



**LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA**
Lunds universitet

Brandteknisk riskvärdering av Dalheimers Hus, Göteborg



**Jenny Magnusson
Madelein Nilsson
Lisa Noppa
My Olsson**

**Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Rapport 9242, Lund 2004**

Brandteknisk riskvärdering av
Dalheimers Hus, Göteborg

Jenny Magnusson
Madelein Nilsson
Lisa Noppa
My Olsson

Lund 2004

Avdelningen för Brandteknik

Lunds Tekniska Högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

Department of Fire Safety Engineering

Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
SWEDEN

Titel:

Brandteknisk riskvärdering av Dalheimers Hus, Göteborg

Title:

Fire safety evaluation of Dalheimers Hus, Gothenburg

Av/By:

Jenny Magnusson,
Madelein Nilsson,
Lisa Noppa,
My Olsson
Brandingenjörsprogrammet, Lunds Tekniska Högskola, 2004
Fire Safety Engineering Program, Lund University, 2004

Rapport/Report: 9242

Antal sidor/Number of pages: 94 (inkl. bilagor/incl. appendices)

Sökord:

Brandteknisk riskvärdering, Dalheimers Hus, brandscenario, utrymning, personsäkerhet, FAST/CFAST V3.1.7, Simulex V11.1.3, kritiska förhållande

Keywords:

Fire safety evaluation, Dalheimers Hus, fire scenario, evacuation, human safety, FAST/CFAST V3.1.7, Simulex V11.1.3, critical conditions

Abstract:

The purpose of this report was to make an evaluation of the fire safety of Dalheimers Hus in Gothenburg, Sweden. Dalheimers Hus is a nine storey building with a rehabilitation center for disabled people. An evaluation of the fire safety concerning fire development, smoke layer height and evacuation times was made. Different fire scenarios were studied and simulated in FAST/CFAST to get the time when critical conditions occurred in the rooms. The evacuation times were simulated with Simulex and compared with the values from FAST/CFAST. The report does not concern protection of property, but focuses on the safety of people when egressing.

Språk/Language: Svenska/Swedish

© Copyright: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund 2004.

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

Förord

Under arbetets gång har vi haft kontakt med många människor som med sitt stöd bistått oss under färdigställandet av denna rapport. Vi vill tacka Lennart Örstadius på Dalheimers Hus som outtröttligt har ställt upp och svarat på våra ständiga frågor. Vidare vill vi tacka våra handledare Håkan Frantzich, Brandteknik samt Martin Andersson och Frida Niméus på räddningstjänsten i Storgöteborg.

Vid våra funderingar och frågor angående ventilation har Lars Jensen, Avdelningen för installationsteknik varit till stor hjälp.

Lund 2004-12-13

Sammanfattning

Denna rapport är en brandteknisk utvärdering av Dalheimers Hus i Göteborg. En kontroll av personsäkerheten vid utrymning ur byggnaden har gjorts och brister har kartlagts. Arbetet omfattar litteraturstudier, ett besök på objektet, handberäkningar på ventilation samt datorsimuleringar för brandgasspridning och utrymning. Fokus i rapporten ligger på att utreda om personerna som vistas i byggnaden kan ta sig ut innan kritiska förhållanden uppstår vid händelse av brand.

Dalheimers Hus är en nio våningar hög byggnad i stadsdelen Majorna i Göteborg. Byggnaden är ett center för människor med skiftande former av funktionshinder. Många olika typer av verksamheter finns samlade under samma tak. På våning ett till och med åtta finns restaurang, konferenslokaler, bibliotek, rehabiliterings- och aktivitetscenter, kontor och hotell.

Tre troliga scenarier med relativt allvarliga konsekvenser togs fram och analyserades. Till att börja med bestämdes omfattningen av de utvalda scenarier som användes vid simuleringar i datorprogrammet FAST/CFAST. Resultatet från simuleringarna användes för att ta reda på tiden till när kritiska förhållanden uppstår. För att få fram utrymningstider för byggnaden användes datorprogrammet Simulex.

Personsäkerheten vid brand är bra överlag i Dalheimers Hus. Det finns ett stort säkerhetsengagemang och man har kontinuerliga brandutbildningar för sin personal. Dessutom håller man på att utveckla sitt systematiska brandskyddsarbete.

Dalheimers Hus är dock i behov av ett antal förbättringsåtgärder. Resultatet visar att dörrstängarnas funktion är mycket viktig eftersom det vid simuleringarna i flera fall har avgjort om personerna hunnit utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Det största problemet med objektet är att det ur utrymningssynpunkt inte riktigt är anpassat för handikappsverksamhet.

För att säkerställa personsäkerheten under utrymning, vid händelse av brand, *bör* följande åtgärder genomföras:

- Införa ett kontinuerligt underhåll av husets samtliga dörrstängare.
- Införa en säker plats för rullstolsburna där de kan invänta hjälp på plan 6, 7 och 8.
- Förse nödutgångarna med mer lätthanterliga öppningsanordningar.
- Täta dörrar i brandcellsgränserna.
- Dörrar som ingår i brandcellsgränser skall inte ställas upp.
- Säkerställ fria utrymningsvägar.
- Förse de brandklassade dörrarna ut till huvudtrapphuset på plan 6 till plan 8 med lås med fallkolv.
- Öka antalet utrymningsövningar.
- Förbättra ritningsunderlaget.
- Inför ett system för ”registrering” av hotellets gäster.

Innehållsförteckning

FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	5
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	7
1 INLEDNING	9
1.1 BAKGRUND	9
1.2 SYFTE	9
1.3 AVGRÄNSNINGAR	9
1.4 METOD	10
1.5 MÅLGRUPP	10
2 OBJEKTET	11
2.1 BYGGNAD	11
2.2 VERKSAMHET	11
2.2.1 Verksamhet plan för plan	12
3 BEFINTLIGT BRANDSKYDD	13
3.1 PASSIVA SYSTEM	13
3.2 AKTIVA SYSTEM	13
3.2.1 Brandlarm	13
3.2.2 Utrymningslarmet	14
3.2.3 Kolsyresprinkler	14
3.2.4 Automatiska dörrstängare	14
3.2.5 Nödbelysning	14
3.2.6 Släckutrustning	14
3.2.7 Brandgasventilation	14
3.3 RÄDDNINGSTJÄNST	15
3.4 UTRYMNINGSVÄGAR	15
3.5 BRANDSKYDDSBILDNING	16
3.5.1 Enkätundersökning – resultat	16
4 VENTILATIONSSYSTEM	17
5 UTRYMNING	18
5.1 UTRYMNINGSFÖRLOPPET	18
5.2 KRITISKA FÖRHÅLLANDEN	18
5.3 PERSONER MED FUNKTIONSHINDER	19
6 BRANDSCENARIER	20
6.1 VAL AV EFFEKTKURVOR	21
6.2 BRAND I HOTELLRUM PLAN 7	22
6.3 BRAND I FÖRRÅD VID DALHEIMERSALEN	23
6.4 BRAND I SNICKERI I AKTIVITETSCENTRET	25
7 SIMULERINGAR I CFAST	27
7.1 KÄNSLIGHETSANALYS	27
7.2 SCENARIO 1 - BRAND I HOTELLRUM PLAN 7	28
7.2.1 Effektkurvor	28
7.2.2 Känslighetsanalys	29
7.2.3 Resultat	29
7.2.4 Handberäkningar	30
7.3 SCENARIO 2 - BRAND I FÖRRÅD VID DALHEIMERSALEN	33
7.3.1 Effektkurvor	33
7.3.2 Känslighetsanalys	33

7.3.3	Resultat.....	34
7.4	SCENARIO 3 - BRAND I SNICKERIET PÅ AKTIVITETSCENTRET	36
7.4.1	Effektkurvor.....	36
7.4.2	Känslighetsanalys	36
7.4.3	Resultat.....	37
8	SIMULERINGAR I SIMULEX	39
8.1	ALLMÄNT	39
8.2	HOTELLET.....	39
8.2.1	Antal personer.....	40
8.2.2	Varseblivnings-, besluts- och reaktionstider i Simulex.....	40
8.2.3	Resultat.....	40
8.3	DALHEIMERSALEN.....	41
8.3.1	Antal personer.....	41
8.3.2	Varseblivnings-, besluts- och reaktionstider i Simulex.....	41
8.3.3	Resultat.....	41
8.4	SNICKERI	42
8.4.1	Antal personer.....	42
8.4.2	Varseblivnings-, besluts- och reaktionstider i Simulex.....	43
8.4.3	Resultat.....	43
9	SLUTSATSER OM UTRYMNINGSFÖRHÅLLANDENA	44
9.1	HOTELLET.....	44
9.2	DALHEIMERSALEN.....	45
9.2.1	Brand i förråd	45
9.2.2	Brand i soffa utanför Dalheimersalen.....	46
9.3	SNICKERIET	46
10	BRISTER	48
11	ÅTGÄRDSFÖRSLAG	52
12	SLUTSATS.....	55
13	REFERENSER	56
BILAGOR.....		58
BILAGA 1 - BEGREPPSDEFINITIONER		59
BILAGA 2 – INDATA TILL CFAST.....		61
BILAGA 3 – DIAGRAM ÖVER KÄNSLIGHETSANALYSERNA		63
BILAGA 4 – DIAGRAM ÖVER RESULTAT FRÅN SIMULERINGAR I CFAST.....		64
BILAGA 5 – INDATA TILL SIMULEX		73
BILAGA 6 – ENKÄT.....		80
BILAGA 7 – BERÄKNINGAR AV EFFEKTKURVOR FÖR BRANDSCENARIER		82
BILAGA 8 – STRÅLNINGSBERÄKNINGAR		84
BILAGA 9 – BERÄKNING AV BRANDGASLAGRETS HÖJD.....		86
BILAGA 10 – VENTILATIONSBERÄKNINGAR		87
BILAGA 11 – PLANRITNINGAR.....		88

1 Inledning

Detta kapitel syftar till att redogöra för rapportens bakgrund, syfte, avgränsningar, metodik samt vilken målgrupp som åsyftas.

1.1 Bakgrund

Kursen VBR 054 - *Brandteknisk riskvärdering* omfattar 10 akademiska poäng och ges av avdelningen för brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Kursen är obligatorisk för årskurs tre på brandingenjörsprogrammet och innefattar ett större projektarbete i form av ett grupparbete. Detta projektarbete går ut på att genomföra en värdering av säkerhetsnivån hos ett givet objekt samt, med syftet att nå en förbättring, ge förslag på åtgärder och eventuella förändringar. Kursens mål är att genom ett problembaserat lärande ge förmåga till att kritiskt granska och analysera de i byggnormen angivna föreskrifterna och ge fördjupade kunskaper inom utrymning vid brand i byggnader. Vidare skall projektarbetet ge kunskap om människors reaktioner och beteenden under en utrymning och leda till att metoder och modeller för utrymning samt brand- och brandgasspridning tillämpas.

1.2 Syfte

Syftet med följande rapport är att utvärdera personsäkerheten i samband med brand på Dalheimers Hus i Göteborg. Målet är att klarlägga eventuell förekomst av brister och utifrån denna värdering presentera åtgärdsförslag som leder till en förbättring av brandskyddet.

1.3 Avgränsningar

Då objektet till största delen inrymmer handikappverksamhet och flertalet av de personer som befinner sig i byggnaden är funktionshindrade kommer fokus att ligga på utrymning. Vid värderingen av säkerhetsnivån har endast personsäkerhet avseende brandrisker beaktats. Därmed utelämnas andra olyckor såsom exempelvis fallolyckor. Inte heller miljöeffekter och materiella förluster beaktas. Vidare kommer faktorer som kan påverka det fortsatta brandförloppet såsom byggnadens bärförmåga, brandspridning till intilliggande byggnader eller räddningstjänstens förmåga inte att beaktas.

Inom ramarna för denna rapport har tid ej funnits för att ingående studera hela byggnaden. Valet av avgränsningar inom byggnaden har skett ur verksamhetssynpunkt. I huvudsak studeras de utrymmen som anses vara mest kritiska, det vill säga, lokaler med förmodade utrymningssvårigheter och stor persontäthet. Fokus ligger på verksamheter med ett måttligt till stort besökarantal då besökarna kan ha dålig lokalkännedom. De utrymmen där *endast* anställda befinner sig behandlas följaktligen inte.

Ventilationssystemet och dess funktion vid brand beskrivs övergripande i rapporten. Bristfälliga ritningar över ventilationen har lett till att handberäkningar av brandgasspridning via ventilationssystemet endast utförs för hotellplan 7. Verifiering av modelleringar i CFAST, har gjorts med hjälp av handberäkningar och endast utförts för hotellplan 7.

Vid simuleringar i Simulex gjordes en avgränsning genom att endast utrymma det plan där branden startade. Utrymningen ansågs vara avslutad när ett plan var utrymt.

1.4 Metod

Inledningsvis i kursen genomfördes ett besök på objektet som innefattade en noggrann genomgång av byggnaden. Vid orienteringen noterades rumsgeometrier, ventilationsförhållanden samt befintligt brandskydd och rådande utrymningsförhållanden. Vid besöket var vaktmästare för byggnaden, tillika säkerhetsansvarig, närvarande för att informera och svara på frågor. Utifrån observationerna vid detta objektsbesök konstruerades ett antal brandscenarier som skall motsvara tänkbara bränder. Ett brandscenario kan förklaras som en kvalitativ beskrivning av brandens utveckling med hänsyn tagen till olika händelser som antändning, tillväxt, öppningar, skyddssystem etc. Scenarierna togs fram utifrån principerna värsta troliga fall som kan uppstå samt den mest sannolika branden enligt statistik.

Effektkurvor för scenarierna skapades med hjälp av information om brandtillväxt och maximal effektutveckling utifrån tidigare dokumenterade försök (Särdqvist, S. 1993).

Brandförloppen i scenarierna har simulerats med hjälp av datorprogrammet FAST/CFAST V 3.17. Dessa datorsimuleringar har utsatts för känslighetsanalyser för att kontrollera rimligheten i resultaten.

Utrymningstiderna har simulerats med hjälp av datorprogrammet Simulex V11.1.3. Detta program ger information om hur fort en utrymning kan ske och var köbildning kan uppstå. De båda programmens begränsningar diskuteras i kapitel 7 respektive 8.

Parallellt med rapportens tillkomst har litteraturstudier bedrivits. Detta har fungerat som en orientering för att ge en översikt över den tidigare samlade kunskapen som finns inom området.

Avslutningsvis utvärderades resultaten av simuleringarna för att kunna bedöma byggnadens personsäkerhet.

1.5 Målgrupp

Rapportens målgrupp är objektsägare till Dalheimers Hus i Göteborg, räddningstjänsten i Storgöteborg och studenter på brandingenjörsprogrammet som läser den aktuella kursen. Rapporten skall således läsas av personer med varierande bakgrund och brandkunskaper.

2 Objektet

Detta kapitel syftar till att beskriva byggnadens utformning och nuvarande verksamhet.

2.1 Byggnad

Dalheimers Hus ligger i stadsdelen Majorna i Göteborg. Huset kunde byggas tack vare en donation från godsherren Fritz P. Dalheimer som när han avled 1922 lämnade 3,6 miljoner efter sig. 1,8 miljoner kronor skulle gå till handikappade i Göteborg. Pengarna skulle förvaltas i 40 år innan de fick användas.

Dalheimers Hus stod färdigbyggt hösten 1974. Huset, som har en stomme av betong och isolerat stål, består av 9 våningar. Delar av plan 1, 2, 3 och 4 ligger insprängda i berget. Byggnaden som är 12 000 m² stor kan delas in i en lågdel och en högdel. Lågdelen slutar på plan 5, medan den smalare högdelen fortsätter och går hela vägen upp till plan 9. Under åren har mindre renoveringar genomförts. Se bilaga 11 för ritningar över byggnaden.

Dalheimers Hus ägs och förvaltas av MedicHus. MedicHus är en kommunal fastighetsförvaltning som förvaltar samtliga fastigheter för särskilda boenden och verksamhetslokaler för äldre och funktionshindrade för Göteborgs stads räkning. Förvaltningsansvaret omfattar in- och utvändigt underhåll, driften av tekniska installationer, fastighets- och markskötsel, energiförsörjning samt arbete för säkra och trygga lokaler. (<http://www.medicus.goteborg.se>. 2004-10-01)

2.2 Verksamhet

Dalheimers Hus är ett center för människor med skiftande former av funktionshinder. Många olika typer av verksamheter finns här samlade under samma tak. På plan 1 till och med 8 finns restaurang, konferenslokaler, bibliotek, rehabiliterings- och aktivitetscenter, kontor och hotell.

Restaurangen som finns på husets 3: e plan är tillgänglig för både gäster på Dalheimers Hus och för allmänheten. Totalt sett finns det plats för 150 sittande gäster i restaurangen.

På plan 3 finns en stor samlingslokal med en maximal kapacitet på 300 personer. Normalt delas denna av på mitten, till två salar, med hjälp av en vikkvägg. Dessa båda samlingssalar, Dalheimersalen (sal A) och gymnastiksalen (sal B), är avsedda för vardera 150 personer och kan användas vid exempelvis konferenser. Konferenslokalerna i huset är främst till för människor med funktionshinder och organisationer inom handikapprörelsen.

En gång om året arrangeras en stor festival för cirka 400 gäster i Dalheimers Hus. Denna hålls dels i restaurangen och dels i de två stora samlingssalarna.

Ett bibliotek finns på plan 4. Detta bibliotek är en filial till stadsbiblioteket i Göteborg. Dessutom har ett 20-tal handikapporganisationer kontorslokaler på Dalheimers Hus med cirka 20 anställda.

På husets 5: e plan finns ett aktivitetscenter med ett stort utbud av aktiviteter med inriktning på rehabilitering och habilitering. Här har fysiskt funktionshindrade personer och personer med förvärvade hjärnskador rätt till daglig träning. Många av husets aktivitetsverksamheter i form av data, textil, snickeri, smide, keramik, metall och matlagning är samlade på detta plan.

På andra plan i huset finns även andra verksamheter, exempelvis vävkammare, skjutbana samt flera träningskök. I form av träningslokaler finns bland annat ett gym, en gymnastiksal och en simbassäng i huset.

Hotellet, som ligger på plan 6 och 7, består av tio rum för uthyrning. Här finns personal dygnet runt med en person som tjänstgör på natten. Hotellpersonalen består av sjuksköterska, undersköterskor och sjukvårdsbiträde.

Dalheimers Hus har cirka 1000 gäster per dygn varav cirka tio stycken på natten. Antalet anställda är 80 stycken och nattetid utgörs personalstyrkan av två personer, en vaktmästare med sovande jour samt en person på plan 6.

2.2.1 Verksamhet plan för plan

Plan 1

På plan 1 finns en korridor med kontor. Här finns också ovan nämnda skjutbana, vävkammare och metallslöjd.

Plan 2

Planen inrymmer en bassäng, en kontorskorridor och garage. Det är även här huvudentrén finns.

Plan 3

Kök, restaurang och cafeteria ligger på plan 3. Här finns även de två samlingsalarna (Dalheimersalen och gymnastiksalen), ett antal kontor, gym och garage.

Plan 4

På plan 4 finns biblioteket, träningskök, konferensrum, kontor samt garage.

Plan 5

På plan 5 finns en större terrass och aktivitetscentret med sjukgymnastik, snickeri, textil- och metallslöjd, datorrum, träningskök, musikrum och verkstad är placerat här.

Plan 6

Hotellverksamheten på plan 6 omfattas av tre hotellrum samt hotellreceptionen. Det finns även tre kontorsrum, ett omklädningsrum och fikarum.

Plan 7

På plan 7 finns det sju hotellrum samt ett dagrum med pentry.

Plan 8

På plan 8 finns en kontorskorridor samt ett dagrum med pentry.

Plan 9

Detta plan inrymmer ingen verksamhet utan omfattas av fläktrum och kylaggregat.

3 Befintligt brandskydd

Följande kapitel redogör för brandskyddet i form av aktiva och passiva system samt de befintliga utrymningsvägar som finns i huset.

3.1 Passiva system

Ritningar som erhållits över Dalheimers Hus är arbetsritningar från 1972 och kvaliteten på dem är dålig. Därför har det varit svårt att se exakt var brandcellsgränserna i byggnaden går. Från ritningarna och från besöket har en någorlunda bra uppfattning bildats om hur byggnaden är uppdelad i brandceller.

Brandcellsgränser i huset är uppförda i klass A60, B60 och F30. Dessa motsvaras idag av klasserna EI 60 (före detta A 60 och B 60) och E 30 (före detta F 30). Samtliga trapphus och hisschakt i byggnaden tycks vara egna brandceller. De två stora samlingslokalerna och gymmet på plan 3 utgör tillsammans en brandcell. Intill köket på plan 3 finns ett soprum, kylrum/varumottagning och förråd/frys, samtliga av dessa utrymmen är egna brandceller. På de plan i byggnaden som innehåller garage finns en brandcellsgräns mellan dessa och resterande del av byggnaden. Byggnaden är uppförd i brandteknisk byggnadsklass Br 1 enligt Boverkets byggregler (BFS 1993:57).

3.2 Aktiva system

3.2.1 Brandlarm

I garaget finns värmedetektorer och i övrigt finns det både rök- och värmedetektorer. Anledningen till att det finns olika typer av detektorer är att huset har blivit ombyggt i omgångar och att man har kompletterat med nya detektorer för att förbättra brandskyddet.

Det finns både joniserande och optiska rökdetektorer varav de optiska mestadels tillhör de nyare detektorerna. Samtliga detektorer är installerade som ett konventionellt system vilket innebär att det vid centralapparaten inte går att få reda på exakt vilken detektor som har utlöst.

I bassängområdet finns det specialgjorda rökdetektorer som tål det varma och fuktiga klimatet.

Om någon detektor aktiveras förs det över till centralapparaten som sitter vid huvudentrén. När ett brandlarm utlöser går hissarna automatiskt till entréplan och stannar där. I ventilationssystemet finns inga brand- eller brandgasspjäll som stänger vid brandlarm. För vidare utredning av ventilationssystemets funktion vid brand se kapitel 7.2.4.3.

Dalheimers Hus använder sig av larmlagring för det automatiska brandlarmet mellan 08.00 och 20.00. När brandlarmet utlöses av rökdetektorerna får vaktmästaren ett larm till sin personsökare samtidigt som utrymningslarmet ljuder i huset. Vaktmästaren har då två minuter på sig att kvittera larmet och sen fyra minuter på sig för att undersöka orsaken, innan larmet går vidare till räddningstjänsten. Utlöses brandlarmet av värmedetektorerna, kolsyreanläggningen i köket eller de manuellt aktiverbara larmknapparna i huset, går larmet däremot direkt till räddningstjänsten, oberoende av vilken tid på dygnet det är.

3.2.2 Utrymningslarmet

Om brandlarmet aktiveras sätts utrymningslarmet igång och ljuder i hela huset. Utrymningslarmet består av en summer som ljuder och en indikatorlampa som blinkar. Hotellgäster som är hörselskadade har möjlighet att låna personsökare med vibrator som extra utrymningslarm.

I hotelldelen finns det även särskilda indikatorlampor utanför rummen som indikerar om en detektor i rummet har aktiverat.

När utrymningslarmet ljuder påbörjas inte utrymning från Dalheimers Hus direkt. Först ska någon från respektive plan antingen ta sig hela vägen till receptionen eller ringa dit för att få vidare besked. Visar det sig att en brand uppstått skall utrymning påbörjas. Anledningen till detta är att personalen tycker att det är onödigt att utrymma om det visar sig att larmet är ”falskt”.

3.2.3 Kolsyresprinkler

I restaurangköket finns det kolsyresprinkler som är placerade över fritös och spis. Dessa kan utlösas så väl automatiskt som manuellt. Koldioxidsläckanläggningen är utformad som ett punktskydd.

3.2.4 Automatiska dörrstängare

Automatiska dörrstängare finns på två ställen i byggnaden. Det ena stället är mellan foajé och restaurangen på plan 3. Dessa dörrar stängs om det är någon av detektorerna vid restaurangen som aktiveras. Vid biblioteket på plan 4 fungerar det på liknande sätt. Dörrarna mellan biblioteket och kontorsdelen stängs om de detektorer som finns där aktiveras.

3.2.5 Nödbelysning

Det finns nödbelysning i samtliga trappor i huset. Den är även uppsatt på strategiskt lämpliga och nödvändiga platser i byggnaden.

3.2.6 Släckutrustning

Dalheimers Hus är utrustat med handbrandsläckare på strategiskt utvalda platser. Dessa är väl utmärkta och finns med på utrymningsplanerna. Vattenposter i form av slangrullar är placerade i garaget och i korridorerna i lågdelen.

3.2.7 Brandgasventilation

Det finns fyra brandgasfläktar på terrassen på plan 5. Två av dem betjänar plan 3 och de övriga två betjänar plan 4. Denna brandgasevakuerings sätts manuellt igång från brandlarmscentralen vid huvudentrén av räddningstjänsten. Räddningstjänsten får se till att det finns tillräckligt med tilluftsöppningar till exempel genom att öppna fönster.

För resterande plan finns det i huvudtrapphuset två stora öppningsbara fönster som kan användas för att ventilerar ut brandgaser.

3.3 Räddningstjänst

Räddningstjänsten Storgöteborg uppger att de har en insatstid på 10 minuter för Dalheimers Hus. Vid insats används det ritningsunderlag som finns vid centralapparaten. Dessa ritningar är inte helt uppdaterade. Några speciella insatsplaner har inte upprättats.

3.4 Utrymningsvägar

Se bilaga 11 för ritningar över byggnaden.

Bredden på huvudtrappan som går genom hela byggnaden är 1,12 meter. Nödutgångstrappan är 0,76 meter bred och går mellan plan 8 och plan 5. På plan 5 finns en stor terrass där en återsamlingsplats finns. Spiraltrappan som går mellan plan 4 och plan 1 har bredden 0,70 meter. Mellan plan 2 och 3 finns även en spiraltrappa som i rapporten kallas Stora spiraltrappan. Denna är 1,20 meter bred.

Plan 1

Två utrymningsvägar, en i vardera korridoren. En tredje utrymningsväg är huvudtrappan till plan 2 och sedan ut genom entrédörren. Garageinfarten är en av återsamlingsplatserna.

Plan 2 (Entréplan)

Huvudentré och spiraltrappa till plan 1. Utrymningsväg finns även från garaget.

Plan 3

Fyra utrymningsvägar, via garage, huvudtrappan och stora spiraltrappan till plan 2 samt spiraltrappa till plan 1.

Plan 4

Tre utrymningsvägar, via garage, spiraltrappa till plan 1 samt huvudtrappa till plan 2.

Plan 5

Fem utrymningsdörrar från aktivitetscentret (samtliga direkt ut på terrassen) samt huvudtrappan. Terrassen är en av återsamlingsplatserna.

Plan 6

Två utrymningsvägar, via nödutgångstrappan till plan 5 och huvudtrappan.

Plan 7

Två utrymningsvägar, via nödutgångstrappan till plan 5 och huvudtrappan.

Plan 8

Två utrymningsvägar, via nödutgångstrappan till plan 5 och huvudtrappan.

3.5 Brandskyddsutbildning

För att ta reda på vilka kunskaper i brandskydd personalen på Dalheimers Hus har genomfördes en enkätundersökning (enkäten finns i bilaga 6). Samtlig personal fick möjlighet att delta. Av 80 anställda svarade 29 på enkäten. Bland de föreningsanställda svarade 12 av cirka 20 anställda. Eftersom endast cirka 40 procent av de tillfrågade har besvarat enkäten har det inte gått att dra några tillförlitliga slutsatser om hela personalstyrkans kunskaper i brandskydd. I sammanställningen av enkäterna har bland annat de kommentarer som gjorts i enkäterna belysts.

3.5.1 Enkätundersökning – resultat

Enkätundersökningen visar att en stor andel (69 procent av de besvarade enkäterna) av de anställda vid Dalheimers Hus har fått utbildning i brandskydd. Det har anordnats en praktisk utbildning år 2001, 2002 och 2003. Tre personer har fått anläggningsskötartutbildning. År 2001 fick både anställda vid Dalheimers Hus och föreningsanställda teoretisk utbildning i brandskydd.

I augusti 2004 hölls en utrymningsövning. Knappt två tredjedelar av de anställda vid Dalheimers Hus deltog i övningen. Många är väldigt positiva till brandövningen och vill gärna ha fler, oförberedda övningar. Önskemål finns om att testa hur utrymning fungerar med rullstolar.

Väldigt få av de föreningsanställda deltog i utrymningsövningen. Intresse finns av att vara med vid framtida övningar. Någon påpekade att man bör välja en dag när så många som möjligt är närvarande. Personalen uppger att fredagar inte är lämpliga eftersom många är lediga då.

