



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

Brandteknisk riskvärdering av **Arlövsgården**



Anna-Maria Ejrup
Arvid Samuelsson
Simon Vestergaard
Daniel Westermark

December 2004

Brandteknik
Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 Lund

Telefon: 046 - 222 73 60

E-post: brand@brand.lth.se

Department of Fire Safety Engineering
Lund University
Box 118
S-221 00 Lund
Sweden

Telephone: 046 - 222 73 60

E-mail: brand@brand.lth.se

Titel:
Brandteknisk riskvärdering av Arlövsgården

Title:
Fire Safety Evaluation of Arlövsgården

Författare/Authors:
Anna-Maria Ejrup
Arvid Samuelsson
Simon Vestergaard
Daniel Westermark
BI 02

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.

Abstract

This report is a part of a mandatory course within the engineering programme in Fire Safety at Lund University. The objective of the report is to conduct a fire safety evaluation of the senior citizen nursing home Arlövsgården in the rural district of Burlöv. The evaluation focuses on human safety and does not include aspects of structural damage. The method used contains an assessment of the probable causes of fire in an establishment such as Arlövsgården. The scenarios chosen to represent the potential shortcomings of the present fire protection design are run through CFAST, a two-zone computer model, in order to obtain crucial outputs regarding the development of the fires and how they influence the surroundings. The simulations are compared to hand calculations. The simulated time it takes for untenable conditions for egress to occur is compared with the estimated total time for evacuation of the facilities. The estimation of the evacuation time is based upon computer simulations using ERM and hand calculations with support from earlier research on the subject. Depending on the outcome of the scenarios different alterations are suggested in order to meet the demands from regulations.

Keywords: Fire Safety Evaluation, nursing homes, human safety, egress, CFAST, ERM

Sammanfattning

Rapporten omfattar en brandteknisk riskvärdering av Arlövsgården i Burlövs kommun. Rapporten är en del av kursen Brandteknisk riskvärdering och har utförts av brandingenjörsstudenter vid Lunds Tekniska Högskola. Syftet med rapporten är att värdera det befintliga brandskyddet vid Arlövsgården, sett ur ett personsäkerhetsperspektiv. Ingen hänsyn har tagits till objektsskydd.

Arlövsgården är ursprungligen en bondgård med anor från 1800-talet. Gården byggdes om till äldreboende med början 1995 och 2001 återuppbyggdes en av byggnaderna. Analysen begränsas till att undersöka brandskyddet i de två byggnaderna Segegården och Smedjan. Verksamheten är idag vårdboende för pensionärer. Malmö kommun driver avdelningen Smedjan och Burlövs kommun driver avdelningen Segegården. Segegården är renoverad enligt Nybyggnadsreglerna, NR och Smedjan, som återuppbyggdes 2001, är uppförd i byggnadsteknisk klass Br1 enligt BBR. Gemensamt för de två verksamheterna är att de boendes hälsa varierar mycket. I vissa fall kan de klara av att utrymma helt på egen hand, och i andra fall kan de behöva mycket hjälp för att ta sig ut.

För att undersöka om det befintliga brandskyddet ger en tillfredsställande personsäkerhet har fyra tänkbara brandscenarier valts ut och analyserats. Scenarierna är dels valda med bakgrund av sannolikheten att de inträffar och dels på grund av konsekvenserna de får för personsäkerheten.

- Smedjan 1:* Brand i tvättstugan på plan 1 i Smedjan. Tvättstugan är inte brandtekniskt avskild från allrum, matrum och gemensamhetsutrymme. En brand kan få stor påverkan på dem som vistas i de gemensamma utrymmena.
- Smedjan 2:* Brand i boenderum på plan 1 i Smedjan. En brand i ett boenderum på plan 1 medför en risk att brandgaser kan spridas via ventilation vidare till angränsande boenderum.
- Smedjan 3:* Brand i gemensamhetsutrymmet plan 2 i Smedjan. Gemensamhetsutrymmet angränsar till två korridorer med boenderum. Under dagtid vistas större delen av de boende samt personal i gemensamhetsutrymmet, vilket kan leda till svårigheter vid utrymning.
- Segegården:* Brand i förbindelsegång på plan 1 i Segegården. Vid objektsbesök på Arlövsgården stod det pallar med brännbart material i korridoren. Trapphus som leder från korridoren till plan 2 är ej brandtekniskt avskilt, vilket leder till att en stor del av byggnaden kan påverkas av detta brandscenario.

I analysen av scenarierna har både datorprogram och handberäkningar använts. För att simulera brandförloppet har tvåzonsmodellen CFAST använts. Resultatet från CFAST ger tid till kritiska förhållanden. Resultaten har jämförts med resultat från handberäkningar. Tid för utrymning har simulerats med ERM, som är ett program speciellt utformat för utrymning av vårdanläggningar. För att en tillfredsställande personsäkerhet ska uppnås måste samtliga i byggnaden hinna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Tid till detektion har simulerats med Detact-T2. Resultatet från dessa simuleringar har jämförts med resultat från handberäkningar. Vidare har en känslighetsanalys utförts för att undersöka hur förändringar av olika variabler påverkar resultatet.

Analysen mynnar ut i ett antal förslag till förbättringar.

- Tvättstugan på Smedjan *skall* utföras som en egen brandcell om angränsande gemsensamhetsutrymme skall kunna utrymmas på ett tillfredsställande sätt.
- Utrymningsvägar *bör* göras öppningsbara från utsidan då detta kan vara enda vägen att nå de boende vid en brand.
- De 55 öppningar för brandgasventilering på Segegården som är blockerade *bör* återställas till ursprungligt skick.
- Svängradien för självstängande dörrar som utgör en del av en brandcellsgräns *bör* märkas upp på golvet. Syftet är att minska risken att föremål placeras nära dörren och hindrar den från att stänga.
- Malmö Brandkår *bör* avsätta tid och resurser för att utbilda personalen i utrymning och brandskyddets funktion.

Dessutom finns en rad brister i brandskyddet på Arlövsgården som omfattas av åtgärder oavsett scenario.

- Dörrar i utrymningsvägar som är låsta med nyckel *skall* ersättas med dörrar som kan öppnas utan verktyg.
- De nödutgångar som hålls stängda med hjälp av elektromagnet *skall* förses med elektrisk tryckknapp.
- De brandcells dörrar som är borttagna eller felkonstruerade *skall* åtgärdas.
- De skyltar som ingår i vägledande markering *skall* kontrolleras och åtgärdas om de är ur funktion.
- Nya utrymningsplaner *skall* tas fram för Arlövsgården.
- De ventilationskanaler i boenderum på Segegården som saknar isolering *bör* kontrolleras med hänsyn till kraven på brandcellsgränserna.

Förord

Författarna vill rikta sitt tack till följande personer och företag för deras bidrag till arbetet:

Marcus Abrahamsson, Brandteknik LTH, för sitt stöd som handledare.

Monica Svensson och Bertil Ohlqvist, Malmö Brandkår, för deras stöd som handledare.

Lars Jensen, Installationsteknik LTH, för stöd i frågor kring ventilation.

Erik Thun AB, för hjälp med ritningsunderlag.

Personalen på Arlövsgården, för deras hjälpsamma inställning.

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	11
1.1 Bakgrund.....	11
1.2 Syfte.....	11
1.3 Metod.....	11
1.4 Avgränsningar.....	12
2. Krav genom regelverk.....	13
2.1 Lagar och förordningar.....	13
2.2 Föreskrifter och allmänna råd.....	13
2.3 Rapporter.....	14
2.4 Övriga normer och regler.....	14
2.5 Problematik kring äldreboende.....	15
3. Objektsbeskrivning.....	17
3.1 Byggnaden.....	17
3.2 Verksamhet.....	17
3.3 Befintligt brandskydd.....	18
4. Utrymning.....	21
4.1 Människors beteende vid brand.....	21
4.2 Utrymning vid brand.....	21
4.3 Kritiska förhållanden.....	22
4.4 Situationen vid Arlövsgården.....	23
5. Omedelbara åtgärder.....	25
5.1 Gemensamt.....	25
5.2 Smedjan.....	25
5.3 Segegården.....	26
5.4 Räddningstjänsten.....	26
6. Brandscenarier.....	27
6.1 Statistik.....	27
6.2 Brandförlopp.....	28
6.3 Analys av scenario.....	29
7. Smedjan 1: Brand i tvättstuga.....	31
7.1 Scenario.....	31
7.2 Resultat.....	32
7.4 Slutsats.....	37
7.5 Förslag på förbättring.....	37
8. Smedjan 2: Brand i boenderum.....	39
8.1 Scenario.....	39
8.2 Resultat.....	40
8.3 Slutsats.....	41
9. Smedjan 3: Brand i gemensamhetsutrymme.....	43
9.1 Scenario.....	43
9.2 Resultat.....	44
9.3 Slutsats.....	47
9.4 Förslag på förbättring.....	48
10. Segegården: Brand i förbindelsegång.....	49
10.1 Scenario.....	49
10.2 Resultat.....	51
10.3 Slutsats.....	55
10.4 Förslag på förbättring.....	56

11. Slutsats	57
11.1 Gemensamt	57
11.2 Smedjan.....	57
11.3 Segegården.....	57
11.4 Räddningstjänsten	57
12. Litteratur.....	59
12.1 Källförteckning.....	59
12.2 Tillgängliga dokument på Internet.....	59
Bilaga 1. Ritningsunderlag.....	61
Bilaga 2. Metodbeskrivningar	66
Bilaga 2.1 CFAST	66
Bilaga 2.2 Escape and Rescue Model.....	67
Bilaga 2.3 Detact-T2.....	67
Bilaga 2.4 Handberäkningar	68
Bilaga 3. Indata CFAST.....	74
Bilaga 3.1 Smedjan 1.....	74
Bilaga 3.2 Smedjan 2.....	75
Bilaga 3.3 Smedjan 3.....	75
Bilaga 3.4 Segegården.....	75
Bilaga 4. Indata ERM.....	76
Bilaga 4.1 Smedjan 1.....	76
Bilaga 4.2 Smedjan 3.....	77
Bilaga 4.3 Segegården.....	79
Bilaga 5. Indata Detact-T2	81
Bilaga 5.1 Smedjan 1.....	81
Bilaga 5.2 Smedjan 3.....	81
Bilaga 5.3 Segegården.....	81
Bilaga 6. Indata handberäkningar.....	82

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Rapporten är en del av kursen Brandteknisk riskvärdering som ges vid institutionen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola (LTH). Kursen ingår som en obligatorisk del av brandingenjörsprogrammets tredje år. Målsättningen med kursen är bland annat att ge studenten möjlighet att tillämpa de föreskrifter som finns angående brandskydd. Dessutom ska studenten analytiskt och kritiskt granska föreskrifterna genom att använda sina kunskaper om hur brand påverkar människor.

Rapporten är framtagen i grupp och även grupparbetsprocessen är en del av kursens målsättning. Gruppen har under arbetets gång haft stöd av handledare från såväl Brandteknik som från den räddningstjänst som ansvarar för respektive objekt.

1.2 Syfte

Huvudsyftet med rapporten är att utifrån en verksamhet värdera det befintliga brandskyddet sett ur ett personsäkerhetsperspektiv. Värderingen skall resultera i slutsatser om huruvida det befintliga brandskyddet uppfyller kraven som ställs på verksamheten eller ej och, om det finns behov av det, komma med förslag på förbättringar i brandskyddet.

Denna rapport syftar till att värdera brandskyddet vid Arlovsgårdens äldreboende i Burlövs kommun.

1.3 Metod

Metodiken bakom rapporten består av en inledande litteraturstudie av de regelverk som berör uppgiften. Parallellt med detta inhämtas information om det utsedda objektet. Ett objektsbesök genomförs med stöd av handledare för att erhålla ytterligare information.

Informationsinhämtningen följs upp av en brandteknisk utvärdering av objektet. En rad dimensionerande brandscenarion tas fram för att belysa problem i det befintliga brandskyddet. Resultaten från valda brandscenarion tas fram, dels genom datorsimuleringar av brandförloppet, dels med hjälp av handberäkningar.

Möjligheten att utrymma lokalerna värderas genom datorberäkningar och handberäkningar. Slutligen jämförs den bedömda tiden till utrymning med tiden det tar tills branden ger en sådan påverkan på individen att utrymning inte kan genomföras.

I de fall där utrymning inte kan ske med befintligt brandskydd ges förslag på förbättring för att möjliggöra utrymning av lokalerna.

Under objektsbesöket gjordes observationer av uppenbara felaktigheter i brandskyddet. Bristerna resulterar i direkta förslag på åtgärder.

Vald metod är ingen exakt vetenskap utan snarare en bedömning av en tänkbar händelse. Det för med sig att resultaten inte kan förutsättas vara direkt applicerbara utan att känsligheten hos dem analyseras. Genom att variera faktorer som påverkar respektive scenario fås en uppfattning om hur mycket utfallet varierar och därmed hur trovärdigt resultatet är.

1.4 Avgränsningar

Rapporten betraktar endast problematiken kring personsäkerhet vid brand. Därför har bara det inledande skedet i brandförloppet studerats. Ett fullständigt brandförlopp innebär inte bara påfrestningar för dem som vistas i byggnaden utan även för byggnaden i sig. Påverkan på byggnaden sker, generellt sett, senare än personpåverkan.

Arlövsgården är ett objekt som består av flera huskroppar och är indelad i flera verksamheter. Det finns dock en rad gemensamma beröringspunkter mellan de olika verksamheterna i form av byggnadernas utformning och den typ av vård som bedrivs där. Med hänsyn till detta och med ambitionen att värderingen ska genomföras grundligt har avgränsningar gjorts i antalet verksamheter som värderas. Rapporten omfattar avdelningarna Smedjan samt Segegården. Då begreppet Arlovsgården används avses objektet som helhet. I övrigt betraktas avdelningarna var för sig.

2. Krav genom regelverk

2.1 Lagar och förordningar

Bestämmelser kring byggnader regleras genom lagar och förordningar. De viktigaste i det här fallet är.

- Plan- och byggförordningen (PBF)
- Plan- och bygglagen (PBL)
- Förordningen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m (BVF)
- Lagen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m. (BVL)

Här ges direktiv för vilken mark som får bebyggas och i vilken omfattning, samt hur byggprocessen skall kontrolleras.

I § 4 av BVF finns bland annat följande uttryckliga krav på byggnadsverk med hänsyn till personsäkerhet. Byggnadsverk skall vara projekterade och utförda på ett sådant sätt att:

- Utvecklingen och spridningen av brand och rök inom byggnadsverket begränsas.
- Personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt.
- Räddningsmanskapets säkerhet vid brand beaktas.

Lagen om skydd mot olyckor med tillhörande förordning ger direktiv om hur olyckor och efterföljande räddningsinsatser skall förebyggas, genomföras och utvärderas. Skyldigheter för den enskilde ägaren eller nyttjanderättshavaren av en verksamhet såväl som för kommunal räddningstjänst tydliggörs. För verksamhetsinnehavaren ställs i andra kapitlet, §2-3 bland annat följande krav på:

- Att i skäligen omfattning hålla utrustning för släckning av brand och för livräddning vid brand eller annan olycka.
- Förebyggande åtgärder mot brand i övrigt.
- Skriftlig redogörelse för brandskyddet.

