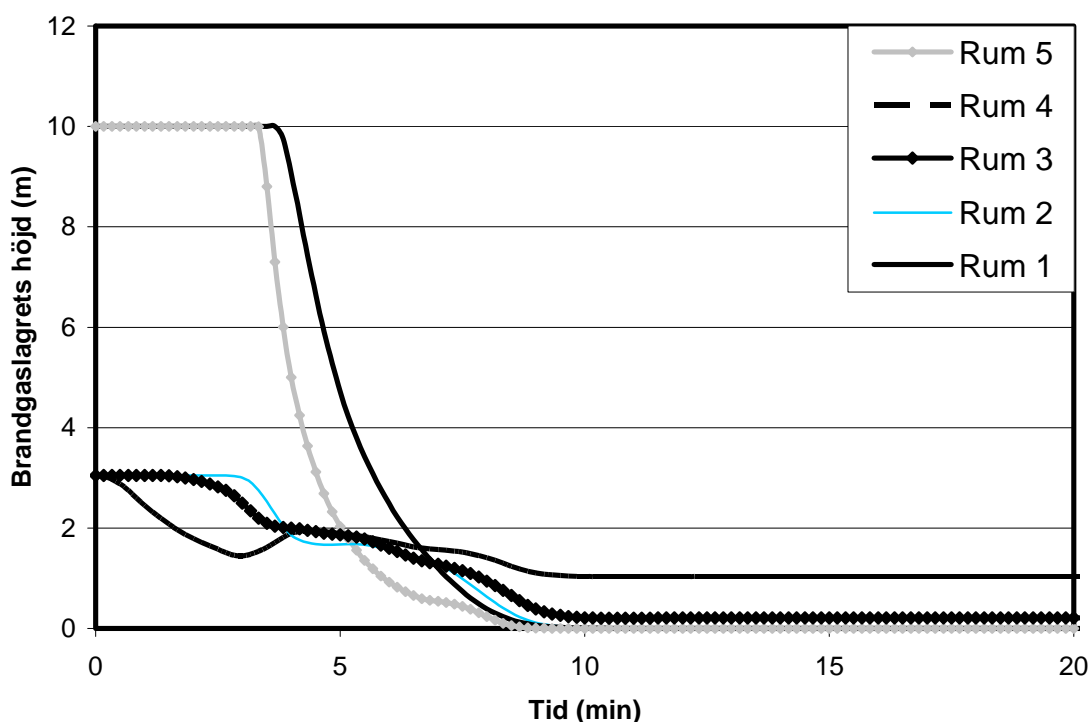
<sup>33</sup> www.fire.nist.gov. NIST. Fire scenarios. 2003-10-07

## Resultat av simuleringar

Tvåzonsmodellen FAST har använts vid simuleringarna av förhållandena vid brand, för att verifiera dessa resultat har handberäkningar utförts på brandrummet. Brandgaslagrets höjd i berörda delar av byggnaden återfinns i graf 7.4.2. Tveksamheter om giltigheten bör iakttagas då temperaturen i trapphusen ligger på gränsen för att gaserna ha någon termisk stigningskraft. Utom tvekel är dock att trapphusen är tillräckligt rökfyllda för att omintetgöra en säker utrymning.

En kvalitativ bedömning av brandförloppet ger att personalen har cirka två minuter att ingripa, innan branden är så stor att det inte går att komma tillräckligt nära för att släcka med en handbrandsläckare eftersom temperaturen och effekten är låga enligt FAST. Tiden tills räddningstjänstens insats påbörjats har bedömts till 15 minuter. Denna tid räcker för en antändning av bjälklaget plan 3 (scenario 1, kapitel 7.1). Där kommer dessa att ge brandspridning och det är möjligt att räddningstjänsten inte klarar att lokalisera dessa små bränder på grund av blindbotten i våningsplanen (kapitel 4). Detta kan jämföras med gamla Folketshuset i Luleå där det började brinna i ett restaurangkök<sup>34</sup>. Räddningstjänsten var snabbt på plats (100m från stationen) den synliga branden släcktes snabbt. Räddningstjänsten kunde inte lokalisera alla småbränder som rökspridningen gett upphov till. Efter ett halvt dygn stod hela byggnaden i brand.

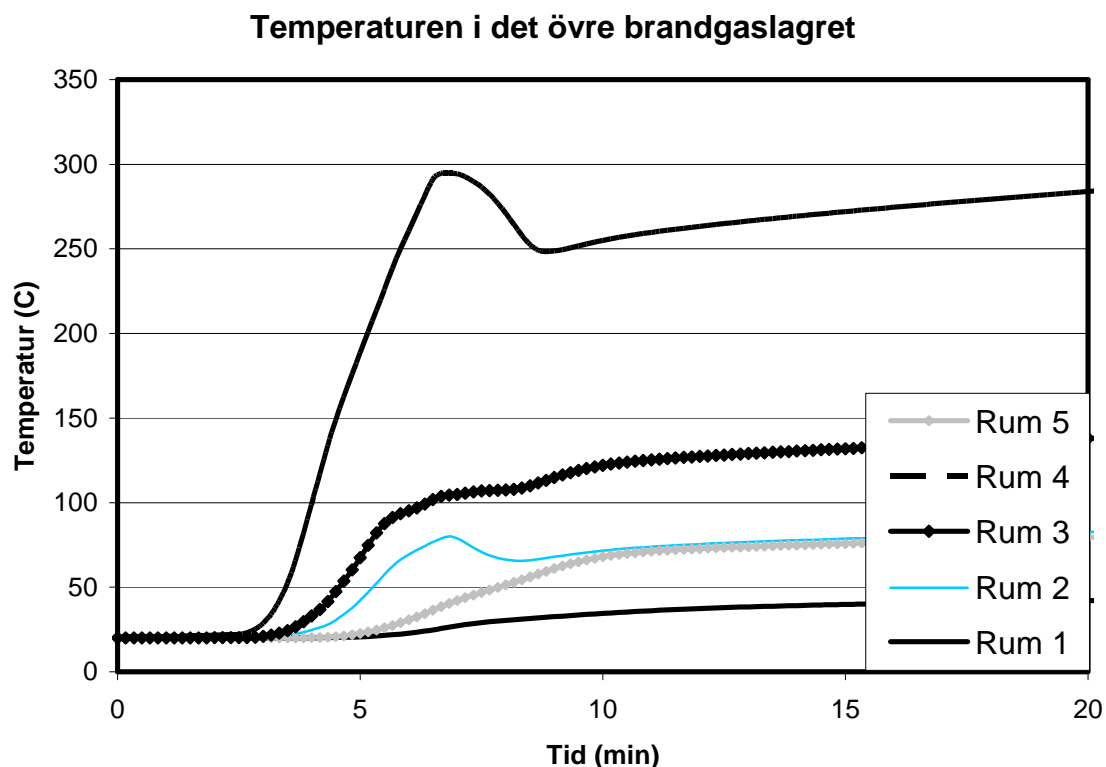
## Brandgaslagrets höjd



Graf 7.4.2 Brandgaslagrets höjd

**Brandgaslagrets höjd:** Tiden till kritiska förhållanden i salongen är under en minut dvs. när brandgaslaget sjunkit till en höjd av 1,9 meter över golvet. Tiden till kritiska förhållanden i korridorerna ligger runt fyra minuter se graf 7.4.2.

<sup>34</sup> Bylin P. Räddningschef. Räddningstjänsten Luleå, 2003-10-15



Graf 7.4.3 Brandgaslagrets temperatur

**Temperaturen:** Efter 13 minuter når temperaturen definitionen för kritiska förhållanden i brandrummet.

**Strålning:** Inte heller strålningen ger kritiska förhållanden innan brandgaslagret gör det. Kriteriet för kritiska förhållanden till följd av strålning är  $2,5 \text{ kW/m}^2$ , detta uppnås inte på grund av de låga temperaturerna i brandgaslagret.

Eftersom inga utrymningsberäkningar ska göras på detta scenario, har inte sikten för något rum här tagits fram.

Riktigheten av indatan till dessa simuleringar i FAST har bekräftats med handberäkningar (bilaga 6 och bilaga 7).

För att prova känsligheten för dom ingående parametrarna har dessa varierats för att se vilka som är dominerande. För att nå en övertändning i salongen krävs en effekt på  $8,0 \text{ MW}$ , en fullt rimlig brand i detta rum med tanke på inventarierna. Effekten har varierats mellan  $4,5 \text{ MW}$  och  $8 \text{ MW}$  i känslighetsanalysen (bilaga 2). Vid simuleringarna har det antagits att glaspartierna går i sönder vid ca  $250^\circ \text{C}$ .



## 8 Utrymningsberäkningar

### 8.1 Varseblivningstid

Varseblivningstiden kan beskrivas som den tid som förflyter från att fara uppstår tills att personen blir medveten om faran, beskrivet i kapitel 5.2. Medvetenheten kan ske genom att brandlarmet aktiveras eller att någon människa upptäcker branden i ett tidigare skede och gör personerna i sin omgivning varse om faran. Det går dock inte att förlita sig på att personal eller någon boende på Danvikshemmet skall upptäcka faran i alla lägen. Därför görs det konservativa antagandet att varseblivningstiden är den tid det tar för en detektor att aktivera.

Tiden till detektoraktivering har på grund av effektutvecklingarna utseende beräknats med hjälp av datorprogrammet DETACT-QS (bilaga 4). De intressantaste scenarierna för utrymning är scenario 2 och 3 eftersom utrymningsvägarna från lägenheterna blir rökfyllda. Därför beräknas detektoraktiveringen för dessa två scenarier.

Scenario	Tid till detektoraktivering (s)	Avstånd brand – detektor (m)
2	55,0	3
3	136,2	7

Tabell 8.1.1 Tid till detektoraktivering

Skillnaderna mellan scenarierna är så stora framförallt på grund av att avstånden till detektorerna är olika och att effektutvecklingarna är olika. Det är framförallt det längre avståndet till detektorn i scenario 3 som bidrar till den betydligt längre tiden. För mer ingående information om simuleringarna (bilaga 4).

### 8.2 Reaktions- och beslutstid

Reaktions- och beslutstiden är den tid som åtgår efter att faran upptäckts och att förflyttning mot utgång påbörjas. Denna tid är väldigt svår att bestämma eftersom den beror av väldigt många faktorer (kapitel 5.2).

För att hitta reaktions- och beslutstid kan två olika sätt användas. Genom att genomföra praktiska fullskaleförsök kan ett mått på reaktions- och beslutstiden fås. Men det är svårt att genomföra och väldigt resurskrävande. Det är då enklare att försöka uppskatta tiden, detta medför dock till att resultatet kan bli missvisande om inte tillräcklig grund finns. Den senare metoden har använts i detta projekt.

För att kunna få fram en besluts och reaktionstid för praktisk dimensionering har en Delphiundersökning<sup>28</sup> nyligen utförts. En Delphiundersökning baseras på bedömningar från en panel med experter som är anonyma gentemot varandra. Undersökningen är skriftlig och då Delphiledaren har sammanställt materialet skickas det åter till panelen som då ges möjligheten att revidera sin tidigare skattning mot bakgrund av panelens gemensamma värdering. I den aktuella panelen fanns 21 stycken brandingenjörer som var utspridda över hela Sverige. I undersökningen erhöles följande resultat för besluts- och reaktionstiden för vårdpersonal<sup>35</sup>.

- 2 minuter vid enkla korridorer
- 3 minuter vid dubbla (parallella) korridorer

Eftersom det enligt uppgift från personalen<sup>36</sup> på Danvikshem finns två personal nattetid har gemensamt ansvar för plan 5 och 6 därför antas de motsvara dubbla korridorer.

<sup>35</sup> Frantzich, H. (2001) "Tid för utrymning vid brand" Räddningsverket. Karlstad

<sup>36</sup> Personal Danvikshem. Danvikshem. Nacka. 2003-09-18

### 8.3 Förflyttningstid

Består av två delar, den tid det tar att gå till säker plats och den tid det tar att passera ut genom dörren till säker plats, som beskrivet i kapitel 5.3.

För att simulera förflyttningstiden på Danvikshem har datorprogrammet ERM (Escape and Rescue Model) använts (bilaga 4). ERM lämpar sig bra för Danvikshem på grund av förmågan hos programmet att kunna simulera olika former av hjälpbehov som de boende kan ha vid utrymning. Eftersom det inte finns några brandtekniskt avskiljande väggar inom varje plan så antages trapphuset och flyglarna att vara säker plats, detta kanske inte är helt riktigt men bedömningen gjordes att tillräckligt med tid finns för att kunna utrymma säkert vidare genom byggnaden.

Den sluttid som erhålls ur ERM är den tid det tar från att personalen hör larmet till dess att samtliga boende och personal befinner sig på den säkra platsen. I ERM har även personalens reaktions- och beslutstid lagts in. Det skall också poängteras att simuleringarna utfördes utifrån att personalen inte fick någon hjälp med att utrymma av räddningstjänst.

Simuleringar för utrymning med ERM har gjorts för scenario 2 och 3 på plan 5 respektive 4 eftersom syftet med dessa scenarier är att se på utrymning. På plan 5 finns 11 boende och 6 personal dagtid, natttid finns där 2 personal (dock fördelade på både plan 6 och 7). På plan 4 finns det 18 boende och 6 personal dagtid, natttid finns 2 personal<sup>37</sup>. På grund av ERM:s begränsningar kan enbart ett plan simuleras då antalet noder blir begränsande (bilaga 4).

Tolv olika utrymningsförlopp simulerades för brandscenario 2 och 3 där natt/dagtid, antalet utrymningsvägar, antal personal samt reaktions- och beslutstiden hos personalen varierades. För ytterligare information om simuleringar, prioriteter och hjälpbehov som valts åt de boende se bilaga 9.

### 8.4 Evakueringstid

För att kunna ta reda på om de totala evakueringstiderna (d.v.s. varseblivningstid, reaktions- och beslutstid samt förflyttningstid) är tillräckliga för att sätta de boende och personalen i säkerhet måste en jämförelse göras med tiden till dess att kritiska förhållanden uppnås. Det som gäller är att:

$$t_{\text{ekv}} < t_{\text{krit}}$$

Det vill säga den total evakueringstiden ska vara mindre än tiden till kritiska förhållanden.

Den tid till kritiska förhållanden som valts för jämförelse gäller det utrymme som ligger i direkt anslutning till den utrymningsväg som ligger i korridorrens västra ände, vilket kan sägas motsvara när kritiska förhållanden uppstått i hela korridoren.

Som beskrivits i kapitel 7 kan tiden till kritiska förhållanden definieras på fyra olika sätt. Då kritiska förhållanden uppnås fortast på grund av sikten i samtliga scenario så används det som dimensionerande.

---

<sup>37</sup> Besök Danvikshem, *Samtal med personal*, 2003-09-18

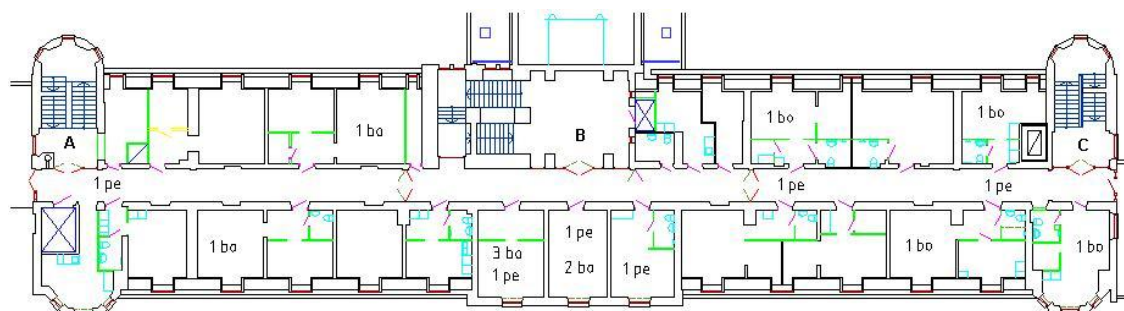
## 8.5 Total evakueringstid scenario 2

I följande tabell redovisas den totala evakueringstiden till säker plats för plan 5.

Utrymningsscenario	Plan	Övrigt	Resultat (minuter)	
			Dag	Natt
1	5	-	7,5	19,5
2	5	Mitten trapphus (B) rökfyllt	8	19,5
3	5	Beslut och reaktionstiden en minut kortare än utrymningsscenario 1	5,5	15,5
4	5	Plus 3 personal efter 60 sekunder	7,5	11,5
5	5	Västra trapphuset (A) rökfyllt	7,5	19,5
6	5	Både västra och mitten trapphusen (A+B) rökfyllda	8	18,5

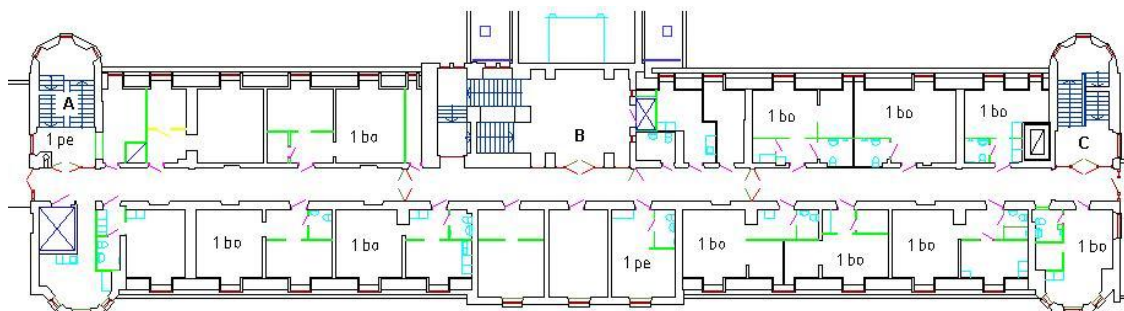
Tabell 8.5.1 Utrymningsscenario 1 är "base case" d.v.s. så som det ser ut idag enligt uppgift<sup>23</sup> (bilaga 9). Antal minuter har avrundats.

De elva boende och sex personal dagtid placerades ut i ERM enligt figur 8.5.1. Personerna har placerats ut slumpmässigt, detta på grund av att det är svårt att förutsäga var de befinner sig dagtid. De säkra platserna till vilka utrymningen sker i simuleringen är markerade A, B och C.



Figur 8.5.1 Uppställning i ERM för plan 5 dagtid. I figuren står bo för boende och pe för personal.

De elva boende och två personal nattetid placerades ut i ERM enligt figur 8.5.2. Personerna har placerats ut som en i varje rum, detta på grund av att de förutsätts befinna sig på sina rum under natten. De säkra platserna till vilka utrymningen sker i simuleringen är markerade A, B och C.

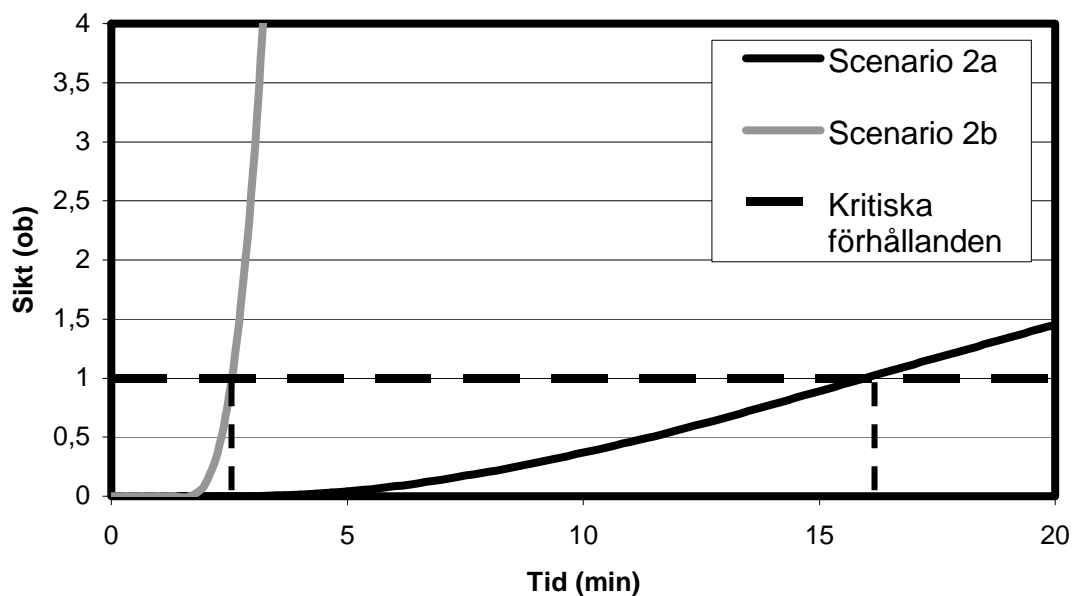


Figur 8.5.2 Uppställning i ERM plan 5 nattetid. I figuren står bo för boende och pe för personal.