Flertalet säger sig veta var utrymningsvägarna finns. 16 procent uppger dock att de vid en utrymningssituation skulle leta efter utrymningsvägarna.

Av dem som svarade att de hade en speciell uppgift vid utrymning beskrev flera uppgiften som att de skulle försöka få ut deltagarna. Somliga skulle hjälpa till med utrymning på bestämda våningsplan medan andra skulle ansvara för brandlarmet och kontakten med räddningstjänsten och till exempel bistå med uppgifter om hur många personer som fanns kvar i byggnaden.

De flesta av dem som svarade att de inte hade blivit tilldelade någon speciell uppgift sa att de skulle ha försökt få ut deltagarna och informerat dem om vad som hade inträffat. Någon hade letat efter utrymningsvägar och släckredskap och försökt släcka branden. Någon angav att han eller hon skulle ha begett sig till Dalheimersalen och hjälpt till med evakueringen där. Flera påpekade att det är viktigt att inte använda hissarna.

Önskemål finns hos personalen om att bli tilldelad bestämda uppgifter att följa vid utrymning.

4 Ventilationssystem

På plan 4 finns alla tilluftsfläktar med spjäll och efterbehandlingsaggregat samlade. På samma plan finns även alla frånluftsfläktar förutom två som finns på plan 9 och betjänar köket och toaletter.

Ventilationssystemet påverkas endast av brandlarmet om rökdetektorn i frånluftskanalen innan återvinningen som sker på plan 5 aktiveras. Om rökdetektorn aktiveras stoppas alla fläktar, förutom de fläktar som betjänar kök, toaletter och garage. Frånluft på plan 5 och uppåt passerar aldrig en rökdetektor och kan därför aldrig stoppas.

Poolområdet har ett eget ventilationssystem och ingen rökdetektor eller brandfunktion existerar.

För vidare utredning av ventilationssystemets funktion vid brand se kapitel 7 avsnitt 7.2.4.3.

5 Utrymning

Detta kapitel redogör för utrymningsförloppet och vilka kriterier som gäller för kritiska förhållanden. Kriterierna kommer att användas vid bedömningen av utrymningsförhållandena.

5.1 Utrymningsförloppet

Utrymningsförloppet kan enligt Bengtson, S. et al. (2002) delas in i tre delar:

- Varseblivning
- Reaktion och beslut
- Förflyttning

Varseblivningstiden är den tid det tar tills man har uppfattat att något onormalt hänt. Vid en brand kan varseblivningstiden förkortas om det finns någon form av detektionssystem som varnar eller om man ser rök och flammor. Om man sover kan tiden å andra sidan förlängas.

Reaktions- och beslutstiden motsvarar tiden det tar från att man har upptäckt något som hotar säkerheten till det att man har beslutat sig för att utrymma. Hur lång denna tid blir är beroende av bland annat vilken situation man är i och om man är ensam eller i sällskap med andra. Ett utrymningslarm med talat meddelande kan förkorta reaktions- och beslutstiden.

Förflyttningstiden är tiden från beslut om utrymning till det att man har satt sig i säkerhet. Tiden påverkas bland annat av hur väl man känner till lokalerna, vilken rörelseförmåga man har och hur påverkad man är av brandgaser.

Tillsammans utgör de tre delarna den totala utrymningstiden:

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

5.2 Kritiska förhållanden

Vid en brand kan förhållanden uppstå som förhindrar eller försvårar utrymning. Sådana förhållanden är beroende av parametrar som sikt, temperatur och toxicitet. Kritiska förhållanden för utrymning definieras i Boverkets Byggregler (2002) som när:

- Brandgaslagrets höjd över golvet är $1,6 + 0,1 \times H$ eller lägre (H är rummets höjd)
- Lufttemperaturen överstiger 80°C
- Värmestrålningen överskrider 10 kW/m^2 alternativt 60 kJ/m^2 utöver energin från en strålning av 1 kW/m^2

Brandgaslagrets höjd påverkar bland annat sikten och förekomsten av giftiga ämnen i rummet. Ju längre ner brandgaslagret når desto svårare blir utrymningsförhållandena. Kravet är därför att brandgaslagret inte får nå ner till de nivåer där människor vistas.

Fastän de kritiska nivåerna för brandgaslagrets höjd har nåtts kan utrymning eventuellt ske om gränsvärdena för sikt, temperatur och toxicitet inte har uppnåtts. Då krävs bland annat en siktbarhet på 5 meter i brandrummet och 10 meter i utrymningsvägarna (Bengtson, S. et al. 2002).

Värdena på de kritiska förhållandena är inte absoluta sanningar utan bör betraktas som riktvärden. I vissa fall kan det vara tillräckligt om ett av kriterierna på föregående sida är uppfyllt men ibland uppstår inte kritiska förhållanden förrän flera kriterier är uppfyllda. Ett antagande har dock gjorts om att kritiska förhållanden uppstår om ett av kriterierna är uppfyllda. Några studier av sikt och toxicitet har inte gjorts.

Tiden till när kritiska förhållanden uppstår måste vara större än utrymningstiden för att utrymning ska kunna ske säkert:

$$t_{\text{kritiska förhållanden}} > t_{\text{utrymning}}$$

Detta förhållande har använts i rapporten för att bedöma utrymningssäkerheten. Genom simuleringar i CFAST har tiden till kritiska förhållanden uppskattats och utrymningstiden har uppskattats med hjälp av datorprogrammet Simulex. För vidare beskrivning av dessa simuleringar se kapitel 7 och 8.

5.3 Personer med funktionshinder

Det finns inga speciella regler i BBR om brandskyddet i lokaler med personer som har funktionshinder, men man kan göra en hel del för att underlätta vid utrymning. De åtgärder som kan göras är till exempel att sänka trösklar och anpassa utrymningslarmet, blinkande för döva och vibrerande för blinda.

Trappor är ett stort problem för rullstolsburna. Vid utrymning kan hissar normalt inte användas och den funktionshindrade är i detta fall beroende av hjälp. Genom att ta sig till en icke brandpåverkad brandcell på samma plan kan man klara sig ett tag och få hjälp av räddningstjänsten att utrymma. (Bengtson, S. et al. 2002).

6 Brandscenarier

I detta kapitel belyses vilka tänkbara scenarier som skulle kunna drabba Dalheimers Hus. Utifrån de observationer som gjordes vid besöket på objektet har olika scenarier formulerats. Då ett oändligt antal tänkbara brandscenarier kan uppstå har några olika avgränsningar gjorts. Den första av dessa var att endast ta med brandscenarier som startar i utrymmen eller närliggande utrymmen till lokaler där ett större antal besökare vistas alternativt där besökare vistas nattetid.

I försöket att få fram troliga brandscenarier studerades vad möjliga brandorsaker i olika typer av miljöer kan vara. Denna information hämtades från instatsstatistik från räddningsverket. Här finner man att de vanligaste orsakerna till brand i allmän byggnad mellan åren 1998-2003 varit anlagd brand, därefter kommer tekniska fel och glömd spis. (<http://www.srv.se>. 2004-10-04)

Även tidigare tillbud som inträffat i huset studerades. Lennart Örstadius, vaktmästare och säkerhetsansvarig för byggnaden, gav information om några mindre tillbud som han visste hade inträffat. Bland annat hade en lysrörskondensator fattat eld och en bricka med värmeljus börjat brinna. Vidare hade rök utvecklats på grund av varmgång i hissmaskinen. Ingen av händelserna ledde till något större scenario och inte i något av fallen hade räddningstjänsten blivit tillkallad.

Nedan följer några tänkbara scenarier som anses kunna inträffa i Dalheimers Hus.

- **Restaurang**
En brand skulle här kunna starta i exempelvis TV: n eller på grund av glömda stearinljus på borden.
- **Hotell**
En brand skulle kunna starta i något av hotellrummen eller i köket på hotellavdelningen.
- **Restaurangköket**
I köket finns bland annat en fritös som kan vara en trolig orsak till brand. Däremot finns ett automatiskt koldioxidsläcksystem som kan släcka en brand här.
- **Förråd intill Dalheimersalen**
I ett förråd intill Dalheimersalen kan större mängder brännbart material förekomma. En brand skulle kunna starta här utan att upptäckas eftersom någon detektor inte finns i förrådet.
- **Foajé utanför restaurangen och Dalheimersalen**
Om en brand skulle starta i foajén, i exempelvis en soffa, kan huvudutgången stängas av på grund av brandgaser. Detta skulle påverka utrymningen då de flesta vill utrymma genom den ingång de är vana vid att använda (Canter, D. 1985).
- **Aktivitetscenter**
På detta plan finns många olika former av aktiviteter uppdelat i många olika rum. Om en brand skulle inträffa här innebär det att ett större antal gäster ska utrymma detta plan. En brand i aktivitetscentret kan uppstå av flera tänkbara anledningar, exempelvis genom

tekniska fel i exempelvis lysrörsarmaturer eller genom anlagd brand. I sysalen kan den stora mängd tygrullar som finns antändas av t ex lysrör eller varma spotlights alltför nära tyget. I snickeriet där det finns gott om brännbart material skulle också en brand kunna utbryta.

- **Bastu**

Brand i bastuaggregat är ett annat troligt scenario som skulle kunna leda till brandgasspridning ut till dusch och omklädningsrum.

I samtliga scenarier kommer många olika parametrar att påverka om branden leder till en större utvecklad brand eller inte. Detektorer kan leda till tidig upptäckt av branden och göra det möjligt att släcka den innan den vuxit sig alltför stor. Om exempelvis timer på köksplattorna finns kan denna förhindra att brand uppstår och en fungerande dörrstängare begränsar brandens möjlighet att sprida sig.

De scenarier som valts ut för vidare analys är bränder som anses kunna leda till kritiska förhållanden och till problematik vid utrymning av personer som vistas i byggnaden. Vidare har de dimensionerande bränderna valts ut utifrån teorin om *värsta troliga scenario*. Genom att vara konservativ och studera scenarier med större men samtidigt troliga risker kan en bättre bedömning av säkerheten göras jämfört med om mindre bränder med mindre konsekvenser används.

I avsnitt 6.2 och framåt presenteras de utrymmen som valts ut för noggrannare analys, med tillhörande motivering av brandscenarier.

6.1 Val av effektkurvor

För samtliga scenarier har en effektkurva uppskattats (se bilaga 7) som sedan använts till simuleringar i CFAST. Effektkurvorna har tagits fram för fritt brinnande bränder. Då dessa kurvor sedan sätts in i CFAST tar datorprogrammet hänsyn till att det brinner i ett rum och att branden kan bli ventilationskontrollerad.

För att få ett ungefärligt värde på hur stor återstrålningen från brandgaser, väggar och tak kan vara, har ett test från Särdaqvist (1993) studerats. Så väl ett ”freeburn test” i en konkalorimeter som ett test i en rumskalorimeter utfördes i detta test. Försöket avsåg brand i kontorsmöbler. Vid testet med rumskalorimeter användes ett rum med storleken $2.4 \times 3.6 \times 2.4 \text{ m}^3$ och öppningen $0.8 \times 2.0 \text{ m}^2$. Huven som samlade upp brandgaserna var placerad utanför öppningen. I resultaten från försöken kan man se att maxeffekten var cirka 1MW större för försöket med rumskalorimetern, där återstrålningen från brandgaserna inverkar på brandförloppet, än för konkalorimeterförsöket.

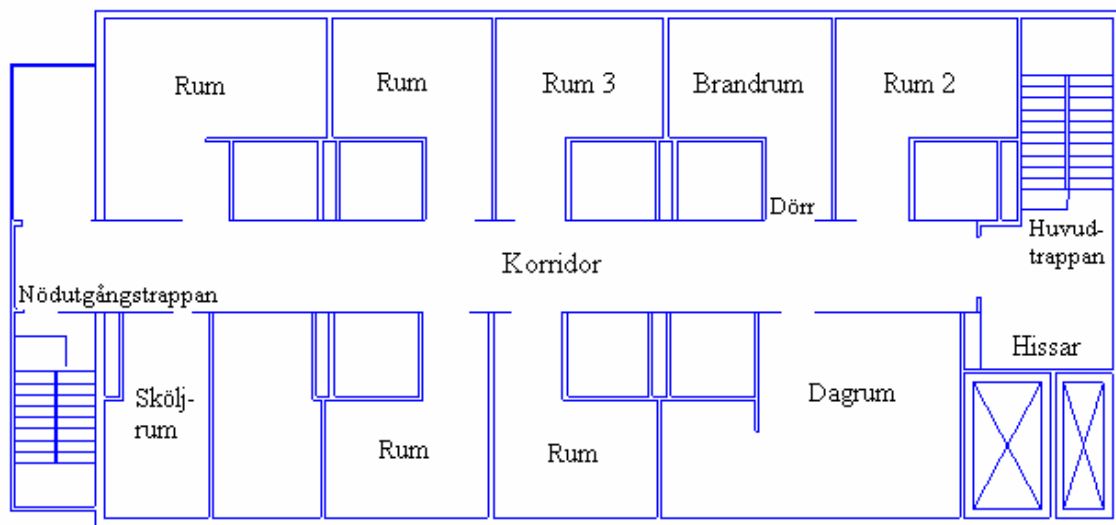
En enklare form av dimensionerande effektkurvor har tagits fram. För samtliga effektkurvor har det antagits att branden tillväxer och avtar enligt en αt^2 -kurva och att den däremellan har en konstant maxeffekt. Det har dessutom gjorts en uppskattning av hur mycket brännbart material som finns i rummen och hur stor energimängd som kan frigöras.

Att effektkurvorna brukar tillväxa enligt en αt^2 -kurva är ett vanligt antagande vid dimensionering av bränder. De dimensionerande bränderna har även valts att avta enligt en αt^2 -kurva. Då effektkurvor från Särdaqvist (1993) rapport ”Initial Fires” studerats kan man se att större delen av en effektkurva avtar som en αt^2 -kurva. Det är först i slutet av

avsvlningsfasen då det är lite bränsle kvar som det skiljer sig och kurvan planar ut långsammare än αt^2 . Detta innebär att de dimensionerande bränderna kommer att avta något snabbare jämfört med effektkurvorna från försöken. I denna rapport behandlas utrymningsförhållanden varför det i flera fall inte är meningsfullt att studera brändernas avtagande.

6.2 Brand i hotellrum plan 7

Plan 6 och 7 inrymmer hotellverksamhet med totalt tio rum, tre är lokaliserade på plan 6 och resterande sju på plan 7. Den normala beläggningen ligger på 75-80 %. Endast ett fåtal av gästerna bedöms att klara sig utan assistans och det finns maximalt två gravt handikappade gäster boende på hotellet per natt. Med en gravt handikappad menas en person som behöver hjälp med lift för att transporteras från säng till rullstol.



Figur 1. Hotellplan 7

Nattetid utgörs personalstyrkan av en person på plan 6. Dessutom finns en vaktmästare med sovande jour i huset. En brand utbryter på ett av hotellrummen på plan 7, se figur 1 ovan.



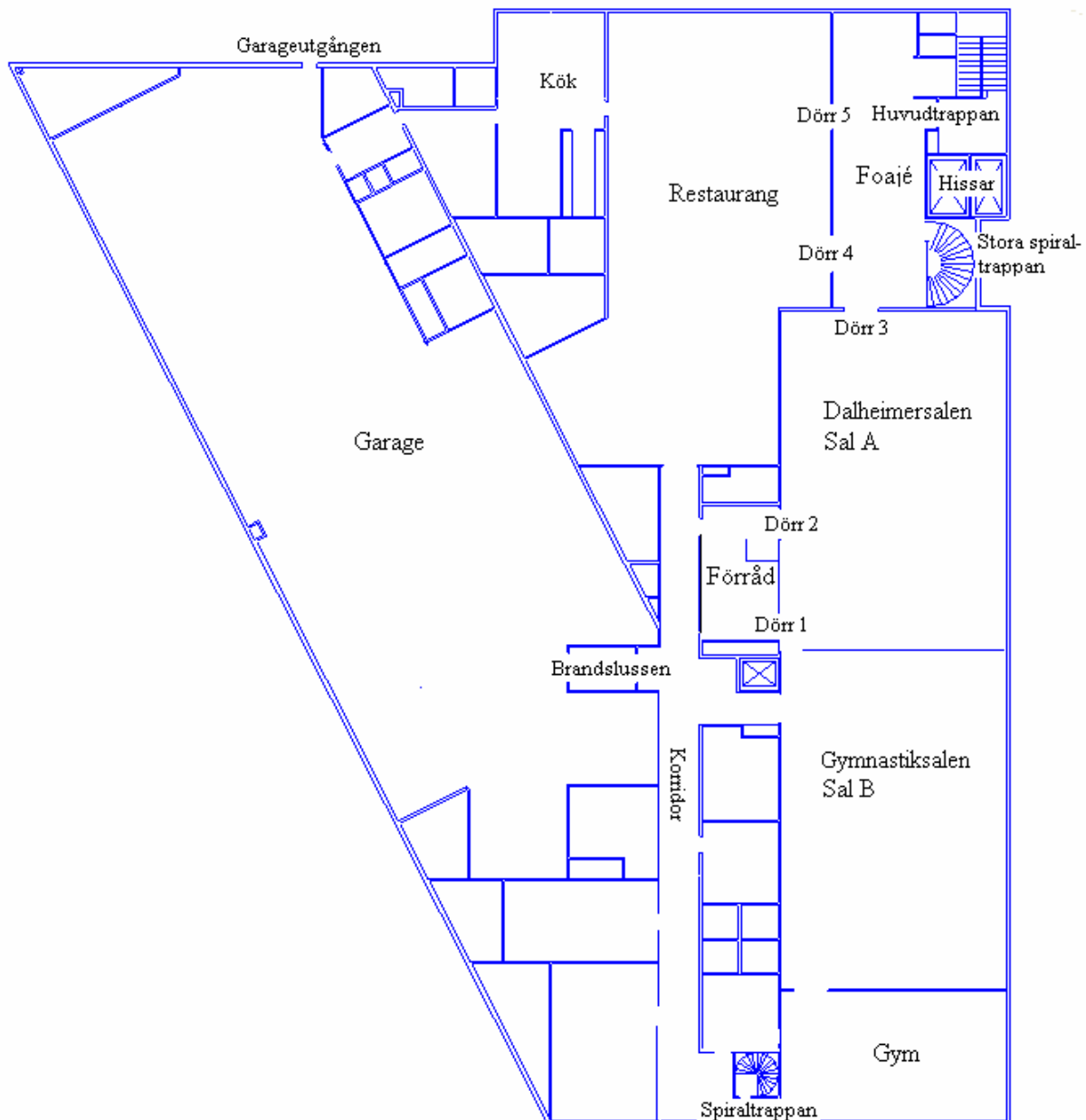
Bild 1. Hotellrum plan 7.

Branden antas starta nattetid vilket innebär utrymning för sovande personer. I och med detta tar förberedelsen för utrymning längre tid. Utrymningen försvåras vidare av att det främst är funktionshindrade som bor på hotellet. Dessutom finns endast en anställd på hotellet tillgänglig på natten. Utrymningen går alltså långsammare när såväl varseblivning, beslut- och reaktionstid som förflyttningstid förlängs.

En tänkbar brandorsak i hotellrummet skulle kunna vara något typ av elfel.

6.3 Brand i förråd vid Dalheimersalen

Det finns två samlingslokaler på plan 3, Dalheimersalen respektive gymnastiksalen, som vardera rymmer 150 personer. Om vickväggen som finns mellan salarna tas bort fås en samlingssal som rymmer 300 personer. Dalheimersalen används mest för konferenser och 60 % av deltagarna antas vara funktionshindrade. Sal B däremot används dagligdags som gymnastiksal. En gång om året anordnas en festival i den gemensamma samlingssalen och restaurangen som brukar ha 400 besökare.



Figur 2. Plan 3

Motivet till att förlägga ett brandscenario här är helt enkelt det stora antalet personer som kan vistas i dessa lokaler. I förrådet intill Dalheimersalen finns stolar och bord som används vid arrangemang i konferenslokalerna. När borden inte används förvaras de i detta förråd. En brand i förrådet skulle alltså vara motiverad med tanke på tillgången till brännbart material.



Bild 2a. Förrådet

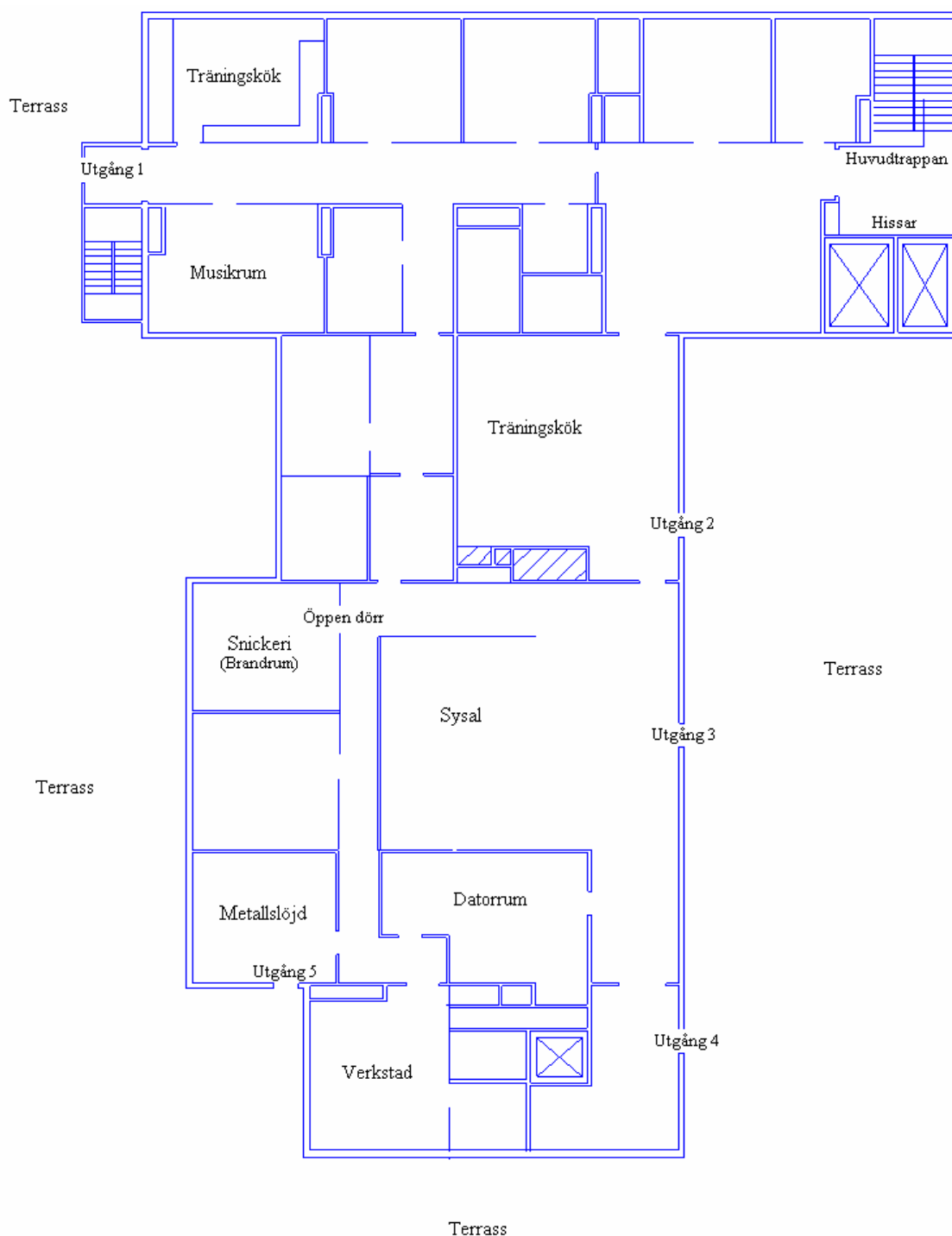


Bild 2b. Förrådet

Det skulle inte vara några svårigheter för en pyroman att ta sig in i Dalheimers Hus. Därför har antagandet gjorts att en brand startas i en stapel med stolar och sprider sig vidare till borden som står tätt packade.

6.4 Brand i snickeri i aktivitetscentret

Plan 5 inrymmer ett aktivitetscenter med en personalstyrka på 20 personer. I snitt har centret 100 gäster per dag med varierande grad av funktionshinder. Det finns ingen uppgift på hur många av dessa som är rullstolsburna. De flesta är ”stamgäster” och återkommer regelbundet. Lokalkännedomen hos gästerna kan därför skattas som relativt god i det flesta fallen. Terrassen på detta plan är en av återsamlingsplatserna i byggnaden. Från denna är det möjligt att utrymma vidare med hjälp av räddningstjänsten.



Figur 3. Plan 5 Aktivitetscentret

Detta brandscenario har valts ut för vidare analys då detta är ett av de ställen i huset där det dagligen vistas ett större antal personer med någon form av funktionshinder. Därför är det intressant att studera huruvida samtliga personer kommer att kunna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår.

Plan 5 är dessutom en utsatt våning med tanke på den verksamhet som bedrivs och den mängd brännbart material som finns i rummen. Därför är det inte omöjligt att en brand skulle kunna uppstå här. I ett av rummen på aktivitetscentret finns ett snickeri och det är där som branden antas starta. Startföremålet skulle exempelvis kunna vara varmgång/elfel i svarven.



Bild 3. Snickeriet

7 Simuleringar i CFAST

Detta kapitel redogör för resultaten av utförda simuleringar för utvalda brandscenarier i Dalheimers Hus.

Datorprogrammet FAST/CFAST V 3.17 användes för att modellera effekterna av brandgasspridning och temperaturdistribution genom en byggnad under en brand. Programmet är av typen tvåzonsmodell och bygger på att brandrummet delas in i två zoner, kontrollvolymen, en varm övre zon där alla brandgaser samlas och en rumstempererad nedre zon. Förhållandena i dessa zoner kan beskrivas som konstant likformiga med enhetlig temperatur och sammansättning. Därför är det en och samma temperatur, densitet på brandgaserna och gaskoncentration för hela zonen (Peacock, R. D. et al 2000). Eftersom modelleringarna av brandgasernas beteende innebär förenklingar, ska resultaten i första hand betraktas som riktvärden och approximationer. Det krävs att resultaten utsätts för ett kritiskt granskande där osäkerheterna behandlas. Detta sker i form av känslighetsanalyser för respektive scenario.

Det som talar för tvåzonsmodeller är dess användarvänlighet. Begränsningen ligger i de förenklingar som görs av objektets geometri samt av transporten av brandgaser. Tvåzonsmodeller fungerar bra på mindre ytor eftersom skiktningen blir relativt stabil. I större volymer kan brandgaserna kylas av vid transporten uppåt och resultera i att den termiska stigkraften avtar. Detta tar inte CFAST hänsyn till.

Trovärdigheten för resultaten av simuleringarna sjunker drastiskt när rumsantalet överstiger fyra rum. Programmet utgår hela tiden från att det rum, för vilket beräkningarna utförs, är placerat nära brandrummet. Om för många rum tas med i beräkningarna placeras det rum som i praktiken ligger på långt avstånd istället strax intill brandrummet vid beräkningarna i programmet. Det kan därför ge ett realistiskt resultat.

Efter en övertändning är brandrummet inte längre uppdelat i två zoner. Det bör poängteras att datorprogrammet av denna anledning inte längre är tillförlitligt efter det att brandförloppet utmynnat i en övertändning. En annan parameter som CFAST inte tar hänsyn till är att återstrålning från brandgaser, väggar och tak påverkar vilket kan öka effektutvecklingen. (Gojkovic, D. 2004-09-28)

Att endast ett simuleringsprogram har använts är en medveten avgränsning vilket innebär en osäkerhet.

En ytterligare osäkerhet, förutom begränsningarna i programmet, kommer sig av tillförlitligheten på indatan. Dessa osäkerheter behandlas i känslighetsanalyserna.

Indata till samtliga simuleringar återfinns i bilaga 2.

7.1 Känslighetsanalys

Resultatens giltighet beror, förutom av begränsningar i programmet, även av tillförlitligheten på indatan. Samtliga tre huvudscenarier har därför kompletterats med känslighetsanalyser för att på så sätt försöka hantera de osäkerheter som uppstår vid införandet av indata i programmet.

För det första påverkas brandförloppet av de antaganden som gjorts vid val av effektkurva. Vidare kan brandtillväxten ske snabbare eller långsammare vilket skulle kunna innebära ett felaktigt α -värde. Ett snabbare förlopp än det studerade skulle kunna resultera i en lägre säkerhetsnivå och tvärtom. En annan osäkerhet skulle kunna utgöras av ett felaktigt värde på den maximala brandeffekten. I de fall där denna har varierats är värdena satta med hänsyn till förväntad brandbelastning.