2.2 Föreskrifter och allmänna råd

För att få mer detaljerade regler kring byggnader och deras brandskydd finns diverse föreskrifter framtagna av Boverket. Av intresse är främst Boverkets Konstruktionsregler (BKR) samt Boverkets Byggregler (BBR). Vad gäller brandskyddet i syfte att säkerställa personsäkerheten är det BBR som ger föreskrifter och allmänna råd medan BKR fokuserar på bärförmåga vid brand. BBR omfattar kraven från bland annat PBL, BVL och BVF. Föreskrifterna formuleras i tvingande *skall* och *får inte* samt det inte tvingande *får*. De allmänna råden ger förslag på hur någon *kan* eller *bör* agera för att uppfylla föreskrifterna. Det är dock fritt att frånga de allmänna råden så länge föreskrifterna uppfylls. Kapitel 5 i BBR omfattar brandskydd och medger möjligheter att, inom vissa gränser, frånga handlingen.

5:11 Alternativ utformning (BFS 1995:17)

Brandskyddet får utformas på annat sätt än vad som anges i detta avsnitt (*avsnitt 5*), om det i särskild utredning visas att byggnadens totala brandskydd därigenom inte blir sämre än om samtliga aktuella krav i avsnittet uppfyllts. (BFS 1995:17)

5:13 Analytisk dimensionering (BFS 2002:19)

Analytisk dimensionering och vid behov tillhörande riskanalys skall verifiera brand- och utrymningssäkerheten i byggnader där brand kan medföra mycket stor risk för personskada. Analytisk dimensionering kan vara beräkning, provning eller objektsspecifika försök, samt kombinationer av dessa.

Om dimensionering av brandskyddet sker genom beräkning, skall beräkningen utgå från omsorgsfullt valda dimensionerande värden och utföras enligt beräkningsmodell som på ett tillfredsställande sätt beskriver aktuellt fall. Valda beräkningsmodeller skall redovisas. (BFS 2002:19)

5:14 Kontroll av utrymningsdimensionering

För byggnader där risken för personskador är stor får utrymningsdimensionering genom beräkning endast användas, om beräkningens riktighet kan styrkas genom dimensioneringskontroll.

Andra föreskrifter som påverkar personskyddet är AFS 2000:42 Arbetsplatsens utformning, AFS 2003:4 Systematiskt arbetsmiljöarbete (2001:01) och AFS 1997:11 Varselmärkning och varselsignaler på arbetsplatser som ingår i Arbetarsmiljöverkets författningssamling. I AFS 2000:42 finns ett kapitel om larm och utrymning medan AFS 2003:4 innehåller direktiv om hur olyckor på arbetsplatsen skall förebyggas. AFS 1997:11 reglerar nöd- och brandredskapsskyltning.

2.3 Rapporter

Rapporter från statliga verk ger deras syn på hur föreskrifter kan uppfyllas. Innehållet är dock inte tvingande utan ses som en rekommendation. Utrymningsdimensionering (2004), utgiven av Boverket, ger förslag på hur avsnitt 5:3 om utrymning i BBR bör tolkas. Rapporten ger utrymme för så kallad analytisk dimensionering som kan baseras på beräkning, provning eller objektsspecifika försök. Rapporter kan även publiceras av andra än statliga verk. Lundin (2004) är ett exempel på en rapport som belyser föreskrifterna i BBR och de möjligheterna som ges till analytisk dimensionering.

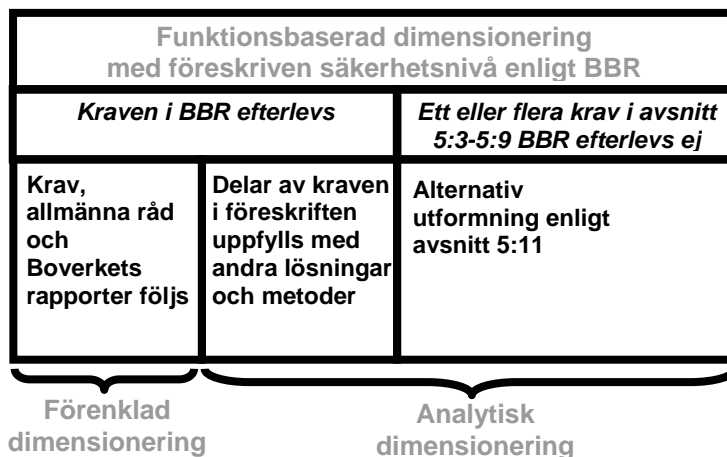


Bild 1. Möjligheter till dimensionering enligt BBR. Med tillåtelse av Lundin (2004).

2.4 Övriga normer och regler

Förutom lagar och förordningar samt de föreskrifter som bygger på dem finns det en rad andra regler som påverkar brand- och personskyddet. Till exempel finns dimensioneringsnormer för brandlarm (SBF 110) och vattensprinkler (SBF 120) som är framtagna av Svenska

Brandskyddsföreningen, en intresseorganisation för brandskyddsfrågor. En stor del av reglerna byggs kring standarder, som antingen är strikt svenska eller sameuropeiska. Dessutom finns det en rad rådgivande handböcker kring brandskydd. Handböckerna har ingen tvingande formulering och tar ofta inget juridiskt ansvar för innehållet.

2.5 Problematik kring äldreboende

Vid en bedömning av personsäkerhet vid brand är det främst BBR som ger relevant information vad avser föreskrifter. I BBR finns dock hänvisningar till andra föreskrifter, rapporter och standarder.

Arlövsgården är ett boende för äldre människor. BBR definierar begreppet *äldreboende* i punkt 3:211 med hänvisning till socialtjänstlagen. Äldreboende ger möjlighet att göra inskränkningar på kraven kring det enskilda boende om kompensation sker genom att gemensamhetsutrymmen inrättas. De boende kommer till Arlovsgården för att de inte längre klarar av att hantera sitt enskilda boende och flertalet förblir boende till livets slutskede. Behovet av vård och omsorg från personalen är stort. Trots detta kan inte Arlovsgården betraktas som en *vårdanläggning* (BBR 5:242) då de boende själva råder över sitt boende och har kontrakt på sin bostad. Inte heller är föreskriften om *alternativt boende* (BBR 5:234) tillämplig.

Faktum är den typ av boende som Arlovsgården representerar saknar tydlig definition i BBR. Således är det bekymmersamt att korrekt bedöma behovet av brandskydd utifrån föreskrifterna. Dock drivs frågan från byggbransch, såväl som Boverket, att införa en ny boendeform som föreskrift i BBR. Denna form av *vårdboende* skall vara tillämplig på verksamheter som Arlovsgården. Ändring är en del av den revision av BBR som bedöms träda i kraft 2006. I denna rapport förekommer begreppet vårdboende, trots att det ännu inte finns i BBR.

3. Objektsbeskrivning

3.1 Byggnaden

Arlövsgården är ursprungligen en bondgård med anor från 1800-talet. Bostadsdelen på gården uppfördes 1897 och gårdslängorna kom till 1901-1902.

Gården byggdes om med början 1995 och 2001 återuppbyggdes den långa där Smedjan är belägen. Vid återuppbyggnaden togs särskild hänsyn till att följa de övriga byggnadernas yttre utformning. Samtliga längor har en fasad i tegel med inslag av puts samt ett plåttak. Byggnadsarean för hela komplexet är omkring 5 000 kvadratmeter. Denna rapport begränsas till att undersöka de två byggnaderna Smedjan och Segegården. Ritningsunderlag finns i bilaga 1.

3.1.1 Smedjan

Smedjan är utförd i byggnadsklass Br1 med en stomme av prefabricerade betongelement med ballast av Leca. Bjälklag består av platsgjuten betong. Stomkomplettering är utförd med lättväggar. Vindsvåningen är konstruerad med lättväggar och takstolar av trä. Takisoleringen är utförd med brandskyddsbehandlad Ekofiber. Byggnaden består av tre plan. Plan 1 och 2 är avsedda för boende med 14 rum på vardera våningsplan. Plan 1 är på ca 850 m², plan 2 på ca 740 m². Vindsvåningen, plan 3, innefattar förråd, fläktrum samt personalutrymmen och är på ca 495 m², varav ca 220 m² utgörs av personalutrymmen.

3.1.2 Segegården

Segegården består av två plan som båda används för boende. Plan 1 omfattar 18 boenderum samt kök/matsal. Plan 2 består av 15 stycken boenderum, matsal, fläktrum, samt tvättstuga. Plan 1 och 2 är på vardera ca 1 050 m².

3.2 Verksamhet

Arlövsgården är ett vårdboende för äldre människor. Verksamheten är uppdelad mellan olika entreprenörer, där Malmö kommun driver Smedjan och Burlövs kommun driver Segegården. Båda avdelningarna är avsedda för långtidsboende. Segegården bedriver somatisk vård medan Smedjan är ett rent demensboende. På både Segegården och Smedjan är det förbjudet att röka inomhus. Levande ljus är ej heller tillåtna på boenderummen men förekommer i gemensamma utrymmen i samband med högtider. Det är relativt vanligt att de boende har sömnsvärigheter och att medicinering då sker i form av insomningsmedel och ångestdämpande. Malmö Brandkår har haft brandutbildning för samtlig personal på Arlovsgården. På Segegården är målsättningen att denna ska valideras vartannat år. På Segegården är underlaget för det systematiska brandskyddsarbetet (SBA) precis färdigställt och tanken är att ett antal ur personalen ska engageras i detta arbete.

Smedjan har totalt 28 boende i enskilda rum jämnt fördelade på plan 1 och 2. Under dagtid består vårdpersonalen av fyra vårdare per våningsplan. Utöver vårdare finns ytterligare tre anställda på avdelningen. Nattetid finns totalt två vårdare på avdelningen, oftast fördelade med en på varje plan.

Segegården har totalt 32 boende i enskilda rum, 17 på plan 1 och 15 på plan 2. Under dagtid består personalen av fem vårdare per våningsplan. Nattetid finns totalt två vårdare på avdelningen, oftast fördelade med en på varje plan.

På båda avdelningarna förekommer timanställda vikarier.

3.3 Befintligt brandskydd

3.3.1 Brandteknisk utformning

Rådtexten till 5:21 i BBR säger att byggnader med två våningsplan avsedda för personer som har små förutsättningar att själva sätta sig i säkerhet bör utföras i brandteknisk klass Br1. Detta lämpar sig väl på Arlovsgården. Den brandtekniska klassen ställer bland annat krav på brandcellsindelning och ytskikt på väggar och tak.

Smedjan och Segegården står i direkt förbindelse med varandra på plan 1. Verksamheterna är brandtekniskt avskilda från varandra med brandcellsgräns i klass EI 60. Segegården är på samma sätt förbunden med nästkommande länga som dock ej innefattas i denna rapport.

Gemensamt för båda avdelningarna är att varje boenderum utgör en egen brandcell. Dörrar till boenderummen är även försedda med dörrstängare med frisvingsarm. Detta gör att dörrarna är lättöpnade men att de säkert stängs i händelse av brand. Krav på taktäckning som försvårar brandspridning enligt BBR 5:75 uppfylls med plåttak. Fasadbeklädnaden i puts och tegel förhindrar brandspridning i ytterväggar och längs fasaden i enlighet med BBR 5:631.

Smedjan har ett brandtekniskt skydd som är utformat enligt BBR. Bärande byggnadsdelar skall vara utförda i enlighet med kraven i BBR 5:8. Vertikalt bärande konstruktioner på plan 1 och 2 skall vara utförda i klass R 60. Bjälklag mellan plan 1 och 2 samt mellan plan två och vindsvåning skall vara utförda i klass R 60. Kraven uppfylls genom att stommen är uppförd i prefabricerade betongelement eller platsgjuten betong.

Segegården är renoverad enligt Nybyggnadsreglerna, NR och har därför ett brandskydd som inte är fullt i enlighet med BBR då krav i föreskrift inte kan krävas retroaktivt.

3.3.2 Automatiskt brandlarm och utrymningslarm

Arlövsgården har ett automatiskt brandlarm som är gemensamt för byggnaderna Smedjan och Segegården. Centralapparat med brandförsvarstablå är placerad vid huvudingången till Smedjan. Ett utrymningslarm är kopplat till det automatiska brandlarmet. Larmdonen är akustiska, i huvudsak ringklockor, men siren förekommer i vissa utrymmen. Anläggningen provkörs en gång per månad mot centralapparat samt mot SOS-Alarm. Alla detektorer kontrolleras en gång per år. Vid larm får personal på Segegården och Smedjan ett adresserat larm till sina personsökare som talar om i vilket utrymme detektorn sitter som har larmat. Nyligen byttes centralapparaten i anläggningen och installationsbesiktning utfördes 041028.

3.3.3 Ventilation

Smedjan ventileras med ett FT-system. Varje boenderum och andra utrymmen har separat tilluft från fördelningskanal och separat frånluft till samlingskanal. Brandcellsgräns är på båda sidor isolerad med EI 30 enligt BBR 5:6521. Ventilationen är dragen i vertikala schakt till vindsvåningen där det finns horisontella samlingskanaler som leder till fläktrum. I händelse av brand stoppas FT-aggregat och tryckavlastningsspjäll öppnas till takhuv.

Segegården har ett FT-system. Varje rum har brandgasspjäll på både till- och frånluft. Brandcellsgräns är på båda sidor isolerad med EI 30 enligt gällande BBR 5:6521. Detta gäller dock inte kanaler till boenderum 009-012 på plan 1 som enligt ritning helt saknar isolering. Varken syftet med, eller den verkliga utformningen av, konstruktionen är känd. Är kanalen oisolerad leder detta troligtvis till att brandcellsgränsen inte kommer att uppfylla ställda krav.

3.3.4 Räddningstjänstens resurser

Anläggningen ligger i Burlövs kommun. Sedan ett antal år bedrivs räddningstjänsten i kommunen av Malmö Brandkår. Stationen i Burlöv är en deltidsstation som dagtid mellan 07-17 har två brandmän i beredskap för att bemanna en tankbil. Under dagtid utgår även en styrka om 1+4 man från Malmö Brandkår vid händelse av larm i Burlöv. Kvällar och nätter mellan 17-07 är det 1+4 man som utgår från Burlöv i händelse av larm. Byggnaden är så belägen att insatstiden för räddningstjänsten, enligt räddningstjänstplanen, understiger 10 minuter.

4. Utrymning

4.1 Människors beteende vid brand

Även om vi ofta tar del av rapportering kring bränder eller kanske blir vittne till en brand är det sällan vi själva varit involverade. Allmänheten har ingen större erfarenhet av hur de ska agera vid en brand eller en utrymning i samband med en brand. Det är därför viktigt att ta deras beteende i beaktande vid en analytisk utrymningsdimensionering.

De termer som generellt påverkar beteendet vid brand och utrymning är kopplade till personberoende faktorer, byggnadens utformning samt givetvis påverkan från branden (Frantzich, 2001). De personberoende faktorerna kan kopplas till individen eller till psykosocial påverkan. Exempel på individuella egenskaper är rörelseförmåga, motivation samt kännedom om byggnaden. De psykosociala faktorerna är främst social anknytning och den roll och det ansvar som individen har i gruppen. Exempel på byggnadsberoende faktorer är orienterbarhet, belysning, placering och markering av utrymningsvägar samt om det finns utrymningslarm i byggnaden. Ett exempel på brandberoende faktorer är huruvida branden direkt upptäcks eller inte. Dessutom förekommer det att tillväxten på brandförloppet underskattas och därmed överrumplar de som befinner sig i dess närhet.

När det gäller Arlovsgården och de som vistas där kommer flera av ovan nämnda faktorer att bli än mer påtagliga. De boende är äldre och har i mångt och mycket en nedsatt rörelseförmåga. Flera av de boende är rullstolsburna och i vardagen beroende av hjälp från personalen för att förflytta i sig. Vid en utrymning är det också troligt att än fler behöver hjälp för att klara sig ut ur byggnaden på ett tillfredsställande sätt. En del av de boende får sömnmedel och då ofta i kombination med ångestdämpande medel. Detta leder till en markant nedsättning i vakenhet och förmåga att fatta rationella beslut.