### Sammanfattning och diskussion av resultatet

De kritiska förhållandena för brandscenario 2b uppnås givetvis fortare eftersom dörren från brandrummet är öppen mot korridoren. Då det inte kommer att vara speciellt varmt i korridorens borte del kommer brandgaserna att blandas och ge tämligen homogena sikt förhållanden. Därför används sikten här som dimensionerande för kritiska förhållanden.

#### Sikten i rum 1



Graf 8.5.1 Sikten i rum 1 plan 5. De kritiska förhållandena uppnås efter cirka 16 min i brandscenario 2a och efter cirka 2 min och 40 s i brandscenario 2b.

#### Utrymning av plan 5 dagtid

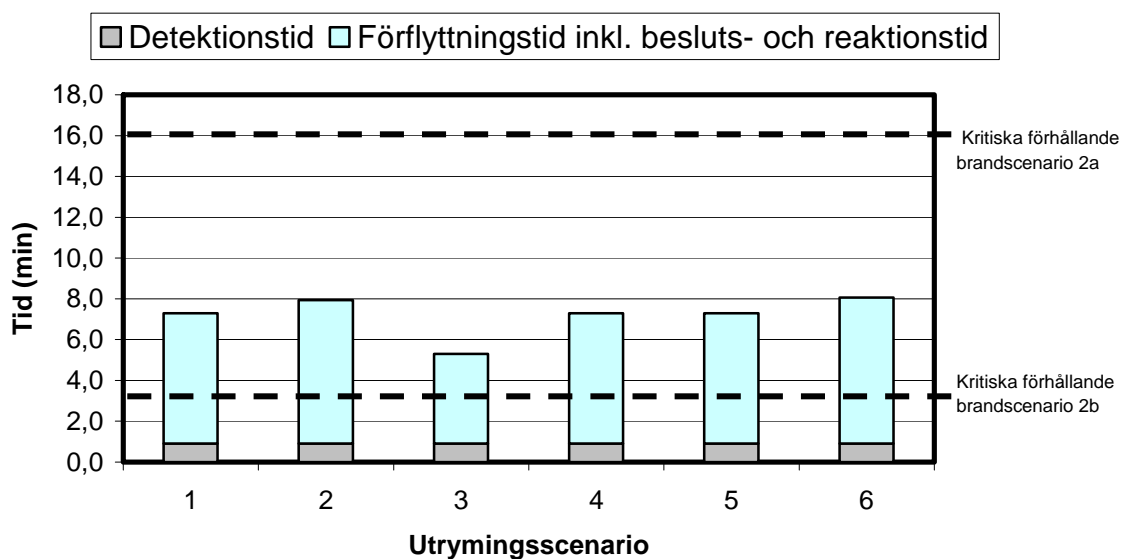


Diagram 8.5.1 Jämförelse mellan varseblivningstid, reaktions- och beslutstid och förflyttningstid dagtid.



Som fortast kan utrymningen ske från plan 5 på 5 minuter och 18 sekunder. Detta är under dagtid och under hypotesen att personalen enbart skulle ha en besluts- och reaktionstid på en minut, vilket det inte finns några fakta som styrker. För övrigt kan plan 5 utrymmas med god marginal under dagtid för samtliga av de olika utrymningsscenarierna då brandscenario 2a studeras. Detta visar på att genom att hålla dörren till brandrummet stängd kommer planet antagligen kunna utrymmas.

Vid brandscenario 2b under dagtid uppnås kritiska förhållanden långt innan utrymningen av plan 5 är färdig. Utrymningsscenario 3 ligger bäst till men lyckas inte utrymma förrän drygt två och en halv minut efter att kritiska förhållanden har uppstått. De andra fem utrymningsscenarierna tar ytterligare längre tid vilket inte är acceptabelt.

En intressant aspekt är att utrymningen i detta fall inte påskyndas med mer personal, eftersom det inte är personalen som är begränsande utan den hastigheten som de boende röra sig. Denna slutsats kan dras genom att jämföra utrymningsscenarier 1 och 4. En bedömning av exakt hur många personal som behövs går inte att göra på grund av ERM:s begränsningar (bilaga 4).

### Utrymning av plan 5 natt

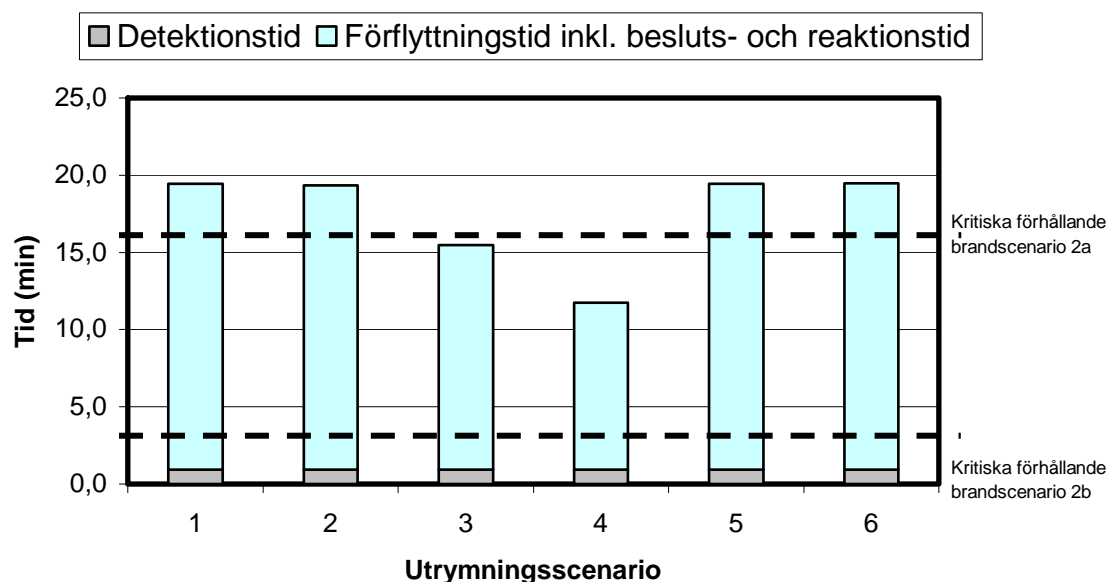


Diagram 8.5.2 Jämförelse mellan varseblivningstid, reaktions- och beslutstid och förflyttningstid nattetid.

Vad utrymning under natten beträffar så kommer utrymningen enbart vara klar i vid två av utrymningsscenarierna innan kritiska förhållanden inträffar. Det är om tre extra personal anländer en minut efter de två ordinarie i nattpersonalen och om personalen enbart skulle ha en besluts- och reaktionstid på en minut då kommer utrymning kunna ske vid brandscenario 2a.

De övriga utrymningsscenarierna visar på längre utrymningstider och ytterligare ännu längre då brandscenario 2b betraktas. Kritiska förhållanden inträffa då flera minuter innan planet är utrymt. Detta är givetvis inte acceptabelt. Värt att notera är dock att mer personal och kortare reaktions- och beslutstid ger en betydligt kortare total utrymningstid under natten.

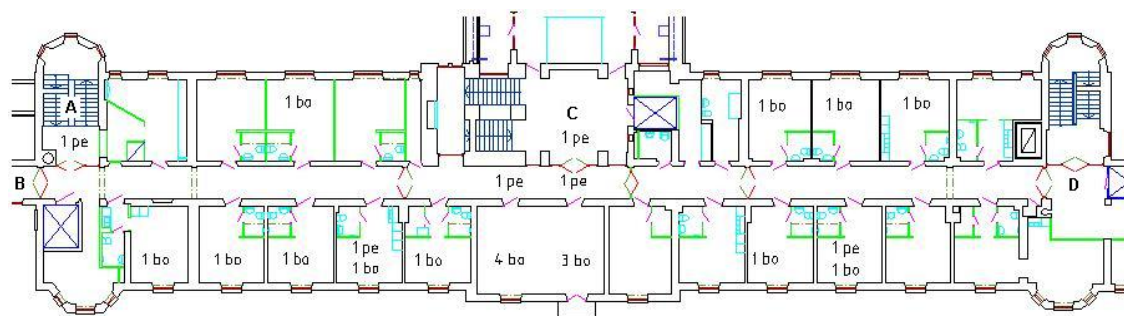
## 8.6 Total evakueringstid scenario 3

I följande tabell redovisas den totala evakueringstiden.

Utrymningsscenario	Plan	Övrigt	Resultat (minuter)	
			Dag	Natt
1	4	-	12	31
2	4	Mitten trapphus (C) rökfyllt	13	31
3	4	Beslut och reaktionstiden en minut kortare än utrymningsscenario 1	9	25
4	4	Plus 3 personal efter 60 sekunder	9,5	16
5	4	Östra trapphuset rökfyllt	12	31
6	4	Både mitten och östra trapphusen (C+D) rökfyllda	12,5	34,5

Tabell 8.6.1 Utrymningsscenario 1 är "base case" d.v.s. så som det ser ut idag enligt uppgift<sup>38</sup> (bilaga 9). Antalet minuter har avrundats.

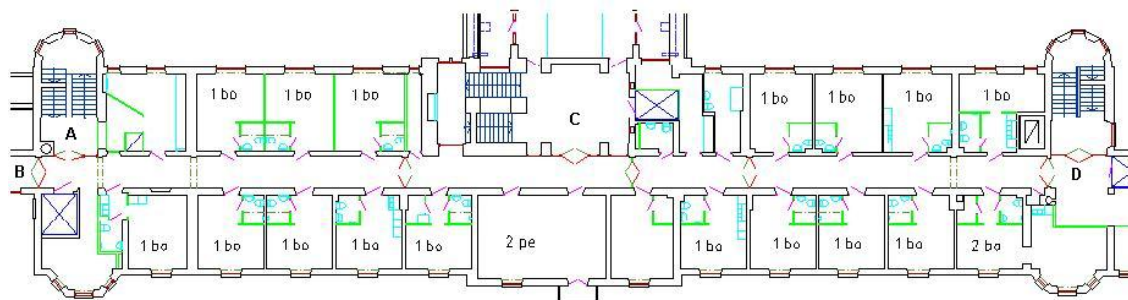
De arton boende och sex personal dagtid placerades ut i ERM enligt figur 8.6.1. Personerna har placerats ut slumpmässigt, detta på grund av att det är svårt att förutsäga var de befinner sig dagtid. De säkra platserna till vilka utrymningen sker i simuleringen är markerade A, B, C och D.



Figur 8.6.1 Uppställning i ERM för plan 4 dagtid. I figuren står be för boende och pe för personal.

De arton boende och två personal nattetid placerades ut i ERM enligt figur 8.6.2. Personerna har placerats ut som en i varje rum, detta på grund av att de förutsätts befinna sig på sina rum under natten. De säkra platserna till vilka utrymningen sker i simuleringen är markerade A, B, C och D.

<sup>38</sup> Personal Danvikshem. Danvikshem. Nacka. 2003-09-18

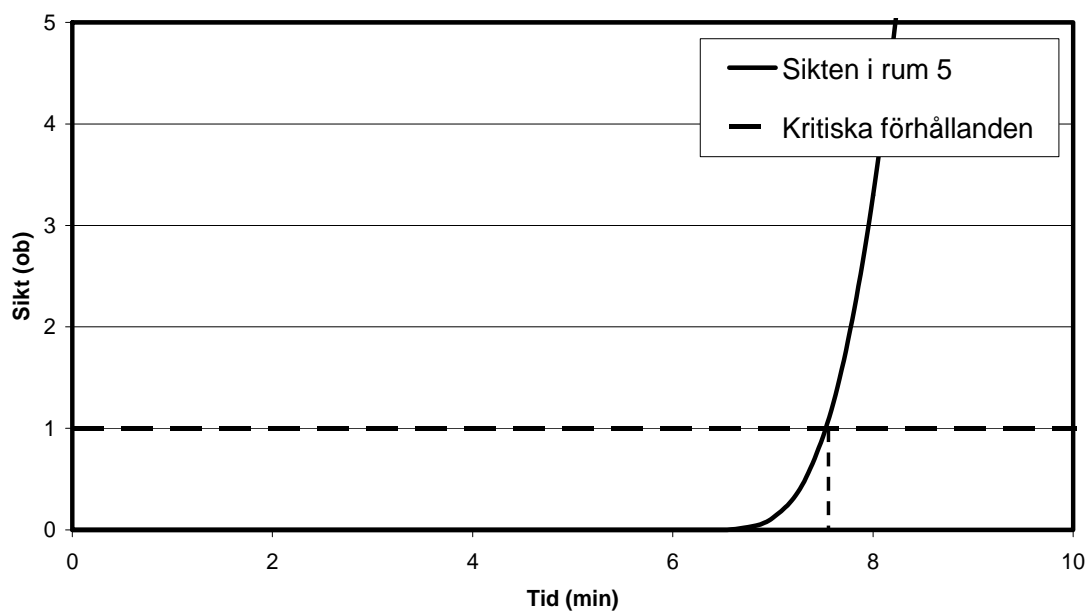


Figur 8.6.2 Uppställning i ERM för plan 4 nattetid. I figuren står bo för boende och pe för personal.

Sammanfattning och diskussion av resultatet

Precis som för brandscenario 2 göres en jämförelse mellan de totala evakueringstiderna tiden tills att kritiska förhållanden uppnås. Här har rum 5 valts att studeras eftersom då kritiska förhållanden uppstår där så kommer det att vara kritiskt i hela korridoren.

### Sikt i rum 5



Graf 8.6.1 Sikten i rum 5 på plan 4. De kritiska förhållandena uppnås efter 7 min och 30 s.

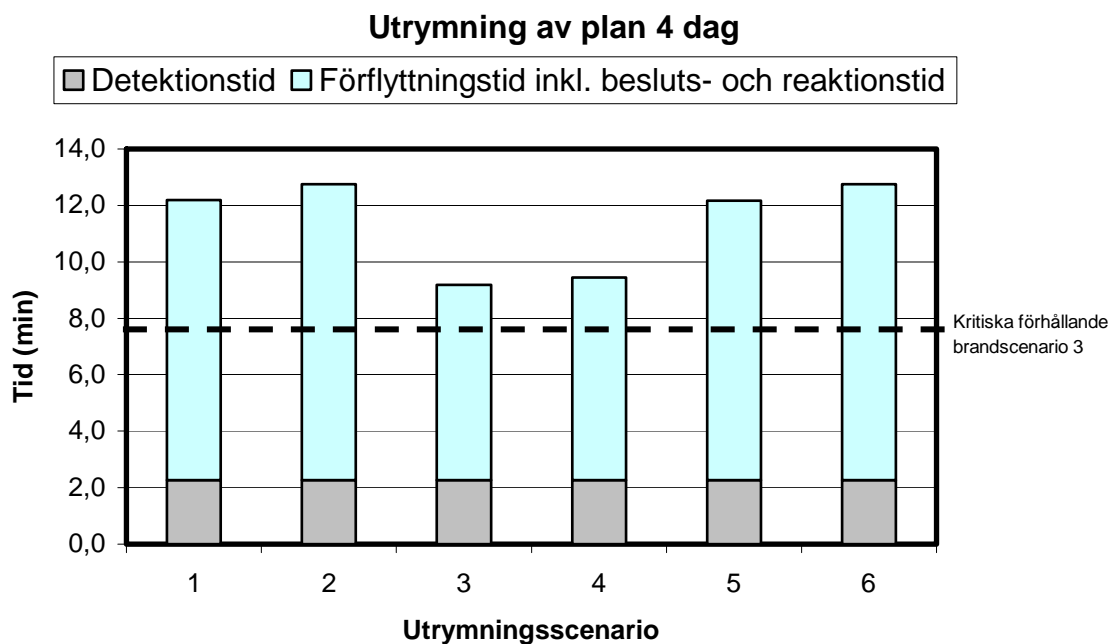


Diagram 8.6.1 Jämförelse mellan varseblivningstid, reaktions- och beslutstid och förflyttningstid dagtid.

Liksom för utrymningsscenarierna för plan 5 så är det nummer 3 som går fortast under dagen. Men utrymningen sker ändå inte alls tillfredställande. Efter mer än tolv minuter så är planet utrymt enligt scenario 1 som är så det ser ut idag. Detta är nästan fem minuter efter det att kritiska förhållanden uppstår och borde inte vara acceptabelt.

Förutom att skära ner på reaktions- och beslutstiden så visar diagram 8.6.1 att även antalet personal spelar roll på plan 4 till skillnad från plan 5. Evakueringstiden sjunker med drygt tre minuter då tre extra personal kommer en minut efter de ordinarie har reagerat. Detta är dock ej tillräckligt för att genomföra en säker utrymning.

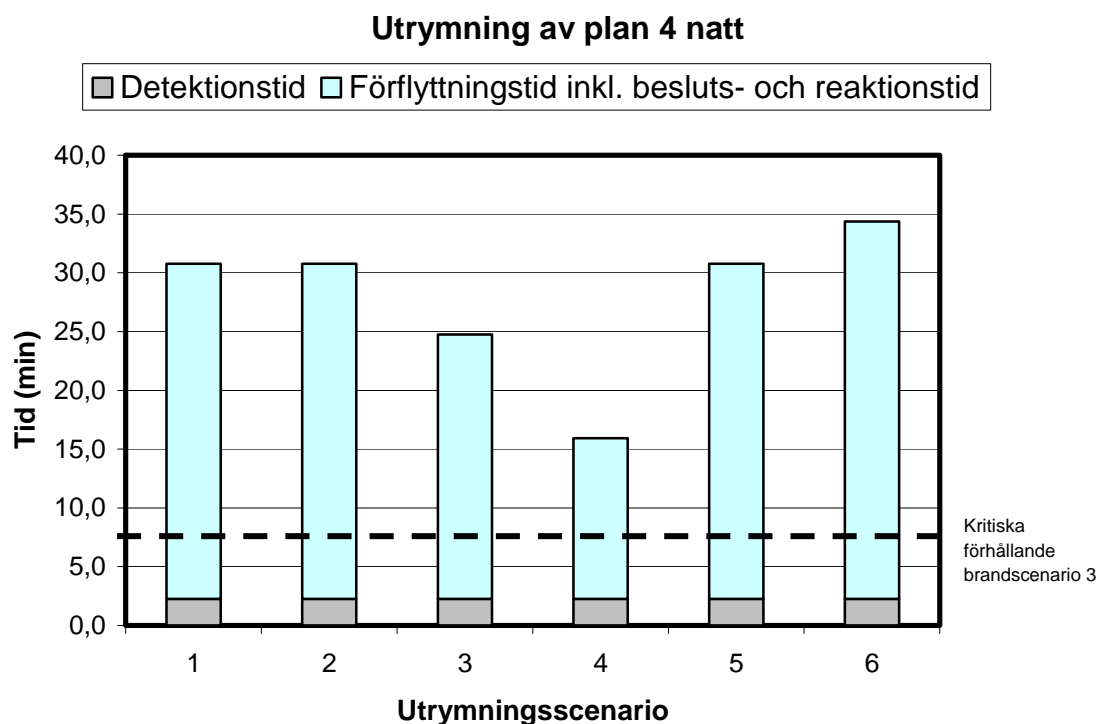


Diagram 8.6.2 Jämförelse mellan varseblivningstid, besluts- och reaktionstid och förflyttningstid nattetid.