Konsekvenserna av en brand blir givetvis allvarigare om de brandtekniska installationerna inte fungerar. Det är viktigt att verksamhetsansvariga får upp ögonen för vikten av underhåll av dessa. Valet föll på att undersöka fel på dörrstängare eftersom en av de brister som upptäcktes vid objektsbesöket var glipor mellan dörr och karm.

För respektive scenario har alltså betydelsen av någon av följande parametrar undersökts och därefter varierats.

- **Brandtillväxt**
- **Maximal effektutveckling**
- **Öppen kontra stängd dörr (med springor) in till brandrummet**
- **Brand i andra utrymmen**
- **Persontäthet**

7.2 Scenario 1 - Brand i hotellrum plan 7

7.2.1 Effektkurvor

Branden, med sängen som startföremål, kommer eventuellt att sprida sig i hotellrummet. Strålningsberäkningar har utförts för att kontrollera om branden kommer att sprida sig så långt som till skrivbord och garderob (se bilaga 8). Genom strålningsberäkningarna erhöles att spridning kommer att ske.

Då spridning sker till resterande möbler har den konstanta maxeffekten uppskattas till att vara 3 MW för hotellrummet. Enligt Karlsson och Quintiere (2000) har ett antagande gjorts om att hotellrummet tillväxer med snabb tillväxthastighet.

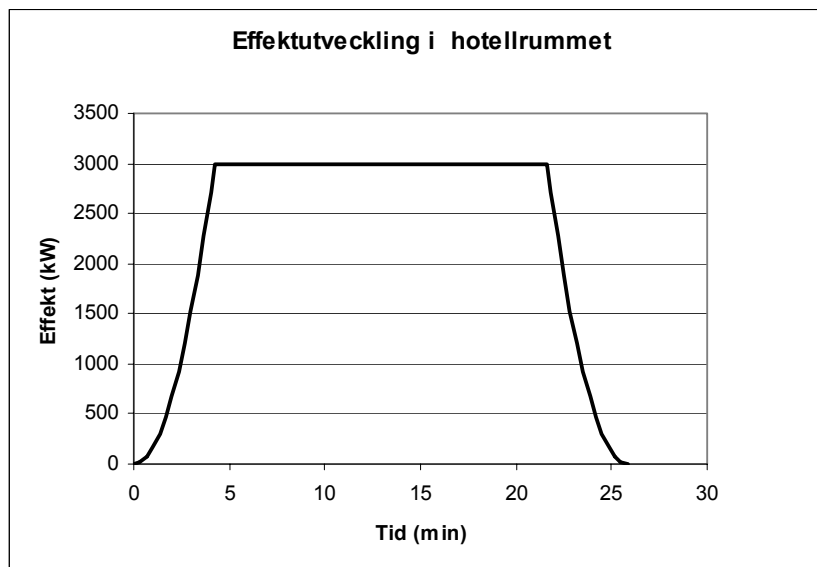


Diagram 1. Dimensionerande effektutvecklingskurva för hotellrummet.

7.2.2 Känslighetsanalys

För scenariot brand i hotellrum på plan 7 har en känslighetsanalys gjorts med avseende på parametern - **öppen kontra stängd dörr in till brandrummet**. På hotellrummets dörrar finns normalt dörrstängare men med denna dörrstängare ur funktion skulle ett värre scenario uppstå. Ett antagande om att dörren in till brandrummet öppnas och förblir öppen har därför gjorts. För att kontrollera hur stor betydelse som dörrspringorna har gjordes en känslighetsanalys där springornas storlek ändrades i fallet med stängd dörr.

Aktiveringstiden för detektorn i hotellrummet antas till 1 minut vilket innebär att utrymningslarmet då börjar ljuda. Den enda hotellpersonal som arbetar nattetid finns på plan 6 och denna ska ta sig upp på plan 7 och lokalisera branden. Tiden till när dörren in till brandrummet öppnas har satts till fem minuter.

7.2.3 Resultat

För branden i hotellrummet har två analyser gjorts.

- Maximal brandeffekt på 3 MW, snabb tillväxthastighet, dörr stängd.
- Maximal brandeffekt på 3 MW, snabb tillväxthastighet, dörr öppnas efter 5 minuter.

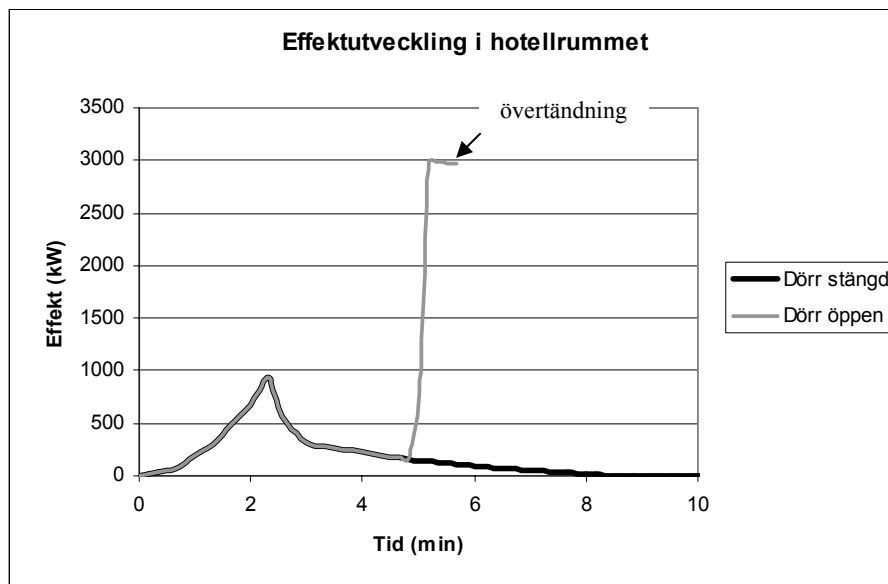


Diagram 2. Effektutveckling i hotellrummet.

Effektkurvorna börjar avta vid det tillfälle då branden blir ventilationskontrollerad. Detta uppstår då dörren till hotellrummet är stängd. Den maximala effekt som kan utvecklas i rummet med stängd dörr är cirka 940 kW som nås efter 2 minuter och 15 sekunder. När dörren öppnas efter 5 minuter ökar brandeffekten igen och når upp till 3 MW. Efter 5 minuter och 45 sekunder blir rummet övertänt och efter det kan inte värdena från simuleringarna i CFAST användas.

Då brandgaser pressas ut genom springor i dörren kommer de att blandas väl med luften i korridoren och ett omblandat förhållande uppstår. Detta tar dock inte CFAST hänsyn till.

När dörren öppnas sker en stor variation i både brandgaslagrets höjd och temperaturen under bara 10 sekunder (se diagram 17 och diagram 18 i bilaga 4). Att brandgaslagret i hela korridoren sjunker med 40 centimeter på bara 10 sekunder är orimligt. Detta resultat beror på att CFAST inte tar hänsyn till att rummen successivt fylls med brandgaser.

	Dörr stängd, 2 mm springor	Dörr stängd, 5 mm springor	Dörr öppen
Brandrummet	15 s	15 s	15 s
Korridor	11 min	9 min 30 s	5 min 15 min

Tabell 1. Tid till kritiska värde för brandgaslagrets höjd.

Kritiska värden uppstår då brandgaslagret nått en höjd på cirka 1,8 meter över golvet (se beräkningsformel under kap 5.2 ”kritiska förhållanden”).

	Dörr stängd, 2 mm springor	Dörr stängd, 5 mm springor	Dörr öppen
Brandrummet	1 min	1 min	1 min
Korridor	-	-	5 min 15 min

Tabell 2. Tid till kritiska förhållande för temperaturen.

Kritiska värden med avseende på temperaturen uppstår vid 80 °C (se kap 5.2 ”kritiska förhållanden”).

7.2.4 Handberäkningar

För att undersöka rimligheten i resultaten av simuleringarna har dessa kontrollerats med hjälp av handberäkningar. Det som undersökts och kontrollberäknats är riktigheten i att använda sig av tvåzonsmodellering gentemot uppställda kriterier. Kontrollberäkning har gjorts för brandgaslagrets höjd. Även handberäkningar för brandgasspridning via ventilationssystemet har gjorts.

I enlighet med den avgränsning som valts att göra har dessa beräkningar endast utförts för scenario 1 – Brand på hotellplan 7.

7.2.4.1 Validering av tvåzonsmodell

Det finns uppställda kriterier i Quintere (1999) för att undersöka giltigheten med att använda sig av tvåzonsmodellering. Tabell 3 nedan visar resultaten av fallet med en brand i ett hotellrum.

Kriterie	Hotellrum plan 7
$L/W < 3$	1,1
$0.2 \leq L/H \leq 4$	2
$5 \times L \times W \times H1/2 \leq Q$ ($Q \leq 15\,000$ kW)	132 kW

Tabell 3. Validiteten av tvåzonsmodellering enligt Quintere (1999).

Enligt tabellen uppfyller hotellrummet alla kriterier och således skulle det fungera att använda sig av tvåzonsmodellering. Så väl längd-/breddförhållandet som längd-/höjdförhållandet uppfylls. Brandeffekten ligger på maximalt 3000 kW vilket uppfyller kriteriet $Q \leq 15\,000$ kW och i och med att 132 kW understiger 3000 kW uppfylls det sista kriteriet.

7.2.4.2 Brandgaslagrets höjd

För att försöka verifiera CFASTs beräkningar gjordes handberäkningar på brandgaslagrets höjd för hotellrummet. Brandgaslagrets höjd beräknades med hjälp av formler (se bilaga 9) som bygger på Zukoskis plymmodeller. Dessa är egentligen bara tillämpbara på svaga plymer, vilket inte överensstämmer med fallet med brand i hotellrummet. CFAST använder sig av formler som bygger på McCaffreys plymmodeller som också ska användas på svaga plymer.

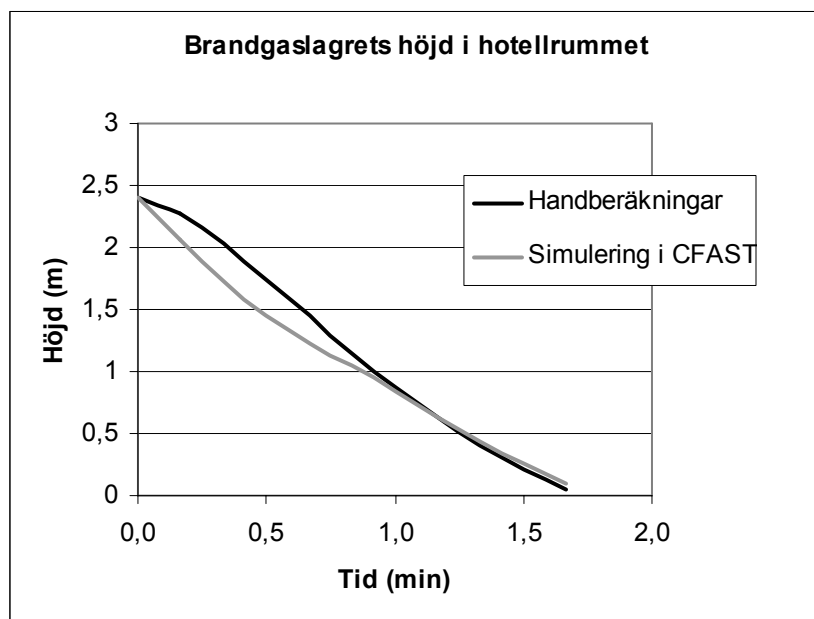


Diagram 3. Brandgaslagrets höjd över golvet i hotellrummet.

Handberäkningarna överensstämde mycket bra med simuleringsresultatet. Det gick dock inte att utföra handberäkningarna längre än till 100 sekunder. Detta beror troligtvis på att brandgaslagret vid tiden 100 sekunder låg väldigt nära golvet. För ett rum där en svag plymmodell är motiverad skulle formlerna och CFAST fungera.

7.2.4.3 Ventilationsberäkningar

Då endast delar av ventilationsritningarna har erhållits har handberäkningar av brandgasspridning via ventilationen enbart utförts för hotellrumsscenarioet. Det enda tillfället då brandgasspridning via ventilationen är aktuell är då dörren till hotellrummet är stängd.

I högdelen på Dalheimers Hus finns fyra schakt i vilka tilluften pressas uppåt och frånluften sugas uppåt. I varje schakt finns en tilluftskanal som vid varje plan grenar ut till olika rum. Tilluftsdonen i hotellrummen är placerade vid golvet under radiatorerna. På toaletterna finns frånluftsdon med en frånluftskanal som knyter an till närmsta schakt. Till- och frånluftsfloget för rummen är $80\text{ m}^3/\text{h}$ vilket är lika med 22 l/s.

Då tillräcklig information om ventilationen inte varit tillgänglig har en del antaganden gjorts för att kunna genomföra beräkningarna. Tryckfallet över ventilationsdonen har antagits till 100 Pa. För byggnadens täthet har det antagits att normkravet gäller med $1,6 \text{ l/sm}^2$ vid en tryckskillnad på 50 Pa (Jensen, L. 1998).

Enligt beräkningarna (se bilaga 10) och enligt de antaganden som gjorts kommer brandgasspridning via tilluftsventilationen att ske. Då brandgaslagret nått ner till golvet och till tilluftsdonet och trycket blivit tillräckligt stort, kommer brandgaser att pressas ut i tilluftssystemet. Rum nr 2 (se figur 1 i kapitel 6.2) som ligger nedströms brandrummet kommer att bli det första rum som brandgaser pressas ut i. Om brandflödet ökar ytterligare kommer brandgaserna även att kunna spridas till rum 3 (se figur 1 i kapitel 6.2) på samma våning samt till de tre rummen på våningen ovanför.

Brandtryck p_b (Pa)	Frånluft q_f (l/s)	Läckage dörr q_d (l/s)	Läckage yttervägg q_y (l/s)	Läckage innervägg q_i (l/s)	Inträngande brandflöde q_{bi} (l/s)	Brandflöde q_b (l/s)
100	31	83	24	53	0	192
200	38	117	35	75	22	287
500	54	185	55	119	44	457
1000	74	261	77	168	67	647
2000	102	370	109	238	97	915
2110	104	380	112	244	100	940

Tabell 4. Ventilationsberäkningar

Då brandtrycket i rummet kommit upp i 200 Pa kommer brandgaser att spridas till rum 2 med ett flöde på 22 l/s. Det vill säga lika mycket som tilluftsflödet av frisk luft är i normalfallet. Då trycket ökar ytterligare kommer brandgaserna att främst spridas till rummen ovanför. Det totala tilluftflödet för rum 3 och de tre rummen på våningen ovanför är 89 l/s vilket innebär att brandgaserna kommer att spädas med frisk luft. Det är alltså rum 2 som kommer att drabbas värst, då brandgaserna som sprids till rummet är varma och outspädda.

Det maximala brandflödet som branden kan producera i det stängda hotellrummet är enligt simulering i CFAST 940 l/s. Då är trycket i rummet uppe i 2110 Pa. Detta är ett högt tryck och kan eventuellt få väggarna att rämna.

7.3 Scenario 2 - Brand i förråd vid Dalheimersalen

7.3.1 Effektkurvor

Förrådet är en lagringsplats för träbord samt några stolar. För att få reda på hur en brand i träborden skulle tillväxa gjordes en jämförelse med försöket med lastpallar som utförts av Särqvist (1993). Genom detta antogs branden i borden tillväxa långsamt. Troligtvis kommer inte allt material i rummet brinna samtidigt, utan en uppskattning har gjorts att ca en fjärdedel av det brännbara materialet (cirka 100 kg) brinner samtidigt. Från försöket med brand i kontorsmöbler, kan man utläsa att vid förbränning av cirka 100 kg material, bokhylla och skrivbord av trä, samt 100 kg papper blir den maximala effektutvecklingen 2,5 MW. Pappret anses inte påverka effekten nämnvärt. Utifrån detta försök har borden i förrådet jämförts med det brännbara materialet i kontoret. Den konstanta effektutvecklingen har därför uppskattats till 2,5 MW även här.

Branden i förrådet upptäcks då en dörr in dit öppnas.

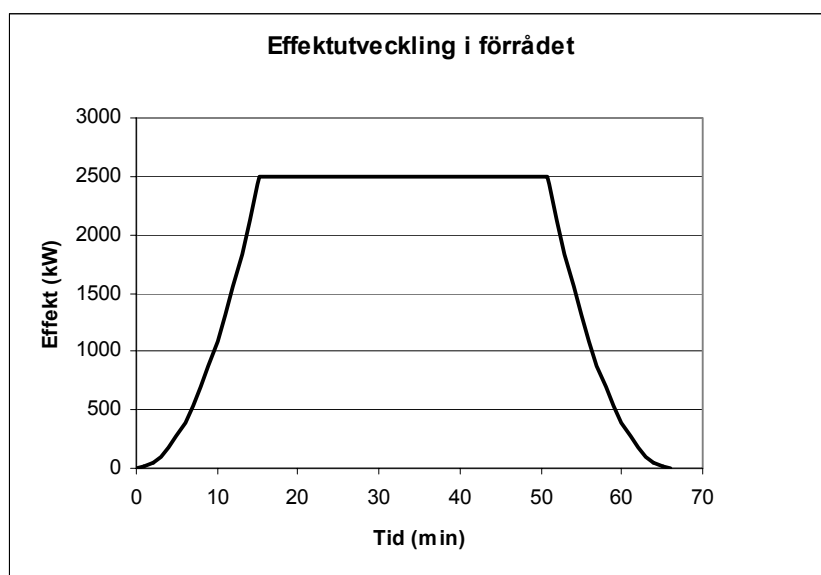


Diagram 4. Dimensionerande effektutvecklingskurva för förrådet.

7.3.2 Känslighetsanalys

Precis som i föregående scenario avser känslighetsanalysen parametern **öppen kontra stängd dörr**. Dörren med bredden 0,85 meter mellan förråd och Dalheimersalen förblir antingen stängd eller öppen.

Dörren kommer att öppnas efter 3 minuter och därefter förbli öppen. Värdet anses rimligt med anledning av att detektorer finns placerade ute i korridoren och att aktiveringstiden tar något längre tid. Därför ansätts detektionstiden till 2 minuter istället för 1 minut.

Det är troligt att personerna i Dalheimersalen kommer att öppna dörren för att börja utrymma, men att de då istället för en utrymningsväg möts av ett rum i brand.

Som alternativ till detta scenario har parametern **brand i andra utrymmen** simulerats genom en analys av utrymning, när branden antas starta i foajén utanför Dalheimersalen. I vissa

sammanhang vistas det mycket folk på plan 3. Därför är det intressant att se om en trygg utrymning kan ske då utrymning genom foajén omöjliggörs.

Detektorerna som finns placerade i foajén antogs aktivera efter 1 minut. Detta anger även tiden för när dörrarna in till restaurangen stängs då dessa per automatik är kopplade till detektorerna.

En osäkerhet i simuleringarna av detta scenario ligger i att tvåzonsmodellerna har en klar begränsning när det gäller större rum i byggnaderna, vilket påpekats tidigare. Då simuleringen inbegriper den stora och höga Dalheimersalen leder denna brist till osäkerheter i dessa simuleringar.

Resultaten av dessa känslighetsanalyser finns redovisade i resultatkapitlet nedan och diagrammen går att finna i bilaga 4.

7.3.3 Resultat

För branden i förrådet har tre olika analyser gjorts.

- Maximal brandeffekt på 2,5 MW, långsam tillväxt, dörr stängd.
- Maximal brandeffekt på 2,5 MW, långsam tillväxt, dörr öppnas efter 3 minuter.
- Maximal brandeffekt på 2,5 MW, långsam tillväxt, dörr öppnas efter 3 minuter och vikkväggen är öppen

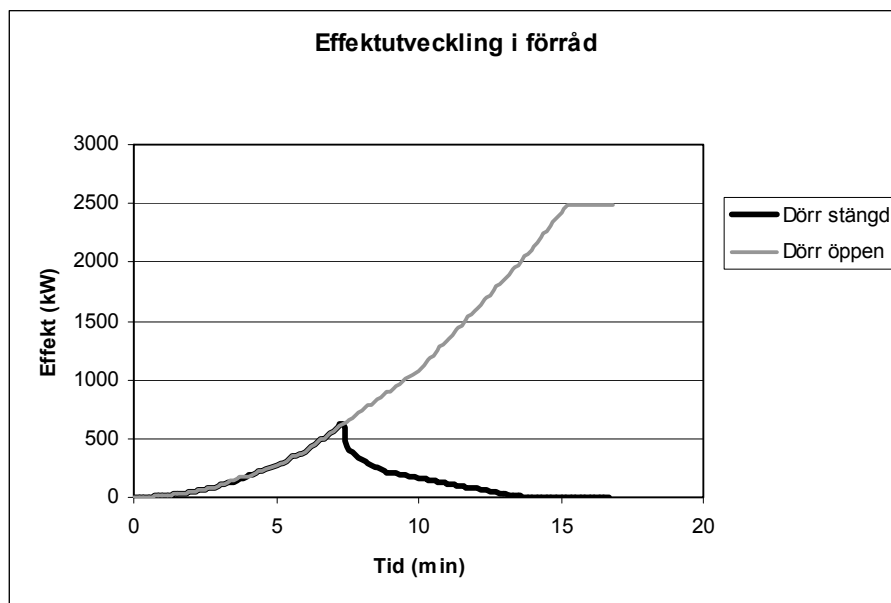


Diagram 5. Effektutveckling i förrådet.

Då dörren är stängd in till förrådet blir branden ventilationskontrollerad. Den maximala effekt som kan utvecklas i förrådet är 620 kW som nås efter 7 minuter och 15 sekunder. I fallen då dörren öppnas till förrådet efter 3 minuter hinner branden inte bli ventilationskontrollerad utan når upp till sin maxeffekt på 2,5 MW.

Kritiska värden uppstår då brandgaslagret nått en höjd på cirka 1,8 meter i korridoren och förrådet. I Dalheimersalen uppstår kritiska förhållanden vid en höjd på cirka 2,2 meter över golvet (se beräkningsformel under kap 5.2 ”kritiska förhållande”). Här ligger det en osäkerhet

vid beräkning av kritiska förhållanden för brandgaslagret. Den höga höjden på rummet ger ett högre värde på det tillåtna avståndet mellan brandgaslager och golv. I rum med liten takhöjd ger formeln ett värde på den kritiska höjden som bättre stämmer överens med den höjd där människor befinner sig.

	Dörr stängd, 5 mm springa	Dörr öppen	Dörr öppen, vikvägg öppen
Brandrummet	45 s	45 s	45 s
Dalheimers	-	6 min	16 min 45 s
Korridor	-	-	-

Tabell 5. Tid till kritiska värde för brandgaslagrets höjd.

När dörren öppnas till förrådet höjs brandgaslagret till en början i brandrummet då brandgaser strömmar ut i salen men sjunker sedan igen. I övriga rum sjunker brandgaslagret med tiden (se diagram 21 i bilaga 4). Då vikkväggen är öppen tar det längre tid innan kritiska förhållanden uppstår eftersom storleken på lokalen är större.

	Dörr stängd, 5 mm springa	Dörr öppen	Dörr öppen, vikvägg öppen
Brandrummet	3 min 15 s	3 min 15 s	3 min 15 s
Dalheimers	-	16 min 45 s	-
Korridor	-	-	-

Tabell 6. Tid till kritiska förhållande för temperaturen i brandgaslagret.

Kritiska värden för temperaturen uppstår vid 80 °C (se kap 5.2 ”kritiska förhållanden”).

Med en fungerande dörrstängare uppstår kritiska förhållanden inte lika snabbt.

Brand i foajé

Resultaten av simuleringarna påvisar att då branden startar i soffan i foajén blir branden inte ventilationskontrollerad. Kritiska förhållanden uppstår i brandrummet efter ungefär 1 minut, då brandgaslagret nått sin kritiska höjd på cirka 1,8 meter. Efter cirka 1 minut och 15 sekunder uppstår kritiska förhållanden med avseende på temperaturen. Inga kritiska förhållanden uppstår i några av rummen intill.

7.4 Scenario 3 - Brand i snickeriet på aktivitetscentret

7.4.1 Effektkurvor

Dörren till snickeriet är öppen under hela simuleringen. Då det finns mycket trämöbler i rummet anses tillväxten vara långsam, detta görs med samma motivering som för scenariot i förrådet. Då möblerna inte står lika tätt packade antas en långsammare spridning här än i förrådet. Den maximala effekten bedöms ligga på 2 MW.

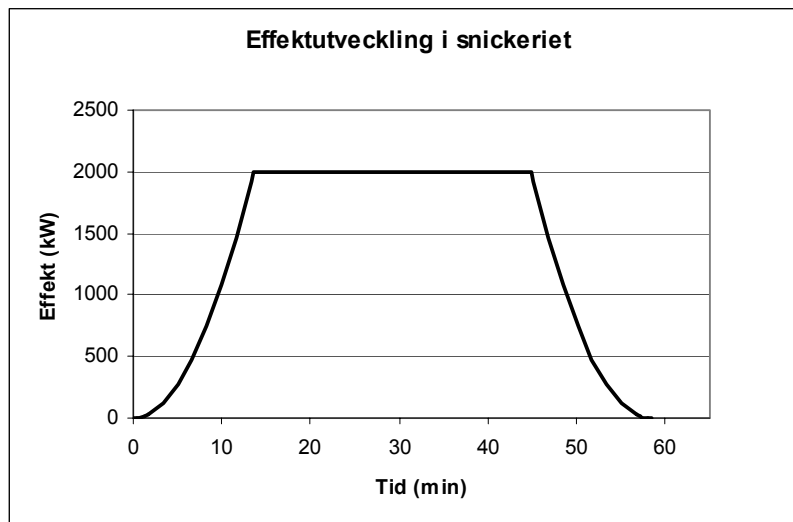


Diagram 6. Dimensionerande effektutvecklingskurva för snickeriet.

7.4.2 Känslighetsanalys

I likhet med föregående scenarier har även detta scenario kompletterats med olika varianter av brandförlopp. Eftersom dörren till snickeriet alltid står öppen och således bör vara öppen under hela simuleringen är det svårt att variera denna parameter. Istället fick en ändring av **maximal brandeffektutveckling** fungera som en känslighetsanalys i detta fall.

Simuleringarna har även varierats med avseende på **brandtillväxt**. Två olika tillväxthastigheter har använts, där α -värdet antingen antagits vara långsam eller medium. Detta för att tydliggöra vilka skillnader ett snabbare eller långsammare brandförlopp har på personsäkerheten. Ett snabbare förlopp än det studerade skulle kunna resultera i en lägre säkerhetsnivå.

Resultaten av dessa känslighetsanalyser finns redovisade i resultatkapitlet på följande sida och diagrammen går att finna i bilaga 4.

7.4.3 Resultat

För branden i snickeriet har tre olika effektutvecklingar analyserats.

- Maximal brandeffekt på 2 MW, långsam tillväxt
- Maximal brandeffekt på 1 MW, långsam tillväxt
- Maximal brandeffekt på 2 MW, mediumtillväxt

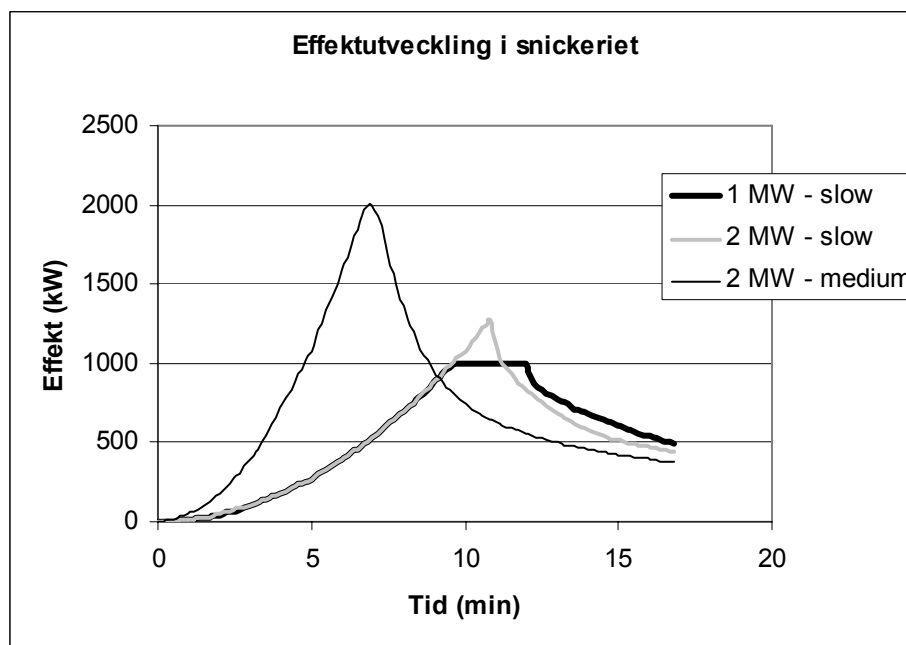


Diagram 7. Effektutveckling i snickeriet.