Situationen på Arlovsgården ställer ökade krav på personalen och deras agerande.

4.2 Utrymning vid brand

Utrymningen av en byggnad delas in i tre faser som var och en påverkar den totala utrymningstiden. Faserna är enligt Boverket (2004):

- Varseblivning
- Beslut och reaktion
- Förflyttning

För att utrymma en byggnad på tillfredsställande sätt krävs att den sammanlagda tiden för ovanstående faser inte är längre än tiden det tar för kritiska förhållanden att inträffa, enligt:

$$tid_{\text{kritiska förhållanden}} > tid_{\text{varseblivning}} + tid_{\text{beslut \& reaktion}} + tid_{\text{förflyttning}}$$

Varseblivningstid

Med varseblivningstid avses den tid som går fram till dess att individen får första indikationen på att någonting onormalt har inträffat. Om personen ser branden eller brandgaser i större omfattning blir indikationen tydligare. Alternativet är att händelsen uppfattas sekundärt, vilket är vanligt förekommande. Antingen sker det via ett brandlarm och därtill kopplat utrymningslarm eller på direkt uppmaning från någon annan.

Beslut och reaktionstid

Hit räknas den tid det tar för personen att ta till sig information om att det brinner. Dessutom räknas tiden för att förbereda sig att utrymma, hjälpa andra samt eventuellt försöka släcka branden.

Förflyttningstiden

Tiden från det att individen tagit ett beslut om vad som skall göras till dess att han eller hon är ute i det fria benämns förflyttningstid. Här kan byggnadens utformning göra en stor skillnad på tiden som krävs. Dessutom kommer individens egen rörelseförmåga att ge stor inverkan.

När det gäller Arlövsgården finns det ett automatiskt brandlarm kopplat till ett utrymningslarm. Om varseblivning skall ske innan brandlarmet detekterar är det främst via personalen som kan upptäcka faran och vidareförmedla detta till de boende. I en verksamhet som Arlövsgården kommer ett stort ansvar att vila på personalen vad avser beslut och reaktionstiden. Det är viktigt att få de boende som är i fara att inse detta samt ge den hjälp som behövs för att de ska kunna påbörja en utrymning. Personalens agerande är också avgörande för förflyttningstiden i det att de boende behöver betydande hjälp, främst i trappor.

4.3 Kritiska förhållanden

Vid utrymning av en byggnad till följd av brand, kan de som vistas i byggnaden komma att utsättas för direkt eller indirekt påverkan från branden. De förhållanden som ses som gränsvärden för att utrymningen skall kunna genomföras benämns kritiska förhållanden. Byggnaden skall vara dimensionerad på så sätt att kritiska förhållanden inte uppstår under den tid som behövs för utrymning. I BBR 5:361 ges följande råd vad avser kritiska förhållanden:

Vid värdering av kritiska förhållanden bör siktbarhet, värmestrålning, temperatur, giftiga gaser samt kombinationen av temperatur och giftiga gaser beaktas. Därvid kan följande gränsvärden normalt tillämpas:

Siktbarhet: Rökgasnivå lägst $1,6 + (0,1 \times H)$ meter där H är rumshöjden.

Värmestrålning: En kortvarig strålningsintensitet på max. 10 kW/m^2 , en maximal strålningsenergi på 60 kJ/m^2 utöver energin från en strålning på 1 kW/m^2 .

Temperatur: Högst $80 \text{ }^\circ\text{C}$ lufttemperatur.

Vilka giftiga gaser som uppstår vid en brand varierar, främst beroende på bränsle och syretillgång. Vid förbränning av organiska bränslen, de som innehåller kol, kommer koldioxid, CO_2 , att bildas. Är förbränningen ofullständig, vilket är det vanligaste fallet i verkliga brandförlopp, kommer även kolmonoxid, CO, att bildas. Gasen är giftig i det att den affineras cirka 250 gånger starkare till hemoglobinet i blodet än vad syre gör. Vad gäller rådet för giftiga gaser finns det ingen nationell svensk rekommendation på gränsvärden för toxicitet. Nordiska Kommittén för Byggbestämmelser rekommenderar en högsta koncentration på CO på 0,2 vol% och för CO_2 på 5 vol%. Detta skall ställas i jämförelse med en lägsta rekommenderad syrekoncentration på 15 vol% (NKB, 1994).

Strålningsintensiteten påverkas i stor grad av temperaturen på ytan som strålar. Om den som utrymmer tvingas nära flammor eller tvingas passera ett utrymme där varma brandgaser har ansamlats kan rådet om värmestrålning bli aktuellt att ta hänsyn till. Rådet om en maximal strålningsenergi på 60 kJ/m^2 , utöver energin från en strålning på 1 kW/m^2 , kan vara svårt att applicera på en verklig utrymningssituation. Purser (1995 i Boverket, 2004) värderar en värmestrålning på $2,5 \text{ kW/m}^2$ som en likvärdig påverkan på människan. Enligt Purser är denna

strålning tolerabel i 40 sekunder, men försök visar på att intensiteten går att uthärda i cirka 10 minuter. Vad gäller exponeringstiden för värmestrålning på 10 kW/m² rör den sig om fåtal sekunder (Lawson, 1954 i Drysdale, 2003).

Om brandgaserna inte är varmare än 80 °C och inte innehåller giftiga gaser i toxiska koncentrationer, kan sikten i brandgaserna tas i övervägande. Sikten bör då vara minst 10 meter, vilket kopplas till uttrycket för en Obscura. Se bilaga 2.4.4 för utförligare beskrivning av sikten i brandgaslagret.

4.4 Situationen vid Arlövsgården

Enligt BBR 5.341 bör den fria bredden i utrymningsväg inte understiga 0,9 meter. Boverket (2004) rekommenderar i kapitel 5.8 att minsta fria passagemått för dörröppning i en utrymningsväg är 0,8 meter. Samtliga utrymningsvägar uppfyller dessa krav.

Ritningsunderlag finns i bilaga 1.

4.4.1 Smedjan

Plan 1

Utrymning från boenderum sker genom korridor och ut i det fria via trapphus, som utgör utrymningsväg, alternativt via egen altandörr ut i det fria. Genomlysta utrymnings skyltar finns i tillfredsställande omfattning.

Plan 2

Utrymning från boenderum sker genom korridor och vidare genom trapphus, alternativt ner för trappa från korridor, som utgör utrymningsväg. Fönster i boenderum är förberedda för utrymning enligt BBR 5:312. Det kan dock ses som en mindre lämpad lösning eftersom de boende ej är i sådant skick att det kan anses genomförbart. Därmed bör inte utrymning ske genom fönster. I Boverket (2004) kapitel 5.2 rekommenderas att fönster inte används som utrymningsväg för lokaler som är särskilt utformade för personer med funktionshinder.

Plan 3

Utrymning sker via trapphus alternativt genom fönster med hjälp av räddningstjänst.

4.4.2 Segegården

Plan 1

Utrymning från boenderum sker via korridor till utrymningsväg som leder till det fria. Alternativt sker utrymning via egen altandörr och direkt ut i det fria. Utrymning från matsal sker antingen via passage genom korridor till utrymningsväg eller via altandörr och direkt ut i det fria. Genomlysta skyltar finns i tillfredsställande omfattning, men vissa skyltar saknar fungerande belysning.

Plan 2

Från matsalen samt de fyra närliggande boenderummen sker utrymning genom passage via trappa till utrymningsväg på plan 1. Möjlighet finns även till utrymning via fönster med hjälp av räddningstjänsten. Som nämns i 4.4.1 är ett fönster inte en tillfredsställande utrymningsväg för människor med rörelsehinder. Resterande elva boenderum utryms till det fria via balkong med utvändigt trappa ner till markplan. Alternativt via trapphus till plan 1 och vidare till utrymningsväg som mynnar i det fria. Utrymning är möjlig via passage genom den brandtekniskt avskilda tvättstugan.

5. Omedelbara åtgärder

I samband med besök vid Arlövsgården uppdagades en rad direkta brister i brandskydd och arbetsmiljö. Bristerna kräver inte någon vidare analys utan omfattas av omedelbara åtgärder enligt gällande föreskrifter.

5.1 Gemensamt

Dörrar i utrymningsvägar får, enligt BBR 5:342, inte vara låsta med nyckel om inte samtliga som vistas i lokalen har tillgång till nyckel. På Smedjan bär personalen nyckel till nödutgångarna. Vid ett av objektsbesöken visade det sig dock att all personal inte hade omedelbar tillgång till nyckel, dörrar kunde låsas upp först efter det att nycklar hämtats ur ett nyckelskåp. Samtliga låsta dörrar *skall* ersättas med trycke som går lätt att manövrera. Utformningen bör utgöras av plomberade trycken eller tvåhandstrycken där det ena är av konventionell typ och det andra är placerat cirka 0,6 meter över det andra och har omvänd vridningsriktning. Används elektrisk tryckknapp bör den vara tydligt placerad och tydligt uppmärkt med texten ”Nödöppning”. Det elektriska låset skall vara strömlöst öppet och även öppna vid brandlarm. Passagelarm med optisk och akustisk indikering är att föredra för att begränsa rymningsrisk. (Boverket, 2004)

Samtliga brandcells dörrar som saknar tröskel *bör* kontrolleras avseende funktion vid automatisk stängning. De dörrar som tar i golvet och fastnar *skall* åtgärdas. Vid objektsbesök uppdagades att brandcells dörr i förbindelsen mellan Segegården och intilliggande Solliden släpar i golvet vid stängning och inte stänger med automatik. Andra dörrar visade tendens till samma fel och bör kontrolleras.

Dörrar som ingår i brandcellsgräns *får inte* spärras med kilar eller liknande. Används dörren frekvent som passage *bör* dörren hållas upp med hjälp av elektromagnet kopplad till brandlarmsanläggning.

De skyltar som är del av vägledande markering, enligt BBR 5:351, *bör* kontrolleras. Belysning i genomlysta skyltar *skall* åtgärdas om den inte fungerar.

Utrymningsplaner *skall* uppfylla AFS 2000:47 § 91, både avseende antal, läsbarhet och information. I dagsläget finns endast en utrymningsplan för båda avdelningarna. Den är placerad i förbindelsegången mellan avdelningarna och är i ett skick som inte är att beteckna som läsbart. Dessutom är informationen som går att tyda inte uppdaterad.

Fastighetsägaren och verksamhetsinnehavaren *bör*, enligt BBR 2:41, se över sin dokumentation kring drift- och underhållsinstruktioner.

Under arbetet med riskvärderingen uppstod problem med att inhämta underlag från Burlövs kommun. Således *bör* Burlövs kommun se över sina rutiner för hantering av dokumentation och ritningsunderlag.

5.2 Smedjan

Nödutgångar i korridorerna på plan1, som hålls stängda med hjälp av elektromagnet, *skall* förses med tryckknapp med funktion och utformning enligt ovan.

Smedjan *bör* ta initiativ till att påbörja sitt systematiska brandskyddsarbete i samråd med fastighetsägare, Malmö brandkår och Burlövs kommun. Arbetet skall genomföras med stöd av

lagen om skydd mot olyckor kapitel 2, § 3 och i enlighet med föreskrifterna om skriftlig redogörelse för brandskyddet.

5.3 Segegården

Brandcellsgränser *skall*, i sin utformning enligt BBR 5:232, vara intakta enligt projekterat brandskydd.

- Dörren till pentryt på plan 1 *skall* återställas.
- Ovanstycket vid brandcellsörren i förbindelsegången mellan Segegården och Solliden *skall* utföras i motsvarande klass som dörren.
- Dörrarna i anslutning till trapphusen på plan 2 *skall* utföras i lägst klass EI 30-C, enligt BBR 5:6214.

Dörr i brandcellsgräns, som nämns under 5.1 ovan, *skall* åtgärdas så att den stänger med automatik.

De ventilationskanaler i boenderum 009-012 som enligt ritning saknar isolering *bör* kontrolleras med hänsyn till kraven på brandcellsgränserna. Se 3.3.3 för ytterligare information.

5.4 Räddningstjänsten

Det förekommer att de boende behandlas med syrgas i sina rum. Den varselmärkning som sker är att en varningsskylt sätts på den boendes dörr. I samband med en brand i anslutning till syrgasbehandling riskerar räddningstjänstens personal att inte bli varse syrgasflaskorna förrän de står vid dörren. Räddningstjänsten *bör*, i samråd med representanter från Arlövsgården, tillse att skyltning om syrgasflaskor även sker vid brandförvarstablån. Förslagsvis kombineras skyltningen med anslag om vilken avdelning och vilket rumsnummer som berörs av varningen, om det kan ske utan kränkning av den personliga integriteten.

6. Brandscenarier

Vid en bedömning av brandskyddet i en byggnad eller för en verksamhet är det en rad faktorer som skall beaktas. Genom att se till byggnadens utformning och användning kan brister upptäckas. Statistik kring tidigare bränder kan ge en fingervisning om troliga händelser. De scenarier som slutligen väljs ska belysa förmodade begränsningar i brandskyddet. Varje scenario bör dessutom vara inom rimlighetens gränser. Istället för att enbart se till värsta tänkbara scenario i varje fall är det lämpligt att tänka i banor om värsta troliga scenario. I val av scenarier har även hänsyn tagits till tänkbar risk. Med risk avses kombinationen av sannolikhet och konsekvens. En liten, men vanligt förekommande, brand kan utgöra en lika stor risk som en omfattande, men osannolik, brand. De valda scenarierna har analyserats för att nå fram till en värdering om brandskyddet är tillfredsställande eller ej.

6.1 Statistik

Räddningsverket (1999-2003) sammanställer insatsrapporter från kommunal räddningstjänst. Underlaget bygger på räddningsledarens bedömning i anslutning till insatsen. Detta medför att statistiken i vissa fall blir missvisande genom att till exempel dödsfall som sker efter avslutad räddningsinsats ej berörs i insatsrapporten. Räddningsverket sammanställer även årligen statistik över bland annat dödsbränder. Räddningsverkets statistik finns även tillgänglig på deras hemsida (se kapitel 12.2).

6.1.1 Insatsstatistik

Malmö Brandkår för statistik över genomförda insatser. De som finns registrerade för Arlövsgården är från början av 2001 och framåt i tiden. Totalt finns 19 registrerade poster. 17 av larmen var automatiska brandlarm, varav 16 var orsakat av annat än brand. Således har Malmö Brandkår och räddningstjänsten i Burlöv ryckt ut till tre bränder vid Arlövsgården enligt insatsstatistiken.

6.1.2 Dödsfall i brand

De dödsfall som inträffar i samband med bränder i Sverige sammanställs av Räddningsverket (2003). Genom insatsrapporterna (Räddningsverket, 1999-2003) kan även en koppling till objektstyp göras.

År	Antal
1998	177
1999	110
2000	109
2001	137
2002	137
2003	134
Totalt	804

Tabell 1. Totalt antal omkomna i brand (Räddningsverket, 2003).

År	Antal
1998	4
1999	5
2000	1
2001	5
2002	3
2003	3
Totalt	21

Tabell 2. Omkomna i brand inom åldringsvård (Räddningsverket, 1999-2003).

Den officiella statistiken anger 804 döda i bränder mellan 1998 och 2003 (Räddningsverket, 2003). Insatsrapporteringen anger under samma period 567 omkomna (Räddningsverket, 1999-2003). Orsaken till att antalet varierar är att de som inte omkom i direkt samband med branden inte finns upptagna i insatsstatistiken. Av de 567 omkom 445 i byggnader under kategorin bostad. Hit räknas enskilt boende i.