Precis som på plan 5 så är den kortaste utrymningstiden under natten då den befintliga personalen får hjälp av personal från andra avdelningar (utrymningsscenario 4). Detta skulle ändå ta drygt 16 minuter. Om enbart den ordinarie bemanningen finns tillgänglig kommer det att ta över 30 minuter att utrymma planet under natten. Detta är mer än sju gånger så långt tid som det tar att uppnå kritiska förhållanden. Under denna tiden ska räddningstjänsten ha hunnit fram och kunnat påbörja livräddning och därför kan inte denna tiden ses som aktuell, men det är ingen tvekan om att det kommer att bli kritiskt långt innan alla har utrymt. Vilket inte ses som acceptabelt



## 9 Åtgärder

De åtgärder som ska göras för att förbättra brand och utrymningssäkerheten vid Danvikshem huvudbyggnad listas upp nedan. Dessa följs av åtgärder som bör göras. Varje förslag kommer sedan att närmare presenteras.

### 9.1 Åtgärder som ska göras

- Boendesprinkler
- Utbildning och övning av personal
- Byte till flamskyddade textilier

#### Boendesprinkler

Boendesprinkler är en annan form än ordinär sprinkler. Det innebär att vissa utrymmen i en lokal eller byggnad inte förses med sprinkler. Placering av sprinkler sker i de utrymmen som ger dödsbränder och kombineras alltid med brandvarnare. Anslutning av sprinklern kan ske till det ordinarie vattenledningsnätet. Rören kan vara av metall eller plast. Ingreppen i byggnaden hålls nere vid installation av boendesprinkler. Eftersom flödet är lågt blir risken för vattenskadorna liten. Användandet av boendesprinkler introducerades i USA i början av 1970-talet och det finns ett flertal rapporter om försök och utveckling se bland annat *Boendesprinkler räddar liv*<sup>39</sup>, *Bostadsbränder och sprinkler*<sup>40</sup>, *Bostadssprinkler-erfarenheter från USA*<sup>41</sup> och *En sammanställning av väldokumenterade brandförsök med bostadssprinkler*<sup>42</sup>. Ett brandskydd i form av boendesprinkler och automatiskt brandlarm kan ge ökade möjligheter för trygg utrymning av framför allt äldre och personer med funktionshinder. Boendesprinkler verkar även positivt på övriga egenskaper i brandskyddet. Utveckling och spridning av brand, spridning av brand till intilliggande byggnad, byggnadens bärförmåga och räddningsmanskaps personal.

Ulf Erlandsson<sup>43</sup> har tagit fram förslag till åtgärdsprogram för att komma till rätta med de många dödsbränderna på äldreboenden i Sverige. I det föreslår Ulf Erlandsson bland annat att boendesprinkler installeras. Med tanke på att de boende är äldre och kanske har svårt att ta till sig utbildning och att övning kan vara uppskärmande upplevelser så är boendesprinkler ett bra hjälpmedel mot säkrare boende för äldre.

I bilaga 5 finns resultat av vad en sprinkler hade gjort i scenario 2. Sprinkleraktivering har valts att visas i scenario 2. Detta för att scenario 2 är snabbast tillväxande och har högsta maximala effekt av de två rumsbränderna. Simuleringen i FAST visar att temperaturen i brandrummet inte kommer att överstiga 60° C, men att sikten i brandrummet snabbt blir kritisk. Om dörren är stängd till korridoren uppstår inte kritiska förhållanden i korridoren innan utrymning är klart. Om dörren är öppen till korridoren blir sikten kritisk efter drygt 4 minuter.

Effekten av sprinkler i scenario 1 blir att brandspridning inte kommer att ske. Detta beror på att temperaturen inte överstiger 60° C i brandgaslagret i scenario 2 (bilaga 5) som har en högre effekt än scenario 1. Det gör att temperaturen i brandgaslagret i scenario 1 inte kommer att överstiga 60° C. Med boendesprinkler behöver inte hela våningsplanet utrymmas vid en brand utan endast de rum som ligger i anslutning till brandrummet, på grund av att ingen brandspridning kommer att ske.

---

<sup>39</sup> Arvidsson M. & Nystedt F. & Östman, B. (2002) "Boendesprinkler räddar liv: erfarenheter och brandskyddsprojektering med nya möjligheter". publikation 0203007. Träteknik

<sup>40</sup> Nystedt F. "Bostadsbränder och sprinkler" rapport 3108 LTH. 2001. Lund

<sup>41</sup> Arvidsson M. "Bostadssprinkler-erfarenheter från USA". rapport P21 252-98. SRV. Karlstad

<sup>42</sup> Arvidsson M. "En sammanställning av väldokumenterade brandförsök med bostadssprinkler". rapport 2001:3. Sveriges provnings- och forskningsinstitut. Borås

<sup>43</sup> Erlandsson Ulf. Brandorsaksutredare. SRV. Karlstad 2003-09-17

### Utbildning av personal

Personalens insats vid ett nödläge kan vara avgörande vilket resultatet blir. Vikten av att personal som är involverade med vård av gamla och sjuka personer har utbildning framhålls alltmer betydelsefull<sup>44</sup>. Detta med tanke på att brandförlopp idag kan nå fullt utvecklad brand efter 4-5 minuter. Inom denna tid är det sannolikt inte troligt att Räddningstjänsten hinner ingripa för att rädda liv. Det finns fall där personalens insats varit avgörande för personens överlevnad<sup>35</sup>. Utbildningen kan ske enligt begreppen Rädsla Larma Släck vilket innebär *Rädsla dem som är i fara, Larma Räddningstjänsten, Släck branden*. En väl inarbetad utbildningsmetod.

Utbildningen bör vara specifikt inriktad på Danvikshem förutsättningar. Ett sätt att kontinuerligt se till att personalen har utbildning kan vara en löpande utbildning. Den kan exempelvis vara grundutbildning år 1 och repetitionsutbildning år 2, 3 och 4 varvid ny grundutbildning sker. Repetitionsutbildningen behöver inte vara lika grundläggande utan det blir en uppfräschning av tidigare kunskaper. På det sättet ser man till att personalen har utbildning och ingen blir utan.

Med utbildning kan personalen genom rätt ingripande stänga in branden om den inte bedöms att den kan släckas. Vilket medför att brandgasspridning minskas vilket inverkar positivt på utrymning. Idag råder oklarheter hur utrymning ska ske vilket fördröjer utrymningen. Med kontinuerlig utbildning och övning gör att kunskapen befästs och att oklarheter minimeras. Räddningstjänstens personal övar kontinuerligt så att kunskapen aldrig ska försvinna. Det är ett tydligt tecken på att kontinuerlig övning behövs och fungerar.

### Byte till flamskyddade textilier

Flamskyddade textilier innebär att de ska vara svårantändliga dock inte obrännbara. Betydelsen är tydlig mellan en säng med respektive utan flamskyddad madrass (bilaga 5). Den flamskyddade har en förbrinntid på över 15 minuter innan den tillväxer och ger full effekt, (bilaga 5). Det ska noteras att tändkällan för den flamskyddade madrassen är träribbstapel. Med valda antändningskällor är inte effekten tillräcklig för att antändning skall vara möjlig. Under förbrinntiden kan branden upptäckas och släckas utan problem i och med att effektutvecklingen är låg. Resultatet i bilaga 4 (scenario 1b) på detektionstid är osäker eftersom DETACT-QS enbart använder effektutvecklingen vid beräkningarna och bortser från brandgasproduktionen. Vilken kan vara betydande i en glödbrand. Textilier som finns i utsatta utrymmen som till exempel korridorer bör ses över och bytas till flamskyddade.

## 9.2 Åtgärder som bör göras:

### Tätning av dörrar

Med tätning av de befintliga dörrar i korridorer, vilka sitter med magnetlås minskar brandgasspridning (bilaga 5). Brandbelastningen i anslutning till dörrarna är låg, vilket gör att huvudsyftet för att minska brandgasspridning blir dörrarnas täthet. Det är en kostnadsmässig fördel att installera tätningslister, gentemot att byta till godkända dörrar.

### Brandcellsindelning

Byggnaden är idag i princip en brandcell på grund av att brandcells begränsning inte är uppdragen till våningsbjälklagen. Godkända dörrar i brandcellsgräns minskar brandspridningen men det kvarstår ända att brandspridning kan ske ovan dörrar in till annan brandcell (bilaga 5) (bild 9.2.1). Byggnaden klassas idag som en Br1 byggnad varvid brandcellsavskiljande del ska vara lägst EI 60<sup>45</sup>. I vårdanläggning skall korridor avskiljas från angränsande vårdrum, dagrum och liknande utrymmen i lägst E 30<sup>25</sup>. Dörrar ska normalt ha samma brandtekniska klass som övriga avskiljande delar men kan utföras i lägst E 30 om byggnaden har sprinkler eller lägre

---

<sup>44</sup> Ståhlbrand K. (2003) Artikel i Brand o Räddning nr 7-03. SBF

<sup>45</sup> Boverket. (BBR) "Boverkets byggregler" BFS 1993:57.



brandbelastning än  $50 \text{ MJ/m}^2$ <sup>25</sup>. I brandcellsindelningen krävs att ventilationssystemet utformas på ett tillfredställande sätt så att skydd mot spridning av brand mellan brandceller erhålls<sup>25</sup>. Eftersom dokumentation om ventilationen saknas antas att erforderligt skydd saknas för att skydda mot brandspridning genom brandcellsgräns. Installation av brandspjäll i ventilationssystemet för att förhindra brandspridning via ventilationssystemet.

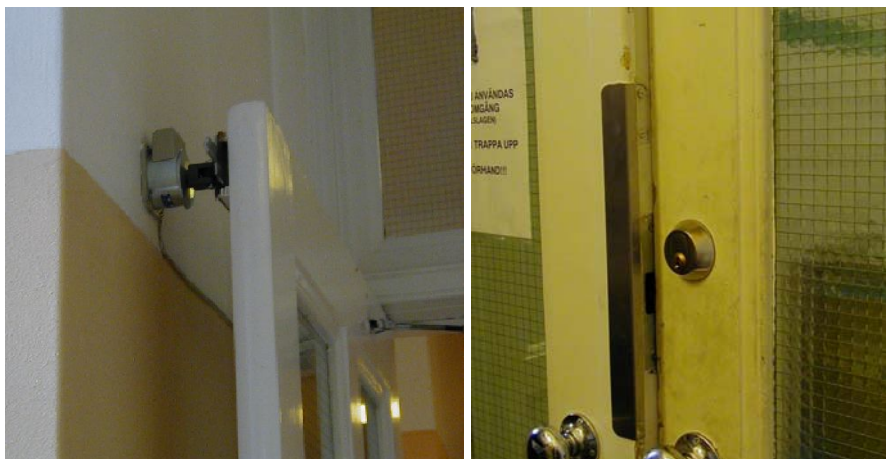


Bild 9.2.1 Ej brandklassade och täta dörrar i korridoren.

### Nödbelysning

Nödbelysning skall finnas i utrymningsvägarna för vårdanläggning och vid strömavbrott ge avsedd belysning under 60 minuter<sup>46</sup>. Skyltar med vägledande markeringar bör alltid vara belysta eller genomlysta även vid ett strömavbrott<sup>31</sup> och utformas enligt Arbetsmiljöverkets författningssamling 1997:11.

### Systematiskt brandskyddsarbete

Systematiskt brandskyddsarbete är något som kommer i och med att nya lagen om Skydd mot olyckor införs. Systematisk brandskyddskontroll innebär en kontinuerlig kontroll och uppföljning av brandskyddet och förändringar av byggnaden eller inriktning. Fördelen är att alla kan vara delaktiga i säkerhetstänkandet. Istället för en årlig brandsyn där brandskyddstänkandet kanske faller i glömska tills nästa brandsyn kommer. Det kan förhoppningsvis innebära att brandskyddstänkandet blir en naturlig del av arbetet för alla på arbetsplatsen.

## 9.3 Resultat åtgärder

Vid installation av boendesprinkler, utbildning av personal och byte till flamskyddade textilier, uppfyller Danvikshem kraven för ett skäligt brandskydd enligt de scenarierna vi har valt.

Med boendesprinkler enligt bilaga 5 uppstår aldrig kritiska förhållanden i korridoren med dörren stängd. Är dörren öppen till korridoren tar det fyra minuter innan kritiska förhållanden i korridoren uppstår.

Med utbildad personal sänks reaktions och beslutstiden till under tre minuter dagtid. Detta betyder att det då finns både tid och kunskap att utföra rätt åtgärd. Detta kan vara att släcka branden eller stänga dörren till korridoren för att hindra uppkomsten av kritiska förhållanden i korridoren.

Med flamskyddade textilier i korridorerna fördröjs uppkomst av brand. Under förbrinntiden är det troligt att branden upptäckas och åtgärdas innan effektutvecklingen blir hög och kritiska förhållanden uppstår (jämför med flamskyddad madrass, bilaga 5).

---

<sup>46</sup> Boverket. (BBR) "Boverkets byggregler" BFS 1993:57.



## 10 Diskussion/Slutsats

Syftet med rapporten var att se om byggnaden är säker i utrymningssynpunkt. Den kan idag inte anses som säker för de boende. Utrymning kan inte ske innan kritiska förhållanden uppstår vilket visas i de utförda simuleringarna.

Risken att skadas eller omkomma ska inte vara större på grund av ålder, rörelseförmåga eller sjukdom. Det ska vara tryggt för anhöriga till de boende och givetvis de boende själva, att veta att boendet är säkert när brand utbryter.

### 10.1 Brandscenarier

Rapporten bygger på troliga scenarion som har simulerats i datorprogram. Underlaget till scenarierna bygger på statistik från Danvikshem och statistik från Räddningsverket. Scenariorna visar på både små och stora brandeffekter. Det är möjligt att få ett värre brandförlopp med exempelvis en förhöjning av syrgashalten på grund av läckande syrgasflaska. Scenariorna är inte medvetet konservativa utan försöker visa på troliga brandförlopp. Datorprogrammen ger en förenklad bild av verkligheten, vilket ger att rapporten ska granskas med detta i åtanke.

I samtliga scenarier förutsätts fönsterrutorna gå sönder vid 250° C. Detta beror på att det är komplexa mekanismer som gör att glasrutor går sönder. Fönsterrutor är svagast i kanterna. Detta för att vid beskärningen till lämplig fönsterstorlek, kommer kristallstrukturen att försvagas med brottanvisningar och spänningar som följd. Dessa kommer sig av glasets låga elasticitetskoefficient. Även saker som repor och inre spänningar kommer att inverka. Tillverkningsprocessen som glaset är tillverkat med kommer att inverka då det först med floattekniken kom att bli riktigt plant glas. Givetvis spelar även rutans form och tjocklek in. Det som händer vid brand är att glaset utvidgar sig av värmen, detta genererar inget större problem, då glas har bra tålighet mot trycklast. Problemen kommer vid avkylning, då glas endast tål en tiondel av trycklasterna i draglast. Hur stora dessa krafter är beror på glasets kemiska sammansättning. Problemet med draglasterna som sker vid ytorna mot infästningen i karmen, eftersom karmen kyler glaset.

Ytterligare en parameter som behövs är hur uppvärmningen av rutan sker. Fönsterglas kommer först att värmas av strålningen, sedan kan brandgaslagret blockera strålningen. Då kommer endast det konvektiva värmeövergången från brandgaserna att värma fönsterrutan. Summan av detta är att vid brand kommer den största kraften appliceras på den svagaste punkten. Fönsterplanglas kan spricka redan vid en temperaturskillnad på 60 grader. Ett vanligt antagande är att fönsterglas går sönder vid en temperaturdifferens på mellan 250 och 300 grader. Därför görs denna ingenjörsmässiga bedömning.

Detta stycke är en fri tolkning av fakta från följande källor: *Fire materials*<sup>47</sup>, *Byggnadsmaterial*<sup>48</sup> och *Fire-induced thermal fields in window glass*<sup>49</sup>

### 10.2 Regelverk

Dagens byggnadslagstiftning gällde inte när byggnaden uppfördes. Att uppfylla kraven fullt ut känns inte realistiskt med tanke på byggnadens konstruktion och ålder. Dock gäller Räddningstjänstlagen, att ett skäligen skydd mot brand ska finnas.

---

<sup>47</sup> Keski-Rahkonen, O. (1988) *Breaking of window glass close to fire*. Fire and materials

<sup>48</sup> Burström, PG. *Byggnadsmaterial* (2001) Studentlitteratur. Lund

<sup>49</sup> Joshi, A.A. & Pagni, P.J. (1994) *Fire-induced thermal fields in window glass*. Fire Safety Journal 0379-7112 Volym 22. Sidor 25-43

### **10.3 Åtgärder**

Installation av boendesprinkler ger en liten inverkan i byggnaden till en förhållandevis låg kostnad. Installation av boendesprinkler ger en stor inverkan på utrymningssäkerheten vilket visas i rapporten. Installation av boendesprinkler ger ett bra skydd i de rum som de är installerade. Boendesprinkler installeras normalt inte i korridorer och trapphus. Dessa utrymmen förses med möbler i flamskyddade textilier. Utbildning och övning med personalen gör att det aktiva skyddet ökar.

Med dessa ändringar blir Danvikshem ett säkrare boende och uppfyller kraven på skälig nivå i Räddningstjänstlagen.

## 11 Referenser

Böcker, ritningar och artiklar:

- Arvidsson, M. *Bostadssprinkler-erfarenheter från USA*. rapport P21 252-98. SRV. Karlstad.
- Arvidsson, M. *En sammanställning av väldokumenterade brandförsök med bostadssprinkler*. rapport 2001:3. Sveriges provnings- och forskningsinstitut. Borås.
- Arvidsson, M. & Nystedt, F. & Östman, B. (2002) *Boendesprinkler räddar liv: erfarenheter och brandskyddsprojektering med nya möjligheter*. publikation 0203007. Träteknik. Stockholm.
- Björk, C. & Kallstenius, P. & Reppen, L. (1983) *Så byggdes husen 1880-1980*. ISBN 91-540-5434-6. Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm.
- Boverket. (2002) *Boverkets byggregler*. (BBR) BFS 1993:57, med ändringar till och med 2002:19.
- Brandteknik (2002) *Brandskyddshandboken* Rapport 3117. Lund.
- Burström, P.G. *Byggnadsmaterial* (2001) Studentlitteratur. Lund
- Frantzich, H. (2001) *Tid för utrymning vid brand*. P21-365/01. SRV. Karlstad.
- Gojkovic D. Utdelat material vid föreläsning. 11/9 2003.
- Hultquist, H. (2000) *Simulating visibility in HAZARD I/CFAST*. Rapport 7010. Brandteknik. Lunds tekniska högskola. Lund.
- Jarnemyr, B. (1997) *Ritningar brandlarmanläggningen* Kanuk säkerhetsutveckling AB. Skärholmen.
- Joshi, A.A. & Pagni, P.J. (1994) *Fire-induced thermal fields in window glass*. Fire Safety Journal 0379-7112 Volym 22. Sidor 25-43
- Keski-Rahkonen, O. (1988) *Breaking of window glass close to fire*. Fire and materials
- Nystedt, F. (2001) *Bostadsbränder och sprinkler*. rapport 3108. Lunds tekniska högskola. Lund.
- Räddningsverket (2003) *Räddningstjänst i Siffror 02*. ISBN- 91-7253-201-7. SRV. Karlstad.
- Ståhlbrand K. (2003) "Personal på äldreboende blir livräddare när det brinner" *Artikel i Brand och Räddning*. Sid 24-28. nr 6-03. Svenska brandförsvarsföreningen.
- Ståhlbrand K. (2003) "Utbildning och övning är a och o för lyckad utrymning" *Artikel i Brand o Räddning*. Sid 16-18. nr 7-03. Svenska brandförsvarsföreningen.
- The SFPE handbook of Fire Protection Engineering*. (1995) 2nd edition. National Fire Protection Association. MA. USA

Internetkällor:

[www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov). NIST. Fire scenarios. 2003-10-07

Muntliga källor:

- Adolfsson, P. Brandteknik. Sveriges provnings- och forskningsinstitut. Borås. 2003-11-13
- Bylin, P. Räddningschef. Räddningstjänsten Luleå, 2003-10-15
- Erlandsson, Ulf. Brandorsaksutredare. SRV. Karlstad 2003-09-17
- Oinonen, H. Teknisk chef. Danvikshem. Nacka 2003-11-14
- Palm, A. & Wesley, S. Brandingenjörer Nacka brandförsvär. Nacka 2003-09-18
- Personal Danvikshem. Danvikshem. Nacka. 2003-09-18
- Prof., Burström, P.G. Avdelning byggnadsmaterial. Lunds tekniska högskola. hösten 2003



## Bilaga 1 FAST

### Allmänt om datorprogrammet FAST<sup>50</sup>

De brandsimuleringar som har gjorts i denna rapport har utförts med datorprogrammet FAST som är en del av programpaketet Hazard. FAST är en gratis programvara utvecklad av NIST (National Institute of Standards and Technology) och finns tillgänglig på Internet<sup>51</sup>. För att kunna använda programmet måste först en indata fil skapas. Då definieras rumsgeometrin, effektutvecklingen, öppningar, vägg-, tak- och golvmaterial med mera. När indata filen är färdig startar simuleringen och FAST räknar ut temperatur, brandgaslagrets höjd plus en mängd andra parametrar för varje rum. Den utdata fil som erhålls kan sedan behandlas i Microsoft Excel.