Branden som har långsam tillväxt upp till 2 MW når aldrig upp i sin maxeffekt innan den blir ventilationskontrollerad. Den effekt som maximalt kan utvecklas i rummet är 1,3 MW som nås efter 11 minuter. Även en simulering där endast maxeffekten ändrades till att istället vara 4 MW gav samma resultat. Detta eftersom det underventilerade fallet inträffar samtidigt. På grund av detta kommer samma värden att erhållas.

CFAST använder sig av det tillgängliga syre som finns i lokalerna för att räkna ut när bränderna blir ventilationskontrollerade. Då syremängden inte varierar i de tre olika fallen kommer samma mängd bränsle att förbrännas innan bränderna blir ventilationskontrollerade.

För branden som tillväxer med α -värdet medium kommer brandgaslagret att sjunka snabbare i samtliga rum jämfört med bränderna som tillväxer långsamt. I samtliga fall sjunker brandgaslagret snabbare i metallslöjdrummet än i sysalen (se diagram 25, 27 och 29 i bilaga 4). Detta beror på att slöjdrummet är ett mindre rum och kommer fyllas snabbare. Att metallslöjden ligger en bit bort från brandrummet gör detta orimligt eftersom brandgaslagret borde sjunka snabbare i sysalen. Detta är en av begränsningarna med CFAST då denna inte tar hänsyn till hur rummen ligger i förhållande till varandra.

	2 MW, långsam	1 MW, långsam	2 MW, medium
Brandrummet	45 s	45 s	30 s
Syrummet	2 min 30 s	2 min 30 s	2 min
Metallslöjden	4 min	4 min	3 min

Tabell 7. Tid till kritiska värde för brandgaslagrets höjd uppstår.

Kritiska värden uppstår då brandgaslagret nått en höjd på cirka 1,8 meter över golvet (se beräkningsformel under kap 5.2 ”kritiska förhållande”). Vid snabbare brandtillväxt uppnås kritiska förhållanden också fortare vilket skulle medföra större konsekvenser med avseende på personsäkerheten. För de kurvor som tillväxer långsamt uppstår kritiska värden samtidigt. Detta eftersom de kritiska förhållandena uppstår i tillväxtfasen.

	2 MW, långsam	1 MW, långsam	2 MW, medium
Brandrummet	3 min	3 min	1 min 45 s
Syrummet	8 min 30 s	8 min 30 s	4 min
Metallslöjden	-	-	-

Tabell 8. Tid till kritiska förhållanden för temperaturen.

Kritiska värden för temperaturen uppstår vid 80 °C (se kap 5.2 ”kritiska förhållanden”).

I den här situationen verkar det som om CFAST på något sätt tar hänsyn till att brandgaserna kyls då de sprids till andra rum, eftersom de är varmare i sysalen än vad de är i metallslöjden.

8 Simuleringar i Simulex

Detta kapitel redogör för resultaten av utförda modelleringar av utvalda utrymningsscenarier i Dalheimers Hus.

8.1 Allmänt

Simulex är ett datorprogram för utrymningssimuleringar. Vid användning av Simulex läggs CAD-ritningar in i programmet för de plan i byggnaden som ska simuleras. För att sammanfoga planen bildas trappor och länkar mellan dessa. Därefter bestäms vilka utrymningsvägar som skall användas och det antal personer som ska vara med i simuleringen placeras ut.

CAD-ritningarna måste vara helt rena från text och onödiga streck, för att personerna inte skall uppfatta detta som hinder och därmed förlänga simuleringstiden. CAD-ritningarna som använts kommer från utrymningsplanerna för Dalheimers Hus.

För att personerna ska veta var utgångarna finns måste man markera dessa.

En annan viktig detalj innan man kan börja simulera är avståndskartor. I Simulex kan man specificera de olika utrymningsvägarna genom att välja att personerna skall passera vissa länkar för att komma till en utgång. Man får helt enkelt komma fram till rimliga utrymningsvägar som programmeras in i programmet. Därefter räknas avståndskartor ut för de olika utrymningsvägarna. Detta medför att man utifrån varje avståndskarta får, för hela byggnaden, den närmaste vägen till en utgång.

När personer placeras ut i byggnaden skall egenskaper för personerna anges. Man kan exempelvis välja gånghastigheter som är representativa för de människor som befinner sig i byggnaden. "Shoppers", "children" eller "all disabled" är exempel på gånghastigheter som kan väljas. Även fördröjningstid för personerna och vilken av avståndskartorna som de skall använda läggs in. (Frantzich, H. 1997)

Simulex kan inte ta hänsyn till om personerna är rullstolsburna och inte kan ta sig nedför trappor, vilket kan medför att proppar i trapphusen bildas. För att undvika dessa problem har simuleringen avbrutits när personerna utrymt från planet/ut till trapphuset eller lämnat det branddrabbade området.

Den avgränsning som gjorts om att endast utrymma brandplanet och att utrymningen ansågs vara avslutad när detta plan var utrymt leder till osäkerheter. I verkligheten skulle det kunna bli en värre utrymningssituation om köerna i trapphuset, till följd av utrymning från andra plan, gör att personerna på planet där det brinner inte kommer ut i trapphuset. Den totala utrymningstiden blir då längre.

8.2 Hotellet

Vid simuleringar av utrymning från plan 7 har två simuleringar gjorts. En där majoriteten av personerna väljer den vanliga utgången och en där de är tvungna att använda nödutgången. Det normala är att använda den utgång som man är van vid även om det finns en nödutgång som är närmare (Canter, D. 1985). I det simulerade fallet betyder detta att trappan vid hissarna, som kallas huvudtrappan, används. Indata till simuleringarna finns i bilaga 5.

8.2.1 Antal personer

Brandrummet har valts till ett rum nära huvudingången så att personerna som utrymmer behöver använda nödutgångstrappan. Enligt uppgifter som fås från Dalheimers Hus får det maximalt bo två gravt handikappade samtidigt på hotellet. För att få de värsta troliga fallen är det en eller två gravt handikappade och fyra funktionshindrade sovandes på hotellplan 7 då branden uppstår. I själva brandrummet bor det ingen så totalt är det sex personer som utrymmer varav en eller två med hjälp av den jourhavande personalen.

8.2.2 Varseblivnings-, besluts- och reaktionstider i Simulex

Varseblivningstiden är 1 minut och är den teoretiska aktiveringstiden för detektorn i hotellrummet. Tiden till att folk med egenskapen "all disabled" börjar utrymma är 6 minuter och denna tid innefattar besluts- och reaktionstider. Denna tid gäller för sovande på hotell där man kan vara ovan vid byggnaden, larmsystemet och utrymningsvägarna. Dessutom ska larmsignalen bestå av en ringsignal eller dylikt och personalen ska inte ha någon relevant utrymningsträning (Proulx, G. 2002, s. 3-351). Från det att utrymningslarmet utlösts tar det uppskattningsvis fyra minuter för hotellpersonalen att lokalisera rummet där det brinner. I det ena fallet öppnar hotellpersonalen dörren till brandrummet och dörren förblir öppen eftersom dörrstängaren är sönder. I det andra fallet går hotellpersonalen direkt och hjälper en av de gravt handikappade, vilket förkortar utrymningstiden med en minut. Med hjälp tar sig den gravt handikappade ut med en hastighet av 1,4 m/s till trapphuset.

Uppskattningsvis tar den hjälpende personen den gravt handikappade till trapphuset och går sen tillbaka för att hjälpa den andra gravt handikappade. Tiden det tar för att ta sig till trapphuset, tillbaka till den andra gravt handikappade och att få upp honom/henne uppskattas till 3 minuter. Denna transporteras också med hastigheten 1,4 m/s till trapphuset.

Att gästerna måste utrymma beror på att hotellrummen inte är egna brandceller och att personerna därför inte kan anses säkra på sina rum.

För att underlätta i Simulex så att man slipper vänta på att personerna ska börja gå, startar simuleringen med att första personen börjar röra sig.

8.2.3 Resultat

Tiden till när alla är ute ur korridoren inkluderar varseblivningstid, reaktions- och beslutstid samt förflyttningstid.

	Alla ute ur korridor (en gravt handikappad)	Alla ute ur korridor (två gravt handikappade)
Dörr öppen	8 min 30 sek	11 min 15 sek
Dörr stängd	8 min 15 sek	10 min 15 sek

Tabell 9. Scenariot i hotellrummet.

De två olika simuleringarna illustrerar att personerna ena gången tvingas använda nödutgången på grund av den öppna dörren till brandrummet och den andra gången när dörren till brandrummet är stängd och den vanliga utgången används. De olika simuleringarna ger en skillnad på 1 minut men denna skillnad har endast att göra med att den anställda börjar hjälpa

de gravt handikappade 1 minut senare. Det som är väsentligt är därför att komma igång med utrymningen av dem som behöver hjälp så fort som möjligt.

8.3 Dalheimersalen

Vid utrymning av plan 3 har fyra olika situationer simulerats. Anledningen till de fyra simuleringarna är beroende på var branden startar, vilka olika utrymningsvägar som används och att olika persontätheter antagits. Ena situationen är när en festival i Dalheimers Hus hålls och antalet besökare är 400 stycken. Den andra situationen är med 130 personer och under mer normala förhållanden då en pågående konferens är anordnad. Indata till simuleringarna finns i bilaga 5.

8.3.1 Antal personer

Personfördelningen vid de olika persontätheterna illustreras i tabellen nedan och är lika för de två scenarierna, brand i förråd och brand i foajé (se bilaga 5).

	Dalheimersalen (Sal A)	Sal B	Restaurangen
130 personer	80	0	50
400 personer	150	150	100

Tabell 10. Personfördelning.

8.3.2 Varseblivnings-, besluts- och reaktionstider i Simulex

Varseblivningstiden har även här tagits när detektorn aktiverar vilket är 2 minuter för förrådsscenariot och 1 minut för soffscenariot. Besluts- och reaktionstider för det fall då man är nära brandrummet och kan se brandgaser är upp till 1 minut (Bengtson, S. et al. 2002). Det tar däremot 3 minuter när man befinner sig i ett rum längre bort (Proulx, G. 2002, s. 3-351).

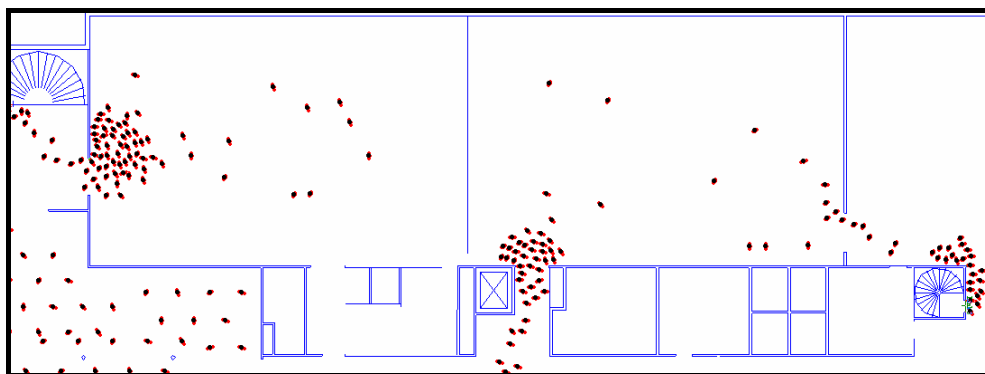
8.3.3 Resultat

Det bör påpekas att sluttiden avser tiden till när samtliga personer på plan 3 har utrymt planet och tiden inkluderar varseblivningstid, reaktions- och beslutstid samt förflyttningstid. Den lokal som det uppstår kritiska förhållanden i är Dalheimersalen, när det brinner i förrådet. Därför är tiden tills Dalheimersalen är utrymd redovisad.

	Ute ur Dalheimersalen	Sluttid
130 personer	3 min 30 s	6 min 45 s
400 personer	4 min 15 s	7 min 45 s

Tabell 11. Scenariot i förrådet.

Resultatet i tabell 11 visar att utrymningstiden förlängs med cirka 1 minut om 400 personer befinner sig på plan 3 varav 300 i samlingssalen. Figur 5 på nästa sida visar att det uppstår flaskhalsar.



Figur 5. Flaskhalsar från samlingshallarna

En känslighetsanalys gjordes för att undersöka hur utrymningstiden påverkas, när de normala utgångarna blir avstängda med anledning av brand i en soffa i foajén. Tack vare de automatiska dörrstängarna uppstår inte kritiska förhållanden mer än i foajén i detta fall och därför tas endast tiden till utrymning av planet med. I tabell 12 kan man se att sluttiden förlängs med cirka 3 minuter och 30 sekunder med det större personantalet i lokalerna. När fler personer vistas i lokalerna ökar alltså betydelsen av utrymningsvägarna.

	Sluttid
130 personer	7 min 15 s
400 personer	10 min 45 s

Tabell 12. Scenariot med soffa.

Vid jämförelse av ovanstående simuleringar visar det sig att det tar längre tid för fler personer att utrymma i båda scenarierna. När de två huvudutgångarna stängs av ökar utrymningstiden markant i fallet med 400 personer, på grund av att flaskhalsar uppstår vid brandslussen ut till garaget, garageutgången och spiraltrappan (jämför sluttid i tabell 11 och 12). Detta visar att det är viktigt att hålla så många utrymningsvägar som möjligt öppna.

8.4 Snickeri

På plan 5 finns fem olika utrymningsvägar som leder till terrassen där en återsamlingsplats finns. Det finns även möjligheten att ta huvudtrappan som är den normala in- och utgången. Indata till simuleringarna finns i bilaga 5.

8.4.1 Antal personer

Enligt personal på Dalheimers Hus är det ungefär 100 besökare om dagen på plan 5. Därav gjordes två simuleringar, en med 50 personer och en med 80 personer, för att få en rimlig uppfattning om hur det kan se ut vid utrymning.

Dessa personer har spridits ut på våningen i de olika verksamhetsrummen utifrån vad som observerades vid objektsbesöket (se bilaga 5). I snickeriet har det antagits att det är tomt.

8.4.2 Varseblivnings-, besluts- och reaktionstider i Simulex

Det tar 1 minut tills utrymningslarmet börjar ljuda det vill säga varseblivningstiden är 1 minut. Besluts- och reaktionstider är även här 1 minut där brandgaser kan ses (Bengtson, S. et al. 2002) och 3 minuter om personerna befinner sig i ett rum längre bort (Proulx, G. 2002, s. 3-351).

8.4.3 Resultat

Tiderna som anges inkluderar varseblivningstid, reaktions- och beslutstid samt förflyttningstid. Det kritiska området avser i det här fallet sysalen.

	Ute ur det kritiska området	Ute ur plan 5
50 personer	2 min 45 s	5 min
80 personer	2 min 45 s	5 min

Tabell 13. Scenariot i snickeriet

Det är inte någon större skillnad mellan att ha 50 eller 80 personer på plan 5 ur utrymningssynpunkt. Inga synbara flaskhalsar bildas.

9 Slutsatser om utrymningsförhållandena

I följande kapitel har en jämförelse mellan resultaten från brandförloppssimuleringarna och utrymningssimuleringarna gjorts. Detta för att få en ungefärlig uppfattning om utrymningsmöjligheterna på Dalheimers Hus. Eftersom indata till datorprogrammen baseras på uppskattningar måste man titta på resultaten med en viss försiktighet. I samtliga fall är det brandgaslagrets höjd som först når kritiska förhållanden. Kritiska förhållanden för temperaturen uppstår endast i vissa fall och alltid efter det att brandgaslagret har nått kritiska förhållanden. Därför valdes att studera temperaturen i brandgaslagret i stället för temperaturen i den undre zonen. Kritiska förhållanden behöver inte betyda att det inte går att fortsätta utrymningen.

9.1 Hotellet

Vid simuleringen av utrymningstiden gjordes en känslighetsanalys för att ta reda på hur mycket utrymningstiden förändras om en eller två gravt handikappade personer bor på hotellet. Utrymningen betraktades som slutförd när samtliga personer var ute ur hotellkorridoren. Problem med att fortsätta utrymningen nedåt finns då om många av hotellets gäster är rullstolsburna. Hissarna får inte användas vid utrymning. Utrymmet i trapphusen är begränsat och i nödutgångstrappan finns i princip ingen plats för rullstolar. Dörren mellan trapphus och korridor är klassificerad som B15 vilket idag motsvarar EI 15. Detta innebär att dörren ska klara kraven för täthet och isolering i minst 15 minuter. Trapphusen är avskiljda från korridoren med klass B 60 vilket motsvarar EI 60. Väggarna ska därmed uppfylla kraven för täthet och isolering i minst 60 minuter.

Vid en brand på ett hotellrum på plan 7 försvåras utrymningsförhållandena drastiskt om dörren till brandrummet är öppen. Dörrarna på Dalheimers Hus är försedda med dörrstängare. Kritiska förhållanden skulle uppstå i korridoren innan utrymningen är fullbordad om dessa dörrstängare är ur funktion, se diagram 8. Tiden i minuter motsvarar den totala utrymningstiden, det vill säga den tid det tar för samtliga personer att lämna det aktuella planet. Tiden inkluderar så väl varseblivningstid, beslut- och reaktionstid som förflyttningstid.

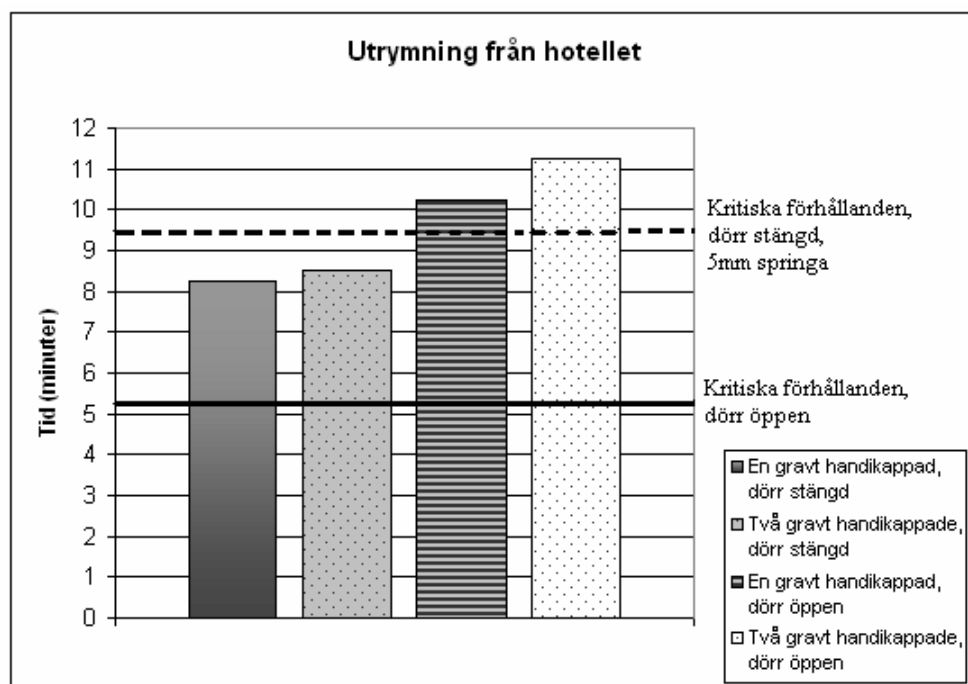


Diagram 8. Utrymningsmöjligheter vid brand i hotellrum

Enligt simuleringarna hinner hotellgästerna ut innan kritiska förhållanden uppstår om dörren är stängd och det endast bor en gravt handikappad på hotellet. Säkerhetsmarginalen är då cirka en minut. Med två gravt handikappade gäster hinner utrymningen däremot inte slutföras innan kritiska förhållanden uppkommer. Med en mindre springa på 2 millimeter skulle däremot samtliga personer hinna ut. Kritiska förhållanden uppstår då inte förrän efter 11 minuter. Detta visar att det är väldigt viktigt att ha täta dörrar.

9.2 Dalheimersalen

För Dalheimersalen gjordes känslighetsanalyser dels med avseende på personantalet i Dalheimersalen och restaurangen och dels med avseende på brandens placering och öppna respektive stängda dörrar.

9.2.1 Brand i förråd

Vid en brand i förrådet i fallet med stängd dörr uppkommer endast kritiska förhållanden i brandrummet. Utrymningsmöjligheterna anses vara tillfredställande eftersom utrymning kan ske utan problem (se diagram 9). Tiden i minuter motsvarar i detta scenario den tid det tar för samtliga personer att lämna Dalheimersalen eftersom det är där kritiska förhållanden uppstår. Tiden inkluderar så väl varseblivningstid, beslut- och reaktionstid som förflyttningstid.

Om dörren öppnas efter tre minuter blir det kritiska förhållanden i Dalheimersalen efter totalt 6 minuter. I korridoren utanför blir det inte kritiskt vid något tillfälle. Säkerhetsmarginalen är då knappt 3 minuter i fallet med 80 personer i Dalheimersalen. Vid dessa simuleringar tillkommer 50 personer som befinner sig i restaurangen, se kapitel 8.3.1. Dessa antas påverka möjligheten att komma ut ur Dalheimersalen. Säkerhetsmarginalen är knappt 2 minuter när det är 150 personer i Dalheimersalen, sal A, samt 150 personer i sal B (100 personer i restaurangen tillkommer vid dessa simuleringar). Utrymningsmöjligheterna anses vara tillfredställande.

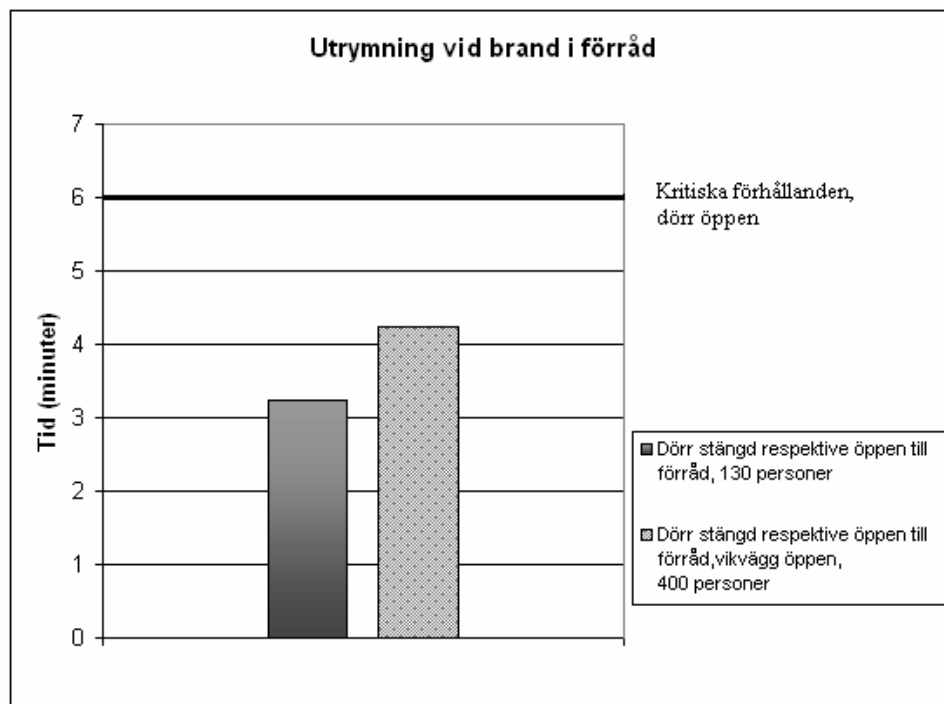


Diagram 9. Utrymningsmöjligheter vid brand i förråd

Enligt simuleringarna fördröjs utrymningstiden med ungefär 1 minut när det är fler människor i lokalerna.

I fallet med öppen vikvägg i Dalheimersalen och öppen dörr efter 3 minuter uppstår kritiska förhållanden efter 17 minuter i Dalheimersalen. Detta kritiska förhållande syns ej i diagram 9. I korridoren uppstår inga kritiska förhållanden. Säkerhetsmarginalen är större än 13 minuter med det lägre personantalet och större än 12 minuter med det högre personantalet. Utrymningsmöjligheterna bedöms vara mycket goda.

9.2.2 Brand i soffa utanför Dalheimersalen

Kritiska förhållanden uppstår enbart i brandrummet. Dörrarna till matsalen är magnetupphängda och stängs när detektorn aktiveras. Detta förhindrar brandgasspridning till restaurang. Problematiken i den här situationen är att två utrymningsvägar stängs av, både huvudtrappan och stora spiraltrappan från foajén belägna utanför Dalheimersalen. Personerna i Dalheimersalen kommer troligtvis att öppna dörren ut till foajén (brandrummet) först eftersom det var genom denna ingång som de kom in.

Med 50 personer i restaurang och 80 personer i Dalheimersalen tar det ungefär 7 minuter tills hela planet är utrymt. Detta är cirka 30 sekunder längre tid än det tog när samtliga utrymningsvägar var tillgängliga.

När det är totalt 300 personer i samlingssalarna och 100 personer i matsalen tar utrymningen drygt 10 minuter. Detta fördröjer utrymningstiden med nästan 2 minuter och 30 sekunder jämfört med när alla utrymningsvägar gick att använda. Man kan se att det blir en större ökning av utrymningstiden när det är fler personer i lokalen.

9.3 Snickeriet

Vid simulering av brand i snickeriet gjordes känslighetsanalyser genom att variera effektutveckling, tillväxthastighet och persontäthet. När effekten varierades skedde ingen ändring av tiden till kritiska förhållanden. Detta eftersom de kritiska förhållandena uppstår i tillväxtfasen. Diagramstapeln (se diagram 10) med långsam tillväxt representerar både effektutvecklingen 1 MW och 2 MW. När tillväxthastigheten ökades från långsam till medium förkortades tiden till kritiska förhållanden med 30 sekunder.

I samtliga fall studerades enbart de kritiska förhållandena i sysalen eftersom denna ligger närmare brandrummet än vad metallslöjden gör. Ju längre bort från brandrummet ett rum ligger desto osäkrare blir resultaten från simuleringarna i CFAST. Tiden i minuter motsvarar alltså den tid det tar för samtliga personer att lämna sysalen. Tiden inkluderar så väl varseblivningstid, beslut- och reaktionstid som förflyttningstid.

Utrymningen var inte i något fall fullbordad innan kritiska förhållanden hade uppkommit. Utrymningsförhållandena anses med viss tvekan vara tillfredställande eftersom skillnaden mellan utrymningstid och tid till kritiska förhållanden endast ligger mellan 15 och 45 sekunder. Skillnaderna kan uppstå på grund av osäkerheter i simuleringarna och behöver inte betyda att utrymningsförhållandena på plan 5 är dåliga.

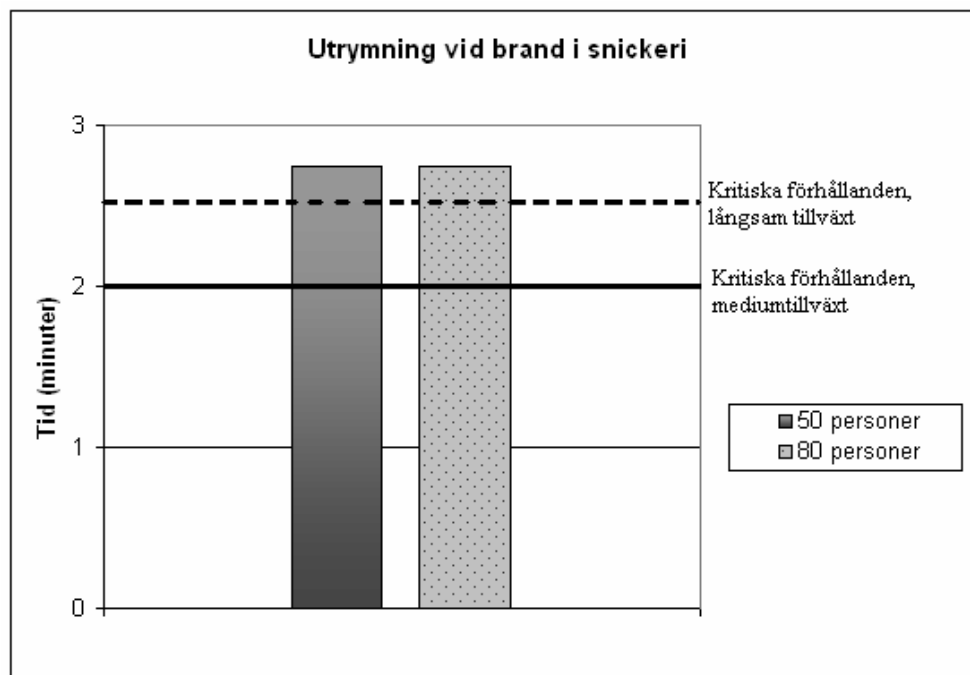


Diagram 10. Utrymningsmöjligheter vid brand i snickeri

En ökning av persontätheten från 50 till 80 personer ökar inte utrymningstiden.