- Flerbostadshus
- Villa
- Rad-, par- och kedjehus
- Fritidshus

Vid brand i byggnad förutom bostäder förolyckades under samma period 121 människor. Särskiljs tragedin i Göteborg 1998, där 63 ungdomar omkom, återstår 58 dödsfall. Av dem var 21 vid instanser för åldringsvård. Således står bränder inom åldringsvården för omkring en tredjedel av dödsbränderna utanför den enskilda bostaden.

6.1.3 Brandstiftare

I Räddningsverkets (1999-2003) sammanställning av insatsrapportering för perioden 1998 till 2003 finns nästan 68 000 poster om brand i byggnad. Av dem berör omkring 1 600 åldringsvården.

För att hitta statistik kring troliga brandstiftare är det lämpligt att se till objektskategorier som kan liknas med Arlövsgården. Undersöks bränder i bostad och det som benämns allmän byggnad uppgår antalet rapporterade insatser till närmre 50 000. Den procentuella fördelningen för troliga brandstiftare presenteras i anslutning till valda scenarion nedan.

6.2 Brandförlopp

Varje brandscenario kännetecknas av ett brandförlopp som beskriver hur branden utvecklar sig. Framför allt är det brandens effektutveckling som påverkar utfallet av scenariot. Effektkurvorna i valda scenarier baseras på försöksdata (Särdqvist, 1993) där denna är tillämpbar på scenariot. I övriga fall har approximativa effektkurvor tagits fram. De bygger på tillväxt i form av αt^2 där tillväxsfaktorn, α , valts med hänsyn till de material som brinner. Underlag har hämtats främst från SFPE (2002).

De approximerade brandförloppen omfattar ren tillväxt och ännu har ingen hänsyn tagits till förbrinntider. Förbrinntiden kan ses som den tid det tar från antändning till dess att effektutvecklingen ökar enligt vald tillväxt. Beroende på tändkällans storlek och bränslets egenskaper kan tiden variera kraftigt. Under förbrinntiden förekommer ofta rökalsstring i kombination med att det luktar bränt. Det kan dock vara svårt att lokalisera var källan finns.

Rökdetektorer kan aktiveras och lukten kan även göra att de som vistas i lokalen blir varse att något är på väg att hända och eventuellt inleda en utrymning eller ett försök att begränsa branden.

Samtliga effektkurvor är baserade på försök med fritt brinnande bränder och ingen hänsyn har tagits till rummets påverkan på effektutvecklingen. Programmet som används vid simulering tar hänsyn till detta och effektutvecklingen kommer att påverkas, främst av tillgången på förbränningsluft. En faktor som inte tas hänsyn till vid simulering är de ytskikt på väggar och tak som finns i brandrummet.

Till sist kan nämnas att i de fall effektutvecklingen har approximerats har det inte angetts någon avsvlningsfas (*eng decay*). Grunden till detta är avsikten att inte simulera en fullt utvecklad brand utan endast fram till dess att kritiska förhållanden uppstår, där branden ifråga varar under så lång tid.

6.3 Analys av scenario

Varje scenario leder till en bedömning av om det utgör en fara för personsäkerheten eller inte. Analysen av scenariot består i att, utifrån brandförlopp och yttre faktorer, bestämma hur lång tid det tar till kritiska förhållanden för utrymning uppstår. Tiden bestäms med hjälp av datorsimuleringar. Resultatet från simuleringarna jämförs med handberäkningar för att se hur väl de överensstämmer. Tiden till kritiska förhållanden skall jämföras med tiden det tar att utrymma byggnaden i de fall utrymning är nödvändig. Återigen används datorsimuleringar som jämförs med handberäkningar. Tiden för utrymning kan minskas genom utrymningslarmets funktion. Tid till detektion har både dator- och handberäknats.

6.3.1 Simuleringar

Brandförlopp

För att simulera brandförloppet har programmet CFAST använts. Programmet är en tvåzonsmodell som ger en bild av hur branden påverkar sin omgivning. Vid simuleringarna har fönsterrutor antagits spricka vid en brandgastemperatur på 300 °C. Samtliga oklassade dörrar förutsätts vara öppna. Utdata från programmet är bland annat brandgaslagrets höjd och temperaturen i brandgaslagret som funktion av tiden. En beskrivning av programmet och dess begränsningar finns i bilaga 2.1.

Utrymning

Den tid det tar att utrymma lokalerna i de olika scenarierna har beräknats med hjälp av ERM. Programmet är ett av få på marknaden som klarar av att simulera utrymning av vårdinrättningar. De personkategorier som programmet medger väljs med hänsyn till det verkliga hjälpbehovet. Vid simuleringarna anses samtliga boende behöva assistans av varierande grad. Ytterligare beskrivning av ERM finns i bilaga 2.2 samt bilaga 4.

Tid till detektion

Tiden till aktivering av brandlarmssystemet har beräknats med hjälp av programmet Detact-T2. En kortfattad beskrivning finns i bilaga 2.3.

6.3.2 Handberäkningar

Samtliga datorsimuleringar har jämförts med handberäkningar av motsvarande förlopp. Syftet är att styrka rimligheten i resultatet från simuleringarna. Samtliga använda datormodeller kräver förenklingar av scenariot vilket medför osäkerhet i resultatet. Handberäkningar ger en kontroll av rimligheten i resultatet av simuleringarna. En begränsning med valda handberäkningsmodeller är att de är framtagna för brandrummet och att de därmed inte berör intilliggande utrymmen. I de

fall huvudintresset för brandgasspridning finns i utrymmen utanför brandrummet saknar beräkningsmodellerna validitet. Däremot kan handberäkningen ge en uppfattning om hur väl simuleringen beskriver förloppet i brandrummet. Detta förlopp kommer att styra vidare brandgasspridning och tid till kritiska förhållanden. Metoderna för handberäkning beskrivs i bilaga 2.4.

6.3.3 Känslighetsanalys

I och med att både simuleringar och handberäkningar för med sig osäkerhet i resultatet görs känslighetsanalyser för varje scenario. Beroende på hur scenariot ser ut och hur det påverkar de som vistas i byggnaden anpassas de faktorer som ger störst påverkan på personsäkerheten. Generellt sett är det tillväxthastigheten som har störst avgörande på utfallet av branden, men även maximal effektutveckling kan spela in.

7. Smedjan 1: Brand i tvättstuga

7.1 Scenario

På bottenvåningen i Smedjan finns en tvättstuga. Den är inte brandtekniskt avskild från allrum, matrum och gemensamhetsutrymme. En brand kan få stor påverkan på dem som vistas i de gemensamma utrymmena. Som mest vistas där 14 boende och sju anställda.



Bild 2. Interiör i tvättstuga.

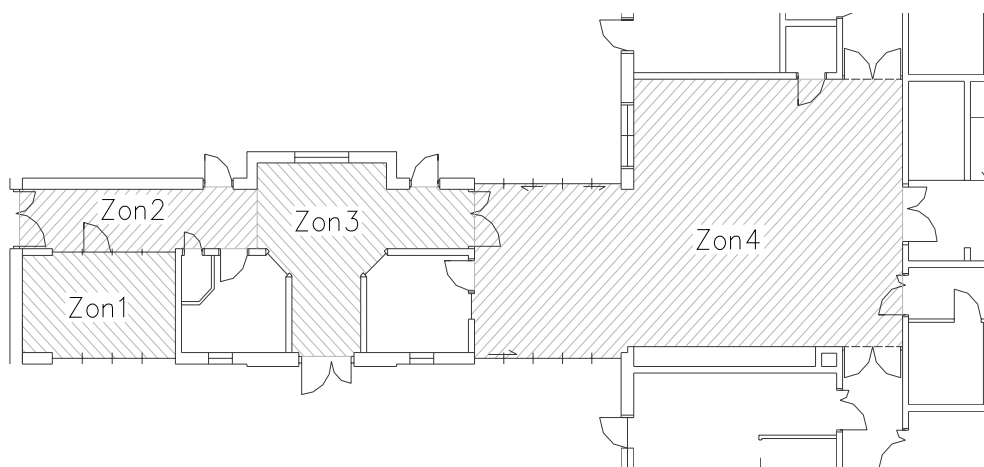


Bild 3. Översikt över tvättstugan (zon 1), förbindelsegång (zon 2 och 3) samt gemensamhetsutrymme (zon 4).

Problemet med bränder i torktumlare och tvättmaskiner orsakas till stor del på grund av den fuktiga luft de producerar. Fukten i luften angriper elektroniken i maskinen vilket på sikt kan orsaka överslag. Torktumlare är dessutom känsliga om stora mängder ludd får ansamlas i maskinen. Av bränder i bostad och allmän byggnad orsakas knappt 3 % av torktumlare eller tvättmaskiner (Räddningsverket, 1999-2003).

Startföremål: Torktumlare med torr tvätt.

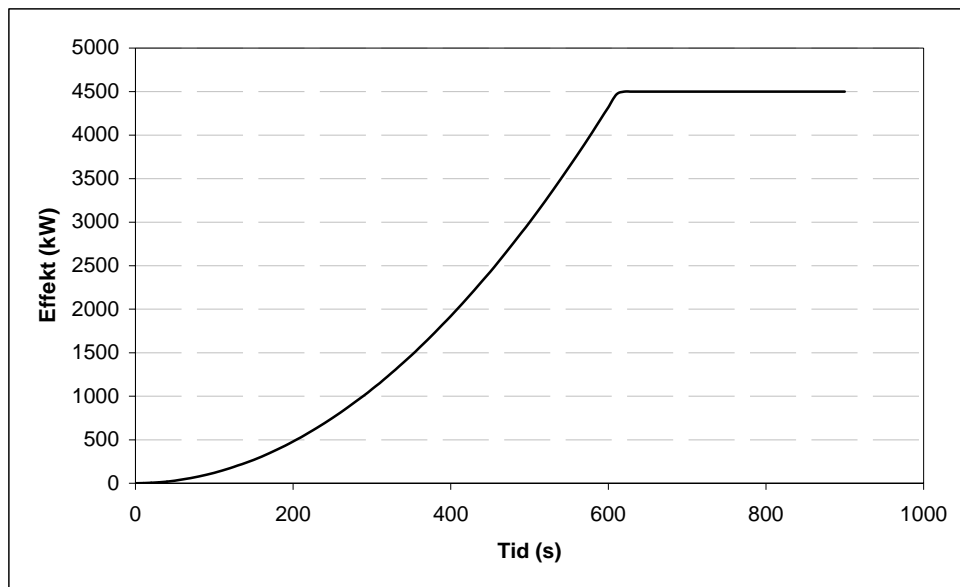
Tändkälla: Elektriskt överslag orsakat av damm eller tekniskt fel.

Risk för direkt brandspridning: Påtaglig till angränsande klädupplag.

Bränsle	Tillväxthastighet	Effekt	Källa
Torktumlare	0,012 kW/s ²	200 kW	Initial fires, Y1/20 TV
Kläder 18 kg	0,012 kW/s ²	4 300 kW	SFPE, kap 2.1 Rags

Tabell 3. Underlag till effektutveckling.

Då applicerbara mätdata för torktumlare saknas har annan elektronik med stort innehåll av plast beaktats. Kläderna antas brinna som olika trasor i en metallgarderob.

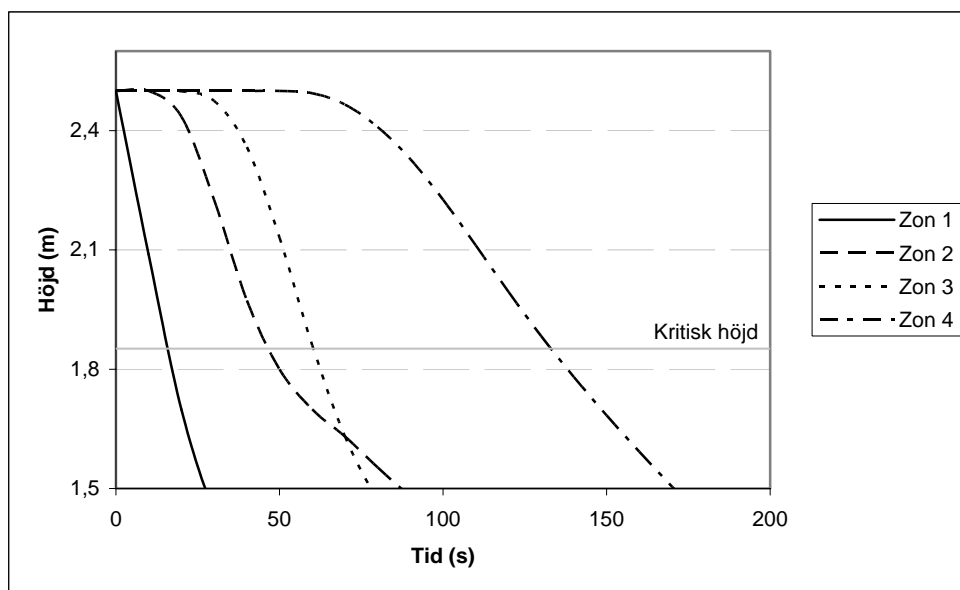


Figur 1. Effektutveckling för brand i tvättstugan.

7.2 Resultat

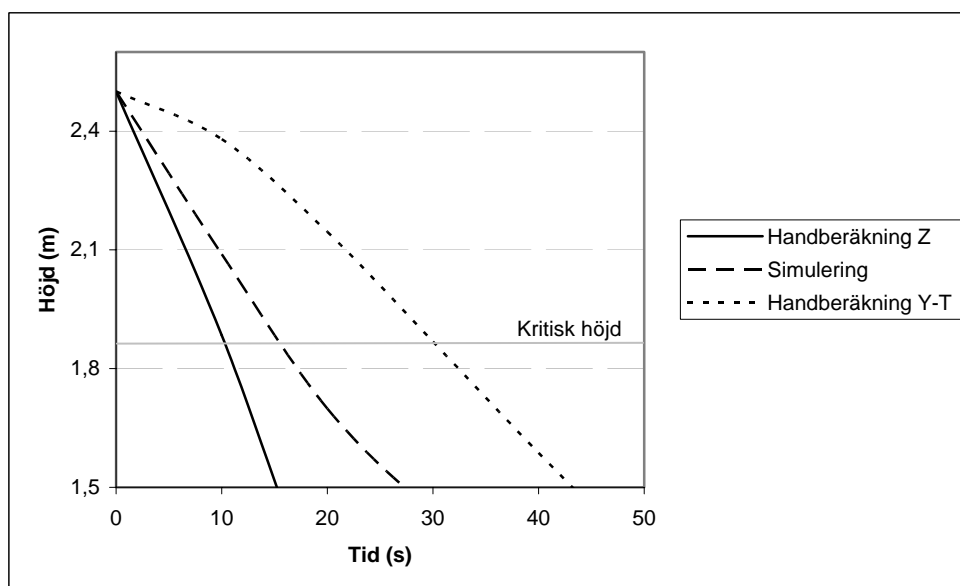
7.2.1 Brandgaslagrets höjd

Simulering visar att brandgaslagrets höjd når kritisk nivå, 1,85 meter, efter ungefär en minut i korridoren (zon 2 och 3) samt efter knappt 2,5 minuter i gemensamhetsutrymmet (zon 4). I tvättstugan, zon 1, kommer kritiska förhållanden nås efter kort tid, mindre än en halv minut.



Figur 2. Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden.