CFAST, Consolidate model of Fire Growth and Smoke Transport, är tvåzonsmodellen som används av FAST. Denna ger en förenklad lösning på ett ytterst komplext problem. Tvåzonsmodell innebär att det antas att luften (brandgaserna) i brandrummet skiftar sig i två lager, ett övre varmt lager som innehåller brandgaser och ett undre lager som i stort sätt håller omgivningens temperatur. Båda lagren anses vara homogena och inte innehålla temperaturgradienter. FAST antar att inget (eller väldigt litet) utbyte mellan lagren. Detta betyder att det finns två kontrollvolymen i varje rum. Det resultat som erhålls ur FAST är ingen direkt sanning, utan snarare en grov uppskattning av vad som händer vid det specificerade brandscenariot.

Det finns en rad begränsningar med FAST som man bör ha i åtanke då man studerar resultaten.

- Effekten av den specificerade branden ökar inte på grund av att den är instängd i ett rum. Den brandeffekt som specificeras i indatafilen bibehålls i FAST ända till dess att den blir begränsad av syrehalten/ventilationen ( $[O_2] < 12\%$ ). Effekten påverkas alltså inte alls utav den återstrålning som sker från väggar och tak. Detta kan dock kompenseras genom att modifiera effektkurvan som är gjort i detta arbete.
- Branden antas vara en punktkälla. Detta gör att ingen hänsyn tas till rummets inverkan eller att det finns en förbränningszon och flamhöjd.
- Brandplymen är inte en del i något av lagren och är inte modulerad som en egen kontrollvolym. Utan antas härstamma från en punkt och på så sett vara så smal att dess effekt på det omkring liggande nedre brandgaslagret är liten. Detta stämmer inte för stora bränder i små rum.
- Det förekommer ingen transporttid, d.v.s. brandgaserna är jämt fördelade över hela takytan simultant. Vilket skapar problem för stora rum, speciellt för korridorer som inte bör överstiga 10:1 i längd bredd förhållande. Detta problem minskas genom att dela upp korridorerna i kortare rum.
- FAST utvecklades först för att förutsäga brand i enbart ett och två rum. Därför är giltigheten för programmet inte noga verifierad för scenarier med fler rum än så. Det är framförallt det faktum att FAST använder sig av tvåzonsmodellen i alla rum, vilket gör att även en väldigt liten temperaturskillnad kommer att skapa två lager. Detta kommer inte att vara fallet långt ifrån brandkällan då temperaturskillnaden är så låg att det enbart kommer att finnas ett lager.
- Rummen som specificeras i indatafilen kan enbart vara rektangulära, FAST tillåter inte för andra geometrier. Samtliga rum som simulerats vid Danvikshem har varit rektangulära och haft normal takhöjd vilket ger bra noggrannhet i FAST.
- Då övertändning inträffar i simuleringarna kommer inte FAST och tvåzonsmodellen att var giltig längre. Detta eftersom det vid en övertändning blir så turbulent i rummet att det inte finns två lager längre utan enbart finns en het zon.

---

<sup>50</sup> Gojkovic D. Utdelat material vid föreläsning 11/9 2003

<sup>51</sup> www.fire.nist.gov. NIST. Fire scenarios. 2003-10-07

- FAST räknar inte med värmetransport mellan rum genom väggar, utan tar enbart hänsyn till ytskiktet på väggarna.

Trots sina begränsningar ger FAST en bra uppskattning av de förhållande som kan råda vid en brand om förhållandena är de rätta. FAST är dock bara ett redskap och kan inte ersätta goda ingenjörsmässiga bedömningar.

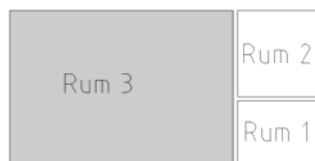
### Indata till FAST

Golv material                      CONCRETE (betong)  
 Vägg material                    COMMON BRICK (tegel)  
 Tak material                        CEMENT MORTAL (puts)

Scenario	Magnet Dörrar läcker med:	Upphaspade dörrar i korridor öppna med:	Fönster från LGH öppna med:
Bas fall	2%	100%	10%

Fönster från lägenhet/brandrum går sönder vid 250°C och stängda vanliga dörrar i korridoren går sönder till 50% vid 250°C

### Speciella indata till scenario 1



Bilaga 1 Figur 1 En bild av den geometriska beskrivningen i FAST, rum 3 är brandrummet

Rum	1	2	3
Höjd (m)	2,3	2,3	2,4
Bredd (m)	1,65	2,15	3,65
Längd (m)	2,0	2,0	5,65
Dörrhöjd (m)	2,1	2,1	2,1
Fönster area (m <sup>2</sup> )	2,1	0	1,32

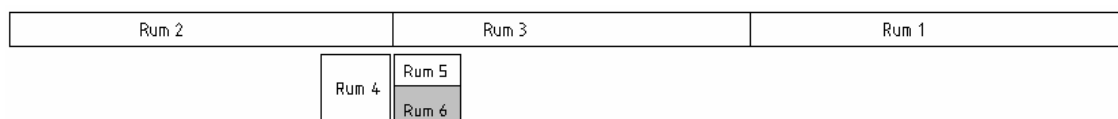
Bilaga 1 Tabell 1 Rumsgeometrier till scenario 1

	Ut till 1	1 till 2	2 till ut	2 till 3
Dörröppning (m <sup>2</sup> )	-	1,89	1,89	2,1

Bilaga 1 Tabell 2 Öppningar till scenario 1



## Speciella indata till scenario 2



Bilaga 1 Figur 2 En bild av den geometriska beskrivningen i FAST, rum 6 är brandrummet

Rum	1	2	3	4	5	6
Höjd (m)	3,01	3,01	3,01	2,5	2,4	2,4
Bredd (m)	2,15	2,15	2,15	4,40	2,00	2,4
Längd (m)	23,71	24,01	22,00	4,33	2,90	4,33
Dörrhöjd (m)	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Fönster area (m <sup>2</sup> )	1,54	1,54	0	1,4	0	1,4

Bilaga 1 Tabell 3 Rumsgeometrier till scenario 2

	Ut till 1	1 till 3	2 till 3	2 till ut	3 till ut	3 till 5
Dörröppning (m <sup>2</sup> )	3,57	2,205	2,205	3,57	3,57	2,31

	4 till 5	5 till 6
	2,15	2,15

Bilaga 1 Tabell 4 Öppningar till scenario 2

$\Delta H_c$ (J/kg)	H/C	C/CO <sub>2</sub>
$19,5 \times 10^6$	0,140	0,0113

Bilaga 1 Tabell 5 Indata till siktberäkningar<sup>52</sup>

<sup>52</sup> "The SFPE handbook of Fire Protection Engineering" 2nd edition. (1995) NFPA. MA. USA

### Speciella indata till scenario 3

Rum 5	Rum 4	Rum 3	Rum 2	Rum 1
-------	-------	-------	-------	-------

Bilaga 1 Figur 3 En bild av den geometriska beskrivningen i FAST, rum 1 är brandrummet

Rum	1	2	3	4	5
Höjd (m)	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
Bredd (m)	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Längd (m)	19,5	7,5	15	14	10
Dörrhöjd (m)	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1

Bilaga 1 Tabell 6 Rumsgeometrier till scenario 3

	Ut till 1	1 till 2	2 till 3	3 till ut	3 till 4	4 till 5	5 till ut
Dörröppning (m <sup>2</sup> )	1,9	2	1,5	1,9	2	2	2

Bilaga 1 Tabell 7 Öppningar till scenario 3

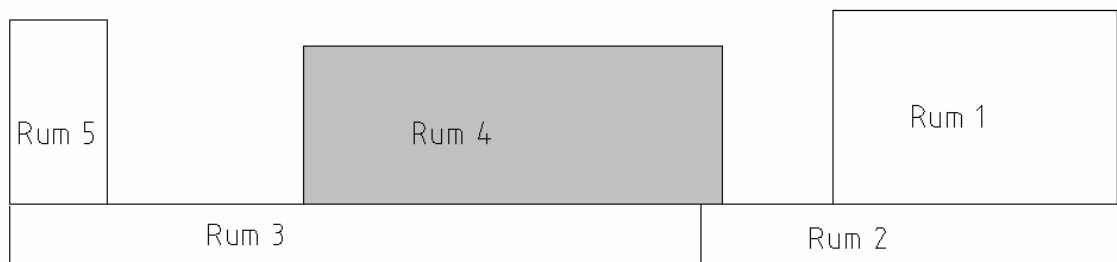
$\Delta H_c$ (J/kg)	H/C	C/CO <sub>2</sub>
$25 \times 10^6$	0,151	0,150

Bilaga 1 Tabell 8 Indata till siktberäkningar<sup>53</sup>

---

<sup>53</sup> "The SFPE handbook of Fire Protection Engineering" 2nd edition. (1995) NFPA. MA. USA

**Speciella indata till scenario 4**



*Bilaga 1 Figur 4 En bild av den geometriska beskrivningen i FAST, rum 4 är brandrummet*

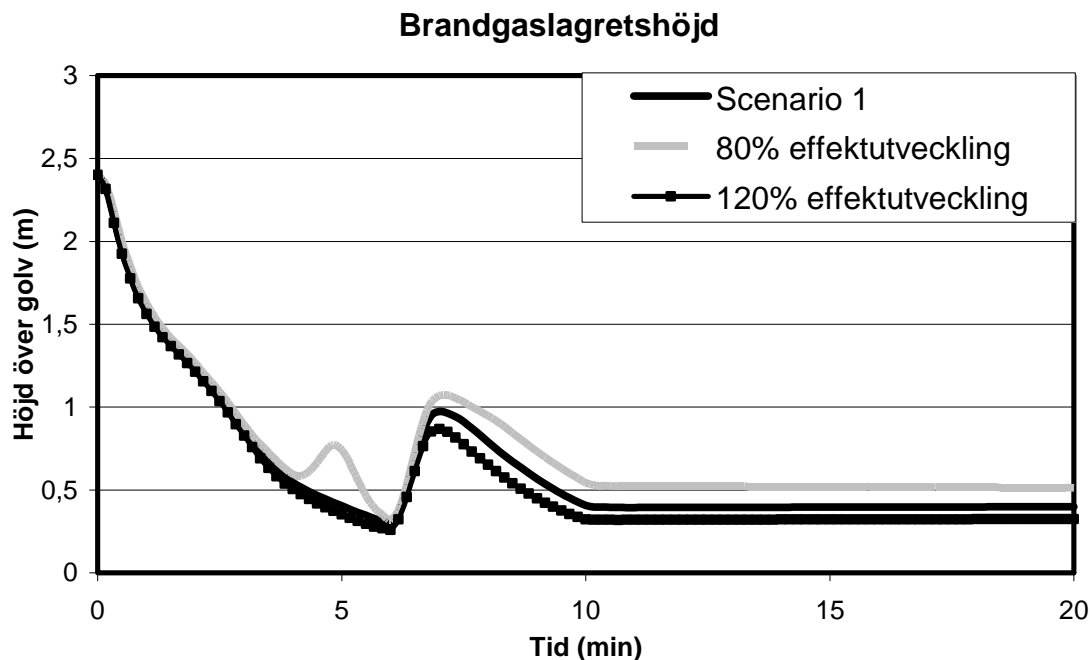
Rum	1	2	3	4	5
Höjd (m)	10,0	3,05	3,05	3,05	10,0
Bredd (m)	7,0	2,1	2,1	5,5	6
Längd (m)	10,0	8,0	24,0	8,0	3,0
Dörrhöjd (m)	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Fönster area (m <sup>2</sup> )	-	-	-	6,84	-

*Bilaga 1 Tabell 9 Rumsgemetrier till scenario 4*

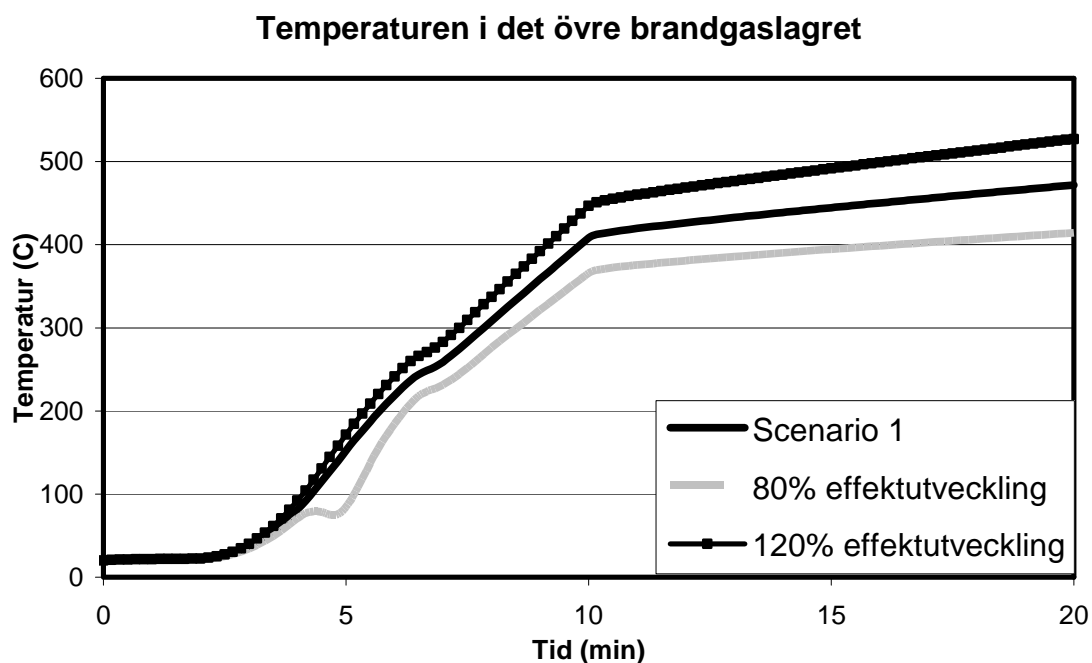
	1 till 2	2 till 3	3 till 4	3 till 5
Dörröppning (m <sup>2</sup> )	5,5	5,88	16,5	5,5

*Bilaga 1 Tabell 10 Öppningar till scenario 4*

## Bilaga 2 Känslighetsanalys effektutveckling Scenario 1

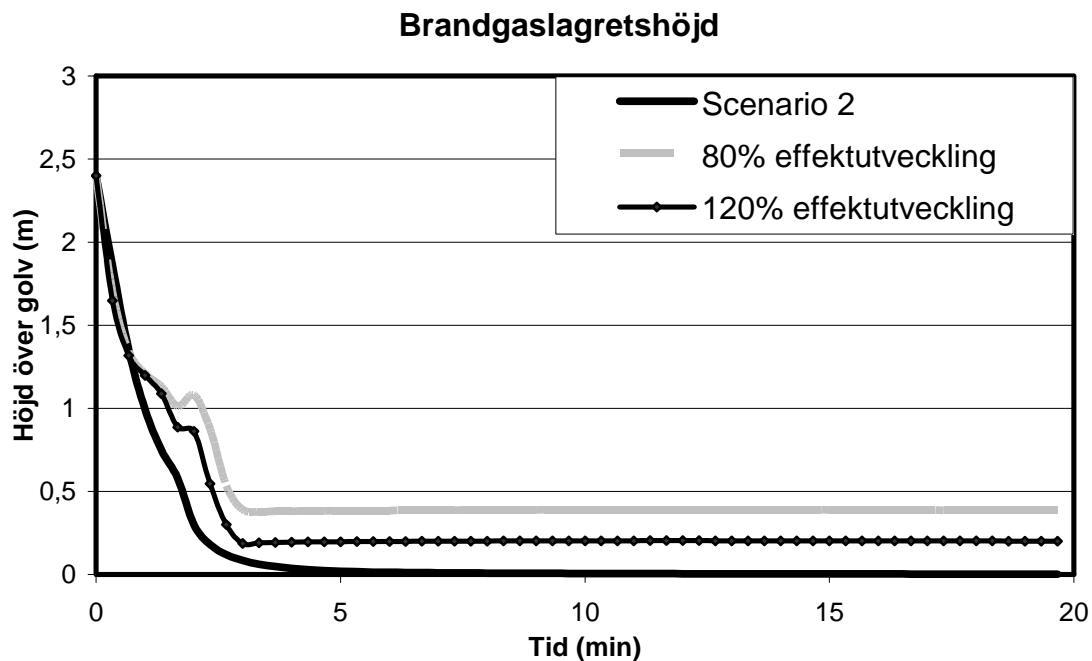


Bilaga 2 Graf 1 Brandgaslagrets höjd för olika effektutvecklinga i scenario 1.