10 Brister

I detta kapitel redovisas iakttagelser av brandtekniska brister som gjordes vid besöket på Dalheimers Hus den 17 september 2004.

Boverkets byggregler (BFS 1993:57) gäller för byggnader som uppförs eller byggs till. Byggreglerna (BBR) trädde i kraft 1994 vilket innebär att just detta regelverk inte gällde då Dalheimers Hus byggdes 1974. Ändå har här en jämförelse av Dalheimers brandtekniska skydd gentemot detta regelverk gjorts. Anledningen till detta är att byggreglerna anses ge en beskrivning av hur ett brandtekniskt skydd i en byggnad bör se ut.

- **Brandsluss till garage**

Stora garage som har en area på mer än 50 m² får endast ha förbindelse med utrymningsvägar via en brandsluss. Brandslussen ska vara utformad så att den kan passeras utan att mer än en dörr i taget måste öppnas. (Bengtson, S. et al. 2002)



Bild 4. Brandsluss

I Dalheimers Hus finns brandslussar ut till garaget som finns på plan 2, 3 och 4. För dörrarna i brandslussarna finns automatiska öppningsanordningar monterade som gör att båda dörrarna kan vara öppna samtidigt. Detta innebär att slussen tappar sin funktion med att förhindra brand- och brandgasspridning. Dessutom är dörrarna inte täta, utan där är stora glipor i ovankanten av dörren.

På några av garageplanen finns det förråd som innehåller brännbart material. Därför är det extra viktigt med en fungerande brandcellsgräns.

- **Dörrar ut till huvudtrapphuset på plan 6 och uppåt**

Brandklassade dörrar ska vara försedda med lås med fallkolv som griper in i slutblecket och håller dörren stängd. (Bengtson, S. et al. 2002)

Dörrarna ut till huvudtrappan från plan 6 och uppåt har inga fallkolvar. Detta innebär att dörrarna inte blir helt täta och öppningar kan bildas av ett övertryck i korridoren till följd av en brand. Brandgaser kan då komma ut i trapphuset.

- **Otät brandcellsgräns**

På plan 1 finns en brandcellsgräns som inte fyller sin funktion eftersom en dörr i gränsen är uppställd med en stol på dagarna. Det är endast på kvällen och natten som denna dörr är stängd.



Bild 5. Uppställd dörr.

- **Dörrar i utrymningsvägar**

Dörrar i utrymningsvägar skall vara lätt öppningsbara. Vred på dörrar i utrymningsväg får användas för att låsa upp en annars låst dörr. Detta gäller för lokaler med ett måttligt antal personer (cirka 30 stycken). (Utrymningsdimensionering, 2004)

Dörrarna från Dalheimersalen är utrustade med panikregel som gör att dörrarna lätt kan tryckas upp. Många av husets övriga utrymningsdörrar är dörrar som öppnas med vred. Dessa dörrar var inte så lätta att öppna. För att öppna dörrarna krävdes att man vred om vredet samtidigt som handtaget trycktes ned. Det fanns dock automatiska öppningsanordningar monterade på många av dörrarna i huset.

Då både huvudtrappan och stora spiraltrappan används vid utrymning mynnar dessa ut i entréutgången. Enligt utrymningsdimensionering (2004) bör därför denna dörr ha samma bredd som de två utrymningsvägarnas sammanlagda bredd. I Dalheimers Hus fattas det i och med detta cirka 1 meter i öppningen.

- **Hotellet**

Enligt BBR 5:671 ska varje gästrum på ett hotell utformas som egen brandcell. Detta är inte fallet för hotellverksamheten i Dalheimers Hus. Enligt ritningarna över huset är rummen inte egna brandceller. Dörrarna ut till korridoren är inte brandklassade, en bedömning som även gjordes vid besöket på objektet. Samtliga dörrar var däremot självstängande.

- **Belamring i utrymningsvägar**

I BBR nämns inget om att lös inredning inte får placeras i utrymningsvägar. Grundförutsättningarna är trots detta att lös inredning inte bör förekomma eftersom framkomligheten försämras (Bengtson, S. et al. 2002). Enligt Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling AFS 2000:42 ska samtliga utrymningsvägar samt dörrar och vägar till utrymningsvägar vara fria från hinder.

Enligt rapporten Utrymningsdimensionering (2004) bör bredden på en utrymningsväg inte understiga 0,9 meter. Räcken och liknade får inte inkräkta med mer än högst 0,1 meter på vardera sidan.

I några av utrymningsvägarna i huset är framkomligheten inte den optimala. Detta gäller bland annat den utrymningsväg som går genom köket ut till garaget.

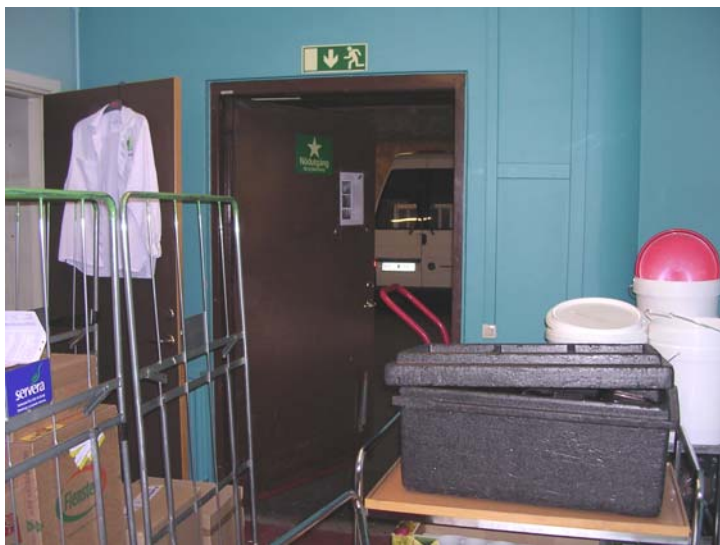


Bild 6. Belamring i utrymningsväg via kök.

Andra exempel på svårframkomliga utrymningsvägar är på plan 4 via ett kontor och på plan 3 genom ett gym med träningsmaskiner.

- **Trappor**

Avstånd mellan dörr och trappa eller ramp bör vara minst 0,8 meter. Då det finns personer med funktionshinder bör detta avstånd vara större. Vilplanet ska vara tillräckligt stort så att man från rullstolen kan öppna, vända med rullstolen och stänga dörren. (Boverkets byggregler, 2002)

Trapphallen för nödutgångstrappan som går mellan plan 5 och plan 8 ger knappt utrymme för en rullstol. På plan 8 finns kontor där det jobbar tio till tolv anställda varav tre är rullstolsburna.

Utrymningsvägar från brandceller med fler än 150 personer bör inte understiga 1,2 meter. Spiraltrappan som går mellan plan 1 och plan 4 används som en utrymningsväg från bland annat samlingssalarna. Bredden på denna trappa är 0,7 meter och trapphallen rymmer ingen rullstol (se bild 7). Enligt rapporten Utrymningsdimensionering (2004) bör spiraltrappor inte användas som utrymningsväg från lokaler där personer har svårt att gå i trappor.

Detta eftersom spiraltrappor kan vara svåra att gå i. På Dalheimers Hus har man en spiraltrappa som utrymningsväg från samlingslokaler. Detta bör man försöka undvika.



Bild 7..Spiraltrappa

11 Åtgärdsförslag

Detta kapitel syftar till att ge förslag på förbättringar för att säkerställa personsäkerheten under utrymning ur Dalheimers Hus, vid händelse av brand.

De åtgärdsförslag som presenteras är grundade på resultaten av simuleringarna samt de brister med tillhörande motiveringar som behandlats i kapitel 10. Åtgärdsförslagen är uppdelade efter de brister som rör brand- och brandgasspridning samt de som rör utrymning. Anledningen till att brand- och brandgasspridning inom byggnaden har studerats är att det påverkar personsäkerheten vid utrymning. Urvalet är gjort med hänsyn tagen till att åtgärderna måste vara praktiskt möjliga att genomföra. Åtgärderna är listade i prioritetsordning under respektive rubrik.

Brand- och brandgasspridning

- Det krävs ett kontinuerligt underhåll av husets alla dörrstängare. Simuleringarna stödjer hypotesen om betydelsen av väl fungerande dörrstängare. Enligt ritningarna existerar det i nuläget inga brandcellsgränser mellan hotellrummen på de plan som inrymmer hotellverksamhet och dörrarna är oklassade. På grund av denna brist är det ännu viktigare att alla dörrstängare fungerar.
- Det är inte acceptabelt att en dörr som ingår i en brandcellsgräns ställs upp med stolar eller dylikt för att underlätta framfart även om det är praktiskt att inte behöva öppna en dörr. Ett åtgärdsförslag kan vara att magnetupphänga dörrarna. Dörrarna kommer då att stängas när brandlarmet utlöser.
- Dörrarna i brandslussen bör tätas för att förhindra brand- och brandgasspridning.
- De brandklassade dörrarna ut till trapphusen i höghusdelen, på plan 6, 7 och 8, bör förses med lås med fallkolvar. (Bengtson, S. et al. 2002)
- Det bristfälliga ritningsunderlaget över huset som finns vid centralapparaten bör uppdateras. Detta blir extra viktigt eftersom ritningarna används vid räddningstjänstinsats.

Utrymning

- Det är oacceptabelt att utrymningen inte påbörjas direkt när utrymningslarmet ljuder. Att någon från respektive plan antingen ska ta sig hela vägen till receptionen eller ringa dit för att få vidare information kostar onödigt med tid om larmet visar sig vara skarpt. Ett aktiverat utrymningslarm måste alltid respekteras och utrymning skall påbörjas direkt.
- För att trygga säkerheten för personer i rullstol är det viktigt att de har möjlighet att kunna förflytta sig till en annan brandcell på samma plan, där de är skyddade från brand och brandgaser och kan invänta hjälp. För att kunna uppfylla detta för hotellplanet, då hotellrummen inte är egna brandceller, skulle en lösning kunna utgöras av att väggarna mellan sköljrum och trapphus, på plan 6, 7 och 8, tas bort. Detta skulle leda till att hela trapphuset blir en större brandcell och fungera som säker

plats att invänta hjälp på. En annan lösning, för att få till en större brandcell, skulle kunna utgöras av att korridoren förkortas och att en brandklassad dörr sätts in.

En flyktstol skulle underlätta vid utrymning av rullstolsburna. Stolen gör det möjligt att rulla en person som inte kan gå själv utför trapporna. (Stålbrand, K. 2004)

En installation av en brandhiss är ett annat alternativ som studerats. En brandhiss har två huvudfunktioner, normalanvändning och brandanvändning. En dylik installation bör dock vara ekonomiskt optimerad och kräver därför vidare utredning. (Ardenmark, J. 1999) Även vid en installation av en brandhiss ska det finnas en säker plats där man kan invänta hissen.

Sprinkler skulle kunna installeras i hotelldelen. Ett sprinklersystem dämpar branden och begränsar dess möjligheter att sprida sig från ett rum till ett annat. Detta innebär att riskerna minskar för gästerna som inte kan ta sig ut från sina rum.

- Nödutgångarna bör förses med mer lätthanterliga öppningsanordningar, såsom exempelvis nödöppningsbeslag med trycke, se bild 8. Dessa beslag uppfyller kraven i standarden SS-EN 179 och säkerställer dörrens öppning med ett handgrepp. Vidare får inga utrymningsvägar vara låsta. Vred på dörrar i en utrymningsväg bör undvikas då detta försvårar utrymning i nödsituationer. Eftersom det rör sig om funktionshindrade personer är det extra olyckligt med svårhanterbara vred. Med anledning av detta är dörrar med lägre öppningskraft motiverat (Bengtson, S. et al. 2002).



Bild 8. Nödöppningsbeslag (tagen från: www.akeslas.se 2004-12-01)

- Generellt sett måste det bli bättre ordning i utrymningsvägarna än vad det är i dagsläget. Säkerställ utrymning genom att plocka bort det befintliga materialet och skapa ordning genom att förbjuda att dessa utrymnen används som lagringsplatser.
- Med bakgrund av den enkätundersökning som utförts, av de anställda vid Dalheimers Hus, har dessa såväl erbjudits som deltagit i kurser rörande säkerhets- och brandskyddsutbildning. Utrymningsövningarna för de anställda bör dock utökas till att testa hur utrymning fungerar med rullstolar och framförallt kompletteras med oförberedda utrymningsövningar, då detta är ett uttryckligt önskemål från personalen. Även om flertalet visste var utrymningsvägarna fanns leder fler övningar till att alla så småningom kan utrymma utan att först behöva leta efter utrymningsvägarna.

- Vid samtal med verksamhetsansvariga framkom det att uppgifterna, om nattgästernas olika funktionshinder samt antalet gravt respektive lätt funktionshindrade gäster per natt, är otillräckliga. I och med att dessa uppgifter är bristfälliga blir det svårt att dimensionera den personalstyrka som behövs nattetid. En nattvaktmästare plus en person i jour på hotellet kan vara för lite. Ett förslag är att införa ett system för ”registrering” av vilka nattgäster som bevistar hotellet, med erforderliga uppgifter om antal, grad av funktionshinder samt vilket hjälpbehov de har. Hörselskadade erbjuds lån av personsökare med vibrator som extra brandlarm. Denna bör dock lämnas ut rutinemässigt till hörselskadade och inte som fallet är nu - endast erbjudas.

Kommentar om utrymning från plan 3

Antalet nödutgångar från samlingssalarna (Dalheimersalen och gymnastiksalen) är att betrakta som otillräckligt om foajén är avstängd eftersom spiraltrappan inte utgör en fullvärdig utrymningsväg. Ett tillräckligt antal nödutgångar från plan 3 kan säkerställas genom att göra ytterligare en utrymningsväg via garaget.

Kommentar om ventilation

Det är svårt att säga exakt hur brandgasspridning kommer att ske via ventilationssystemet för hotelldelen i Dalheimers Hus. Detta eftersom en hel del antaganden ha gjorts vid beräkningarna. Det som är bra är att brandgasspridning först sker då brandgaserna nått ner till golvet eftersom det är här tilluftsdonen är placerade. Ett sätt att förhindra att brandgaser sprids till andra rum skulle vara att ha ett högre tryckfall över tilluftsdonet. Detta skulle i och för sig istället medverka till att bland annat flödet av brandgaser ut i korridoren skulle öka.

12 Slutsats

Sammanfattningsvis bör det poängteras att byggnaden från första början inte är brandskyddsmässigt anpassad för den aktuella verksamheten. Att bedriva verksamhet för funktionshindrade i en totalt nio våningar hög byggnad är ologiskt ur utrymningssynpunkt. Stora ombyggnationer måste göras för att byggnaden ska bli helt säker även för funktionshindrade men man måste samtidigt ta hänsyn till kostnad-nytta-aspekten.

Trots tidigare nämnda brister är personsäkerheten vid brand överlag bra på Dalheimers Hus. På plan 7 är dock utrymningsförhållandena inte tillfredställande eftersom gäster på hotellet kan ha svårt att ta sig ner från trapporna och inte har möjlighet att utrymma till annan brandcell.

Något som är bra är att det både finns akustiska och visuella larmdon i byggnaden. Detta är bra eftersom personer med olika typer av funktionshinder vistas på Dalheimers Hus.

Den säkerhetsansvarige på Dalheimers Hus har ett stort säkerhetsengagemang som gör att de förslag till förbättringar som presenterats förhoppningsvis får genomslagskraft. Som ett led i det systematiska brandskyddsarbetet (SBA) har Dalheimers Hus precis startat med en egen dokumentation i form av intern brandskyddskontroll (IBK). Som en direkt följd av detta har handbrandsläckare köpts in och alla nöd- och ledljus blivit utbytta. I december 2004 kommer all personal att få en genomgång av utrymningsvägar och utbildning i hjärt- och lungräddning (HLR). Varje arbetsledare får kunskaper om teorierna ”rädda-larma-släck” vid en särskild rundvandring. Med ett väl utfört SBA och en strävan efter ständig förbättring kommer personsäkerheten att öka på Dalheimers Hus.

13 Referenser

Arbetsplatsens utformning AFS 2000:42. Föreskrifter och allmänna råd om arbetsplatsens utformning. Solna: Arbetskyddsstyrelsen 2000

Ardenmark, J. (1999). *Utrymning med hjälp av brandhissar.* (Rapport 5041). Lund: Lunds Tekniska Högskola, Brandteknik.

Babrauskas, V. (1995). *Burning Rates.* SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Second Edition. Quincy: National Fire Protection Association.

Boverkets byggregler BFS 1993:57 med ändringar till och med 2002:19. Föreskrifter och allmänna råd. Karlskrona: Boverket 2002.

Bengtson, S., Blomqvist, J., Delin, M., Fagergren, T., Frantzich, H., Gojkovic, D., Hiort, F., Isaksson, S., Johansson, H., Jönsson, R., Lang, I., Lundin, J., Lundqvist, M., Rantatalo, T. & Särndqvist, S. (2002). *Brandskyddshandboken – En handbok för projektering av brandskydd i byggnader* (Rapport 3117) Lund: Lunds Tekniska Högskola, Brandteknik.

Brand, A., & Sörqvist, M. (2000). *Utrymningssäkerhet för rörelsehindrade* (Rapport 5071). Lund: Lunds Tekniska Högskola, Brandteknik.

Canter, D. (1985). *Studies of human behaviour in fire: empirical results and their implications for education and design* Borehamwood: Building Research Establishment.

Drysdale, D. (1998). *An Introduction to Fire Dynamics.* Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Frantzich, H. (1997). *Användarmanual till Simulex ver 1.1* Lund: Lunds Tekniska Högskola, Brandteknik.

Jensen, L. (1998). *Brandgasspridning via ventilationssystem.* (Rapport TABK—98/7080) Lund: Lunds Tekniska Högskola, Avdelningen för installationsteknik.

Karlsson, B. & Quintiere, J. G. (1999). *Enclosure Fire Dynamics.* Boca Raton: CRC Press LLC.

Larsson, R. (1999). *Fönsterglas under värmepåverkan - samt beskrivning och utvärdering av datorprogrammet BREAK1.* (Rapport 5033). Lund: Lunds Tekniska Högskola, Brandteknik.

Peacock R. D., Reneke P. A., Jones W.W., Bukowski R.W. & Forney G.P (2000), *A users guide for FAST. Engineering tools for estimating fire growth and smoke transport,* Gaithersburg, Maryland: National Institute of Standards and Technology.

Proulx, G. (2002). *Movement of People: The Evacuation Timing.* SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition. Quincy: National Fire Protection Association.

Quintiere J.G. (1999), Fundamentals of Enclosure Fire "Zone" Models. *Journal of Fire Protection Engineering*, 1, 99.

Stålbrand, K. (2004). Pilotprojekt som gör utrymningen trygg för alla. *Brand och Räddning*, 8, 22-25.

Särdqvist, S. (1993). *Initial Fires. RHR, Smoke Production and CO Generation from Single Items and Room Fire Tests* (Rapport 3070) Lund: Lunds Tekniska Högskola, Brandteknik.

Tewarson, A. (1995). *Generation of Heat and Chemical Compounds in Fires*. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Second Edition. Quincy: National Fire Protection Association.

Utrymningsdimensionering. (2004). Rapporten är framtagen för att förtydliga hur Boverket anser man kan uppfylla de föreskrifter och allmänna råd som finns i Boverkets byggregler (BBR) avsnitt 5:3 utrymning vid brand. Karlskrona: Boverket.

Elektroniska källor

Göteborgs Stad. *MedicHus*. <http://www.medichus.goteborg.se>. Hämtad 2004-10-01

Statens Räddningsverk (SRV). *Insatsstatistik, Brand i Byggnad*.
http://www.srv.se/templates/SRV_ExternalPage____1098.aspx. Hämtad 2004-10-04

Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP). *The Room Fire*. Videoproduktion.
http://www.sp.se/fire/Sv/Ovrigt/Video/The_room_fire_sv.htm. Hämtad 2004-11-08

Åkes lås & säkerhet. *Produkter ASSA, Panikutrymning - nödutrymning*. Bild.
www.akeslas.se/Produkter/utrymning/179.htm. Hämtad 2004-12-01

Muntliga källor

Gojkovic D. (2004), föreläsning om tvåzonsmodeller 2004-09-28, Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Bilagor

Bilaga 1 – Begreppsdefinitioner

Bilaga 2 – Indata till CFAST

Bilaga 3 – Diagram över känslighetsanalyserna

Bilaga 4 – Diagram över resultat från simuleringar i CFAST

Bilaga 5 – Indata till Simulex

Bilaga 6 – Enkät

Bilaga 7 – Beräkningar av effektkurvor för brandscenarier

Bilaga 8 – Strålningsberäkningar

Bilaga 9 – Beräkning av brandgaslagrets höjd

Bilaga 10 – Ventilationsberäkningar

Bilaga 11 – Planritningar

Bilaga 1 - Begreppsdefinitioner

Aktivt system

System som kan aktiveras vid en brand, exempelvis detektorer, brandgasspjäll, släcksystem, brandlarm och utrymningslarm.

Analytisk dimensionering

Dimensionering där beräkningar utförs för att verifiera säkerheten. Godkänd dimensionering innebär att utrymning skall vara avslutad innan kritiska förhållanden har uppstått.

Brandcell

En avgränsad del av en byggnad där en brand har möjlighet att utvecklas under en viss begränsad tid utan att sprida sig till angränsande delar.

Brandscenario

Sättet en brand utvecklar sig på avseende spridning av brand och brandgaser i eller mellan byggnader.

Brandsluss

En förbindelse mellan två utrymmen där kraven på förhindrande av brandspridning är extra höga. Brandslussen skall avskiljas från de två utrymmena i lägst EI 60 vara försedd med dörrar i brandklass EI 60-C. Endast en dörr ska behöva vara öppen i taget.

Brandtekniska klasser

Byggnadsdelar indelas i olika klasser beroende av funktionskrav och kan betecknas med R (bärförmåga), E (täthet), I (isolering). Bokstäverna åtföljs av en tidsangivelse i minuter som avgör hur länge funktionskravet måste vara uppfyllt vid en brand. Vid krav på dörrstängare tillkommer bokstaven C. Exempel: EI 30-C (dörr med dörrstängare och som ska uppfylla kraven för täthet och isolering under minst 30 minuter).

FAST/CAFAST

Ett datorprogram som används vid simulering av rumsbrand enligt tvåzonsmodellen.

Dimensionerande brand

Ett brandförlopp som används vid dimensionering av utrymningssäkerhet. Brandförloppet styrs bland annat av bränsletyp, bränslemängd och tillgång till syre.

Insatstid

Den tid som förflyter från det att räddningstjänsten får ett larm till det att räddningsinsatsen påbörjas.

Känslighetsanalys

Genom att variera indata och ingångsvärden analysera hur resultaten påverkas.

Passivt system

Ett brandskydd som är inbyggt i byggnaden, exempelvis brandcellsgränser. Detta behöver till skillnad från ett aktivt system inte sättas igång vid brand utan finns på plats hela tiden. Valet av byggnadsmaterial avgör det passiva systemets egenskaper.

Samlingslokal

En lokal som är avsedd för fler än 150 personer som kan förväntas ha mindre god lokalkännedom.

Simulex

Ett datorprogram för simulering av utrymning.

Tillväxtfaktor, α -värde

En faktor som avgör hur snabbt en brand tillväxer. Faktorn antar olika värden beroende på om tillväxten bedöms som långsam, mellan, snabb eller mycket snabb.

Tvåzonsmodell

Brandrummet delas in i två zoner, en övre varm zon som är fylld med brandgaser och en undre kall zon utan brandgaser.

Utrymningsväg

Dörr direkt ut till det fria alternativt korridor eller trappa som leder till en dörr ut till det fria.

Ventilationskontrollerad brand

En brand som styrs av tillgången till syre.

Övertändning

Övergången från det tidiga brandförloppet till en fullt utvecklad brand när allt brännbart material brinner, temperaturen i brandgaslagret är 500-600° C och den infallande strålningen är 20 kW/m².

Bilaga 2 – Indata till CFAST

Nedan följer en redogörelse av de antaganden som gjorts avseende indatan.

Simulerad tid

Simuleringstiden för samtliga simuleringar är beräknad utifrån utseendet på effektkurvan med hänsyn tagen till utrymningstiden, vilken är framtagen med hjälp av Simulex (se kapitel 8).

Material

Det har varit svårt att få fram uppgifter på materialet i väggar, tak och golv. Därför fick betong utgöra material i väggar, tak och golv. Detta användes konsekvent som indata i alla simuleringar.

Springor

Springorna för dörrarna antogs vara 5 mm. För hotellrummet gjordes även en känslighetsanalys med en springa på 2 mm.

Fönster

Fönster i brandrummet kan spricka på grund av temperaturskillnader i glaset eftersom glas i fönsterrutor spricker när temperaturskillnaden kommer upp i ca 100° C. Fönsterrutan värms dock upp ojämnt eftersom kanterna värms upp långsammare då bågen isolerar glaset. I brandrummet kommer även karmen att värmas upp och således kommer inte fönstret spricka då brandgastemperaturen är 100° C.

Det är svårt att säga vilken temperatur de omgivande brandgaserna måste komma upp i för att fönstret ska gå sönder. För att få mer exakta värden på när glaset kommer att spricka krävs detaljerade uppgifter om glaset. Det finns olika situationer för hur glaset går sönder. Glaset kan spricka utan att falla ur sin ram, spricka och delvis falla ur ramen så en mindre öppning bildas eller falla ur ramen helt. Vid flerglasfönster blir situationen mer komplicerad eftersom det innersta glaset måste gå sönder innan de yttre glasen nämnvärt kan påverkas. (Larsson, R 1999)

Större delen av Dalheimers Hus består av treglasfönster. Därför har det antagits att några öppningar inte kommer att uppstå utan att glastrutorna endast kommer att spricka.

Scenario 1 – Brand på hotellrum plan 7

Geometri på hotellrummet:

Golvarea: 22,1 m²

Takhöjd: 2,4 m

Dörr: 0,9 × 2,02 m

En bild över hotellplanet ges i figur 1, kapitel 6.2.

Simulerad tid

Simuleringstiden sattes till 17 minuter.

Scenario 2 – Brand vid Dalheimersalen

Geometri på förrådet:

Golvarea: 34,0 m²

Takhöjd: 2,4 m

Dörr 1: 0,85 × 2,02 m

Dörr 2: 1,92 × 2,02 m

En bild över planets utformning ges i figur 2, kapitel 6.3.

Simulerad tid

Denna brand kommer att pågå under en lång period. Simuleringstiden kortades ned och sattes till 15 minuter baserat på utrymningstiden.

Geometri på foajén:

Golvarea: 79,3 m²

Takhöjd: 2,4 m

Dörr 3: 1,92 × 2,02 m (mellan foajé och Dalheimersalen.)

Dörr 4: 1,92 × 2,02 m (mellan foajé och restaurang)

Dörr 5: 1,92 × 2,02 m (mellan foajé och restaurang)

Scenario 3 – Brand i snickeri i aktivitetscentret

Geometri på Snickeriet:

Golvarea: 27,1 m²

Takhöjd: 2,4 m

Dörr: 0,85 × 2,02 m

En bild över lokalens utformning ges i figur 3, kapitel 6.4.

Simulerad tid

Liksom i hotellrumsscenario sattes simuleringstiden till 17 minuter.

Bilaga 3 – Diagram över känslighetsanalyserna

Scenario 2 – Brand vid Dalheimersalen

För att kolla utrymningsmöjligheterna på plan 3 och Dalheimersalen har en känslighetsanalys gjorts i form av att en brand startat i ett annat utrymme intill salen. I detta fall startar branden i en soffa i foajén.