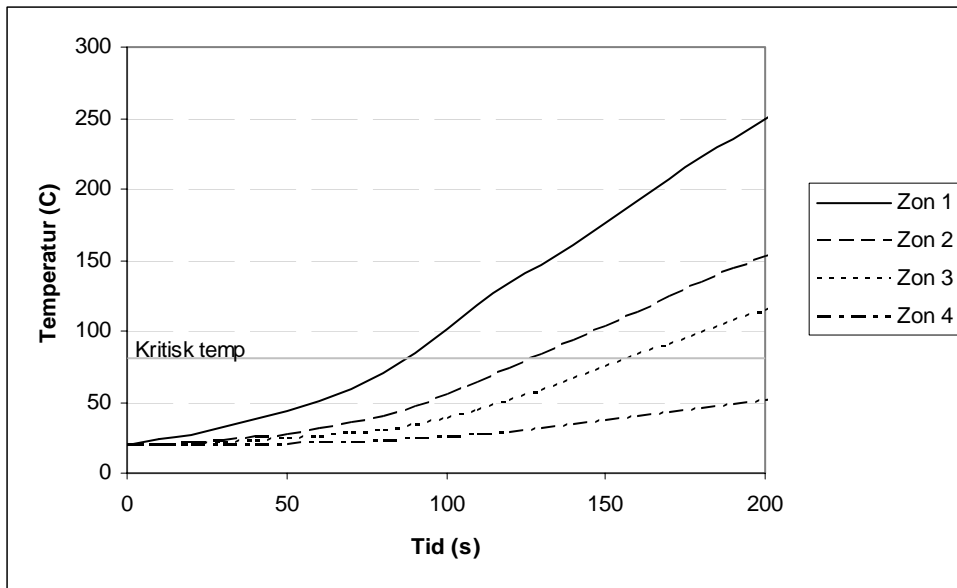
Brandgaslagrets höjd lämpar sig, i detta scenario, inte för en enkel handberäkning. Branden i tvättstugan ger exempel på en omfattande brand i ett relativt litet utrymme med betydande öppningar till omgivningen. Varken Zukoskis eller Yamana-Tanakas modell är således särskilt lämpad, i enlighet med bilaga 2.4.1. Den simulerade höjden ligger dock mellan de handberäknade under hela förloppet.



Figur 3. Brandgaslagrets höjd i tvättstugan (zon 1) som funktion av tiden.

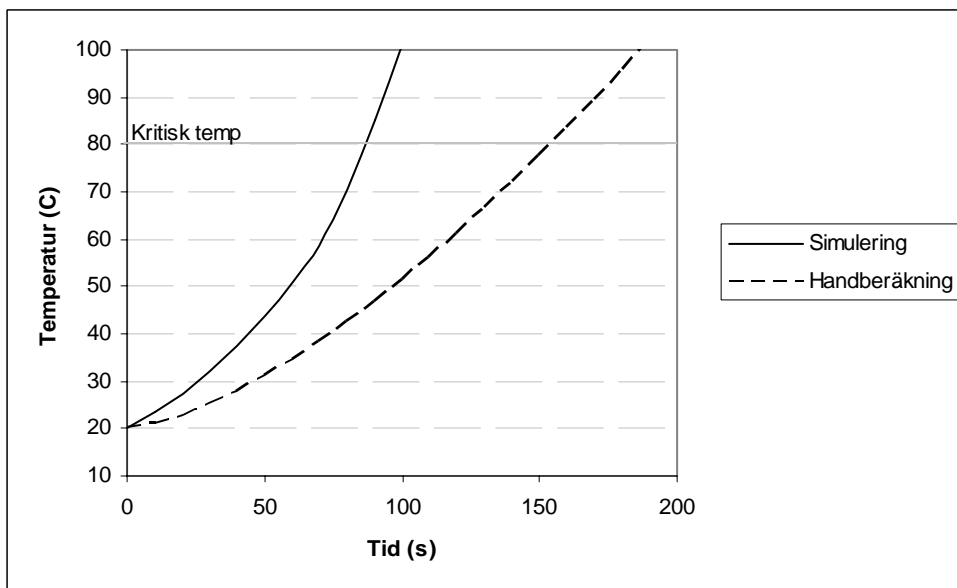
7.2.2 Temperaturen i brandgaslagret

Den högsta temperaturen i rummet finns i brandgaslagret. Simulering av temperaturen i brandgaslagret visar att temperaturen inte överskrider 80 °C innan dess att höjden på brandgaserna når en kritisk nivå. Därmed kommer inte kritiska förhållanden att uppstå till följd av hög temperatur.



Figur 4. Temperaturen i brandgaslagret som funktion av tiden.

Temperaturen i brandgaslagret visar en viss samstämmighet mellan handberäkning och simulering. Dock ligger de handberäknade värdena tydligt under de simulerade under hela förloppet. Jämförelsen visar att brandgaslagret når 80 °C efter knappt 1,5 minuter för simuleringen mot drygt 2,5 minuter för handberäkningen.



Figur 5. Temperaturen i brandgaslagret som funktion av tiden i tvättstugan.

7.3.3. Värmestrålning

Vid tiden för kritiska förhållanden på grund av brandgaslagrets höjd emitteras följande strålning.

Zon	Tid (s)	Temperatur (K)	Strålning (W/m ²)
1	30	315	560
2	50	295	430
3	60	295	430
4	140	315	560

Tabell 4. Emitterad strålning för brandgaslagret.

I och med att emitterad strålning är lägre än gränsvärdet kommer infallande strålning också att vara det. Kritiska förhållanden på grund av strålning uppstår inte i någon zon innan dess att det sker på grund av brandgaslagrets höjd.

7.3.4 Tid till detektion

Tiden till detektion beräknas med Detact-T2 till omkring två minuter, se bilaga 5.1.

Handberäkning i samma situation tyder på detektion inom den första halvminuten. Den faktiska tiden till detektion bör uppgå till omkring en minut, men kan minska om detektion sker under förbrinntiden.

7.3.5 Utrymning

Vid detta scenario är det stor sannolikhet att personalen blir varse branden. Under förbrinntiden är det troligt att det luktar bränd plast. Under själva brandförloppet kommer personalen att ha en god möjlighet att upptäcka brandgaser som strömmar ut ur tvättstugan. Dessutom sker detektion tidigt i brandförloppet och eventuellt inom förbrinntiden. Varseblivningstiden understiger därmed en minut. Tiden för beslut och reaktion bör ligga omkring en minut (Frantzich, 2001). Förflyttningstiden för personal och boende beräknas enligt ERM till omkring en minut. Maximal gångsträcka till närmaste utrymningsväg understiger 30 meter. Total tid för utrymning blir således omkring tre minuter från det att branden påbörjas.

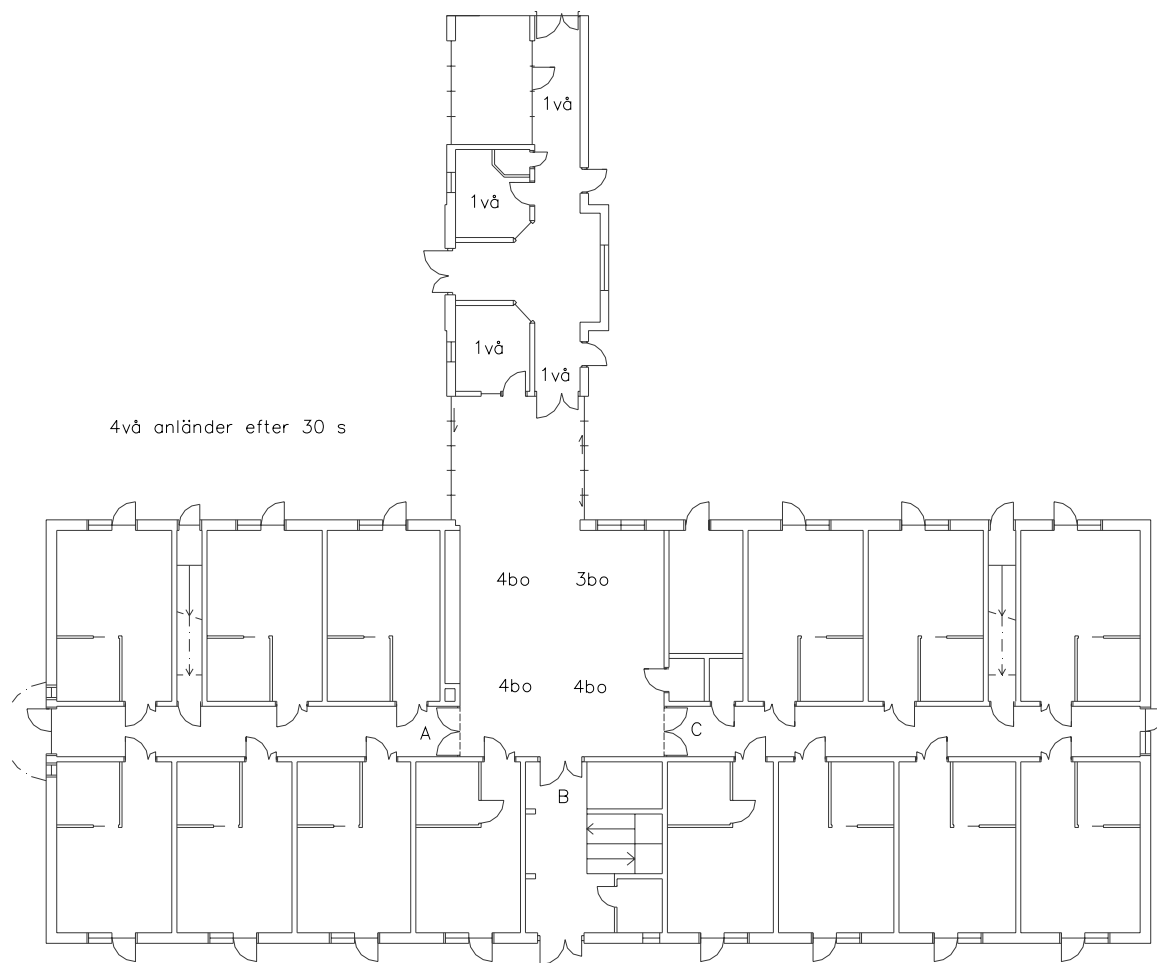
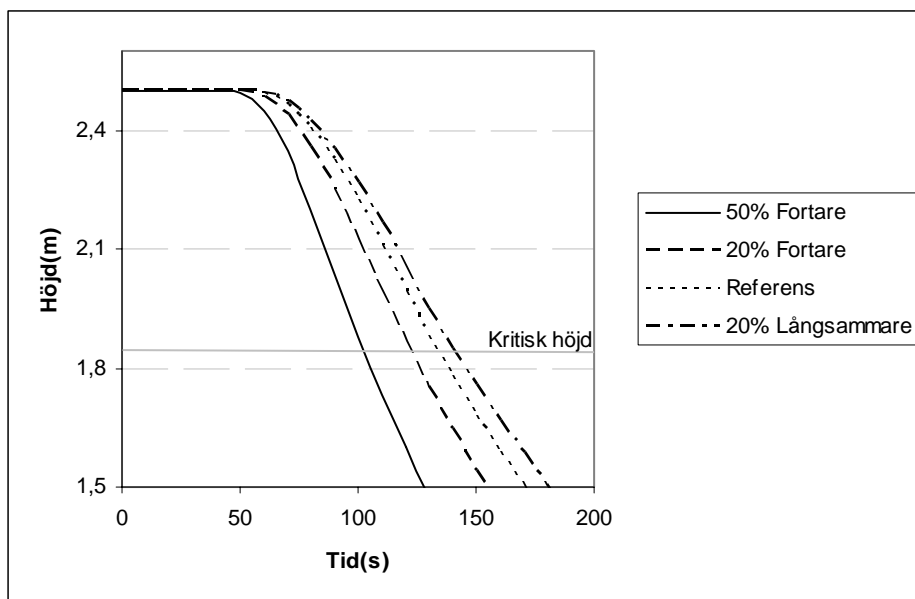


Bild 4. Utgångsläge för utrymning Smedjan, plan 1 under dagtid.

7.3.6 Känslighetsanalys

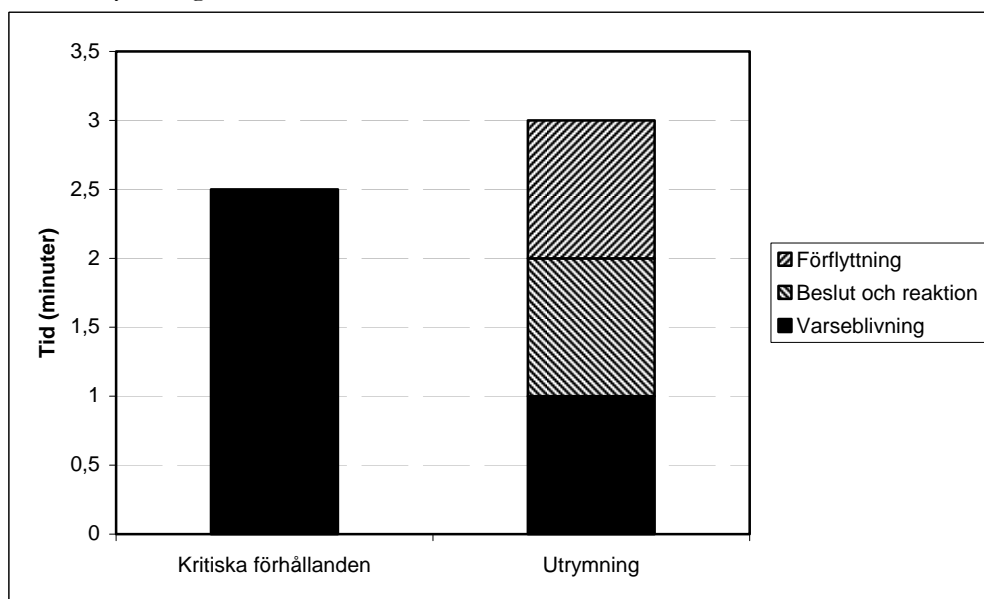
Genom att variera den tid det tar för branden att nå maximal effekt fås en uppfattning om hur känsligt resultatet är. Analysen visar att om tiden varierar med $\pm 20\%$ sker liten påverkan på resultatet. Om maximal effekt nås på halva referenstiden märks en skillnad i tiden till kritiska förhållanden. Denna tillväxt är dock inte trolig med hänsyn till bränslets beskaffenhet.



Figur 6. Brandgaslagrets höjd som funktion av tid och tillväxthastighet i gemensamhetsutrymmet (zon 4).

7.4 Slutsats

Analysen av scenariot visar att personal och boende kommer att utsättas för kritiska förhållanden under utrymningens slutskede.



Figur 7. Jämförelse mellan tid till kritiska förhållanden och tid för utrymning.

Om branden upptäckts inom förbrinntiden eller personalen är mycket resolut i sitt agerande att snarast möjligt utrymna samtliga ur gemensamhetsutrymmet kan dock en utrymning ske utan kritiska förhållanden. Det är dock svårt för personalen att göra släckförsök eftersom branden snabbt ger begränsad sikt i brandrummet.

7.5 Förslag på förbättring

För att säkerställa utrymningssäkerheten *skall* tvättstugan utföras som egen brandcell i brandtekniskt klass EI 60 alternativt *skall* gemensamhetsutrymmet brandtekniskt avskiljas från passage och kontor (gräns mellan zon 3 och 4).

8. Smedjan 2: Brand i boenderum

8.1 Scenario

En brand i boenderum på plan 1 medför en risk att brandgaser eventuellt kan spridas via ventilation vidare till angränsande boenderum.