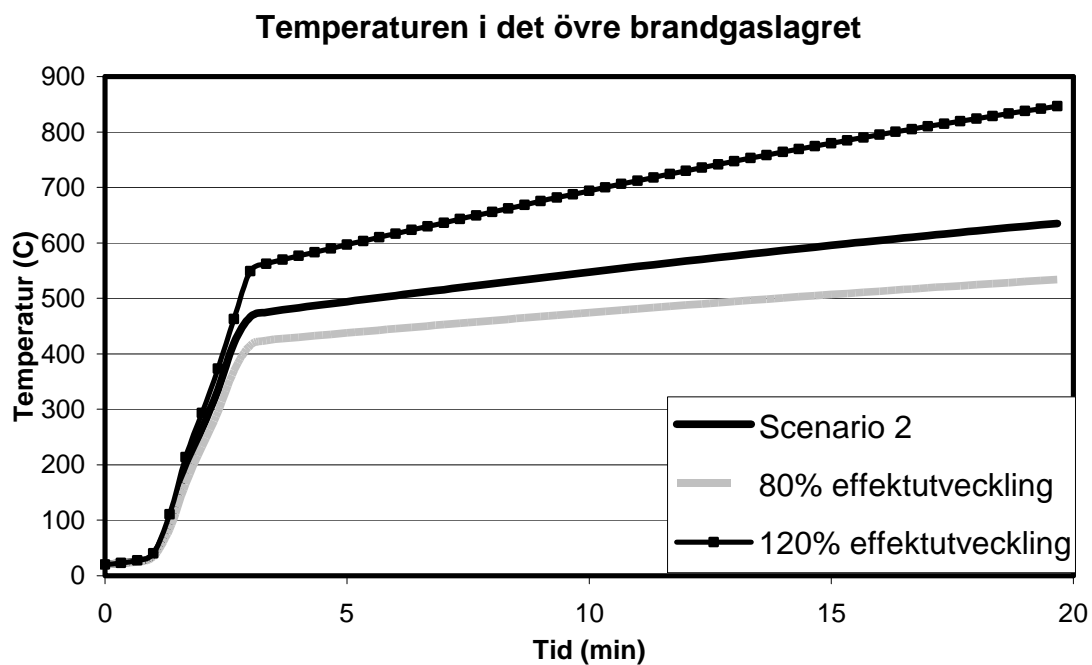


Bilaga 2 Graf 2 Brandgaslagrets temperatur för olika effektutvecklingar i scenario 1

## Scenario 2

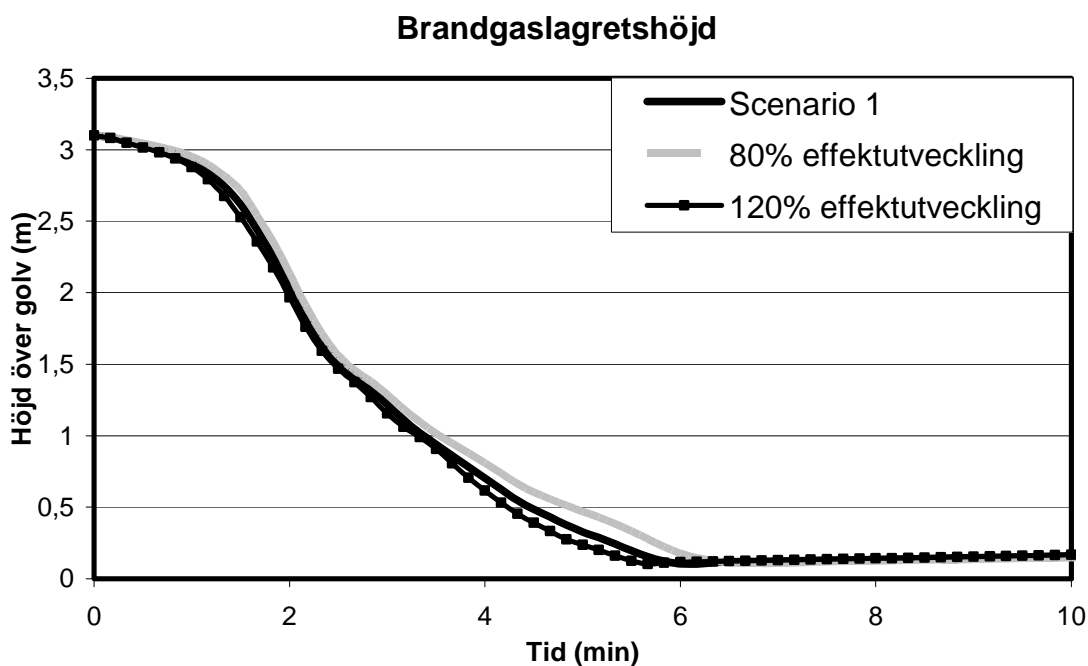


Bilaga 2 Graf 3 Brandgaslagrets höjd för olika effektutvecklingar i scenario 2

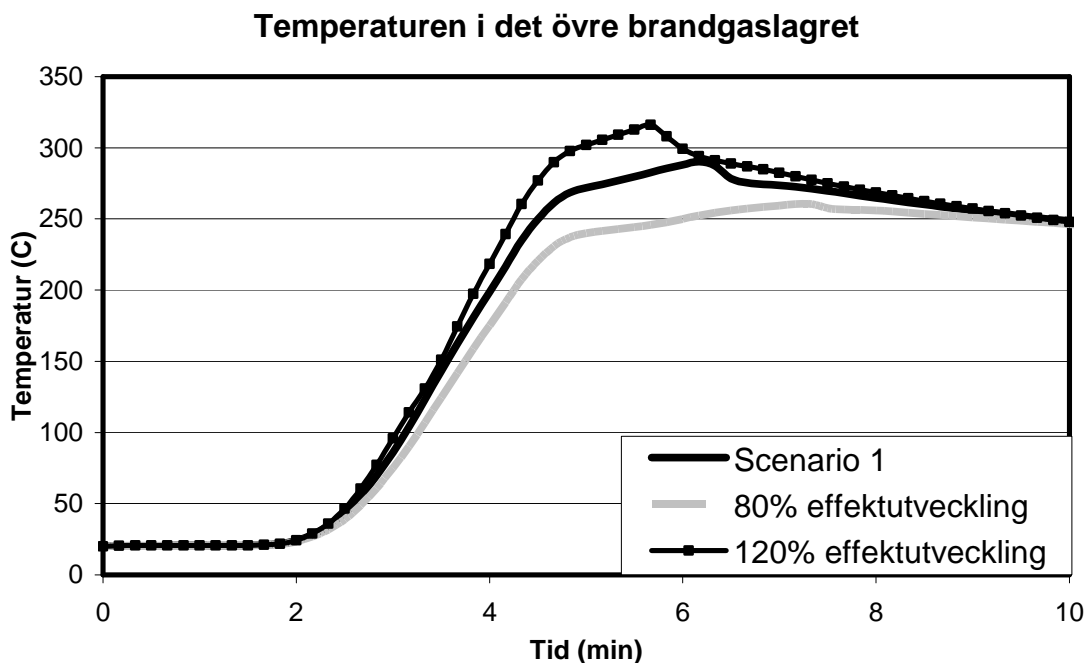


Bilaga 2 Graf 4 Brandgaslagrets temperatur för olika effektutvecklingar i scenario 2

### Scenario 3

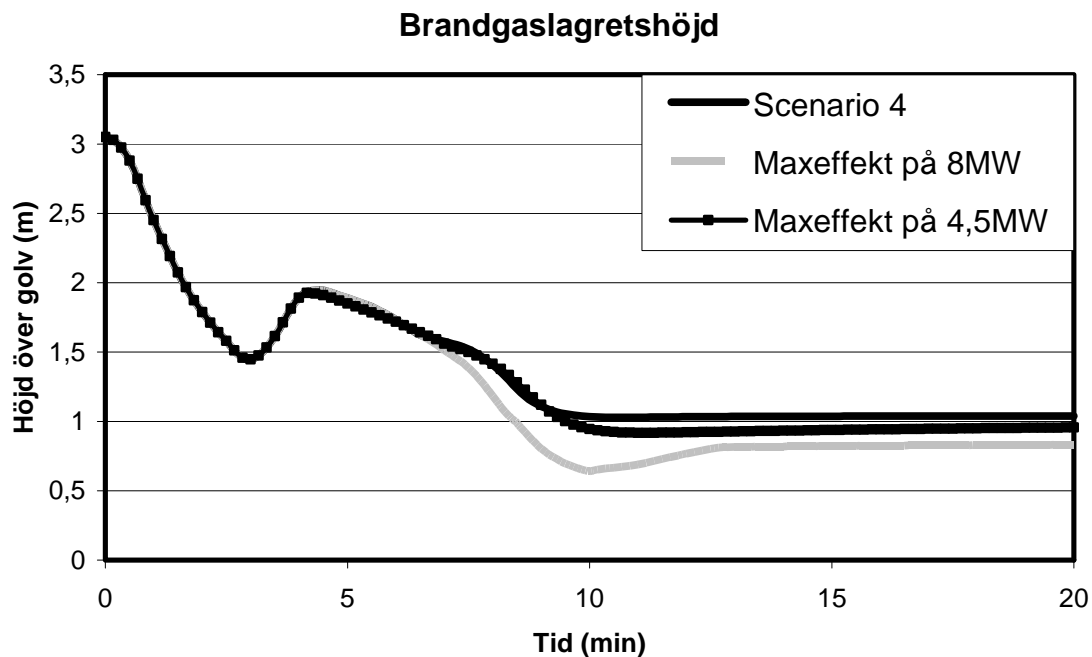


Bilaga 2 Graf 5 Brandgaslagrets höjd för olika effektutvecklingar i scenario 3

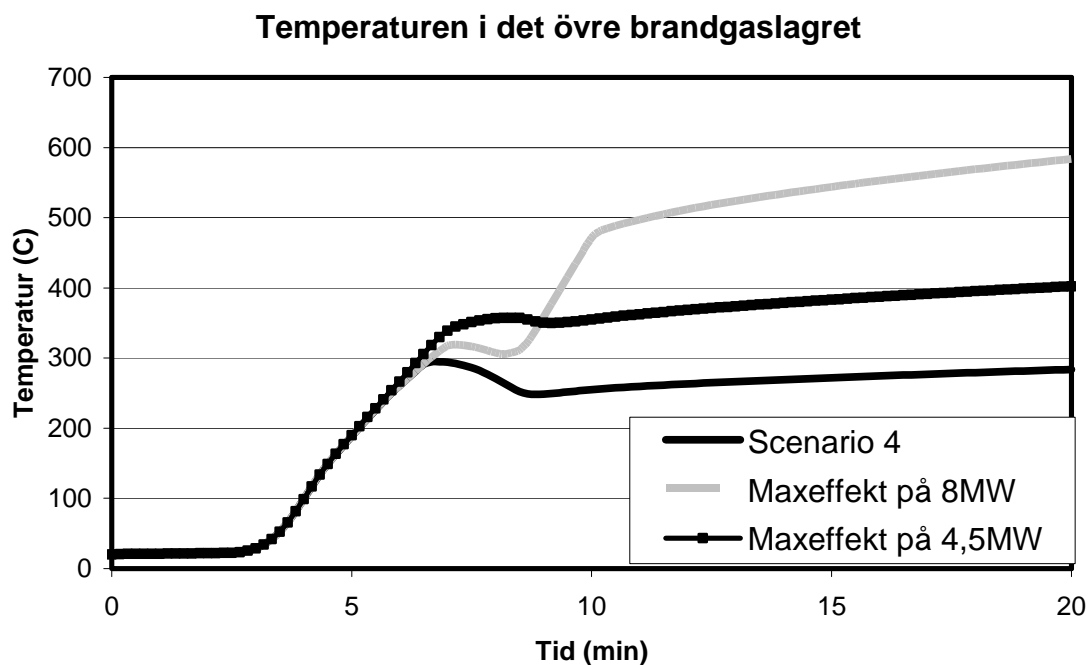


Bilaga 2 Graf 6 Brandgaslagrets temperatur för olika effektutvecklingar i scenario 3

## Scenario 4

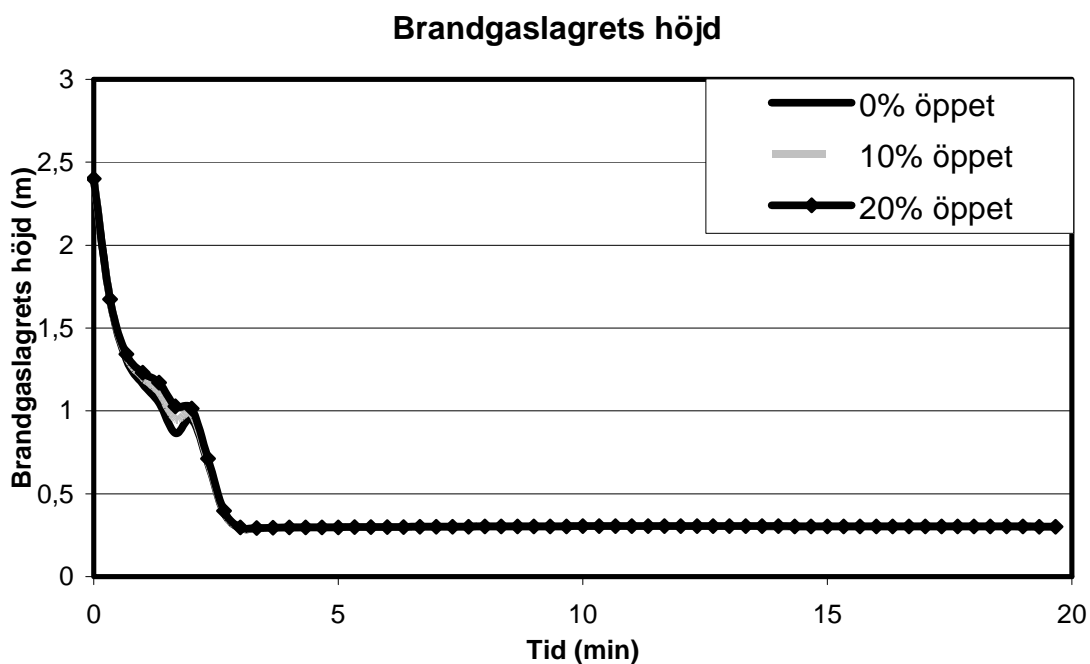


Bilaga 2 Graf 7 Brandgaslagrets höjd för olika effektutvecklingar i scenario 4

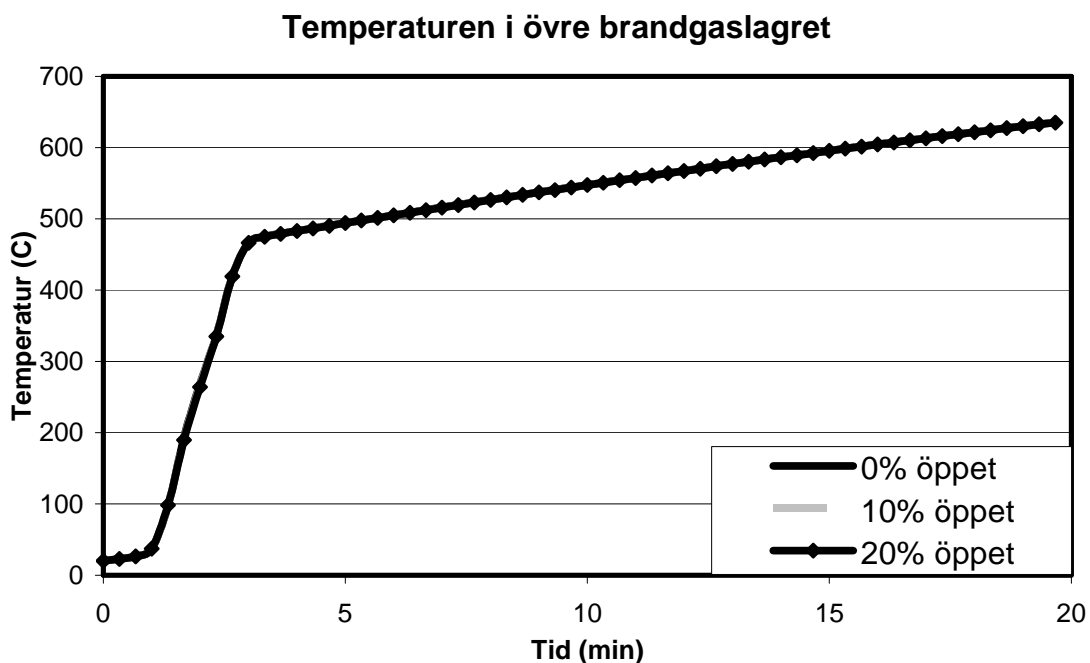


Bilaga 2 Graf 8 Brandgaslagrets temperatur för olika effektutvecklingar i scenario 4

### Bilaga 3 Känslighetsanalys på olika fönsteröppningar i scenario 2a.



Bilaga 3 Graf 1 Brandgaslagrets höjd för tre olika fönsteröppningar visar på att det inte spelar någon större roll hur stort fönstret är eftersom rummet inte blir underventilerat innan fönstret går sönder vid 250°C.



Bilaga 3 Graf 2 Temperaturen i brandgaslagret för tre olika fönsteröppningar visar på att det inte spelar någon större roll hur stort fönstret är eftersom rummet inte blir underventilerat innan fönstret går sönder vid 250°C.



## Bilaga 4 Utrymningsberäkningar

### Beräkning av varseblivningstid

För att bedöma hur lång tid det tar att utrymma en vårdanläggning har *Håkan Frantzich* genomfört en Delphiundersökning<sup>54</sup>. I samband med undersökningen bedömdes när personalen själva upptäcker branden jämfört med att automatiskt brandlarm.

Antal personal på avdelningen	Bedömning av när personalen blir varse branden jämfört med ett automatiskt brandlarm		
	Före (andel i %)	Samtidigt (andel i %)	Efter (andel i %)
2	0	0	100
4	0	14	86
8	14	53	33

*Bilaga 4 Tabell 1 Bedömning av när branden upptäcks i jämförelse med ett automatiskt brandlarm.*

Som visas i tabell 1 kommer personalen inte att upptäcka branden före det att det automatiska brandlarmet aktiveras om inte personalantalet är stort. I bästa fall upptäcks branden samtidigt som det automatiska brandlarmet aktiverar. Att använda brandlarmets aktiveringstid som varseblivningstid är därför ett rimligt antagande.

#### Aktiveringstid för rökdetektorer

Vid beräkning i detektionsmodeller av aktiveringstid för rökdetektorer används temperaturökningen i brandgaslagret. Utifrån experiment<sup>55</sup> med olika detektorer och bränslen har en temperaturökning på 13°C tagits fram. Det är ett något konservativt värde när det finns nyare rökdetektorer som aktiverar redan vid 5°C temperaturökning. RTI (Response Time Index) värdet väljs till 0,5 (ms)<sup>1/2</sup> vilket gör att känselementets temperatur kommer vara ungefär samma som omgivningen.

#### Detact-QS

Detact-QS beräknar aktiveringstiden för värmedetektorer och sprinkler placerade under tak.

Programmet går att få tag på NIST<sup>56</sup> hemsida. Beräkningarna i programmet grundas på Alperets ekvationer.

Som indata anges följande parametrar:

- Höjden från taket till det föremål där branden uppkommit (m)
- Radiella avståndet till detektorn eller sprinklern (m)
- Initial temperatur (°C)
- Aktiveringstemperaturen (°C)
- RTI-värdet (ms)<sup>1/2</sup>
- Effektutvecklingen KW

<sup>54</sup> Frantzich,H. (2001) "Tid för utrymning vid brand" Räddningsverket. Karlstad

<sup>55</sup> Brandteknik (2002) "Brandskyddshandboken" Rapport 3117. Lunds tekniska högskola. Lund

<sup>56</sup> www.fire.nist.gov. NIST. Fire scenarios. 2003-10-07

### Indata till beräkningen

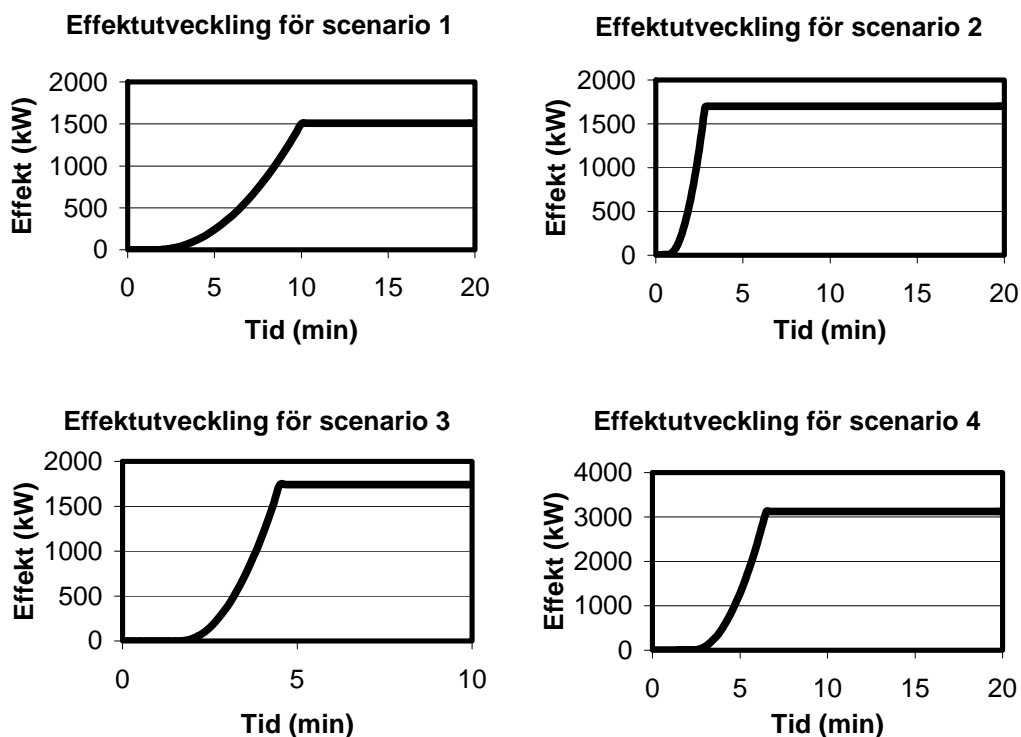
höjd	Scenario 3 och 4:	2,5m
	scenario 1 och 2	2m
Radiella avståndet till detektorn	Se tabell 4	
Initial temperatur	20°C	
Aktiveringstemperauren	33°C	
RTI-värdet	0,5(ms) <sup>1/2</sup>	

Takhöjden är uppmätt på plats och brandens höjd till 0,4-0,6m

Det radiella avståndet har tagits fram från ritningar över Brandlarmanläggningen<sup>57</sup>.