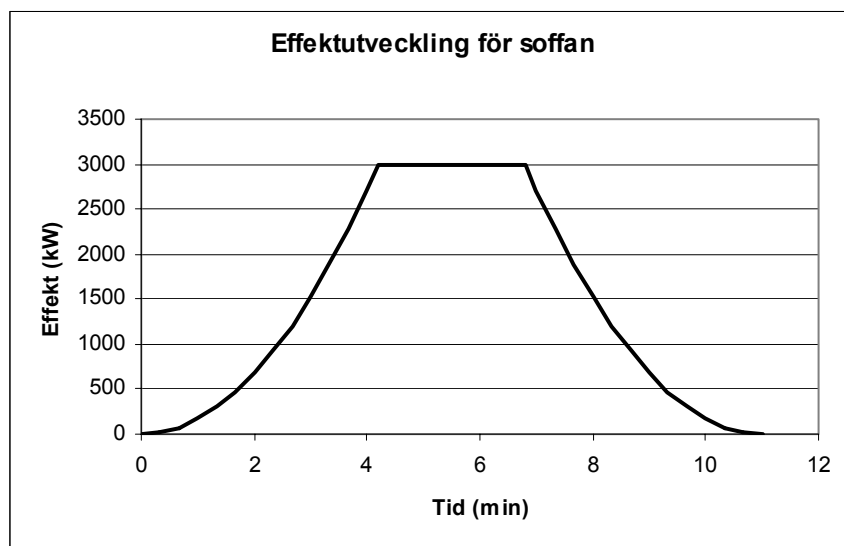


Diagram 11. Dimensionerande effektutvecklingskurva för soffa i foajén

Scenario 3 – Brand i snickeri i aktivitetscentret

För att kontrollera utrymningsmöjligheterna på plan 5 har en känslighetsanalys gjorts i form av att den maximala effektutveckling och tillväxthastigheten ändrats.

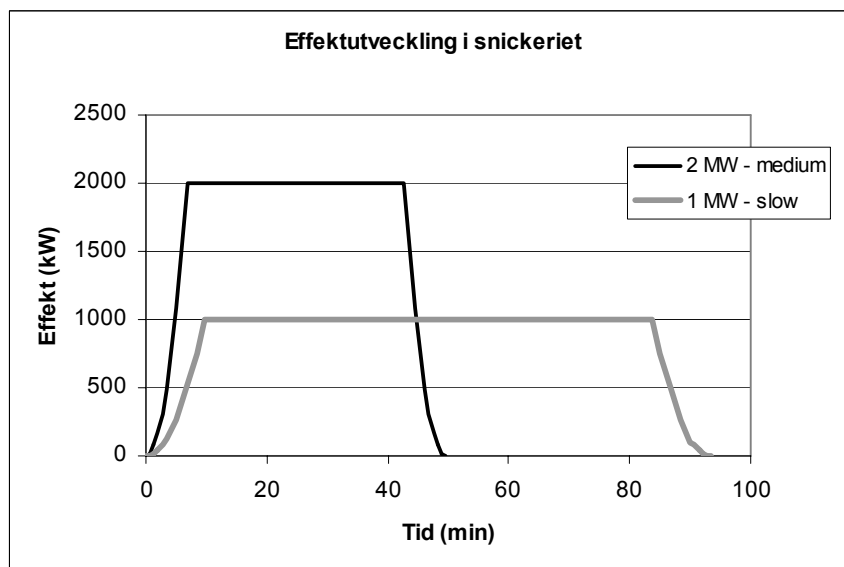


Diagram 12. Dimensionerande effektutvecklingskurvor för snickeriet.

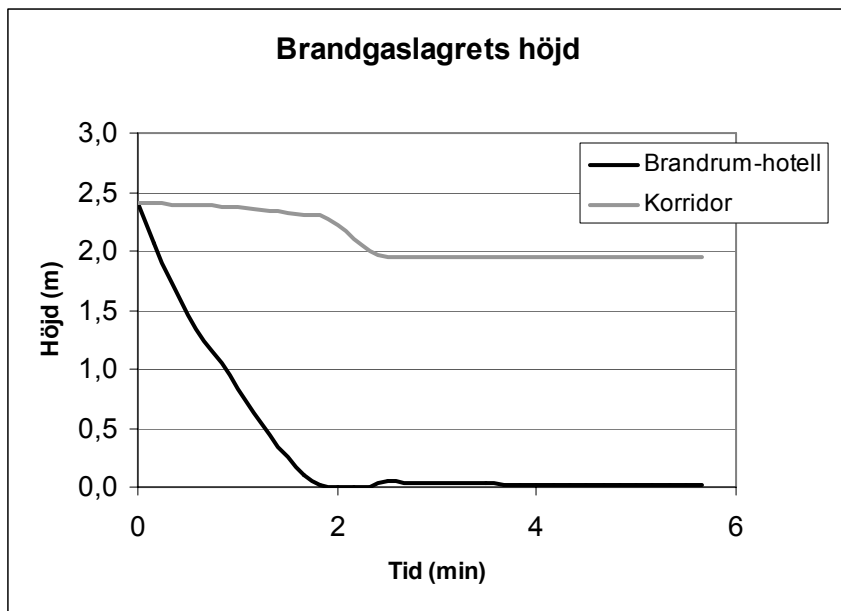
Bilaga 4 – Diagram över resultat från simuleringar i CFAST**Scenario 1–Brand i hotellrum, dörr stängd (5 mm springa)**

Diagram 13. Brandgaslagrets höjd över golvet

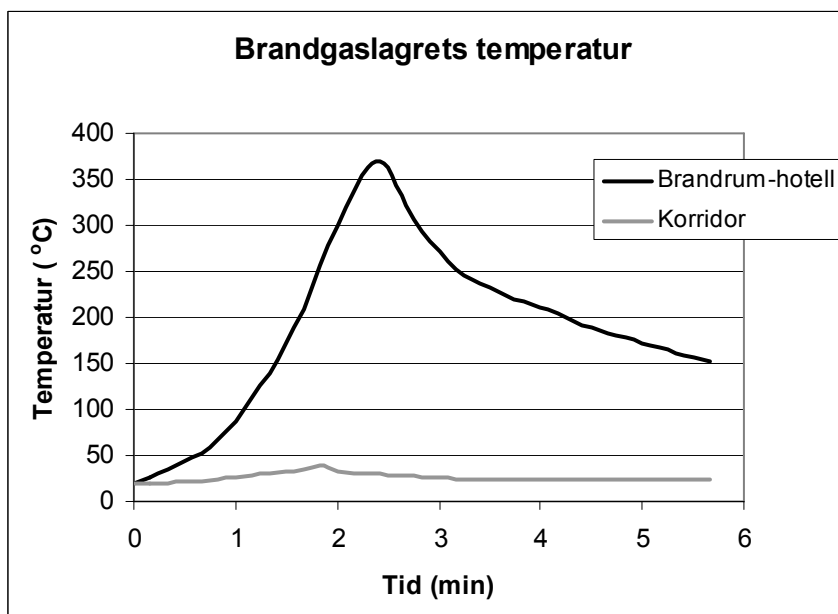


Diagram 14. Brandgaslagrets temperatur

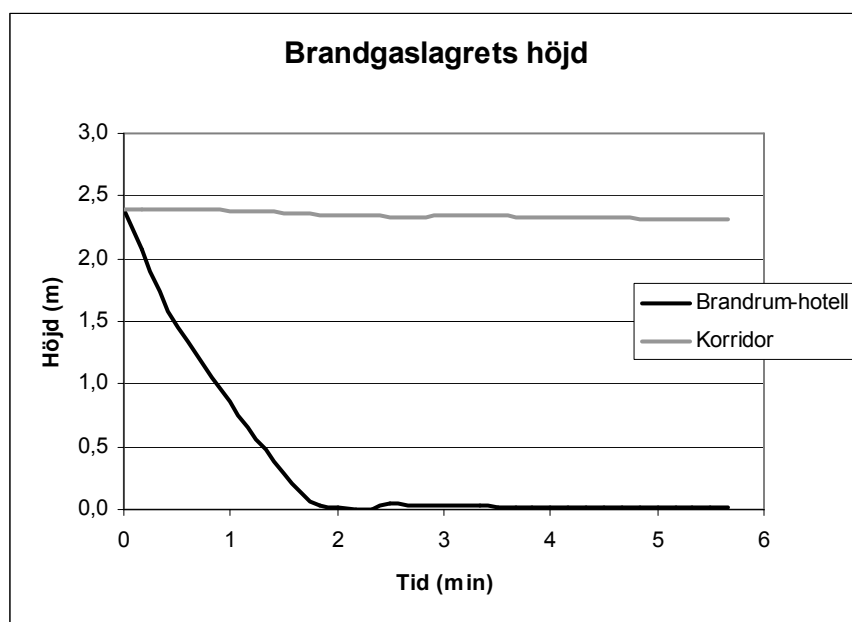
Scenario 1–Brand i hotellrum, dörr stängd (2 mm springa)

Diagram 15. Brandgaslagrets höjd över golvet

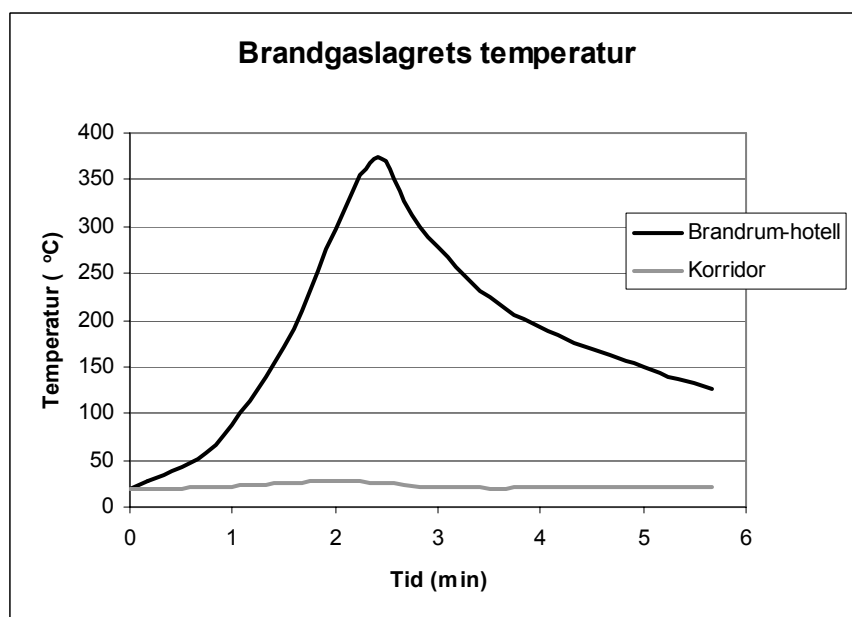


Diagram 16. Brandgaslagrets temperatur

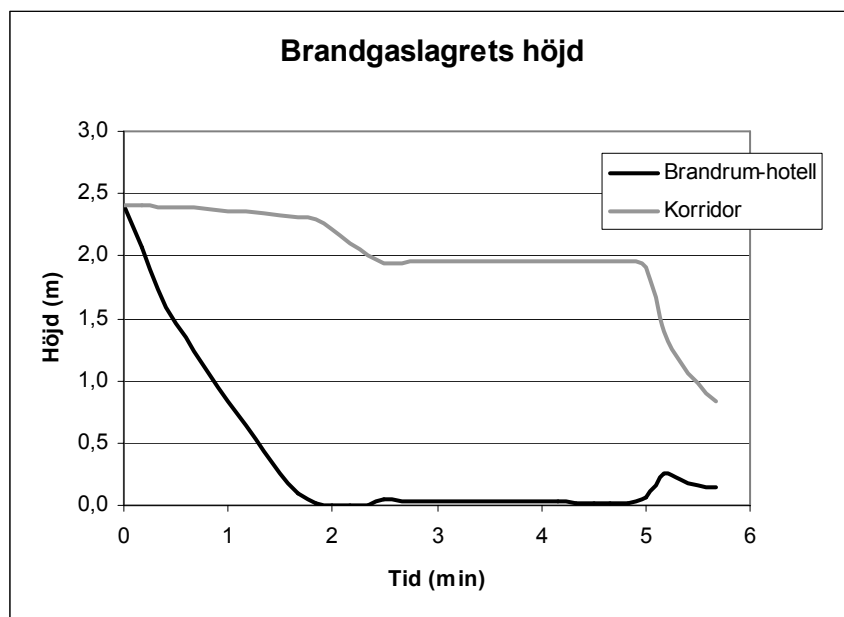
Scenario 1– Brand i hotellrum, dörr öppen

Diagram 17. Brandgaslagrets höjd över golvet

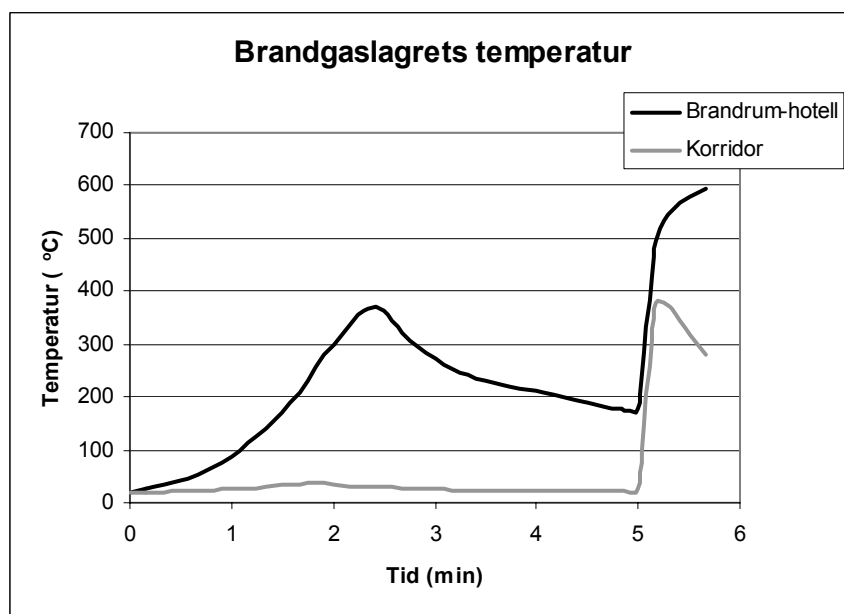


Diagram 18. Brandgaslagrets temperatur

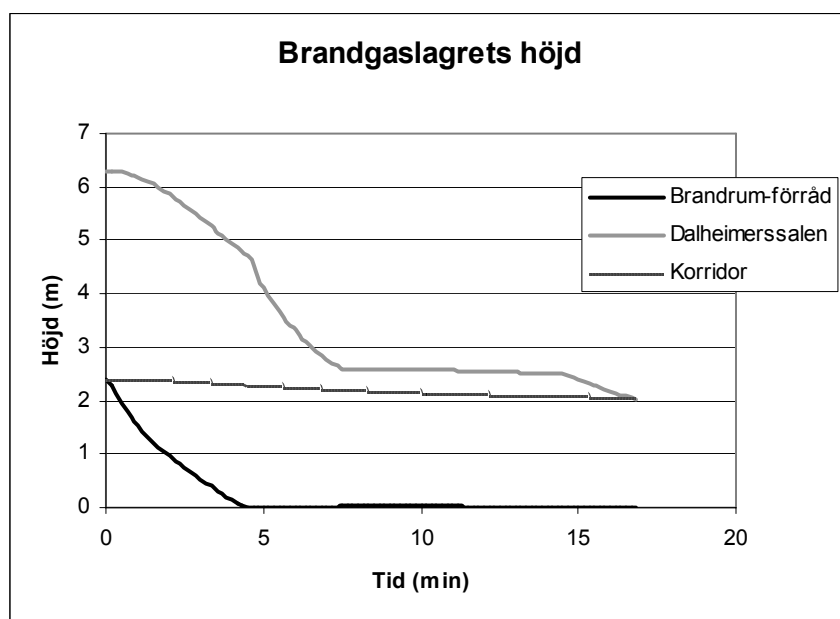
Scenario 2 – Dalheimersalen, brand i förråd, dörr stängd

Diagram 19. Brandgaslagrets höjd över golvet

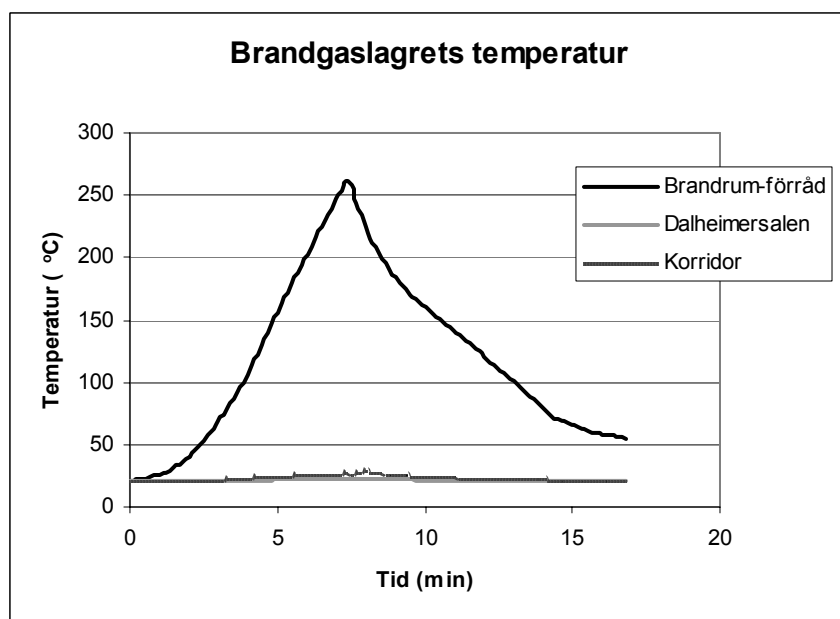


Diagram 20. Brandgaslagrets temperatur

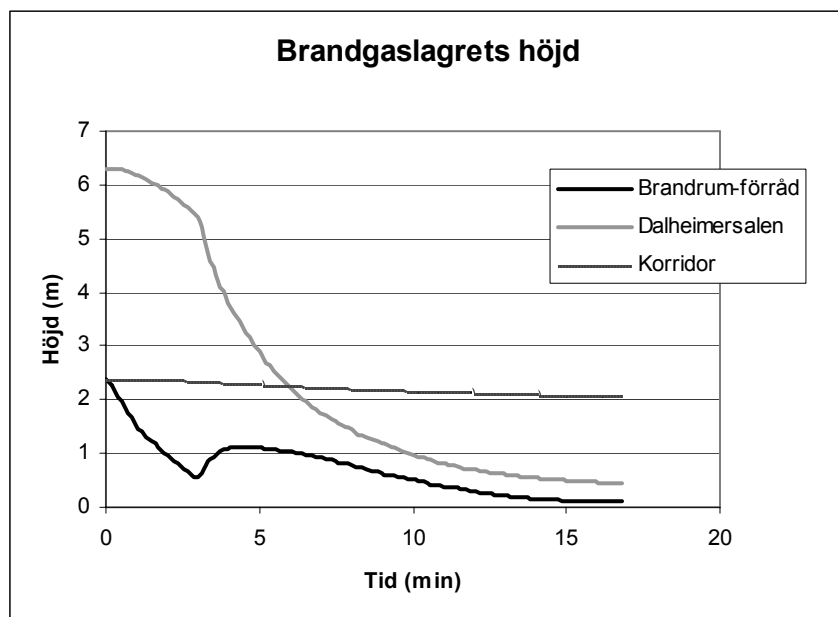
Scenario 2 – Dalheimersalen, brand i förråd, dörr öppen

Diagram 21. Brandgaslagrets höjd över golvet

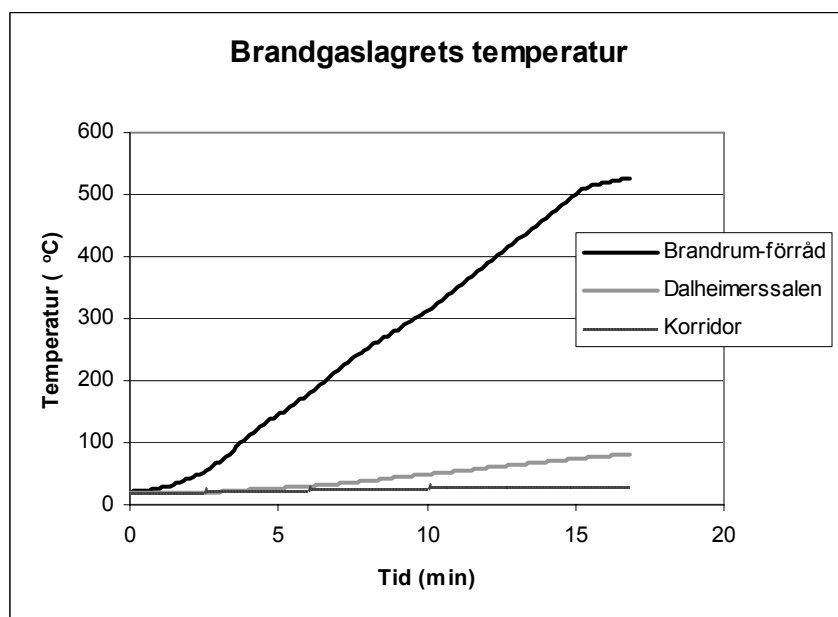


Diagram 22. Brandgaslagrets temperatur

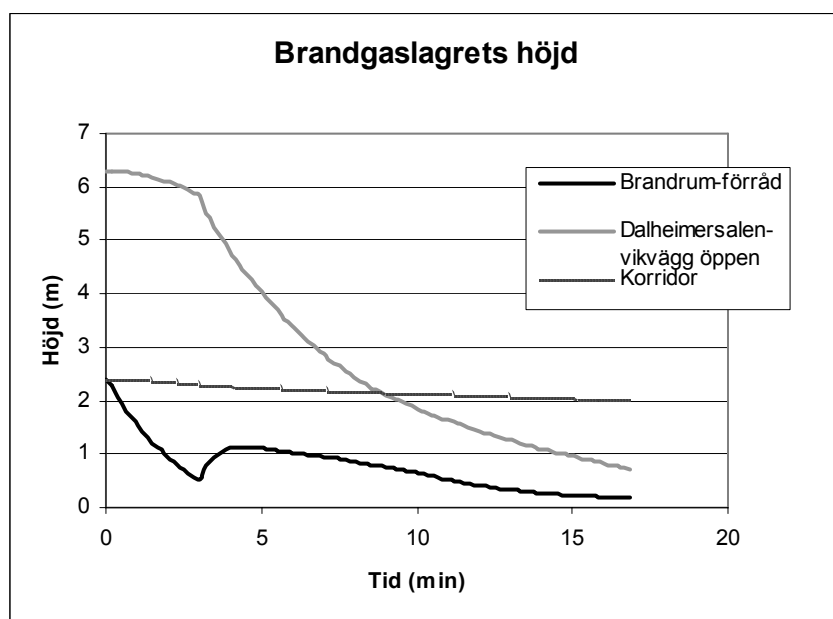
Scenario 2 – Dalheimersalen, brand i förråd, dörr öppen, vikvägg öppen

Diagram 23. Brandgaslagrets höjd över golvet

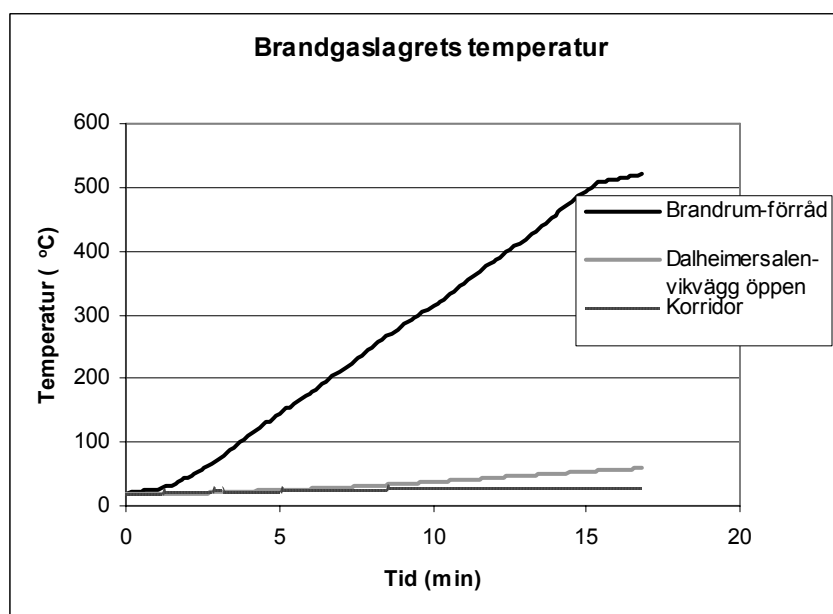


Diagram 24. Brandgaslagrets temperatur

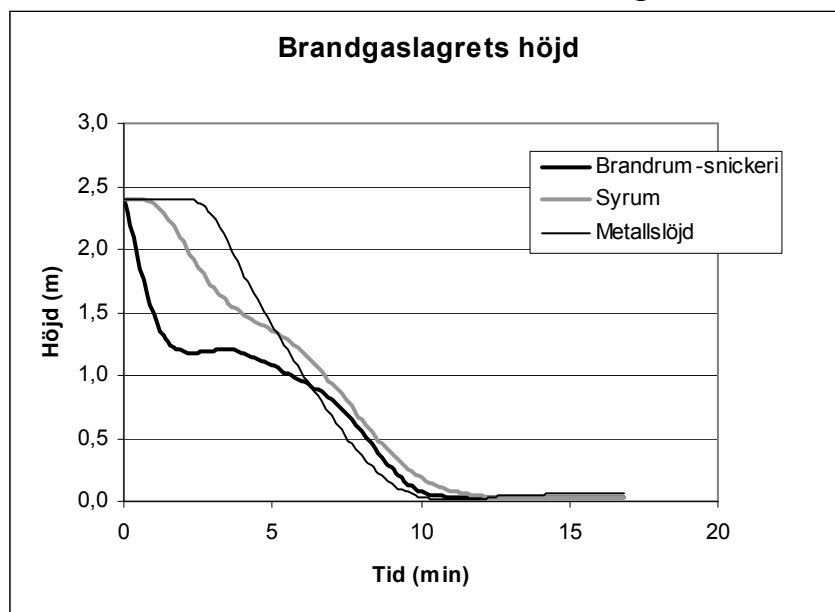
Scenario 3 – Brand i snickeriet, 1 MW, långsam

Diagram 25. Brandgaslagrets höjd över golvet

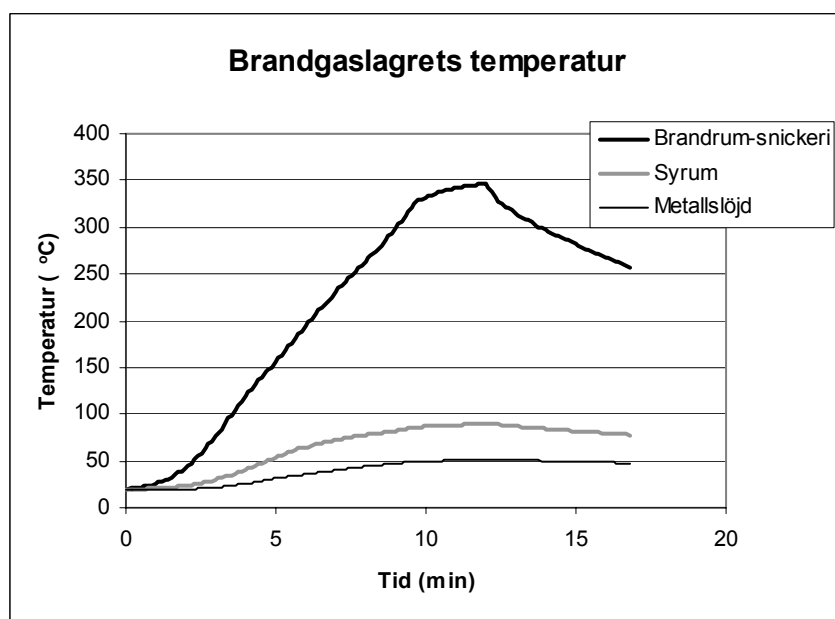


Diagram 26. Brandgaslagrets temperatur

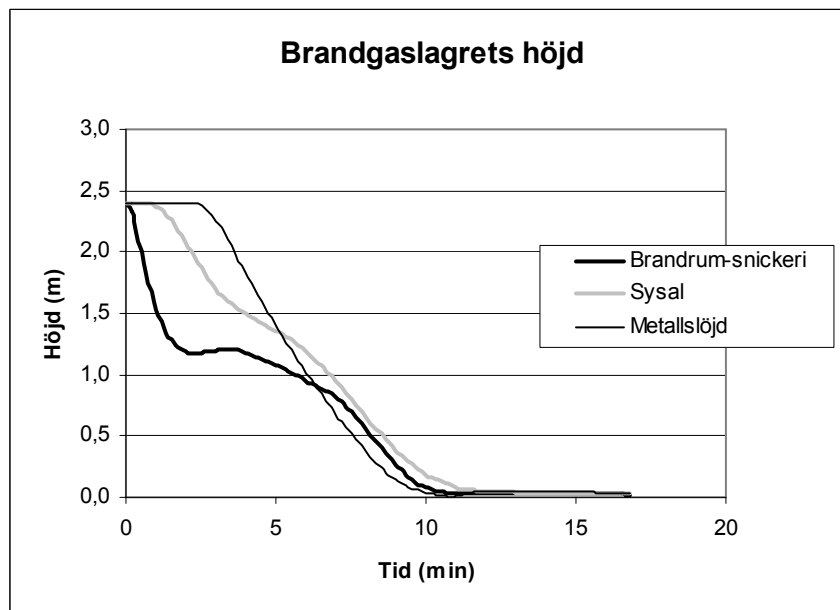
Scenario 3 – Brand i snickeriet, 2 MW, långsam