Bild 5. Illustrerande bild av interiör i boenderum.

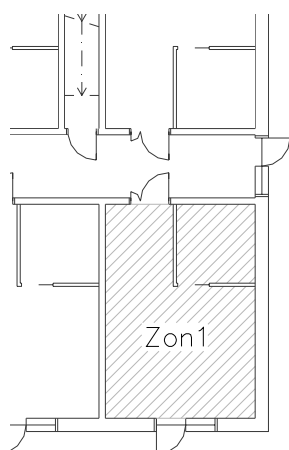


Bild 6. Översikt över boenderum.

Ett stort problem vad gäller bränder på äldreboende är rökning och hantering av öppen låga i till exempel ljusstakar och liknande. År 2002 omkom i Sverige nio människor i bränder vid särskilt boende för äldre. Sju av dödsfallen var orsakat av rökning, den åttonde var en man som försökte tända en ljusstake och för den nionde branden angavs ingen orsak (Räddningsverket, 2003). Vid Arlövsgården är rökning hänvisat till att ske utomhus och levande ljus får endast förekomma i gemensamma utrymmen. Trots detta finns en risk att reglerna bryts och att brand uppstår. Möblerna antas ej vara flamskyddade, eftersom boenderummen utgör egna bostäder där de boende själva bestämmer över möblemanget. Huvudsyftet med detta scenario är att undersöka om brandgasflödet kommer att sprida sig via ventilationen till intilliggande boenderum och eventuellt även till andra våningen. Inträffar detta kan scenariot utgöra en betydande fara även för andra boende. Den boende i rummet har troligtvis små möjligheter att klara sig oskadd om inte branden upptäckts tidigt eller den boende har en god rörelseförmåga. Av bränder i bostad och

allmän byggnad orsakas omkring 7,5 % av levande ljus eller rökning (Räddningsverket 1999-2003).

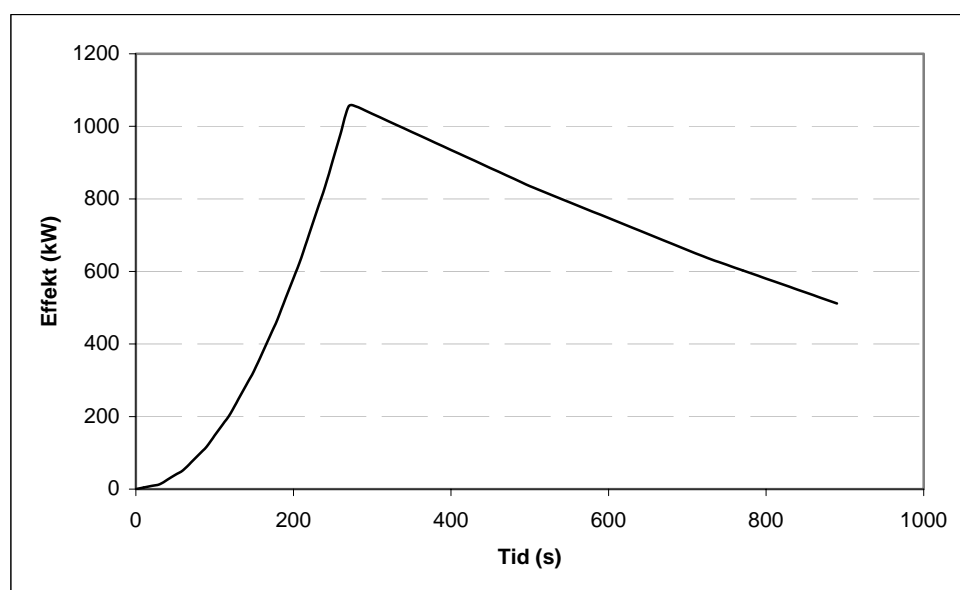
Startföremål: Tvåsitssoffa

Tändkälla: Stearinljus eller glödande cigarett.

Risk för direkt brandspridning: Liten risk.

Bränsle	Tillväxthastighet	Energitillgång	Källa
Soffa	0,015 kW/s ²	600 MJ	Initial fires, Y5.4/23

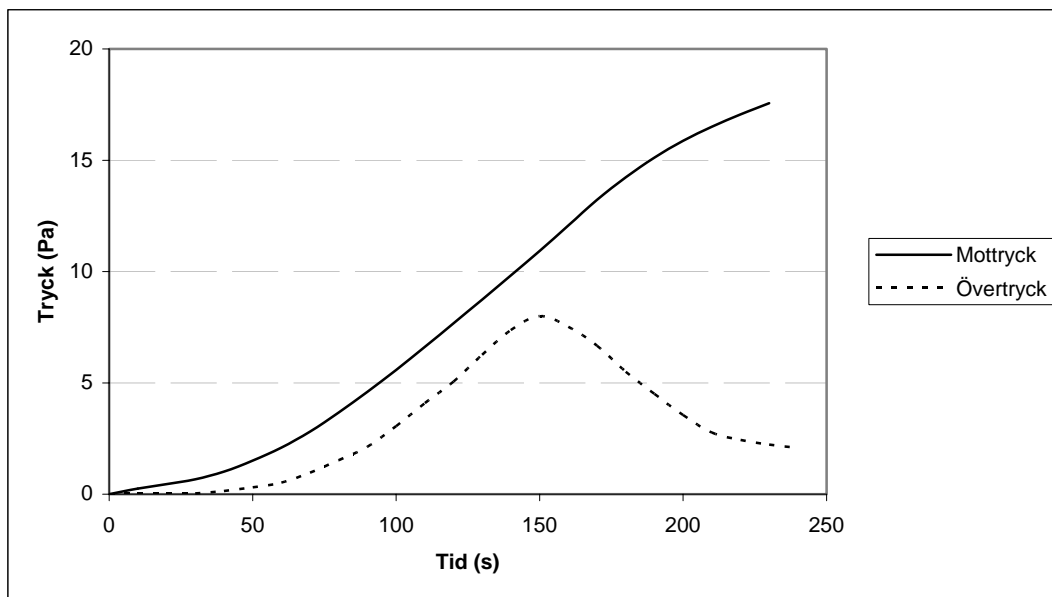
Tabell 5. Underlag till effektutveckling.



Figur 8. Effektutveckling för brand i boenderum.

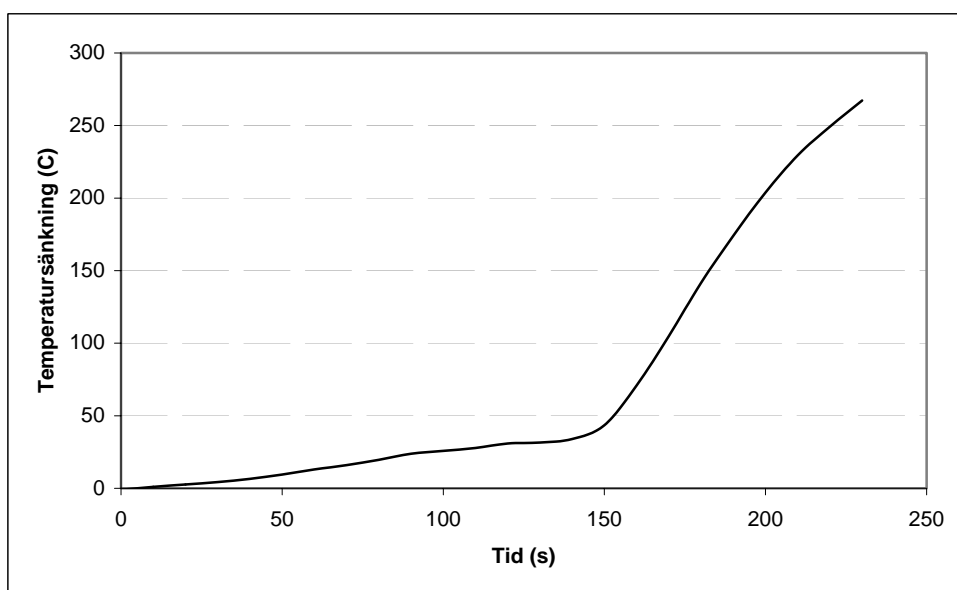
8.2 Resultat

Vid simulering av branden i boenderummet antas inget flöde ut genom fasaden. Syftet med detta är att konservativt bedöma flödet i ventilationssystemet. Trycket i rummet kommer att öka till dess att fönsterrutorna ger vika vilket sker efter omkring 4 minuter. Efter det kommer trycket endast att öka obetydligt i rummet. Tryckuppbyggnaden i samlingslådan jämförs med mottrycket i angränsande kanal, enligt resonemanget i bilaga 2.4.5. I och med att det mothållande trycket hela tiden är högre än övertrycket kommer inga avsevärda mängder brandgaser att tränga ner i angränsande rum, även om ett visst läckage kan förekomma



Figur 9. Mottryck respektive övertryck som funktion av tiden.

Om brandgaserna kyls av under passagen till angränsande rum kommer de att ha en bättre förmåga att övervinna mottrycket. Figur 10 visar hur många grader brandgaserna måste kylas av för att förmås upphäva mottrycket.



Figur 10. Kritisk avsvälning av brandgaserna som funktion av tiden.

De antaganden som ligger till grund för beräkningsmetoden medför dock en redundans som innebär att den verkliga avsvälningen måste vara större än vad figur 10 visar för att mottrycket skall påverkas. Dessutom kommer en avsvälning att leda till ett minskat övertryck i samlingslådan och därmed ytterligare bidra till att göra ventilationslösningen säker.

8.3 Slutsats

Analysen visar på att risken för inträngande brandgaser i intilliggande boenderum via ventilationssystemet är liten. Nuvarande utformning av ventilationssystemet är tillfredsställande och inga åtgärder krävs.

9. Smedjan 3: Brand i gemensamhetsutrymme

9.1 Scenario

Brand i gemensamhetsutrymmet plan 2, som angränsar till två korridorer med boenderum. Branden kan påverka möjligheten att utrymma våningsplanet.

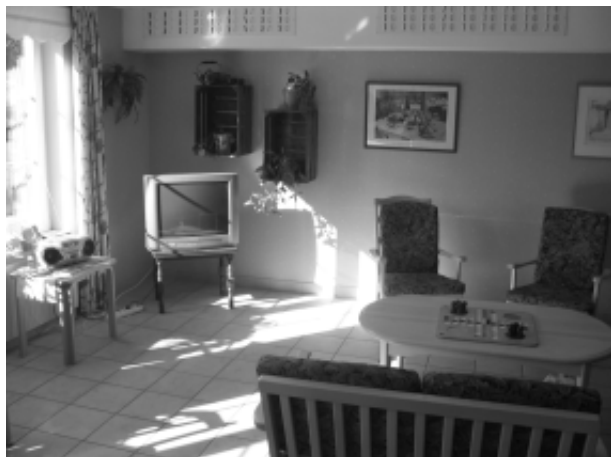


Bild 7: Interiör i gemensamhetsutrymme.

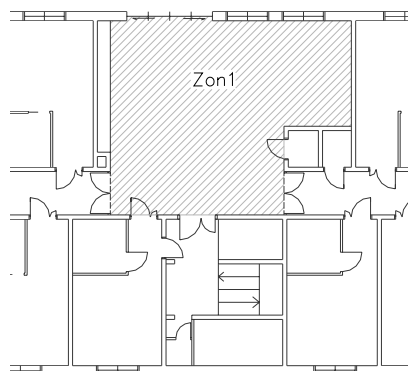


Bild 8: Översikt över gemensamhetsutrymme.

Den TV som finns i gemensamhetsutrymmet kan tänkas antända på grund av ett elektriskt överslag. Ett annat problem som är tänkbart är att ett värmeljus placeras direkt på höljet och därigenom antänder TV:n. Av bränder i bostad och allmän byggnad orsakas knappt 2 % av TV-apparater och 4 % orsakas av levande ljus (Räddningsverket 1999-2003).

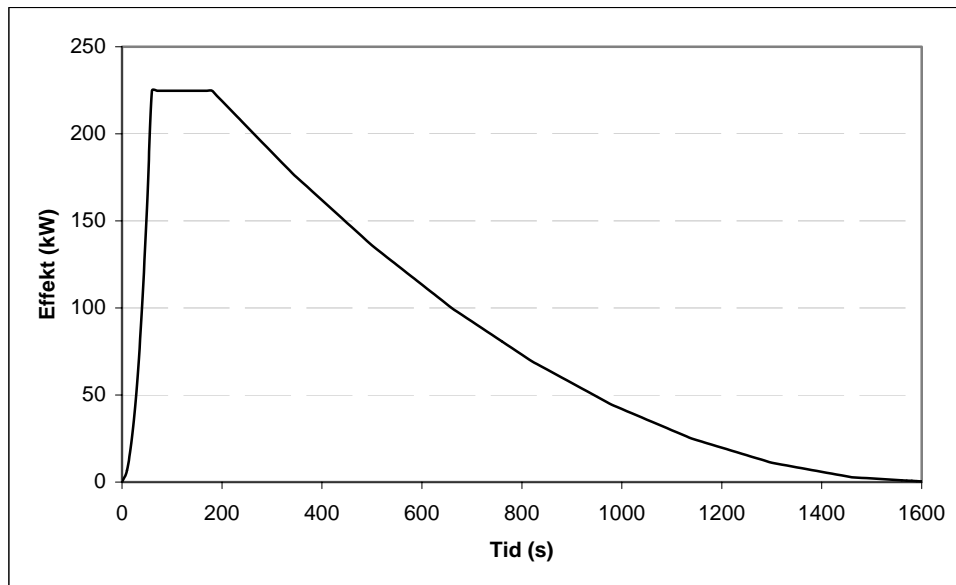
Startföremål: TV

Tändkälla: Elektriskt överslag alternativt värmeljus placerat direkt på höljet.

Risk för direkt brandspridning: Liten risk då angränsande möbler är flamskyddade.

Bränsle	Tillväxthastighet	Effekt	Energitillgång	Källa
TV	0,065 kW/s ²	225 kW	150 MJ	Initial fires, Y1/20

Tabell 6. Underlag till effektutveckling.

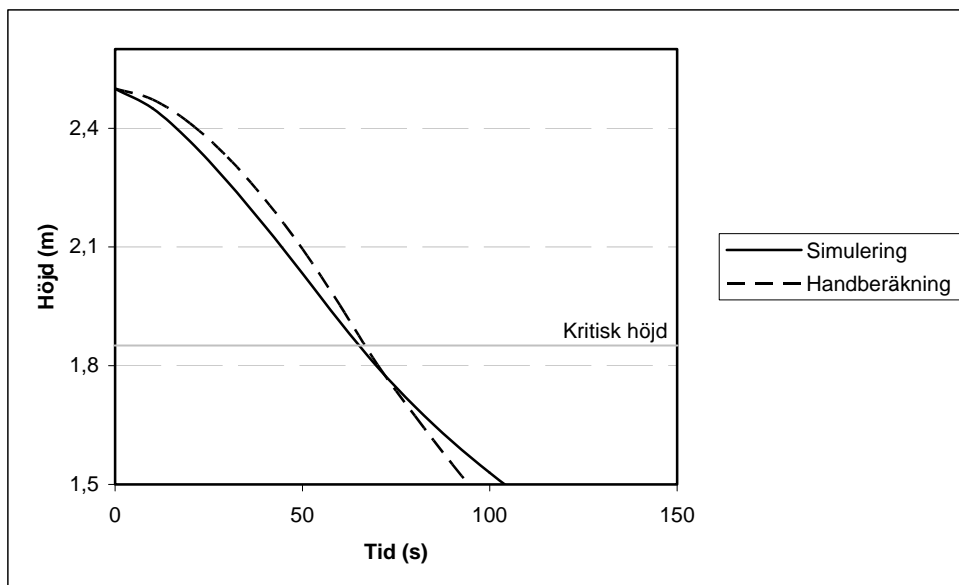


Figur 11. Effektutveckling för brand i gemensamhetsutrymmet.