Effektkurvorna är samma som har använts vid beräkningen av temperaturen i brandgaslagret och brandgaslagrets höjd i FAST och i handberäkningarna.

Effektutvecklingskurvor:



<sup>57</sup>Jarnemyr B. (1997) "Ritningar brandlarmanläggningen" Kanuk säkerhetsutveckling AB. Skärholmen

## Resultat

Från datorprogrammet DETACT-QS har aktiveringstiden erhållits och presenteras i tabell 2.

För att jämföra aktiveringstiden för olika avstånd mellan detektorn och branden har en känslighetsanalys genomförts. Det avstånd som anses som mest troligt har markerats med fet stil i tabellen.

Scenarier	Avstånd detektor-brand (m)	Aktiveringstid (s)
1a Vanlig säng	2	160,7 s
	4	183,7 s
	6	<b>204,4 s</b>
	8	218,1 s
1b Flamskyddad säng	2	906,2 s
	4	922,8 s
	6	<b>939,5 s</b>
	8	952,6 s
2 Kaffekokare	1	51,2 s
	2	53,3 s
	3	<b>55,0 s</b>
	4	56,6 s
3 Fätölj	1	106,1 s
	3	116,2 s
	5	126,2 s
	7	<b>136,2 s</b>
4 Soffa	1	154,4 s
	3	163,1 s
	5	<b>171,6 s</b>
	7	180,2 s

Bilaga 4 Tabell 2 Aktiveringstid för det automatiska brandlarmet.

## Förklaring av ERM

För att göra det möjligt att simulera utrymningstider för boende och patienter på Danvikshem har utrymningsprogrammet ERM använts. ERM är speciellt framtaget för utrymning av vårdanläggningar, programmet har nämligen möjlighet att simulera olika patienters gångtider, reaktionstider, prioritering och hjälpbehov. Varje patient kan ges en individuell karaktär när det gäller hjälpbehov och utrymningshastighet. Det finns en rad möjligheter från patienterna som själva kan gå ut till att de som behöver assistans av två vårdare. Det är även möjligt att simulera att patienterna börjar irra omkring och som därför behöver bevakning när de befinner sig i det säkra området.

Det finns totalt 15 olika patienttyper att välja mellan

Typ	0	–	Kan själv tas sig ut med normal hastighet
	1A	–	Som typ 0 men långsammare
	1B	–	Som typ 0 men mycket långsammare
	3A	–	Som typ 0 men ytterligare mera långsam
	3B	–	Som typ 0 men knappt rörlig
	3C	–	Patienter som måste ledas till säker plats. En vårdare kan klara 5-6 sådana patienter
	6A	–	Patienter som måste göras medvetna om att de måste evakuera men som sedan kan ta sig ut.
	6B	–	Patienter som behöver ha hjälp att komma igång och hjälp i trappor
	6C	–	Patienter som kan starta evakueringen själva men behöver hjälp i trappor
	10	–	Behöver hjälp hela vägen ut
	20	–	Patient som behöver mycket assistans eller bli buren till säker plats
	30A	–	Behöver hjälp av två vårdare i början och när patienten skall passera hinder. Rör sig annars själv till säker plats
	30B	–	Patient som kräver hjälp från två vårdare i början och en sedan. I trappor krävs två vårdare får att bära
	30C	–	Patient som evakuerar sig själv men behöver hjälp av två vårdare i trappor
	40	–	Behöver mycket hjälp från två vårdare under hela evakueringen

### *Bilaga 4 Tabell 3 Olika patienttyper ERM*

I programmet skapas ett nätverk av punkter s.k. noder. Dessa representerar rum, dörrar, trappor säkra områden etc. Varje nod definieras efter ett koordinatsystem som ligger till grund för avstånden mellan noderna. Vårdare och patienter placeras sedan ut vid noderna. Noderna förbinds med varandra genom de gångvägar som man vill att personerna skall förflytta sig efter. Om programmet får flera alternativ att flytta från en nod till en annan så väljs det kortaste avståndet. Gånghastigheten är i fot per minut. Sluttiden erhålles då alla patienter och vårdare befinner sig i de säkra noderna (SAFE).

### Begränsningar med ERM

En mycket viktig sak att tänka på är att programmet bara är en modell och att värdena inte skall ses som en sanning utan bara som en fingervisning. Det finns några begränsningar med programmet, den första är att det inte tas någon hänsyn till utrymningsvägars kapacitet så som bredd eller om flaskhalsar och köer uppstår, vilket inte är ett problem på grund av liten persontäthet och breda korridorer i byggnaden (2,15 meter). Någon hänsyn till människors påverkan av brand och rök (t.ex. toxicitet och siktnedsättning) tas ej heller. Dessutom är en simulering i ERM begränsade till att 15 vårdare, 75 patienter och 125 noder kan läggas in. Det finns dessutom enbart en personalkategori.

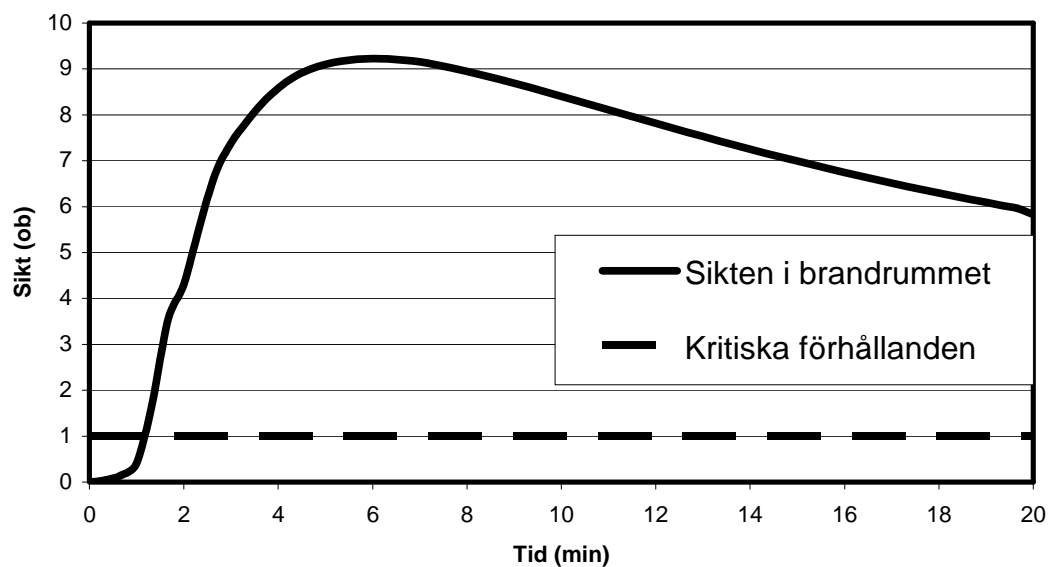
## Bilaga 5 Effekter av åtgärder.

### Sprinkler

I FAST kan sprinklers simuleras. Sprinklade lägenheter har föreslagit som åtgärder för scenario 1 och 2a (kapitel 9). En känslighetsanalys har genomförts mellan originalscenariot och att installera sprinklers i brandrummen. RTI värdet på spinklern är 30 och utlösningstemperaturen 57°C och flödet är 6 l/min.

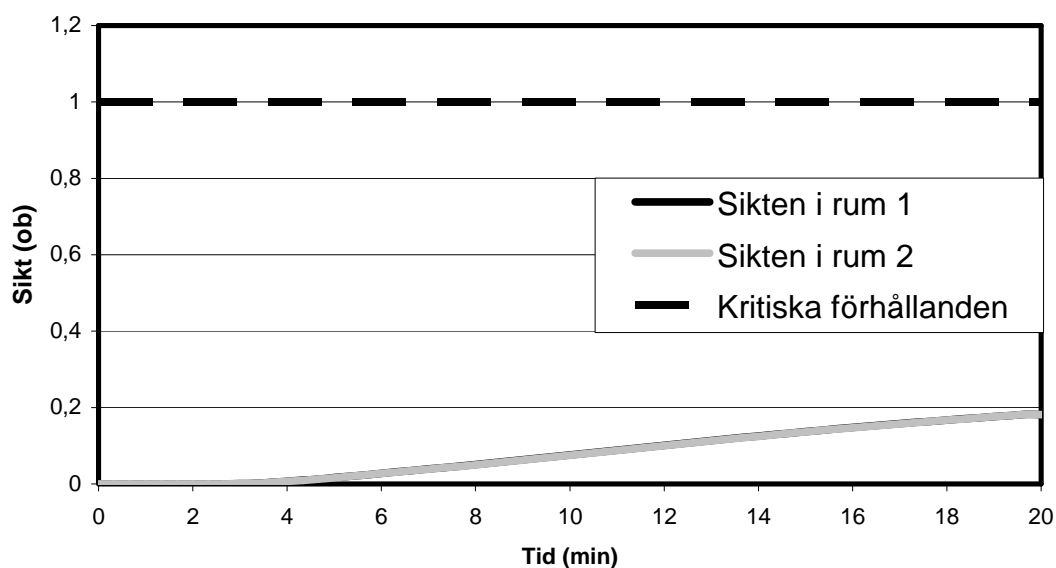
### Scenario 2a

**Sikt i brandrummet**



Bilaga 5 Graf 1 Scenario 2a. Sikt i brandrummet med bostadssprinkler och dörren till korridoren stängd.

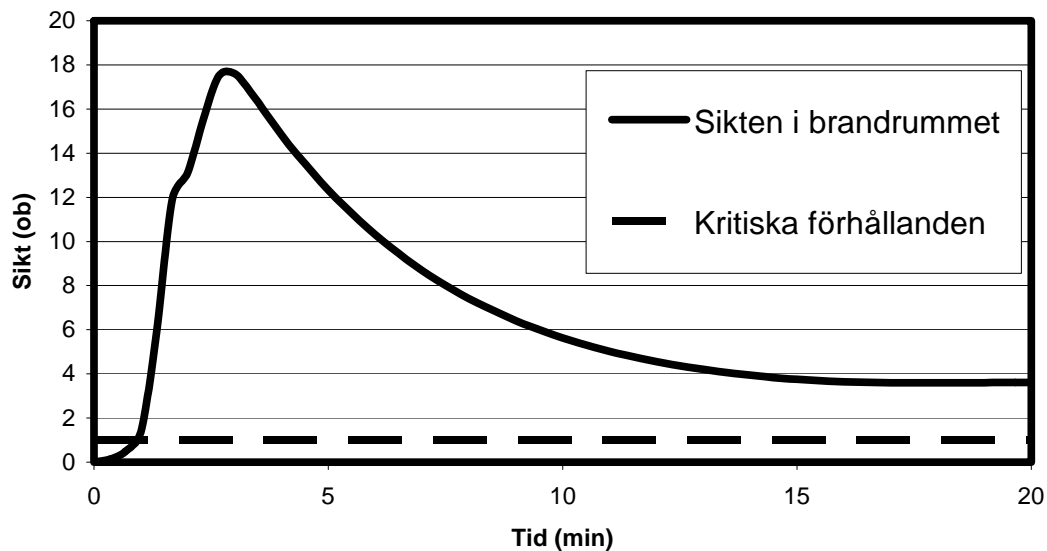
**Sikt i korridoren med sprinkler i brandrummet**



Bilaga 5 Graf 2 Scenario 2a. Sikt i korridoren med dörren från lägenheten öppen.

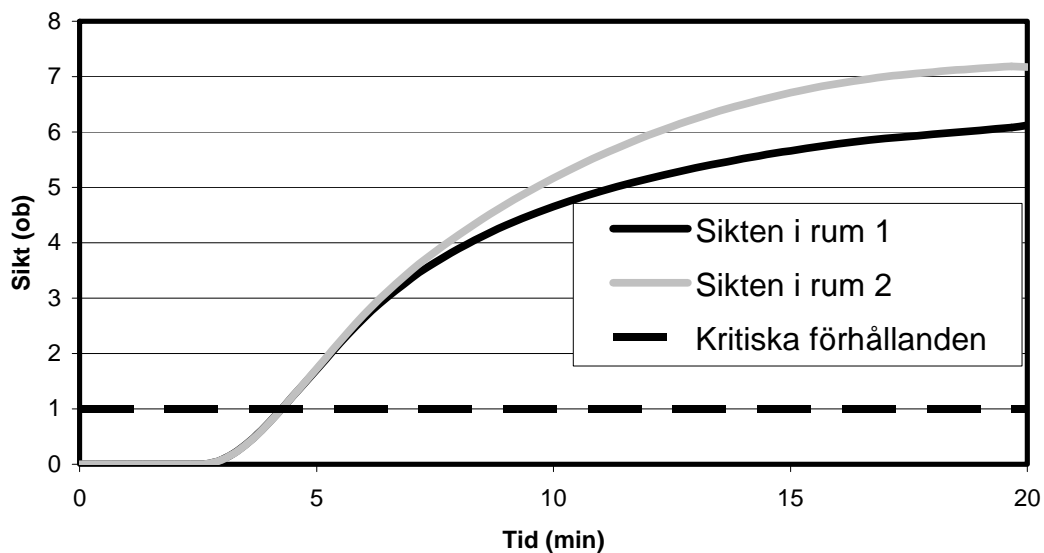
## Scenario 2b

### Sikt i brandrummet



Bilaga 5 Graf 3 Scenario 2b. Sikt i brandrummet med bostadssprinkler och dörren till korridoren öppen.

### Sikt i korridoren med sprinkler i brandrummet

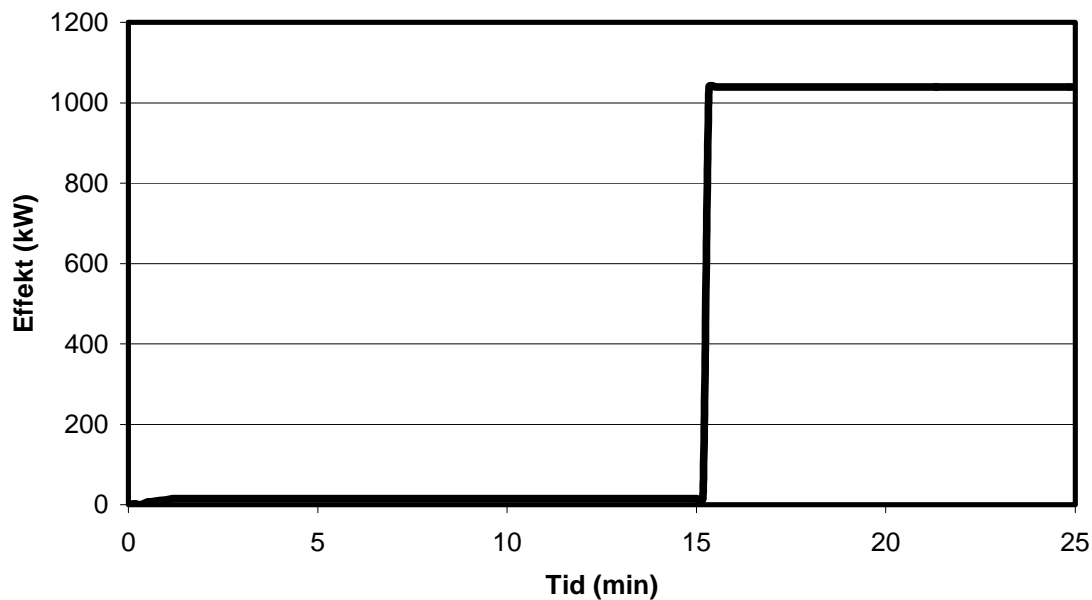


Bilaga 5 Graf 4 Scenario 2b. Sikt i korridoren med dörren från lägenheten öppen.

### Flamskyddad säng

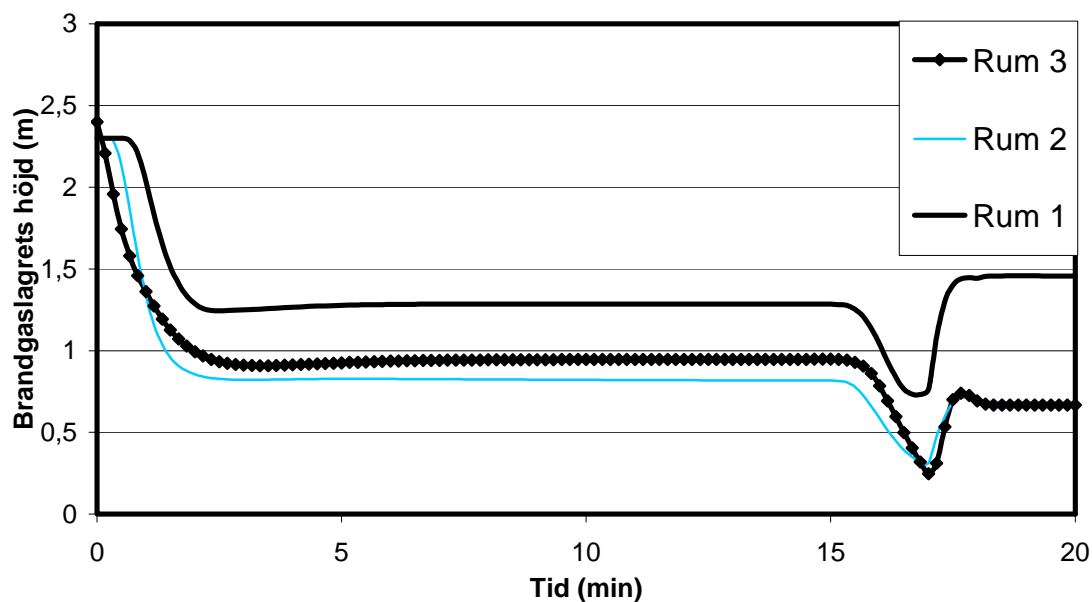
Effektutveckling för flamskyddad säng har hämtats från Initial fires<sup>58</sup>.

#### Effektutveckling för flamskyddadsäng



Bilaga 5 Graf 5 Effektutvecklingen för flamskyddad säng

#### Brandgaslagrets höjd

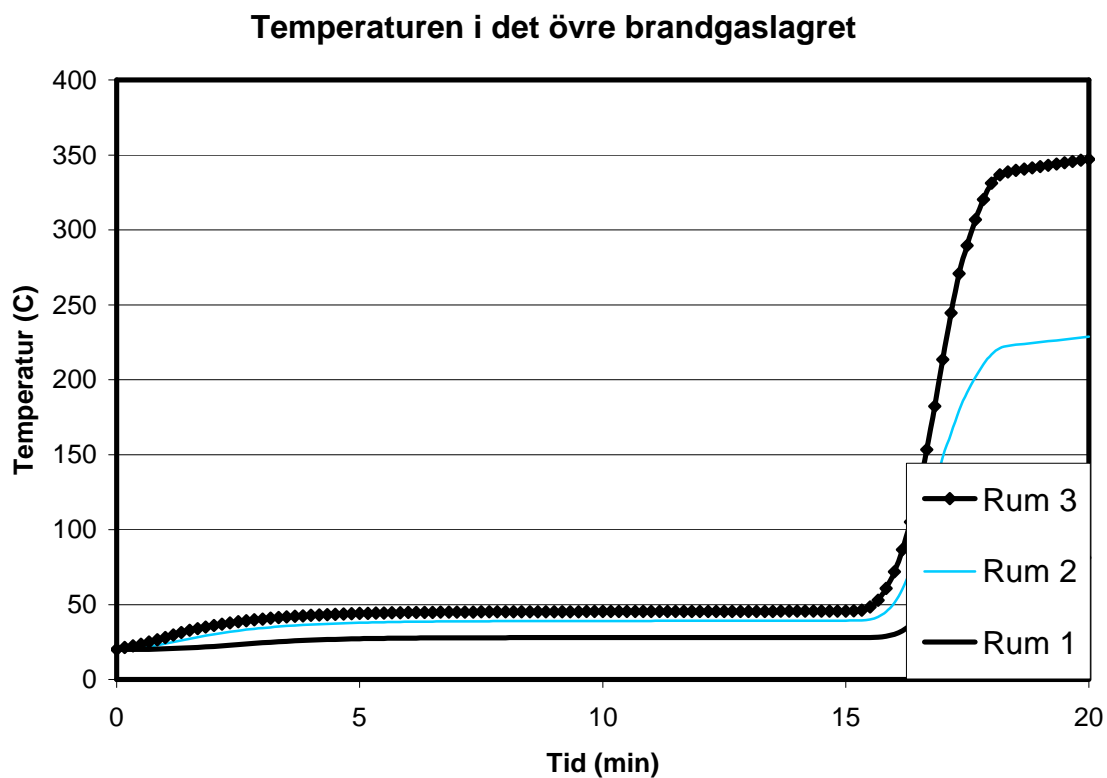


Bilaga 5 Graf 6 Brandgaslagrets höjd vid effektutveckling för flamskyddad säng.