Diagram 27. Brandgaslagrets höjd över golvet

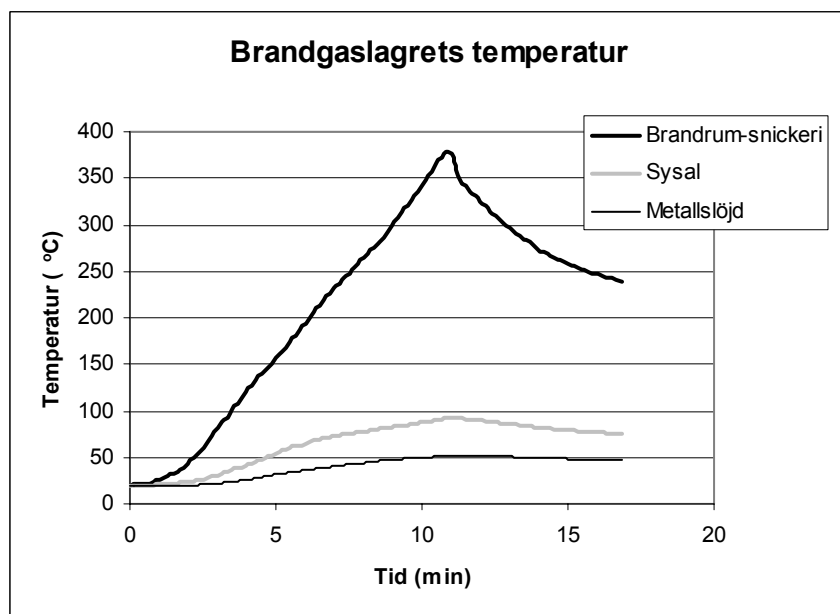


Diagram 28. Brandgaslagrets temperatur

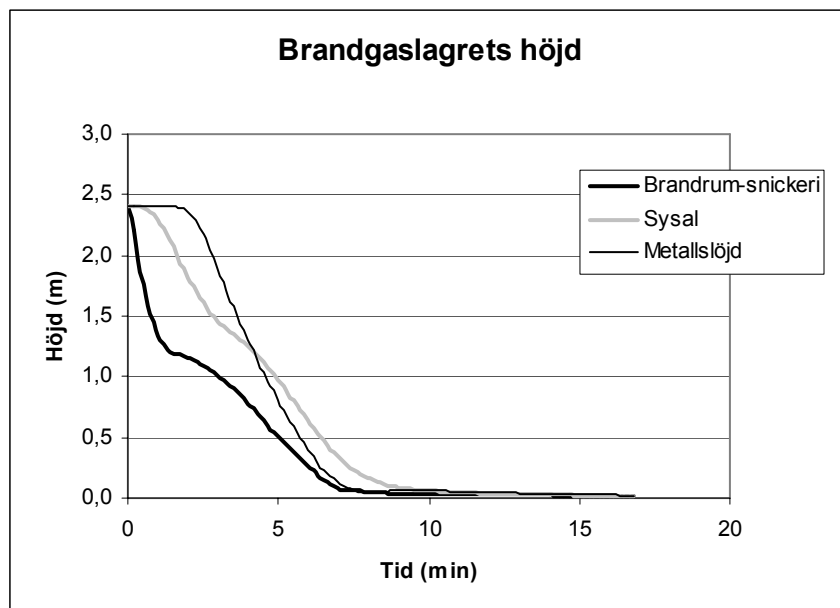
Scenario 3 – Brand i snickeriet, 2 MW, medium

Diagram 29. Brandgaslagrets höjd

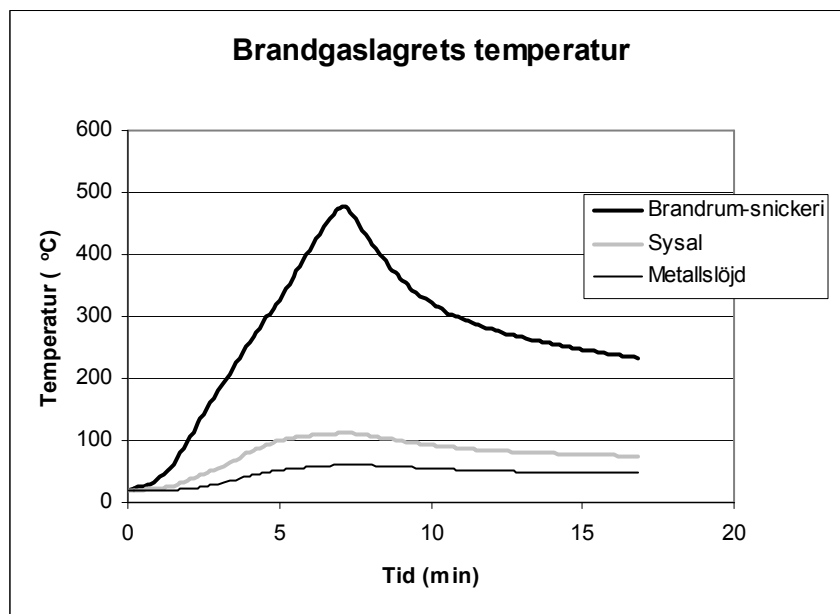


Diagram 30. Brandgaslagrets temperatur

Bilaga 5 – Indata till Simulex

Scenario 1 – Brand på hotellrum plan 7

Gånghastigheter

I Simulexsimuleringarna uppskattas att den arbetande personalen först hjälper den ena gravt handikappade och sen den andra. Gånghastigheten för gravt handikappade tillsammans med hjälpare har valts till 1,4 m/s. För de resterande fyra personerna har "all disabled" valts vilket innebär att deras gånghastighet är slumpmässigt vald i intervallet 0,43 m/s till 1,17 m/s. Intervallet är ganska stort och i och med att hastigheterna slumpmässigt delas ut till ett fåtal personer blir resultaten osäkra.

Hastigheten som Simulex använder sig av för "all disabled" stämmer ganska bra överens med resultaten från Brand och Sörqvist (2000). Enligt dem ligger hastigheten på horisontella raksträckor inom intervallet 0,6-1,4 m/s för "gående rörelsehindrade" och mellan 0,3-2,4 m/s för "rörelsehindrad manuell rullstol".

Scenario 2 – Brand vid Dalheimersalen

Gånghastigheter

Gånghastigheter har uppskattats till att 60 % av personerna är "all disabled" och får värden mellan 0,43 m/s till 1,17 m/s som tidigare och att 40 % har gånghastigheten 1,4 m/s.

Scenario 3 – Brand i snickeri i aktivitetscentret

Gånghastigheter

Vid 50-personerssimuleringen antogs att 10 stycken har gånghastigheten 1,4 m/s och att resterande 40 valdes till "all disabled". Fördelningen för simuleringen med 80 personer var att 20 stycken hade gånghastigheten 1,4 m/s och att 60 stycken valdes att vara av kategorin "all disabled".

Personfördelning

Figur 6. Brand i snickeri, 80 personer

Val av utgångar:

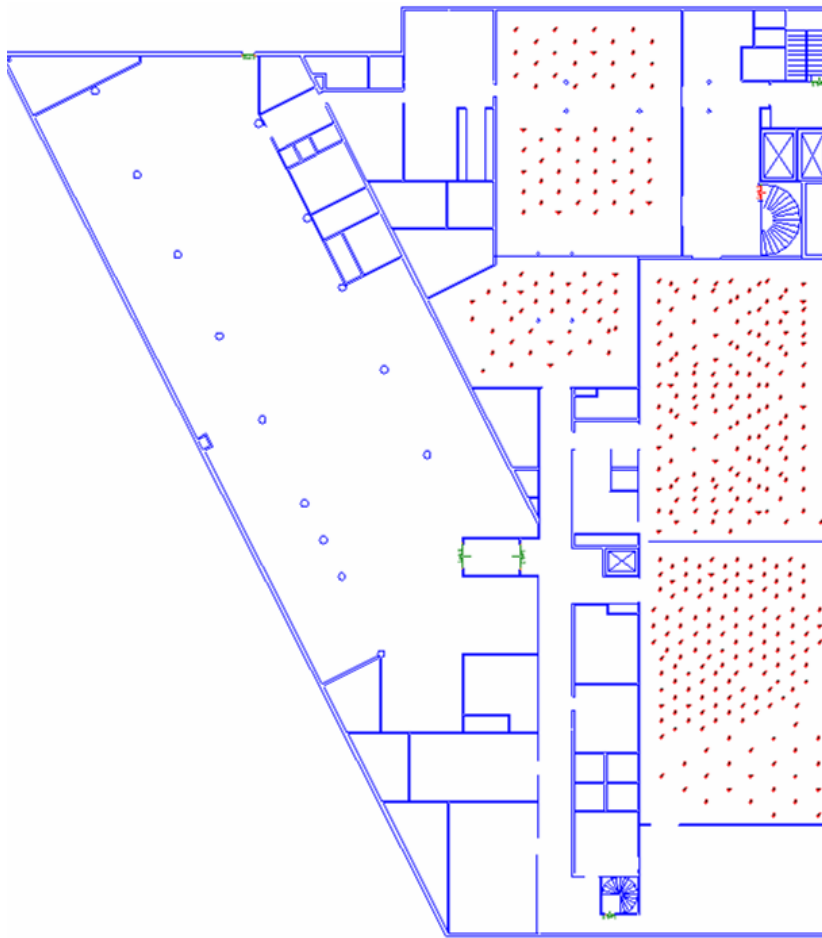
- 13 st huvudutgång, gånghastighet "all disabled"
- 8 st huvudutgång, gånghastighet 1,4 m/s
- 47 st närmsta utgång, gånghastighet "all disabled"
- 12 st närmsta utgång, gånghastighet 1,4 m/s



Figur 7. Brand i snickeri, 50 personer

Val av utgångar:

- 9 st huvudutgång, gånghastighet "all disabled"
- 3 st huvudutgång, gånghastighet 1,4 m/s
- 31 st närmsta utgång, gånghastighet "all disabled"
- 7 st närmsta utgång, gånghastighet 1,4 m/s



Figur 8. Brand i soffå, huvudutgång avstängd, 400 personer

Val av utgångar:

Från Dalheimersalen:

90 st via brandslussen till garage, gånghastighet "all disabled"

60 st via brandslussen till garage, gånghastighet 1,4 m/s

Från gymnastiksalen:

36 st spiraltrappan, gånghastighet "all disabled"

24 st spiraltrappan, gånghastighet 1,4 m/s

54 st via brandslussen till garage, gånghastighet "all disabled"

36 st via brandslussen till garage, gånghastighet 1,4 m/s

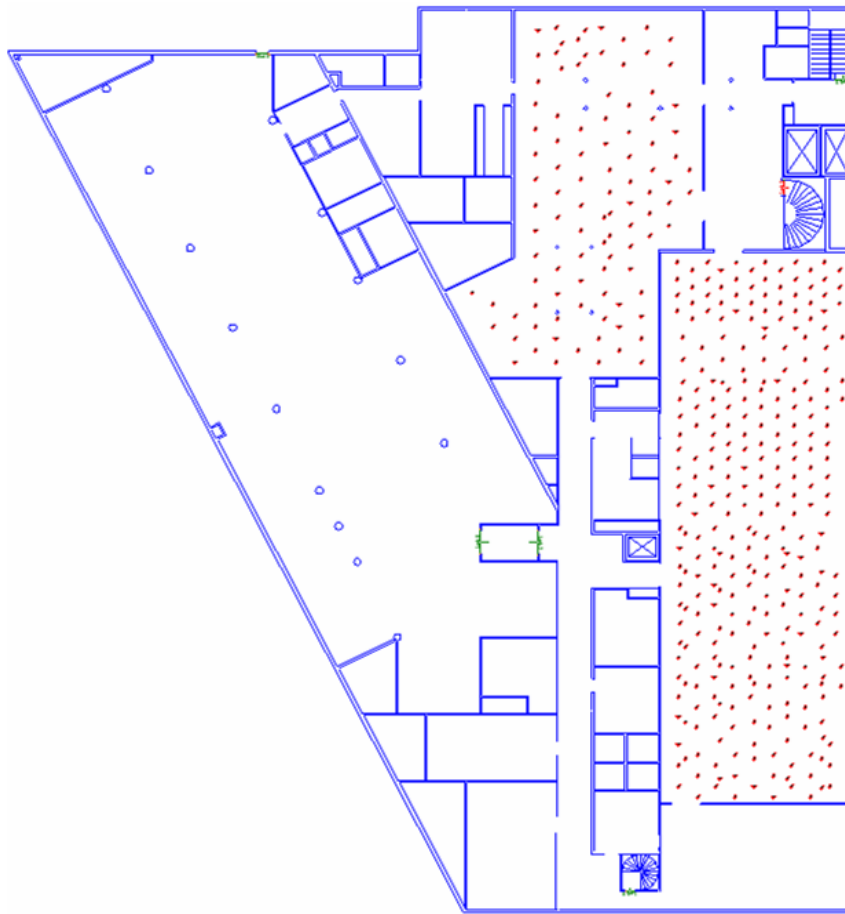
Från restaurang:

24 st via brandslussen till garage, gånghastighet "all disabled"

16 st via brandslussen till garage, gånghastighet 1,4 m/s

36 st via kök till garage, gånghastighet "all disabled"

24 st via kök till garage, gånghastighet 1,4 m/s



Figur 9. Brand i förråd, 400 personer

Val av utgångar:

Från Dalheimersalen:

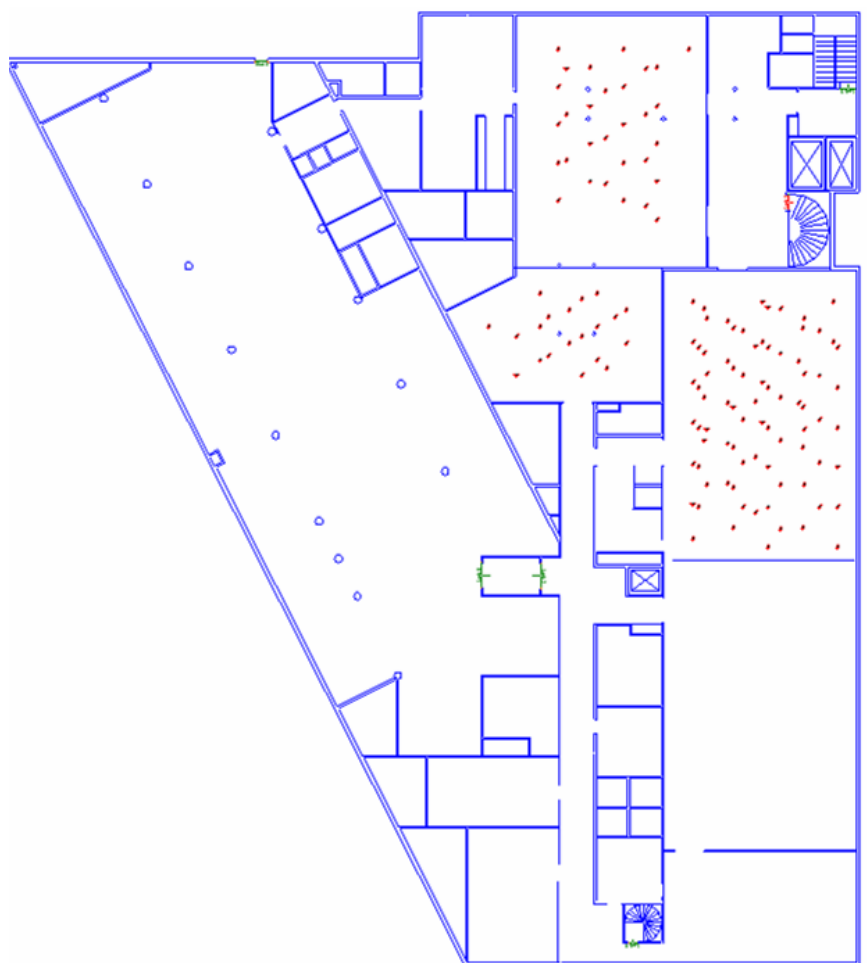
- 50 st huvudutgång, gånghastighet "all disabled"
- 20 st huvudutgång, gånghastighet 1,4 m/s
- 40 st stora spiraltrappan, gånghastighet "all disabled"
- 40 st stora spiraltrappan, gånghastighet 1,4 m/s

Från gymnastiksalen:

- 36 st spiraltrappan, gånghastighet "all disabled"
- 24 st spiraltrappan, gånghastighet 1,4 m/s
- 54 st via brandslussen till garage, gånghastighet "all disabled"
- 36 st via brandslussen till garage, gånghastighet 1,4 m/s

Från restaurang:

- 12 st huvudutgång, gånghastighet "all disabled"
- 8 st huvudutgång, gånghastighet 1,4 m/s
- 18 st stora spiraltrappan, gånghastighet "all disabled"
- 12 st stora spiraltrappan, gånghastighet 1,4 m/s
- 30 st via garage, gånghastighet "all disabled"
- 20 st via garage, gånghastighet 1,4 m/s



Figur 10. Brand i soffå, huvudutgång avstängd, 130 personer

Val av utgångar:

Från Dalheimersalen:

19 st spiraltrappan, gånghastighet "all disabled"

14 st spiraltrappan, gånghastighet 1,4 m/s

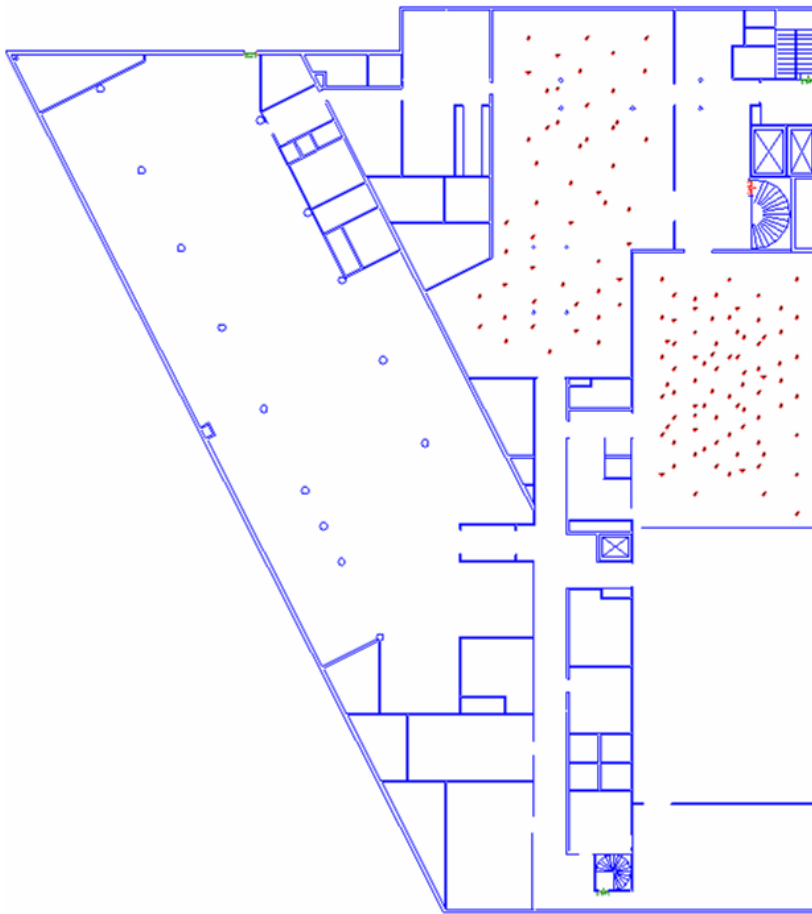
29 st via brandslussen till garage, gånghastighet "all disabled"

18 st via brandslussen till garage, gånghastighet 1,4 m/s

Från restaurang:

30 st via garage, gånghastighet "all disabled"

20 st via garage, gånghastighet 1,4 m/s



Figur 11. Brand förråd, 130 personer

Val av utgångar:

Från Dalheimersalen:

- 25 st huvudutgång, gånghastighet "all disabled"
- 10 st huvudutgång, gånghastighet 1,4 m/s
- 23 st stora spiraltrappan, gånghastighet "all disabled"
- 22 st stora spiraltrappan, gånghastighet 1,4 m/s

Från restaurang:

- 6 st huvudutgång, gånghastighet "all disabled"
- 4 st huvudutgång, gånghastighet 1,4 m/s
- 9 st stora spiraltrappan, gånghastighet "all disabled"
- 6 st stora spiraltrappan, gånghastighet 1,4 m/s
- 15 st via garage, gånghastighet "all disabled"
- 10 st via garage, gånghastighet 1,4 m/s

Bilaga 6 – Enkät**Enkät till personal på Dalheimers hus**

Följande enkät ska ingå i ett projektarbete, som görs av studenter vid institutionen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Syftet är inte att identifiera enskilda individer utan undersökningen är helt anonym.

1. Vad har du för befattning/arbetsuppgifter? _____

2. Hur länge har du arbetat på Dalheimers hus? _____

3. Har du fått någon utbildning inom brandskydd? Ja ☐ Nej ☐

Om ja:

När fick du den? _____

Vad fick du lära dig? _____

Om nej:

Skulle du vilja ha en utbildning inom detta område? Ja ☐ Nej ☐

4. Har du deltagit i någon utrymningsövning på Dalheimers hus? Ja ☐ Nej ☐

Om ja, hur ofta? _____

5. Vet du var utrymningsvägarna finns? Ja ☐ Nej ☐

6. Har du någon speciell uppgift vid utrymning? Ja ☐ Nej ☐

Om ja:

Vad ska du göra? _____

Om nej:

Hur skulle du ha agerat vid en utrymningssituation? _____

7. Har du varit med om något brandtillbud? Ja ☐ Nej ☐

Om ja:

När inträffade det? _____

Vad var det som hände? _____

Vad gjorde du? _____

8. Egna synpunkter _____

Enkät lämnas till Lennart Örstadius/vaktmästeriet senast den 17/9 kl 16.00.

Tack för din medverkan!

Bilaga 7 – Beräkningar av effektkurvor för brandscenarier

Scenario 1 – Brand på hotellrum plan 7

En uppskattning av hur mycket brännbart material som finns i rummet och hur tillväxten kan se ut för dessa material har gjorts.

Säng

Madrass nr 19 från tabell Y6/19-21 i Särdaqvist (1993) ger en maxeffekt på 1,2 MW efter 6 minuter. Madrassen är flamskyddad.

Vikt: 15 kg

ΔH_c : 25 MJ/kg ett medelvärde från tabell 3-4.11 (Tewarson, A. 1995 s. 3-78)

Träram

Vikt: 20 kg (uppskattat värde)

ΔH_c : 17,9 MJ/kg från tabell 3-4.11 (Tewarson, A. 1995 s. 3-78)

Fåtölj

Fåtölj nr 17 från tabell Y5.3/10-14 i Särdaqvist (1993) ger en maxeffektutveckling på 500 kW efter 4 minuter.

ΔH_{eff} : 22,7 MJ/kg

Vikt: 23 kg

TV

TV nr 21 från tabell Y1/20-21 i Särdaqvist (1993) ger en maxeffektutveckling på 300 kW efter 11 minuter.

ΔH_{eff} : 15 MJ/kg

Vikt: 39,8 kg

Garderob (med kläder)

En garderob enligt tabell 3-1.6 (Babrauskas, V. 1995 s. 3-9), utvecklar totalt 1068 MJ.

Vikt: 68,3 kg

ΔH_{eff} : 14,9 MJ/kg

Skrivbord+stol

Vikt: 40 kg (uppskattad vikt)

ΔH_c : 17,9 MJ/kg från tabell 3-4.11 (Tewarson, A. 1995 s. 3-78)

Scenario 2 – Dalheimersalen

Soffbrand

Från tabell Y5.4/21-23 i Särdaqvist (1993) har en 3-sits soffa valts med en maximal effektutveckling på 3 MW efter 3 minuter.

ΔH_{eff} : 18,9 MJ/kg

Vikt: 51,5 kg

Värdena från testet visar att soffan har en snabb tillväxt.

Förrådsbrand

För branden i förrådet gjordes en uppskattning av hur mycket brännbart material som kan finnas där.

Lastpallar

Från tabell Z1/20 i Särdaqvist (1993) fås en maximal effektutveckling på 3,5 MW efter 6 minuter för en lastpallar av trä (1,22 x 1,22 x 0,14 m) med en höjd på 1,22 m.

Bord + Bokhylla

Vikt: Ett bord 10 kg, totalt 350 kg

Bokhylla 20 kg

m_{totalt} : 370 kg (uppskattad vikt)

ΔH_c : 17,9 MJ/kg från tabell 3-4.11 (Tewarson, A. 1995 s. 3-78)

Stolar

Från tabell Y5.0/15-18 i Särdaqvist (1993) ur Initial fire når en stapeln med stolar en maximeffekt på 500 kW efter 3 min.

Vikt: 2,5 kg * 8 st i en stapel = 20 kg

ΔH_{eff} : 12 MJ/kg

Scenario 3 – Snickeri

För branden i snickeriet gjordes en uppskattning av hur mycket brännbart material som kan finnas där.

Garderob

Vikt: 65 kg

Två små träskåp och en hurts

Vikt: 70 kg

Stolar

Vikt: 5kg * 3st = 15 kg

Bokhylla

vikt: 20 kg

Bord+ snickarbänkar

Vikt: 100 kg

m_{totalt} : 270 kg (uppskattad vikt)

ΔH_c : 17,9 MJ/kg från tabell 3-4.11 (Tewarson, A. 1995 s. 3-78)

Bilaga 8 – Strålningsberäkningar

För att utreda om sängen kommer att antända skrivbord, garderober och dylikt som är 1,7 meter ifrån sängens ände har strålningsberäkningar utförts.

Flammornas höjd

För att ta reda på flammornas höjd används formel från Karlsson och Quintiere (1999).

$$L = 0,235\dot{Q}^{2/5} - 1,02D = 2,297\text{m}$$

$$\dot{Q} = \text{Effektutvecklingen} = 1200\text{kW}$$

$$D = \text{Diameter (meter)}$$

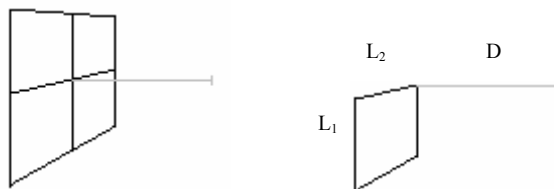
Diametern fås genom att uppskatta sängens yta till en cirkel. Sängen är 2,10 m lång och 1,05 m bred vilket innebär att arean är $2,205\text{m}^2$.

$$\frac{\pi \cdot D^2}{4} = 2,205 \text{ ger } D = 1,676\text{m}$$

En flamma på 2,3 meter kommer att nå taket på hotellrummet och vika av. Med hjälp av verkliga försök utförda i videofilmen "The Room Fire" producerad av SP (Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut) har 1,2 meters höga flammor uppskattats vara mer rimligt.

Synfaktor

Flamman uppskattas till en rektangel och delas upp i fyra lika stora rektanglar. Där den lilla rektangeln har sidorna L_1 , L_2 och avståndet till det som flamman kan tänkas antända är D . Formel och tabell (2.7) finns i Drysdale (1998).