9.2 Resultat

9.2.1 Brandgaslagrets höjd

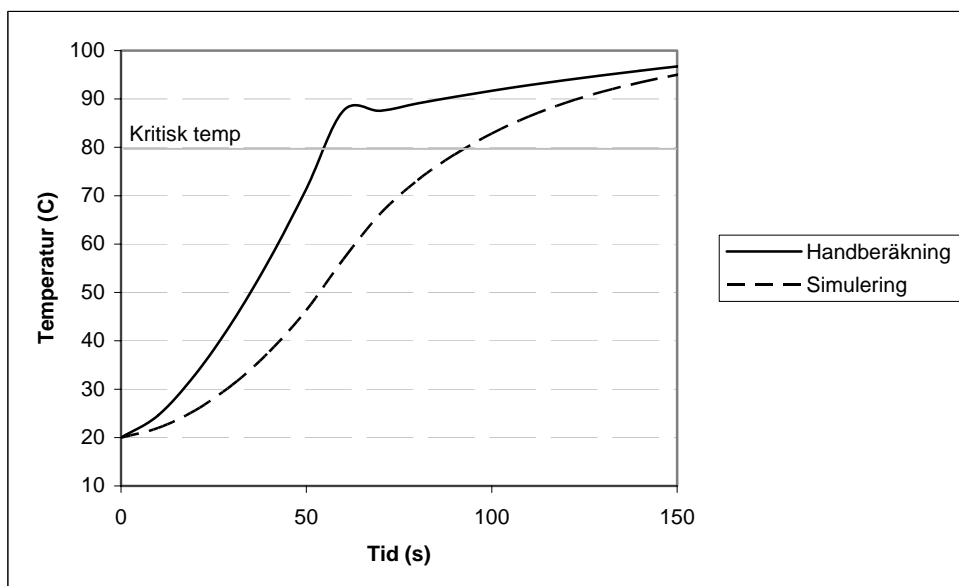
Både simuleringen och handberäkning ger en tid till dess att brandgaslagret når kritisk nivå för utrymning på en dryg minut. Scenariot beskriver ett brandförlopp där effektutvecklingen är tämligen liten i förhållande till rummets volym. Härvid är Yamana-Tanakas modell för brandgaslagrets höjd lämplig som handberäkningsmodell, enligt resonemang i bilaga 2.4.1.



Figur 12. Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden.

9.2.2 Temperaturen i brandgaslagret

Simuleringen visar att kritisk temperatur för utrymning nås strax efter att brandgaslagrets höjd försvårar sikten. Handberäkningen ger temperaturen 80 °C efter en knapp minut vilket skulle innebära ytterligare förkortad tillgänglig tid för utrymning.



Figur 13. Temperaturen i brandgaslagret som funktion av tiden i tvättstugan.

9.2.3 Värmestrålning

Vid tiden för kritiska förhållanden på grund av brandgaslagrets höjd emitteras följande strålning

Zon	Tid (s)	Temperatur (K)	Strålning (W/m ²)
1	70	345	800

Tabell 7. Emitterad strålning för brandgaslagret.

I och med att emitterad strålning är lägre än gränsvärdet kommer infallande strålning också att vara det. Kritiska förhållanden på grund av brandgaslagrets höjd inträder före värmestrålningen blir för hög.

9.2.4 Tid till detektion

Aktiveringstiden för brandlarmet blir enligt Detact-T2 (bilaga 5.2) cirka en minut medan handberäkning ger en tid på under en halv minut. Slutsatsen blir att detektion sker efter omkring en halv minut.

9.2.5 Utrymning

Om branden sker vid ett tillfälle då personalen inte finns i direkt närvaro av branden kommer de troligtvis att bli varse att något har skett genom utrymningslarmet. Med hänsyn till detektionstiden bör denna tid vara omkring en halv minut. Frantzich (2001) anger en kombinerad besluts- och reaktionstid på mellan två och tre minuter för den typ av larm som finns vid Arlövsgråden. ERM beräknar förflyttningstiden till minst två minuter dagtid och 5,5 minuter nattetid. Längsta gångsträcka till närmaste utrymningsväg understiger 30 meter. Total tid för utrymningen är således lägst 5 minuter dagtid och 8,5 minuter nattetid. Befinner sig personalen dessutom i personalutrymmet på plan 3 kommer de troligtvis att tvingas inleda utrymning genom att utifrån gå in via utrymningsvägarnas dörrar på markplan. Orsaken är att dörren som leder från trapphuset in till plan 2 kommer att vara oanvändbar efter mindre än två minuter på grund av brandgaslagrets höjd. Följden blir att tiden för utrymning kommer att öka ytterligare.

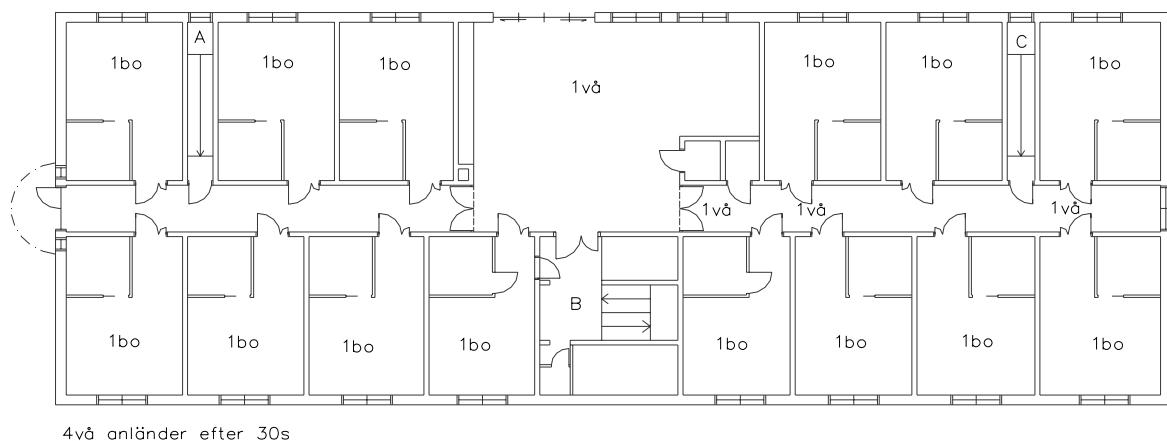


Bild 9. Utgångsläge för utrymning Smedjan, plan 2 under dagtid.

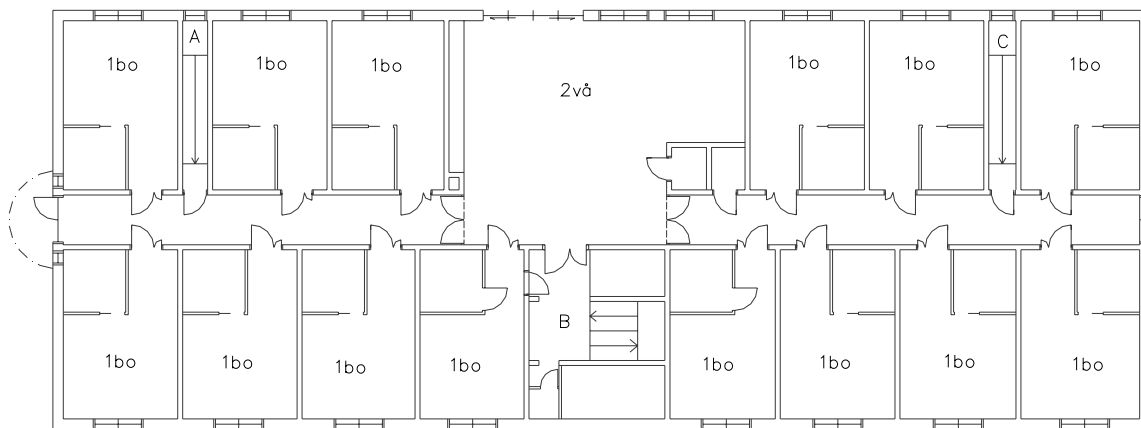


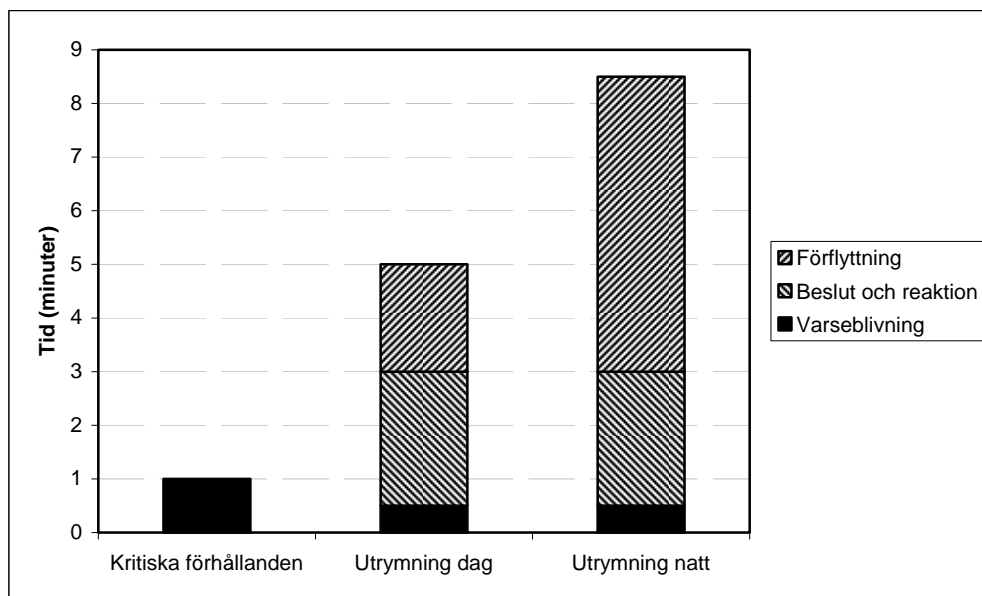
Bild 10. Utgångsläge för utrymning Smedjan, plan 2 under nattetid.

9.2.6 Känslighetsanalys

I fallet med branden i TV:n är det inte tillväxthastigheten som kan tänkas påverka utgången av scenariot utan snarare effektutvecklingen. Skulle branden sprida sig till intilliggande möblemang kan effektutvecklingen öka markant. Sett ur ett personsäkerhetsperspektiv ger en ökad toppeffekt dock ingen inverkan på tiden till kritiska förhållanden utan de kommer att uppstå efter samma tid oavsett maximal effekt. Tiden för brandspridning till intilliggande möblemang är troligtvis längre än tiden till kritiska förhållanden. Dessutom leder ett antagande om att branden sprider sig till möblemanget till en minskad sannolikhet för att det beskrivna scenariot kommer att inträffa minskar.

9.3 Slutsats

Analysen visar att även en brand med en liten effektutveckling kan ge svåra konsekvenser. Tiden till kritiska förhållanden är omkring en minut medan tiden för utrymning är minst fem minuter.



Figur 14. Jämförelse mellan tid till kritiska förhållanden och tid för utrymning.

Skulle någon med nedsatt förmåga att själv utrymma vistas i gemensamhetsutrymmet under brandförloppet finns en överhängande fara för dödliga konsekvenser. Vid besök på objektet var

det dessutom ett antal rullstolar ställda inom svängraden för en av de självstängande brandcellsörrarna. Dörren hade inte kunnat stänga vid ett eventuellt larm och därmed hade hela korridoren kunnat fyllas med brandgaser. Kompletterande simuleringar visar att kritiska förhållanden i korridoren uppstår efter omkring två minuter om dörren hålls öppen. Upptäcks branden tidigt finns en möjlighet att släcka branden med hjälp av de handbrandsläckare som finns i lokalen. Det ställer dock krav på förmåga att handha brandredskapen samt att personen som utför släckförsöket nogra överväger sin egen utsatthet i situationen. Sker utrymning efter det att kritiska förhållanden inträffat i gemensamhetsutrymmet har personalen endast tillträde till korridorerna via utrymningstrapporna från markplan. Utvändigt är dörrarna försedda med täckbricka för både cylinder och trycke.

9.4 Förslag på förbättring

Själva brandscenariot är svårt att kunna påverka. Genom att se till att det inte ansamlas damm i TV-apparater och annan elektronik samt att undvika att värmeljus placeras direkt på brännbara ytor kan riskerna minimeras. I övrigt krävs det att personalen har förståelse för vilka konsekvenser en brand i gemensamhetsutrymmet på plan 2 för med sig om personalen samtidigt uppehåller sig på plan 3.

Svängraden för självstängande dörrar *bör* märkas upp på golvet för att undvika att föremål placeras så att funktionen av dörren hindras.

Dörrar vid markplan i utrymningstrappor *bör* göras öppningsbara från utsidan för personal med nyckel.

10. Segegården: Brand i förbindelsegång

10.1 Scenario

Brand i pallar med papper och annat brännbart material som står i förbindelsegång till Smedjan på plan 1. Godsleverans sker en gång i veckan och godset ställs i korridoren i väntan på att bli inburet i intilliggande lagerutrymme. Branden kan påverka utrymningsmöjligheterna i en stor del av byggnaden.



Bild 11: Pallat gods i förbindelsegång.

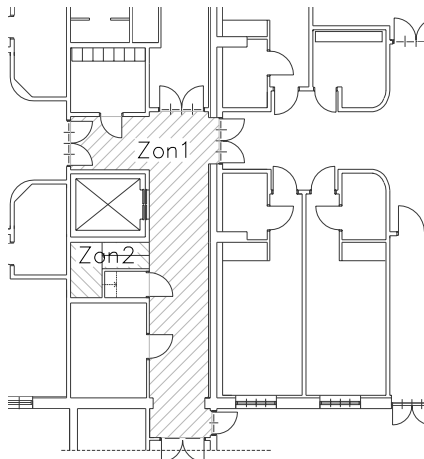


Bild 12. Översikt över förbindelsegång (zon 1) och trapphus (zon 2), plan 1.

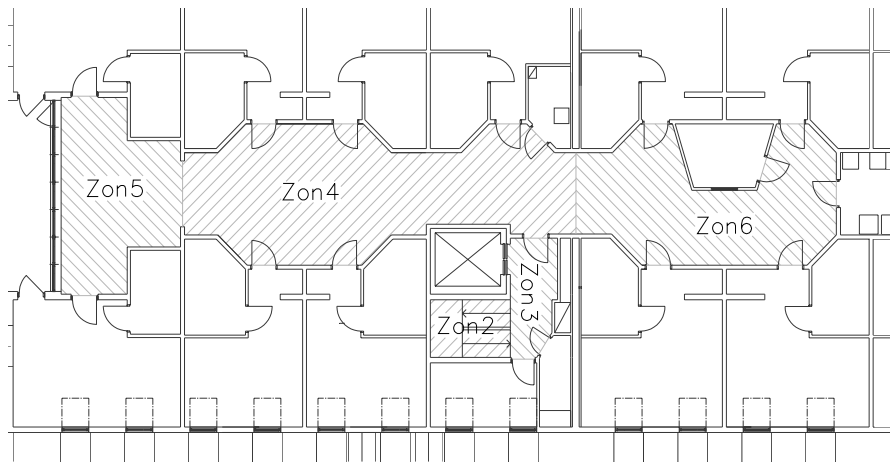


Bild 13. Översikt över trapphus (zon 2) och plan 2 (zon 3-6).