---

<sup>58</sup>Särdqvist S. (1993) "Initial fires", LTH, ISSN 1102-8246





Bilaga 5 Graf 7 Temperaturen i brandgaslagret vid effektutveckling för flamskyddad säng.

#### Dörrstängare

Simuleringar har gjorts med dörrstängare i korridoren som aktiveras i samband med brandlarm. Resultatet visar att minimal brandgasspridning hinner ske till övriga delar av korridoren innan de aktiveras.

## Bilaga 6 Handberäkningar av brandgastemperaturer

MQH-metoden, framtagen av McCaffery, Quintere och Harkleroad, är ett sätt att uppskatta brandgaslagrets temperatur med hjälp av förenklade energi och massekvationer. För att bestämma dom dimensionslösa konstanterna analyserades flera hundra experinenter med varierande bränsle. Beräkningarna med metoden ligger i att den endast är giltig för normal stora rum där branden ligger fritt från väggar. För att vara giltig måste det finnas öppningar för att metoden antar värmeförluster genom massutflöde. Metoden är inte heller giltig efter övertändning,  $\Delta T$  kan variera mellan 20 och 600°C. Vidare antages branden vara bränsle kontrollerad och metoden är inte användbar för ventilationskontrollerade bränder. I denna rapport används metoden för att bekräfta indatan till FAST och då är den giltig. För att få jämförbara grafer har formlerna lagts in i EXCEL. Tiden till att fönsterna går sönder är tagen från FAST.

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

$$\Delta T = T_g - T_a$$

$$t_p = \frac{\delta^2}{4\alpha}$$

$$h_k = \frac{A_w}{A_T} \sqrt{\frac{(k\rho c)_w}{t}} + \frac{A_{F,C}}{A_T} \sqrt{\frac{(k\rho c)_{F,C}}{t}} \quad (\text{då } t_p > t)$$

$\Delta T$  = Temperaturskillnad mellan brandgaslagret och omgivningsluften (K)

$T_a$  = Brandgaslagrets temperatur (K)

$T_g$  = Omgivningsluftens temperatur 293 (K)

$\dot{Q}$  = Effektutveckling, se respektive graf (kW)

$A_o$  = Öppningsarea (m<sup>2</sup>)

$A_{F,C}$  = Area för golv och tak (m<sup>2</sup>)

$A_T$  = Total omslutningsarea (m<sup>2</sup>)

$A_w$  = Area för väggar (m<sup>2</sup>)

$\delta$  = Tjocklek på omgivande material (m)

$\alpha$  = Termisk diffusivitet, vägd för kombination av betong/lättbetong (m<sup>2</sup>/s)

$k$  = Konduktivitet för omslutningsmaterial (W/mK)

$\rho$  = Densitet för omslutningsmaterial (kg/m<sup>3</sup>)

$c$  = Specifik värmekapacitet för omslutningsmaterial (J/kgK)

$t_p$  = Termisk penetrationstid (s)

$H_o$  = Öppningarnas vägda medelhöjd (m)

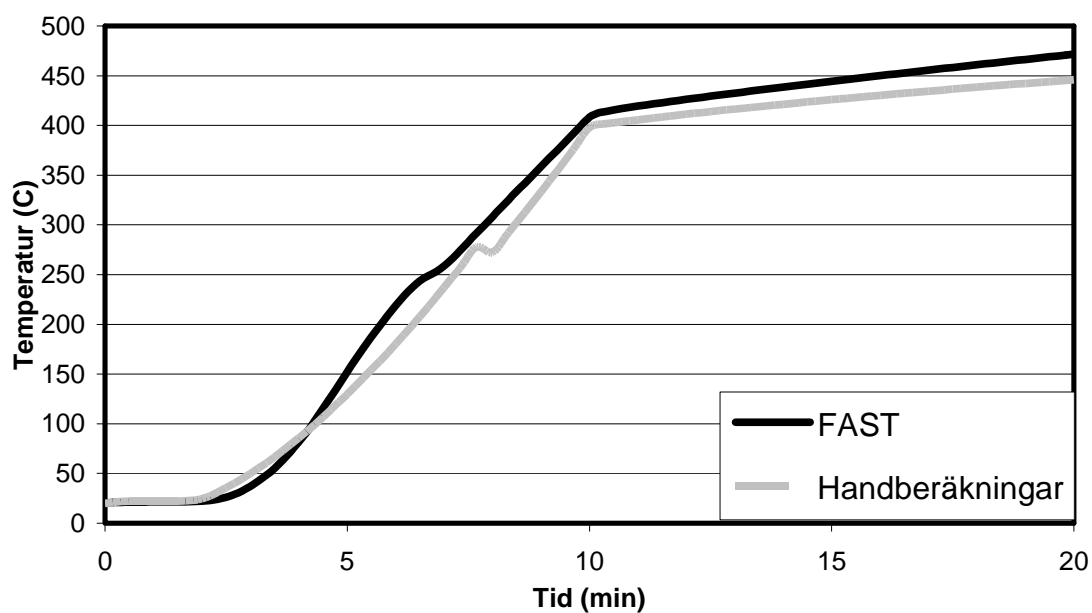
$h_k$  = Värmemotstånd (kW/m<sup>2</sup>K)

### Scenario 1

	Före fönster sönder	Efter fönster sönder
$A_o$	2,2	3,4
$A_{F,C}$	20,3	20,3
$A_T$	82,6	81,4
$A_W$	42,0	40,8
$H_o$	2,0	1,6

Bilaga 6 tabell 1 specifika indata till scenario 1.

### Temperaturen i det övre brandgaslagret

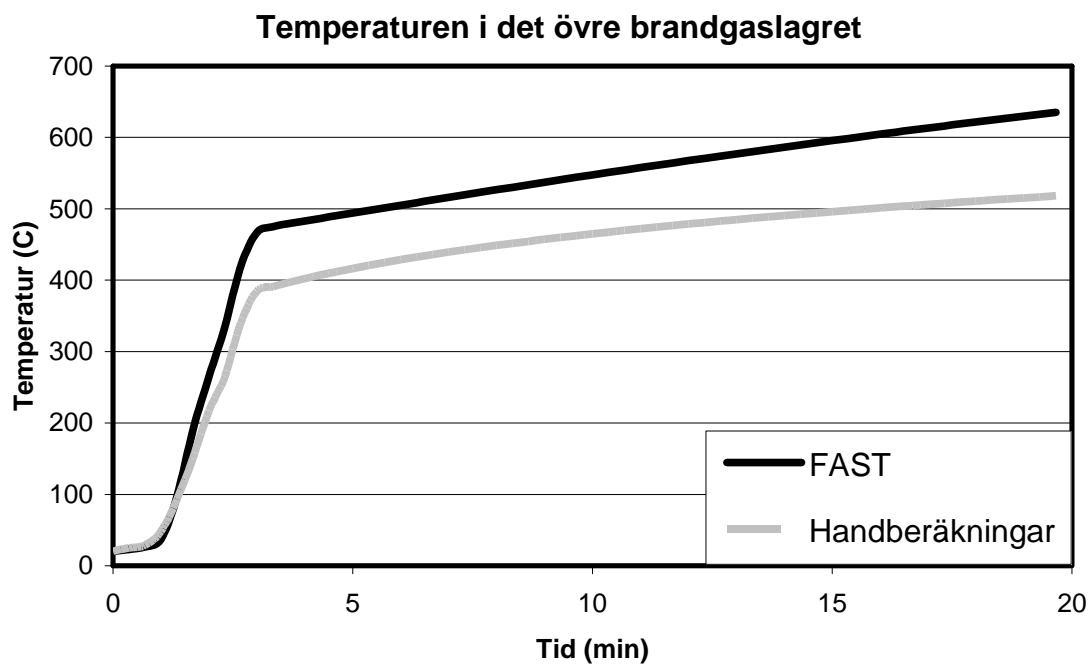


Bilaga 6 Graf 1 Handberäkning av temperaturen i brandgaslagret, scenario 1

### Scenario 2

	Före fönster sönder	Efter fönster sönder
$A_o$	2,29	3,55
$A_{F,C}$	10,38	10,38
$A_T$	50,75	49,49
$A_W$	29,99	28,73
$H_o$	2,03	1,67

Bilaga 6 tabell 2 specifika indata till scenario 2

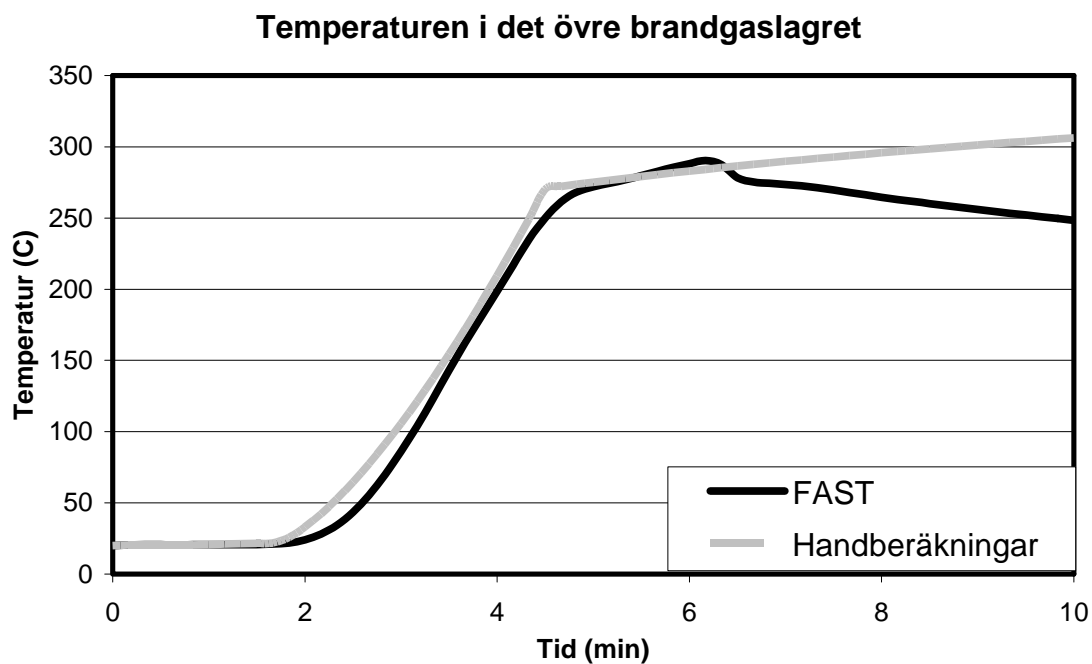


Bilaga 6 Graf 2 Handberäkning av temperaturen i brandgaslagret, scenario2

### Scenario 3

	Före fönster sönder	Efter fönster sönder
$A_o$	4,3	4,3
$A_{F,C}$	40,9	40,9
$A_T$	211,6	211,6
$A_W$	129,6	129,6
$H_o$	0,2	0,2

Bilaga 6 tabell 3 specifica indata till scenario31.

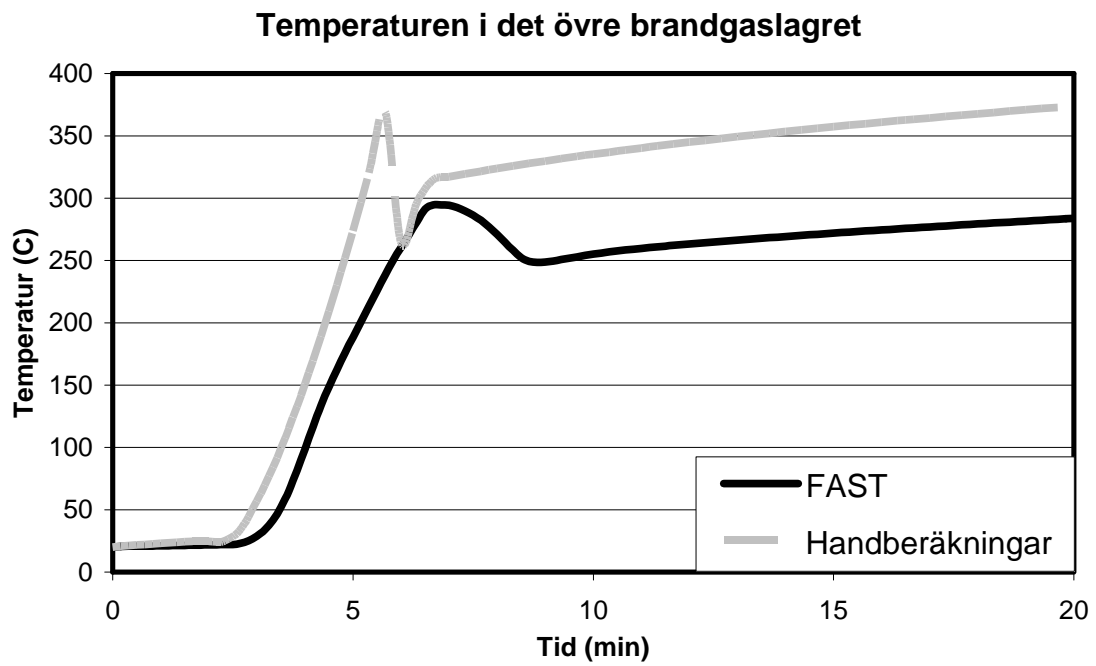


Bilaga 6 Graf 3 Handberäkning av temperaturen i brandgaslagret, scenario 3

#### Scenario 4

	Före fönster sönder	Efter fönster sönder
$A_o$	1,1	20,3
$A_{F,C}$	44,0	44,0
$A_T$	169,2	150,0
$A_W$	125,2	106,0
$H_o$	4,09	0,295

Bilaga 6 tabell 4 specifica indata till scenario 41.



Bilaga 6 Graf 4 Handberäkning av temperaturen i brandgaslagret, scenario 4

## Bilaga 7 Handberäkningar av brandgaslagrets höjd

För att verifiera rökgaslagrets höjd har Zukoski's modell med dimensionslösa tal använts.

Denna modell antar att det endast sker ett utflöde ur rummet vilket i detta fall endast är giltigt innan fönsterna går sönder. Beroende på om utflödet sker i takhöjd eller golvnivå är det varma eller kalla gaser som strömmar ut eftersom tvåzonsmodell antages. Antaget utflöde är i dessa fall genom läckage i dörren alltså har vi antagit utflöde av kalla gaser. Ingen hänsyn tas till värmeförluster till väggar, och plymmodellen är Zukoski plymen som bara är giltig vid svaga plymer.

$\dot{Q}^*$  = Dimensionslös effektutveckling

$\dot{Q}$  = Effektutveckling, se respektive graf

$\rho_a$  = Densitet för luft 1,2 (kg/m<sup>3</sup>)

$c_p$  = Specifik värmekapacitet för luft 1,0 (kJ/kgK)

$T_a$  = Omgivningsluftens temperatur 293(K)

$g$  = Gravitationskonstant 9,82 (m/s<sup>2</sup>)

$H$  = Rummets höjd (m)

$\tau$  = Dimensionslös tid

$t$  = Simuleringstid (s)

$S$  = Golvarea (m<sup>2</sup>)

$y$  = Dimensionslös höjd

$z$  = Brandgaslagrets höjd från golvet (m)

$$\dot{Q}^* = \left( \frac{\dot{Q}}{\rho_a c_p T_a \sqrt{g} H^{3/2}} \right)$$

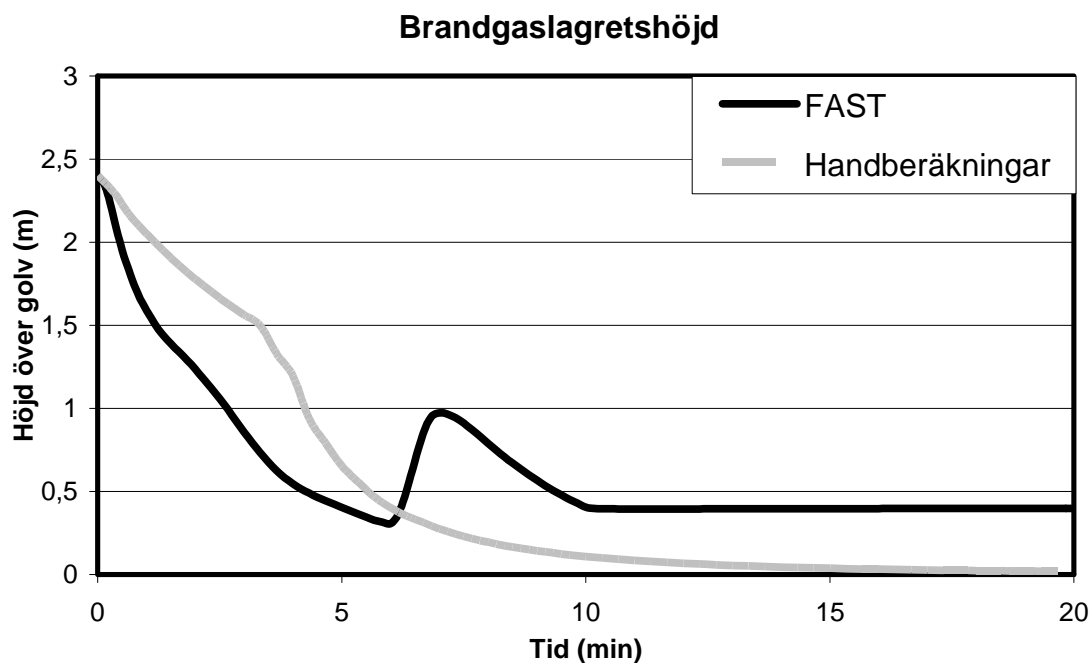
$$\tau = t \sqrt{\frac{g}{H} \frac{H^2}{S}}$$

$$y = \left( 1 + \frac{2 \cdot 0,21 \cdot (\dot{Q}^*)^{1/3} \cdot \tau}{3} \right)^{-3/2}$$