Figur 12. Bestämning av synfaktor

$$S = \frac{L_1}{L_2} = \frac{0,525}{0,6} = 0,875$$

$$\frac{0,875 - 0,8}{0,9 - 0,8} = \frac{A - 0,05}{0,051 - 0,05} \text{ ger } A = 0,0508$$

$$\alpha = \frac{L_1 \cdot L_2}{D^2} = \frac{0,525 \cdot 0,6}{1,7^2} = 0,109$$

$$\frac{0,109 - 0,1}{0,2 - 0,1} = \frac{\phi - 0,028}{0,0508 - 0,028} \text{ ger } \phi = 0,0301$$

$$\phi_{tot} = 4 \cdot \phi = 0,1204$$

Strålning

När nu synfaktorn är framtagen kan strålningen beräknas.

$$q_{rad} = \phi \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 = 14,2 \text{ kW/m}^2 \approx 14 \text{ kW/m}^2$$

$$\phi = 0,1204$$

$$\varepsilon = 1$$

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

$$T = 1200 \text{ K}$$

Värdet 14 kW/m^2 anses tillräckligt för att antända resterande material i hotellrummet. Detta eftersom trä vid långvarig strålning samt närvaro av gnista antänds vid ca 13 kW/m^2 (Bengtson, S. et al. 2002). Att emissiviteten (ε) antas vara 1 är vad som gäller för en svart kropp. Om emissiviteten skulle vara mindre vilket är troligt minskar strålningen. Men i dessa beräkningar tas inte återstrålningen från brandgaslagret med. Skulle detta göras kommer strålningen att vara i trakterna runt 14 kW/m^2 .

Bilaga 9 – Beräkning av brandgaslagrets höjd

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

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

$$\rho_g = \rho_a \left(1 - \frac{\alpha \cdot t^{(n+1)}}{(n+1)(H-Z) \cdot S \cdot c_p \cdot 353} \right)$$

ρ_a = luftens densitet (1,2 kg/m³)

ρ_g = brandgasernas densitet (kg/m³)

g =gravitationskonstanten (9,81m/s²)

T_a =rumstemperaturen (293 K)

c_p =specifik värme vid konstant tryck (1,0 kJ/kgK)

k =konstant

H =rumshöjden (2,4 m)

n =exponenten i effektkurvan (2)

z = brandgaslagrets höjd (m)

α = tillväxthastighet, snabb (0,047)

S =golvarean (22,1 m)

Itereringar har utförts där man gissar ett värde på densiteten i brandgaslagret och sedan beräknar värdet på densiteten. Det gissade värdet ska vara lika stort som det beräknade. Beräkningarna utfördes i excel. Samtliga formler är hämtade från Karlsson och Quintiere (1999).

t (s)	k	z	ρ
0,0	0,1	2,4	1,2
10,0	0,1	2,3	1,2
20,0	0,1	2,0	1,1
30,0	0,1	1,7	1,1
40,0	0,1	1,4	1,0
50,0	0,1	1,2	1,0
60,0	0,1	0,9	0,9
70,0	0,1	0,6	0,7
80,0	0,1	0,4	0,6
90,0	0,2	0,2	0,4
100,0	0,4	0,1	0,2

Tabell 14. Handberäkningar av brandgaslagrets höjd, z.

Bilaga 10 – Ventilationsberäkningar

$$A_{\text{yttervägg}} = 10,8 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{innervägg}} = 23,5 \text{ m}^2$$

Antagande

Tryckfallet över ventilationsdonen: 100 Pa.

Byggnadens täthet: 1.6 l/sm² vid en tryckskillnad på 50 Pa.

Läckage arean ut till korridoren via dörren: $A_{\text{läckage-dörr}} = 0,005 \text{ m} \cdot 1,28 \text{ m} = 0,0064 \text{ m}^2$

Övertrycket som bildas i rummet på grund av branden, brandtrycket p_b , varierar och olika flöden beräknas. De flöden som beräknas är frånluftsflödet q_f , läckageflödet för dörren q_d , läckageflöde för ytterväggar q_y , läckageflöde för innerväggar q_i inträngande brandgasflöde i tilluftsystemet q_{bi} samt det totala brandflödet q_b .

$$q_f = 22,2 \cdot \sqrt{\frac{x+100}{100}}$$

$$q_d = A_{\text{läckage-dörr}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot x}{\rho}} \cdot 1000$$

$$q_y = A_{\text{yttervägg}} \cdot 1,6 \cdot \sqrt{\frac{x}{50}}$$

$$q_i = A_{\text{innerväggar}} \cdot 1,6 \cdot \sqrt{\frac{x}{50}}$$

$$q_{bi} = 22,2 \cdot \sqrt{\frac{x-100}{100}}$$

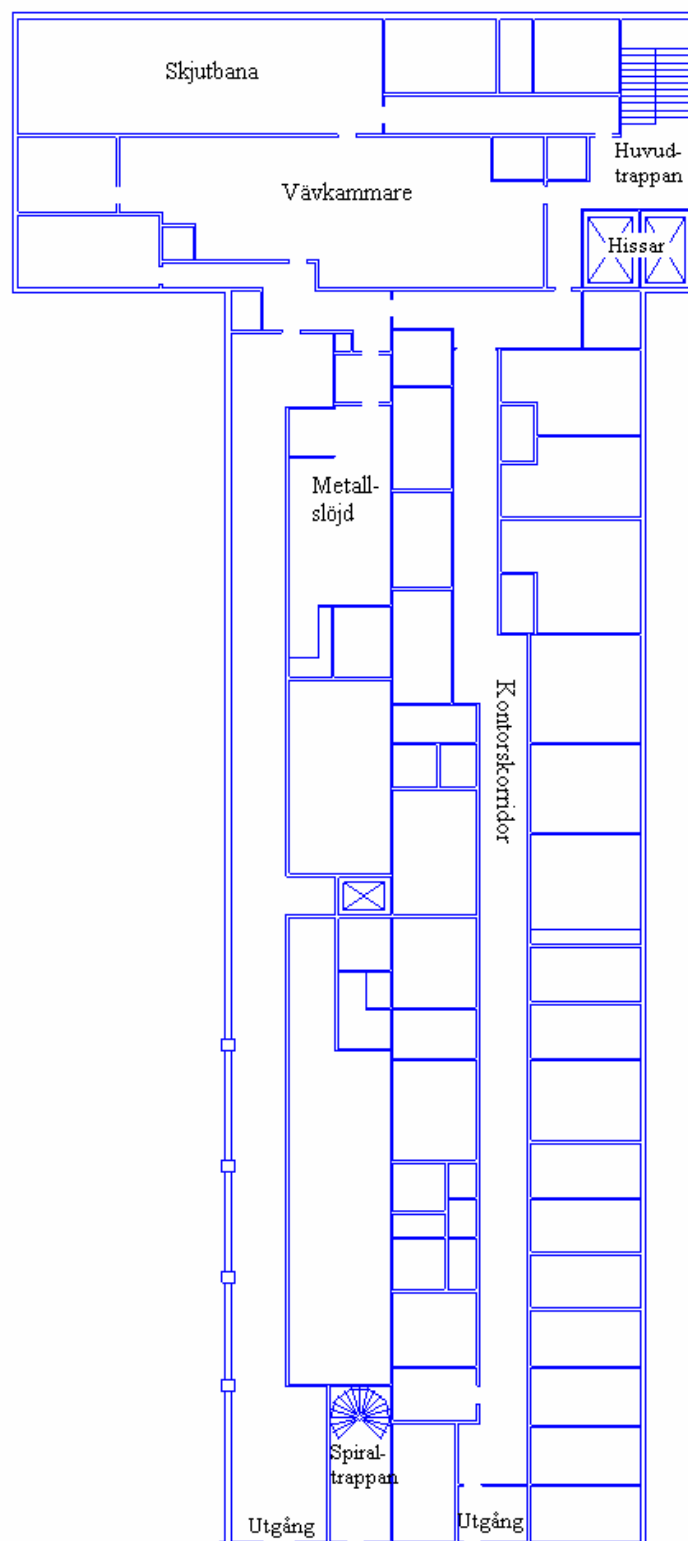
$$q_b = q_f + q_d + q_y + q_{bi}$$

x = det varierande brandtrycket (Pa)

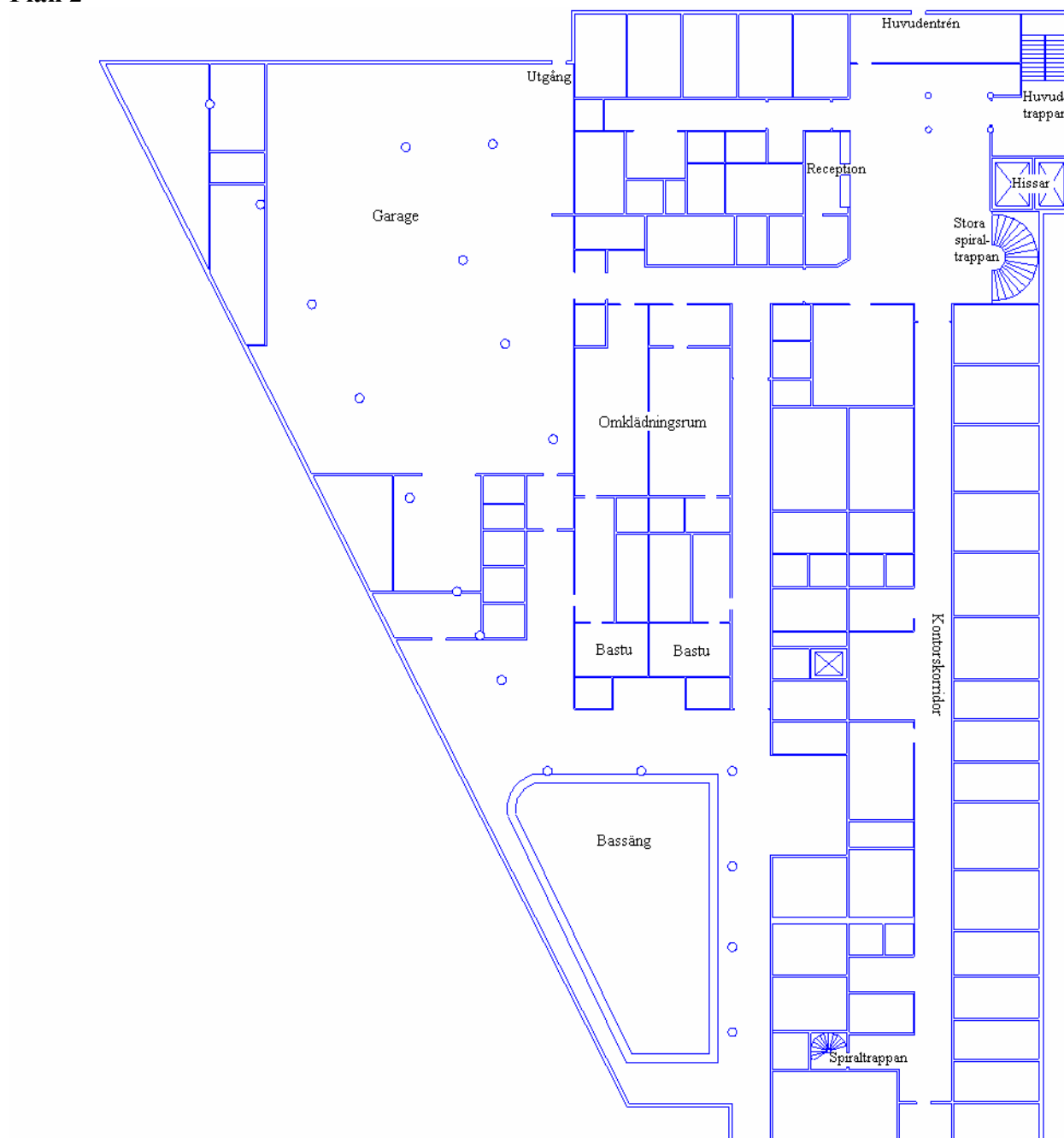
Samtliga flöden ges i l/s

Tumregeln säger att en brand på 1 MW ger ett brandflöde på 1000 l/s. Utifrån detta beräknades det maximala brandflödet för hotellrummet till 940 l/s. Detta eftersom de simulerade värdena i CFAST för hotellrummet med dörren stängd gav en maxeffekt på 940 kW.

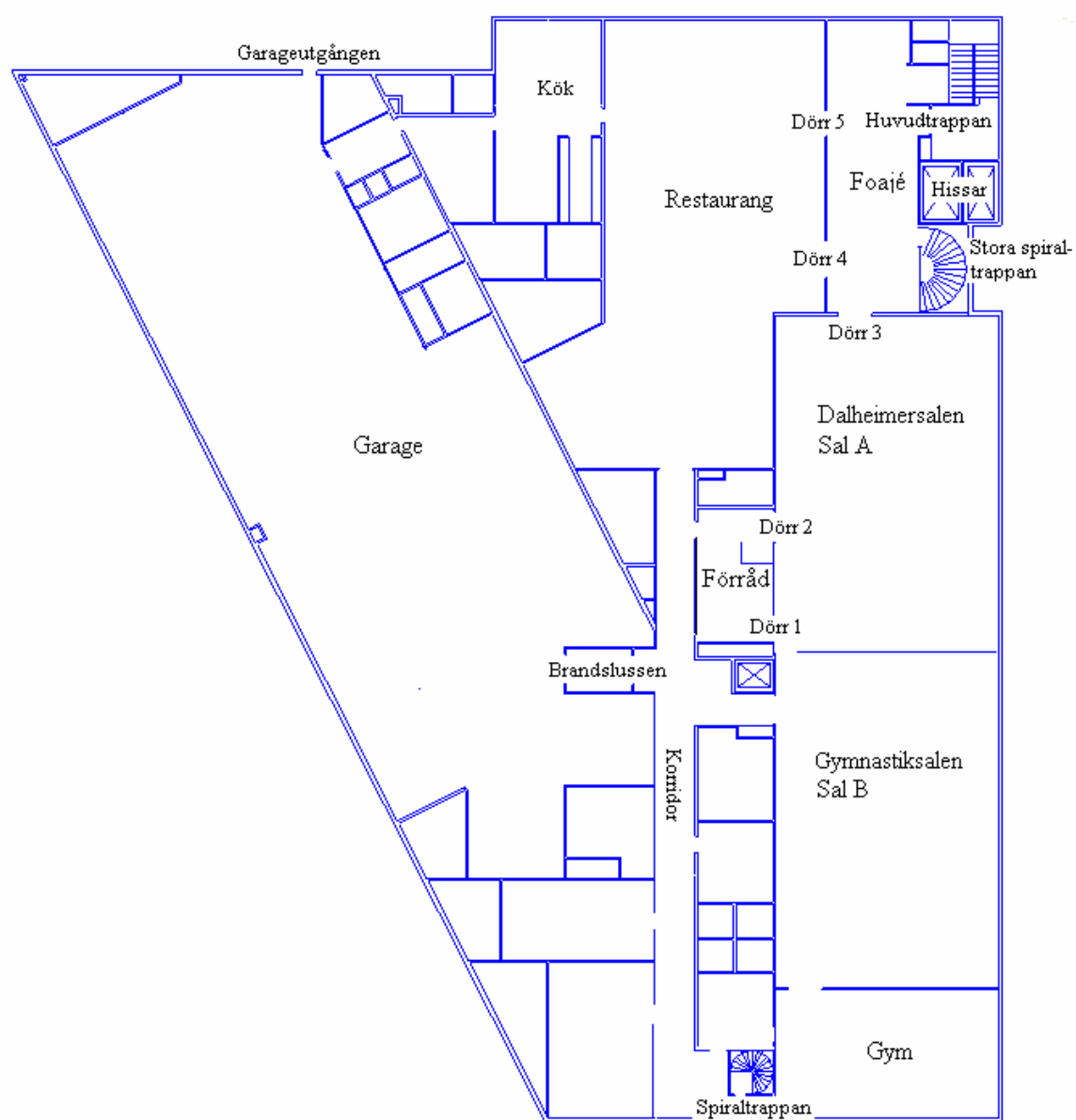
Samtliga formler är hämtade från Jensen (2002).

Bilaga 11 – Planritningar**Plan 1**

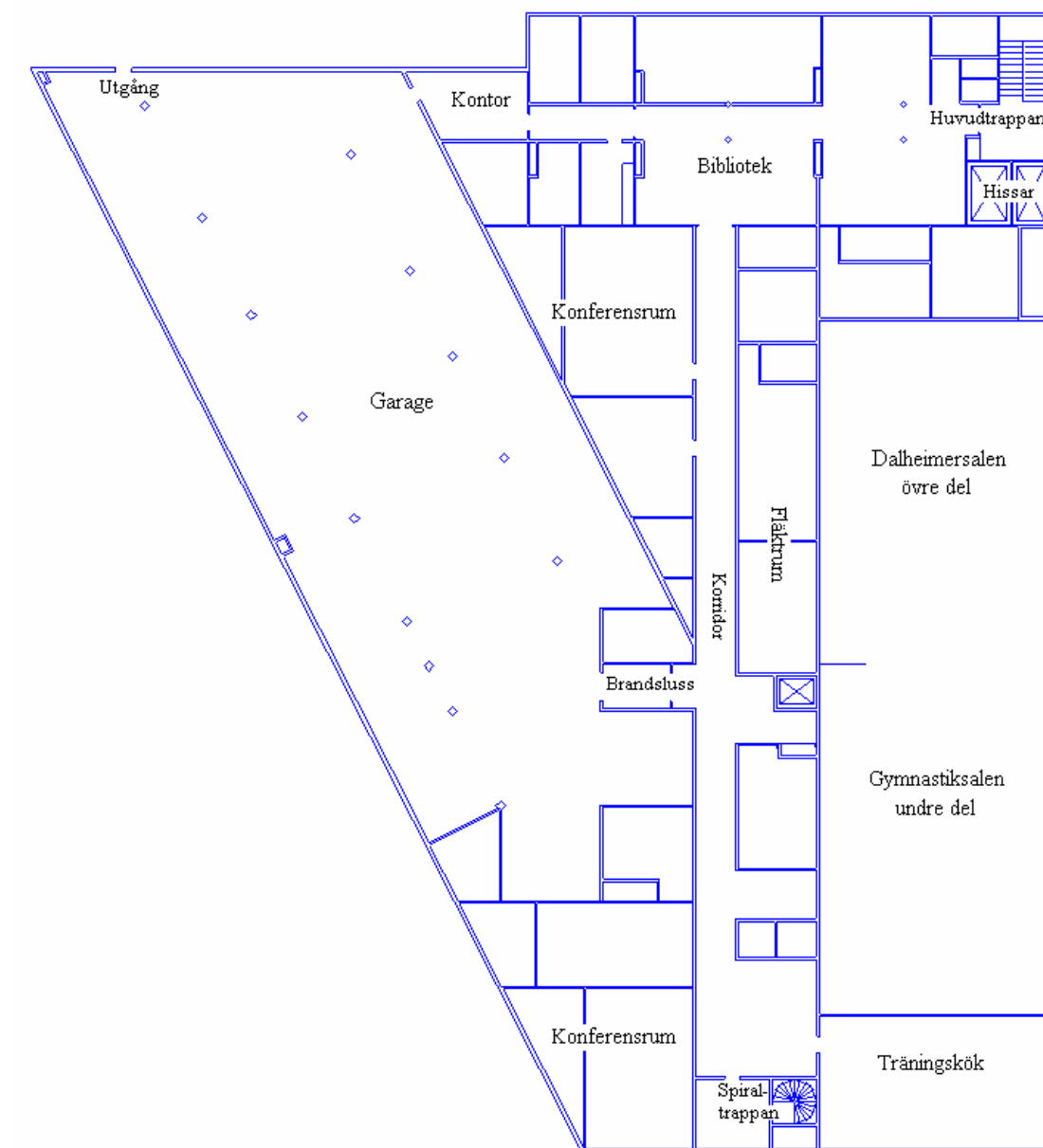
Figur 13. Plan 1

Plan 2

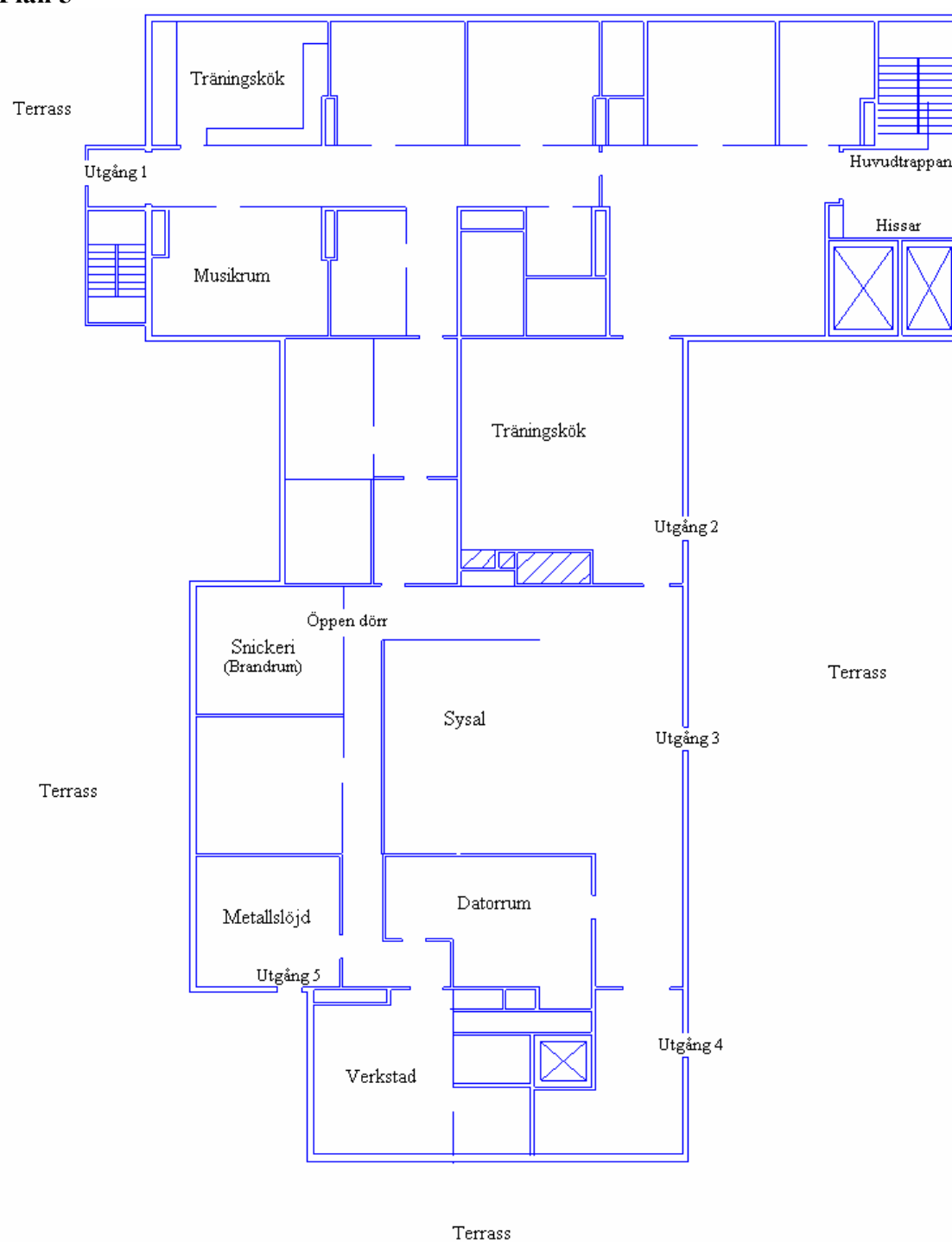
Figur 14. Plan 2

Plan 3

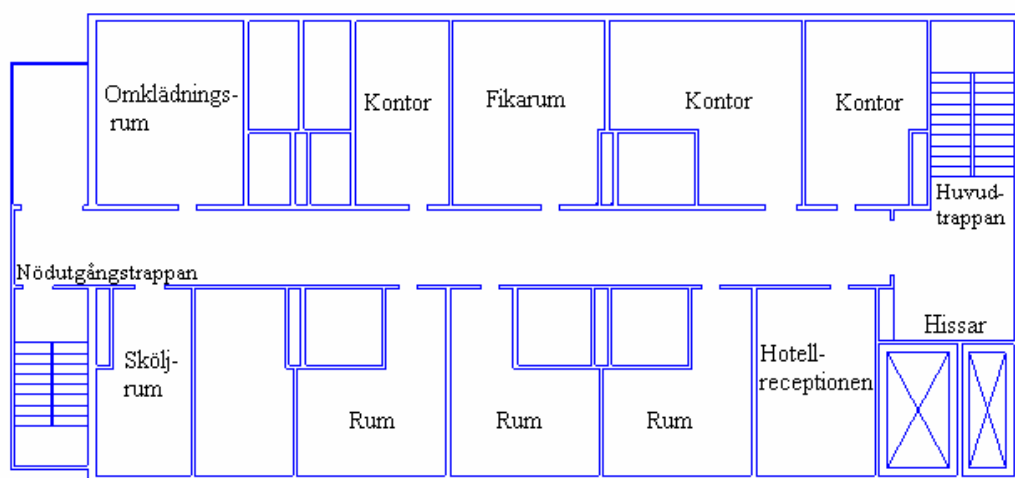
Figur 15. Plan 3

Plan 4

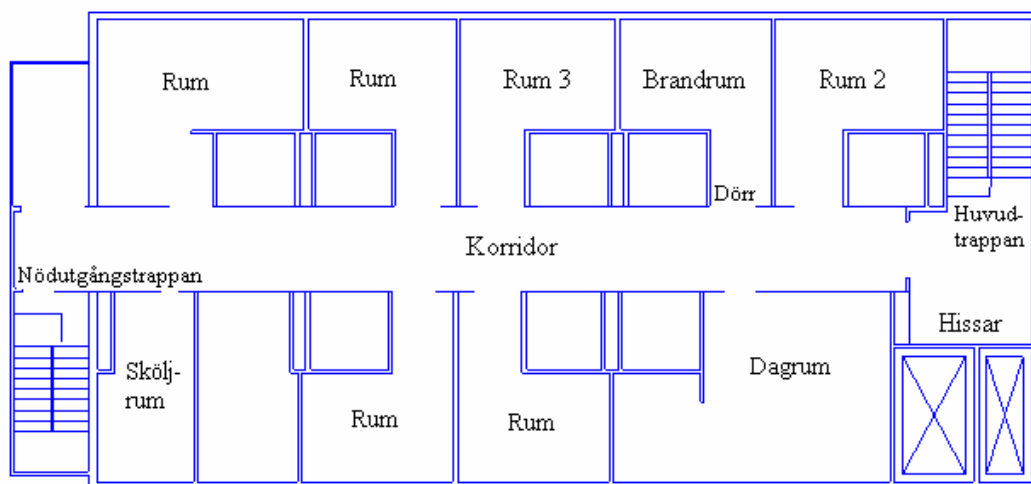
Figur 16. Plan 4

Plan 5

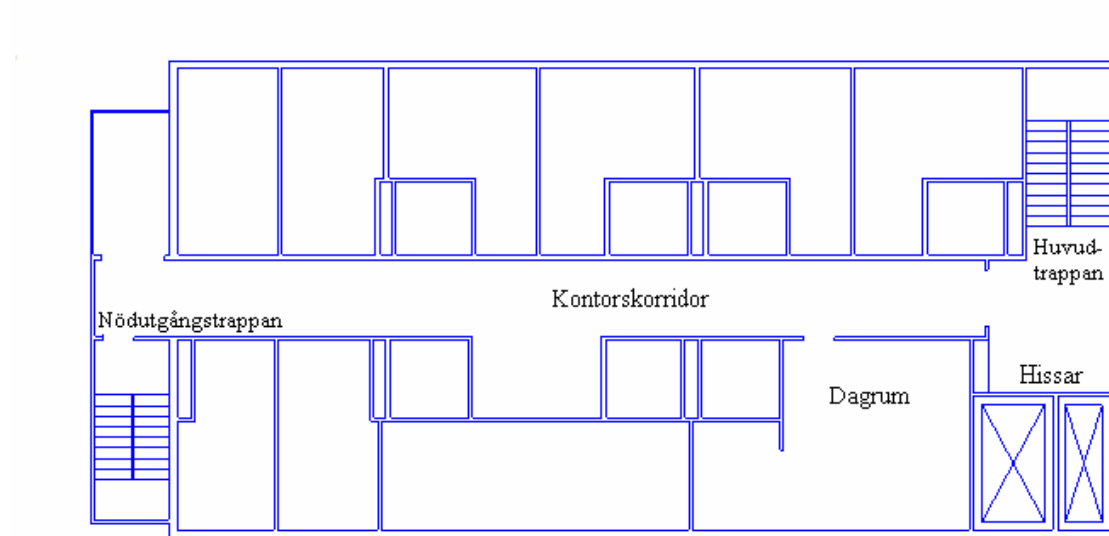
Figur 17. Plan 5

Plan 6

Figur 18. Plan 6

Plan 7

Figur 19. Plan 7

Plan 8

Figur 20. Plan 8