$$y = \frac{z}{H}$$

### Scenario 1

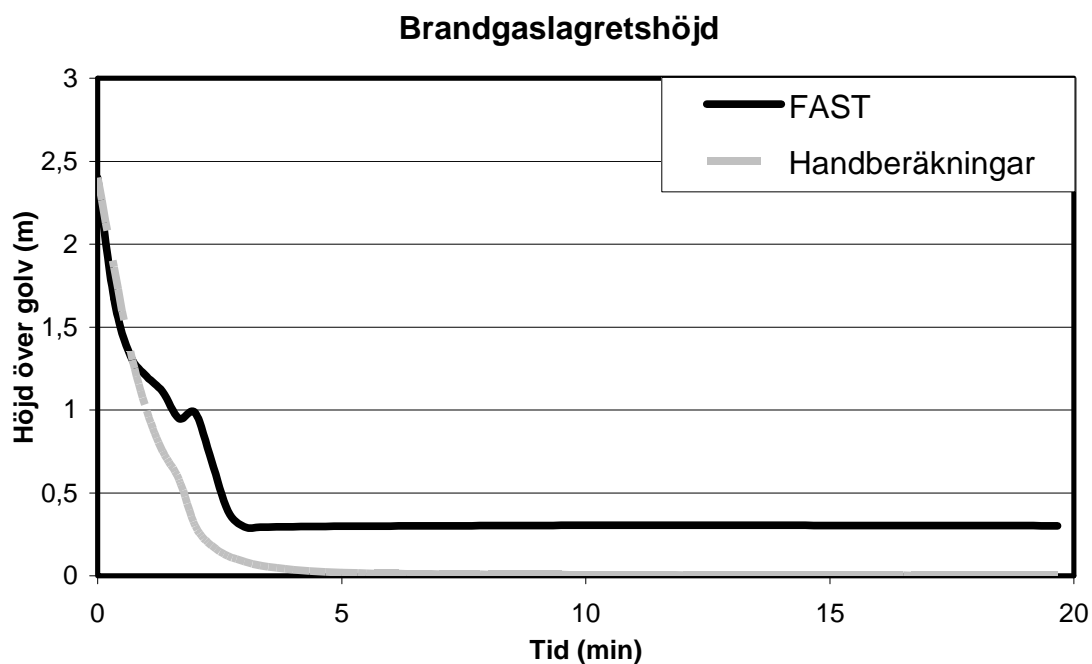
H = 2,4 m  
S = 20,3 m<sup>2</sup>



Bilaga 7 Graf 1 Handberäkning av brandgaslagrets höjd , scenario 1

### Scenario 2

H = 2,5 m  
S = 10,38 m<sup>2</sup>

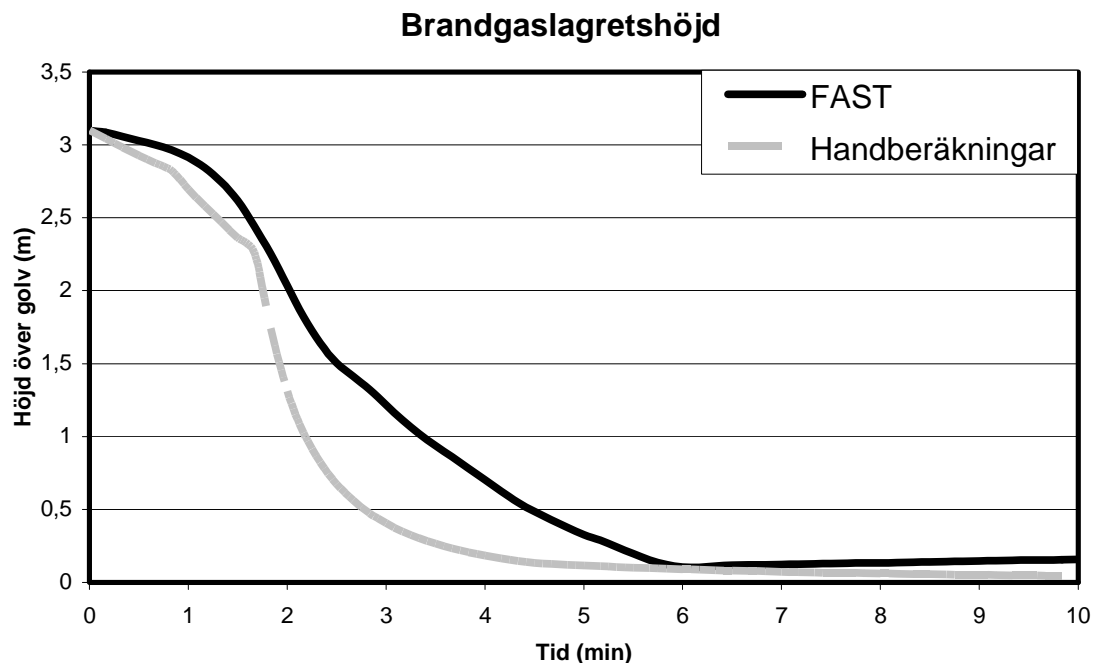


Bilaga 7 Graf 2 Handberäkning av brandgaslagrets höjd , scenario 2



### Scenario 3

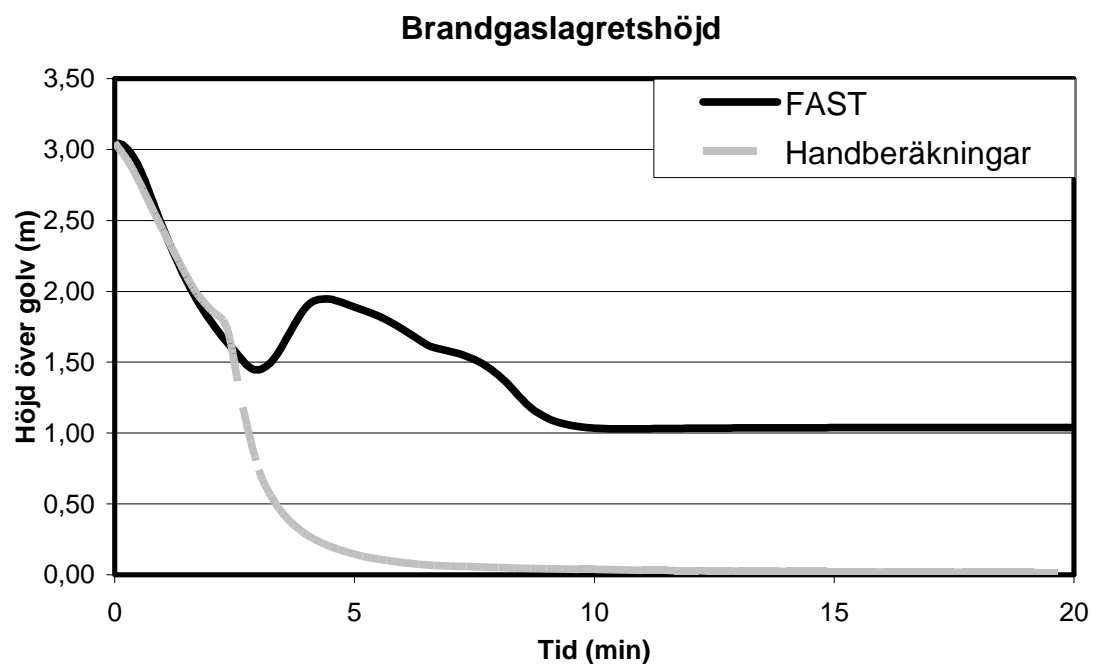
H = 3,1 m  
S = 40,9 m<sup>2</sup>



Bilaga 7 Graf 3 Handberäkning av brandgaslagrets höjd , scenario 3

### Scenario 4

H = 3,05 m  
S = 44,0 m<sup>2</sup>



Bilaga 7 Graf 4 Handberäkning av brandgaslagrets höjd , scenario 4

## Bilaga 8 Insatsplan Danvikshem



***INSATSPLAN***

***FÖR***

***DANVIKSHEM***

***VID BRAND ELLER ANNAN OLYCKSHÄNDELSE***

## INTERN RÄDDNINGSG- OCH INSATSPLAN FÖR DANVIKSHEM GÄLLANDE VID BRAND ELLER ANNAN OLYCKSHÄNDELSE

Den interna räddnings- och insatsplanen skall skapa förutsättningar för en effektiv insats med egen personal vid brand eller annan olyckshändelse i avvaktan på externa räddningseenheter.

- Det är av största vikt att innehållet i denna plan övas och uppdateras av ledning och anställda på Danvikshem.
- Person 1 är chef för insatsgruppen.
- Person 1, 2 och 3 aktiveras vid alla larm.
- Tekniska avdelningen larmas automatiskt dagtid. Övrig tid larmas tekniska avdelningen enligt larmlistan. Se sid 5.
- Om någon del av byggnaden måste utrymmas skall larmlistan aktiveras.
- Utrustning till personerna 1, 2 och 3 finns i brandskåp vid brandförvarstablåer (3 st: sjukavd.1. trapphus, utanför Gillestugan, Ingång 1). Skåpet skall innehålla märkta västar, ficklampor samt arbetsmapp ( till person 1) innehållande larmlista, uppdaterad lista över all sjukvårdsutbildad personal (SSK + USK) och uppdaterad lista över samtliga boende samt penna och block.
- Polisinsatschefen skall alltid informeras av person 2 så att inringd personal samt transporter får passera avspärningarna.
- Räddningsledningen finns på ledningsplatsen/brytpunkten på Danvikshemvägen, Annan plats kan väljas.
- Räddningsledare är alltid brandbefäl. Dessutom ingår i ledningen polisinsatschef, läkare och ledningsambulans.
- Ambulansverksamheten hjälper till med medicinska insatser samt svarar för transporter av skadade.
- Polisen svarar för avspärningar, dirigering av trafik samt registrering av personer inblandade i händelsen.
- Polisen svarar för information till anhöriga.

## Generellt om person 1, 2 och 3

**Person 1** = Tjänstgörande sjuksköterska vid ålderdomshemmet. Chef för insatsgruppen. Leder och samordnar utrymningen. Person med högre tjänsteställning kan ta över om så krävs; vårdchef eller VD. Tel.nr. 250.

**Person 2** = utses av person 1 ur gruppen undersköterskor / vårdbiträden vid A-byggnaden. Stannar kvar vid brandförvarstablån och inväntar brandförsvaret. Tel.nr. 379.

**Person 3 DAG** = utses av person 1 ur gruppen undersköterskor / sjukvårdsbiträden vid L 2. Assisterar person 1. Tel.nr. 380.

**Person 3 NATT** = utses av person 1 ur gruppen undersköterskor / vårdbiträden vid Ö fl. Assisterar person 1. Tel.nr. 380.

Personerna 1, 2 och 3 utrustas med laminerat ”uppdragskort” enligt budkavleprincipen samt brandtelefoner.

**OBS! I första hand FAST personal.** Tillfälligt inhyrd personal är ej lämpliga att ha i insatsgruppen. Då sjuksköterska nattetid är inhyrd person FAST ställs person 1 av avdelningschefen på ålderdomshemmet.

När brandlarmet ljuder

När brandlarmsirener ljuder har brandlarmet startats automatiskt eller via larmknapp på det plan där knapp och siren finns. På avd. 1 aktiveras orange roterande lampa, samt larm går ut per text och ljudsignal på insatsgruppens och driftschefens telefoner.

Handlingsplan person 1

FUNKTION: ATT LEDA OCH SAMORDNA UTRYMNINGEN, CHEF FÖR INSATSGRUPPEN

1. Utse person 2 och 3 vid arbetspassets början. Försäkra Dig om att de är utbildade samt försedda med sitt ”uppdragskort”.
2. Ring person 2 och 3 och samlas därefter vid den brandförvarstablå (BFT) som larmar (finns 3 st).
3. Tag på Dig väst märkt ”Utrymningsledare” samt ficklampa och OR-ritning
4. Lokalisera larmet och bege Dig till larmplatsen
5. Informera Dig om läget vid larmplatsen och rapportera till person 2
6. Led utrymningsarbetet till brandförsvaret är på plats
7. Informera brandförsvaret om vidtagna åtgärder
8. Upprätta uppsamlingsplats
9. Tänk på att placera skadade så att skadeinventering lätt kan ske

## Handlingsplan person 2

FUNKTION: ATT STANNA KVAR VID BRANDFÖRSVARSTABLÅN OCH INVÄNTA BRANDFÖRSVARET

1. Bege Dig till den brandförvarstablå (BFT) som larmar (finns 3 st).
2. Tag på Dig väst märkt ”Personal” samt ficklampa
3. Stanna vid brandförvarstablån och invänta brandförsvaret. Informera om vidtagna åtgärder.
4. Informera polisen när den är på plats. Du skall stå till räddningsledningens förfogande och vara Danvikshems kontaktperson

Handlingsplan person 3

FUNKTION: ATT ASSISTERA PERSON 1

1. Bege Dig till den brandförvarstablå (BFT) som larmar (finns 3 st).
2. Tag på Dig väst märkt ”Personal” samt ficklampa.
3. Assistera person 1

## HANDLINGSPLAN TEKNISKA AVDELNINGEN

TEKNISKA AVDELNINGEN VARDAGAR 7.00-16.00.

ÖVRIG TID, RING Bravida Service TEL 020-212112 (OBS! EN TIMMES INSTÄLLESETID).

- Vid brandlarm gå till den brandförvarstablå (BFT) som larmar (finns 3 st).
- Person 1 informerar om läget.
- Stå till räddningsledningens förfogande angående hissar, ventilation m.m.

Handlingsplan vid brand

Rädda personer som är i omedelbar fara.

Stäng in branden, stäng dörrar för att hindra rök och brandspridning

Varna andra och utrym via trapphus, använd ej hissar.

Larma Brandförsvaret (tryck in brandlarmknappen) förstärk utlarmningen genom att ringa 112.

Stäng alla dörrar.

Vädra ut röken.

Påbörja utrymningen ett rum i taget.

Försök att släcka eller begränsa branden.

Medtag handbrandsläckare fram till det brinnande rummet.

Gå inte för långt. Tillbakavägen kan bli spärрад.

Person 2 leder utrymningsarbetet till brandförsvaret är på plats.

Om Du kan, sänd någon för att möta brandförsvaret för att visa vägen.

Övrigt

I händelse av evakuering använd seniorboendets klubbhus/gymsal som uppsamlingsplats.

LARMLISTA

**För att komma ut på linjen slå "0" först, sedan numret**

	<b>Namn</b>	<b>Tel.bost.</b>	<b>Tel.arb.</b>
1.	Tekniska avdelningen 16.00-07.00 samt helger		020-212112
2.	VD Keith Brunberg		452 92 01
3.	Teknisk chef Henri Oinonen	08-747 99 59	452 92 36
4.	Vårdhemsläkare Mats Åström		452 92 23
5.	Vårdchef Boel Bagge	08-651 30 07	452 92 07
6.	Ekonomichef Claes Wiberg	08-641 53 77	452 92 02
7.	Kostchef Ann-Marie Persson	08-38 25 30	452 92 29

**Bilaga 9 Indata till ERM**

Följande noder specificerades för utrymningsberäkningarna av plan 5.

Nod	Anm.	x (ft)	y (ft)	z (ft)	antal anslut.	anslut. 1	anslut. 2	anslut. 3	anslut. 4
1	SAFE	0	17	0	1	2			
2	KORR	7	17	0	3	1	3	4	
3	SAFE	7	25	0	1	2			
4	KORR	18	17	0	3	2	5	7	
5	HALL	18	9	0	2	4	6		
6	LGH	28	0	0	1	5			
7	KORR	42	17	0	4	4	8	9	10
8	LGH	42	34	0	1	7			
9	LGH	42	0	0	9	7			
10	KORR	58	17	0	4	7	11	12	13
11	LGH	58	34	0	1	10			
12	LGH	58	0	0	1	10			
13	KORR	72	17	0	4	10	14	15	16
14	LGH	72	34	0	1	13			
15	LGH	72	0	0	1	13			
16	KORR	88	17	0	3	13	17	18	
17	LGH	88	0	0	1	16			
18	KORR	104	17	0	3	16	19	20	
19	MAT	104	0	0	1	18			
20	KORR	118	17	0	4	18	21	22	23
21	SAFE	118	25	0	1	20			
22	MAT	118	0	0	1	20			
23	KORR	133	17	0	3	20	24	25	
24	LGH	133	0	0	1	23			
25	KORR	150	17	0	3	23	26	27	
26	LGH	150	0	0	1	25			
27	KORR	162	17	0	4	25	28	29	30
28	LGH	162	34	0	1	27			
29	LGH	162	0	0	1	27			
30	KORR	178	17	0	4	27	31	32	33
31	LGH	178	34	0	1	30			
32	LGH	178	0	0	1	30			
33	KORR	193	17	0	4	30	34	35	36
34	LGH	193	34	0	1	33			

35	LGH	193	0	0	1	33			
36	KORR	209	17	0	4	33	37	38	39
37	LGH	209	34	0	1	36			
38	LGH	209	0	0	1	36			
39	SAFE	227	17	0	1	36			

Följande noder specificerades för utrymningsberäkningarna av plan 4.

Nod	Anm.	x (ft)	y (ft)	z (ft)	antal anslut.	anslut. 1	anslut. 2	anslut. 3	anslut. 4
1	KORR	0	13	0	2	2	3		
2	SAFE	0	26	0	1	1			
3	KORR	12	13	0	3	1	4	6	
4	HALL	12	9	0	2	3	5		
5	LGH	21	0	0	1	4			
6	KORR	51	13	0	4	3	7	9	11
7	HALL	54	21	0	2	6	8		
8	LGH	69	26	0	1	7			
9	HALL	51	6	0	2	6	10		
10	LGH	35	0	0	1	9			
11	KORR	82	13	0	3	6	12	14	
12	HALL	82	6	0	2	11	13		
13	LGH	65	0	0	1	12			
14	KORR	97	13	0	3	11	15	16	
15	LGH	97	0	0	1	14			
16	KORR	112	13	0	4	15	17	18	19
17	SAFE	112	26	0	1	16			
18	LGH	112	0	0	1	16			
19	KORR	125	13	0	3	16	20	21	
20	LGH	125	0	0	1	19			
21	KORR	157	13	0	4	22	23	25	
22	LGH	160	26	0	1	21			
23	HALL	157	6	0	2	21	24		
24	LGH	141	0	0	1	23			
25	KORR	170	13	0	3	21	26	27	
26	LGH	170	0	0	1	25			
27	KORR	183	13	0	3	25	28	29	
28	LGH	183	26	0	1	27			
29	KORR	204	13	0	4	27	30	31	33
30	LGH	202	26	0	1	29			



31	HALL	199	6	0	2	29	32		
32	LGH	186	0	0	1	31			
33	KORR	221	13	0	3	29	34	35	
34	SAFE	221	26	0	1	33			
35	LGH	221	0	0	1	33			

Personal och boende specifikationer för utrymning av plan 5 dagtid

Boende					
nr	nod	typ	prioritet	delay	gång typ
1	15	6A	7	3	1A
2	10	6A	1	3	1A
3	15	10	8	3	0
4	8	10	2	3	1A
5	18	6A	9	3	0
6	18	10	10	3	1A
7	32	6C	4	3	1B
8	35	6C	11	3	1A
9	22	10	3	3	0
10	15	10	6	3	1A
11	30	6A	5	3	1B

Personal		
nr	nod	delay
1	20	2
2	18	2
3	15	2
4	21	2
5	29	2
6	3	2

Personal och boende specifikationer för utrymning av plan 5 nattetid

Boende					
nr	nod	typ	prioritet	delay	gång typ
1	5	6A	10	4	1A
2	10	6A	2	4	1A
3	13	10	7	4	0
4	8	10	3	4	1A
5	24	6A	5	4	0

6	26	10	1	4	1A
7	32	6C	8	4	1B
8	35	6C	11	4	1A
9	22	10	4	4	0
10	28	10	6	4	1A
11	30	6A	9	4	1B

Personal		
nr	nod	delay
1	20	2
2	2	3

Personal och boende specifikationer för utrymning av plan 4 dagtid

Boende					
nr	nod	typ	prioritet	delay	gång typ
1	6	6A	11	3	1A
2	9	6A	7	3	1A
3	12	6A	4	3	1A
4	15	6C	6	3	1A
5	17	6C	10	3	0
6	19	6B	12	3	0
7	11	10	3	3	1B
8	19	10	13	3	1A
9	19	10	14	3	1B
10	29	10	9	3	0
11	32	3C	2	3	3A
12	22	3C	15	3	1A
13	22	3C	16	3	0
14	22	10	17	3	1B
15	28	6A	8	3	3A
16	31	6A	1	3	1A
17	34	10	5	3	0
18	19	10	18	3	3B

Personal		
nr	nod	delay
1	19	2
2	19	2

3	24	2
4	24	2
5	10	2
6	30	2

Personal och boende specifikationer för utrymning av plan 4 nattetid

Boende					
nr	nod	typ	prioritet	delay	gång typ
1	6	6A	15	4	1A
2	9	6A	12	4	1A
3	12	6A	4	4	1A
4	15	6C	8	4	1A
5	17	6C	14	4	0
6	8	6B	11	4	0
7	11	10	3	4	1B
8	14	10	7	4	1A
9	26	10	13	4	1B
10	29	10	10	4	0
11	32	3C	1	4	3A
12	35	3C	6	4	1A
13	38	3C	16	4	0
14	38	10	17	4	1B
15	28	6A	9	4	3A
16	31	6A	2	4	1A
17	34	10	5	4	0
18	37	10	18	4	3B

Personal		
nr	nod	delay
1	19	2
2	19	2