Antändning av materialet på pallarna kan tänkas ske genom kortslutning i ett vägguttag som blivit påkört av en handtruck i samband med leverans. Av bränder i bostad och allmän byggnad orsakas, enligt Räddningsverket, drygt 3 % av elinstallationer. Tanken på anlagd brand kan tyckas främmande, men får inte uteslutas. Lokalerna är låsta med kodlås, men knappsatserna är märkta med koden för att underlätta passage. Dessutom är hela komplexet tillgängligt utifrån via huvudentrén på Smedjan som är olåst. Således kan någon obehörig få tillträde till lokalerna. Omkring 11,5 % av bränderna i bostäder och allmänna byggnader är anlagda (Räddningsverket, 1999-2003).

Dörr mellan zon 3 och zon 4 är ej brandtekniskt klassad. Den del av byggnaden som kan påverkas av detta brandscenario blir därför stor.

I övre delen av trapphuset, zon 3, finns en glaskupol som är förberedd för brandgasventilering. På plan 2 finns 54 högt placerade fönster. De är försedda med elektromagnet som släpper vid brandlarm. Vid objektsbesök uppdagades att glaskupolen i trapphuset satts ur funktion genom att mekaniken häktats av. En närmare kontroll gav vid handen att samtliga 54 fönster numera är fastskruvade i karmen. Detta på grund av att personalen ansett att det var otympligt att behöva återställa dem efter larm.

Startföremål: Pall med plastemballerad kartong.

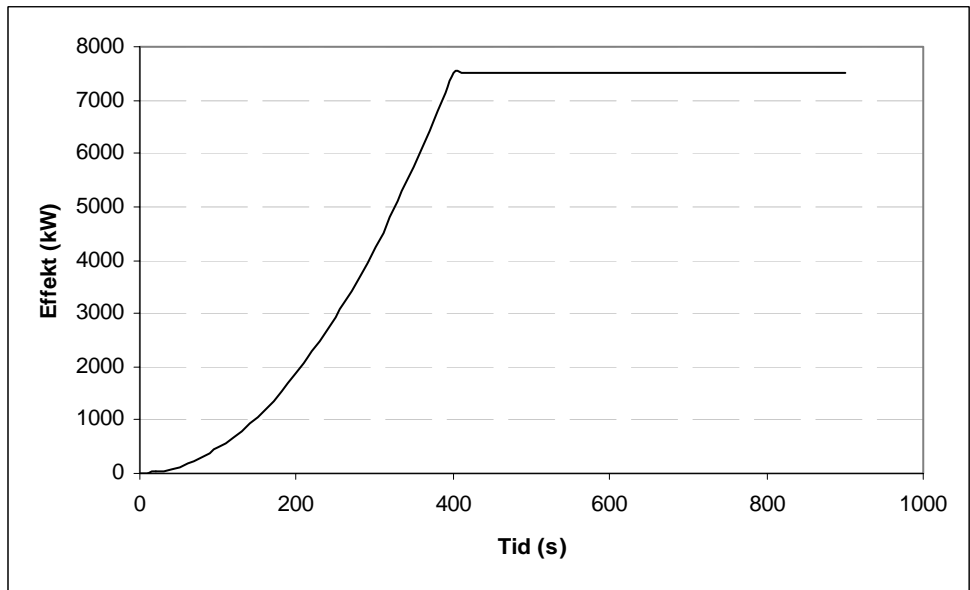
Tändkälla: Kortslutning i vägguttag orsakat av fysisk åverkan alternativt anlagd brand.

Risk för direkt brandspridning: Liten risk.

Bränsle	Tillväxthastighet	Effekt	Källa
Lastpallar	0,012 kW/s ²	2 100 kW	Karlsson, tab 3.6
Inkontinensskydd, 120 kg	0,047 kW/s ²	5 000 kW	SFPE, kap 2.1 pillows
Pappersservetter, 1 m ²	0,047 kW/s ²	400 kW	Karlsson, tab 3.06

Tabell 8. Underlag till effektutveckling.

Försök på inkontinensskydd saknas och effektutvecklingen har därför approximerats med kuddar med polyesterfyllning. Sett till sammansättning av materialen torde detta vara en rimlig approximation.

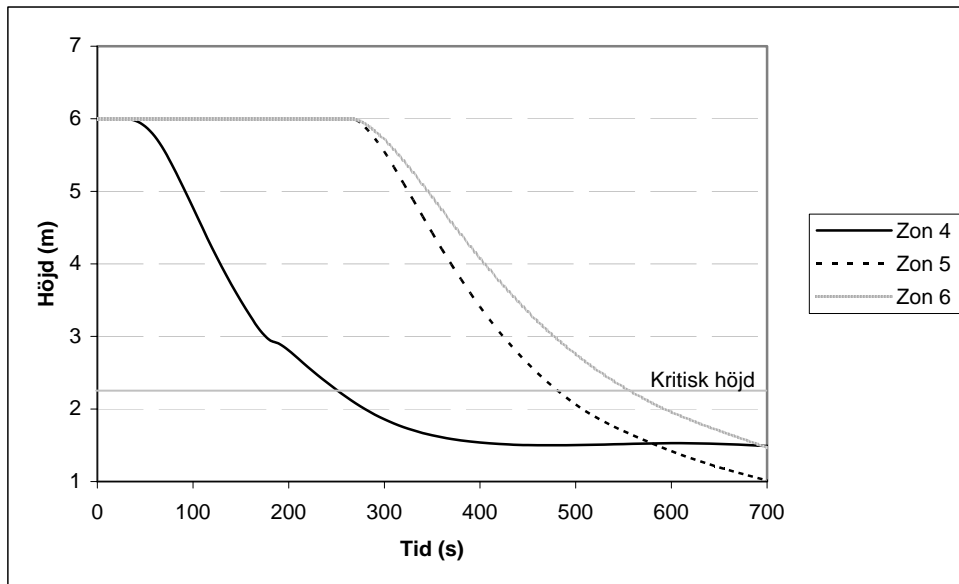


Figur 15. Effektutveckling för brand i förbindelsegången.

10.2 Resultat

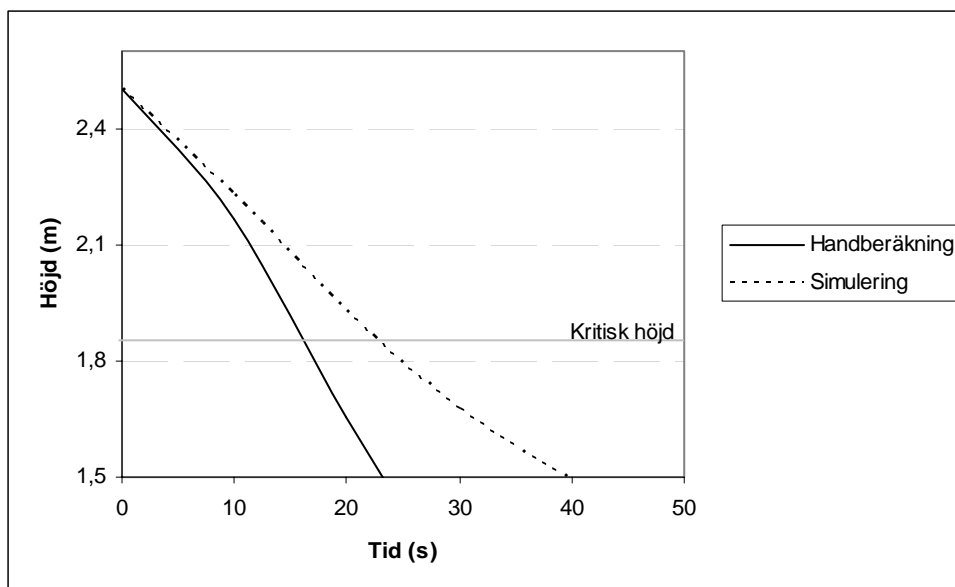
10.2.1 Brandgaslagrets höjd

Simuleringen visar att brandgaserna relativt snabbt kommer att börja fylla plan 2. I zon 4, som är den del av plan 2 som trapphuset mynnar i, uppstår kritiska förhållanden efter omkring fyra minuter. Brandgasfyllnad av ytorna i korridorens förlängning dröjer något och ger kritiska förhållanden efter omkring nio minuter.



Figur 16. Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden på plan 2 (zon 4,5,6).

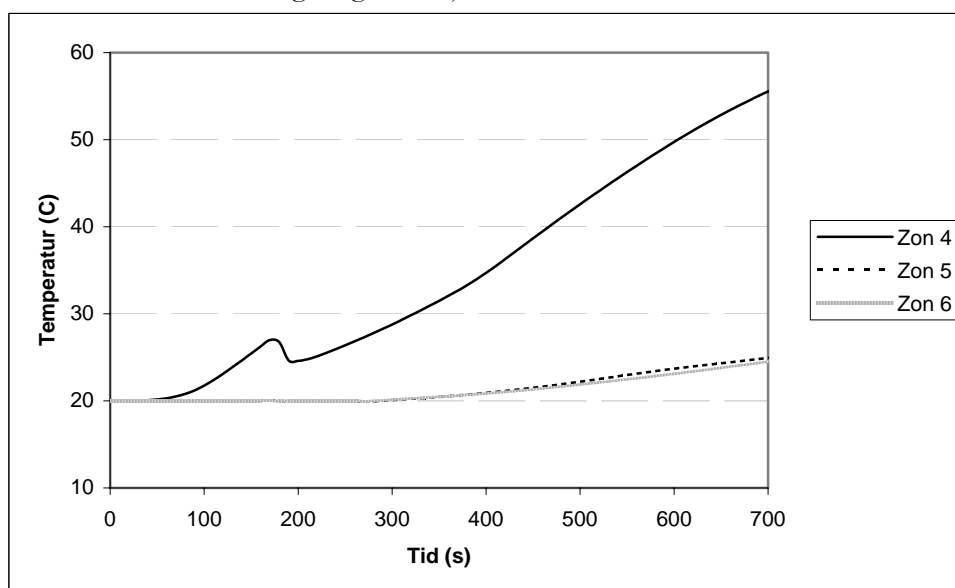
Handberäkningen av brandgaslagrets höjd är gjord med Zukoskis metod och visar tämligen god korrelation med simuleringen. Kritiska förhållanden i brandrummet (zon 1) uppstår efter mindre än en halv minut.



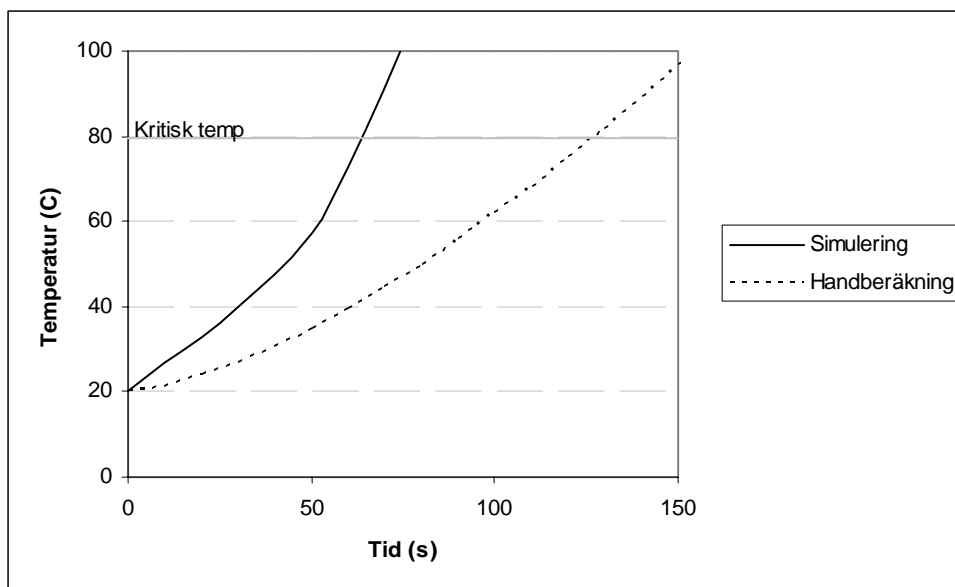
Figur 17. Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden i förbindelsegången (zon 1).

10.2.2 Temperaturen i brandgaslagret

Den högsta temperaturen i rummet finns i brandgaslagret. Temperaturen i brandgaslagret ökar tydligt i zon 4 på plan 2. Zon 5 och 6 ger dock en begränsad ökning i temperatur. Det är tveksamt om brandgaserna har tillräcklig termisk stigningskraft för att ansamlas under innertaket i zon 5 och 6. Kritiska förhållanden på grund av hög temperatur uppstår inte i någon zon innan dess att det orsakas av brandgaslagrets höjd.



Figur 18. Temperaturen i brandgaslagret som funktion av tiden på plan 2 (zon 4,5,6).



Figur 19. Temperaturen i brandgaslagret som funktion av tiden i förbindelsegången (zon 1).

10.2.3 Värmestrålning

Vid tiden för kritiska förhållanden på grund av brandgaslagrets höjd emitteras följande strålning

Zon	Tid (s)	Temperatur (K)	Strålning (W/m ²)
1	25	315	560
4	250	305	490
5, 6	550	300	460

Tabell 9. Emitterad strålning för brandgaslagret.

I och med att emitterad strålning är lägre än gränsvärdet kommer infallande strålning också att vara det. Kritiska förhållanden på grund av strålning uppstår inte i någon zon innan dess att det sker på grund av brandgaslagrets höjd.

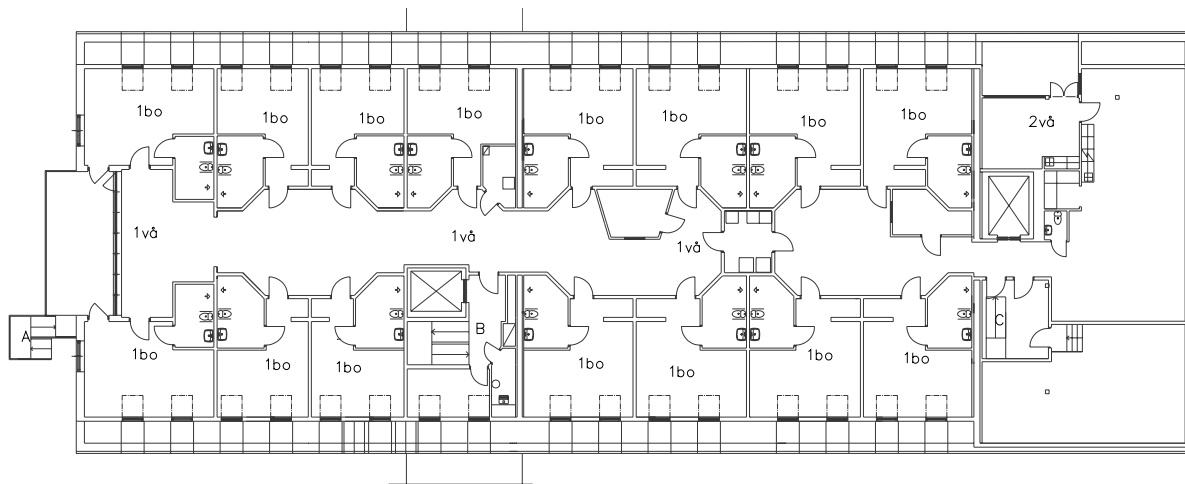
10.2.3 Tid till detektion

Tiden till detektoraktivering uppgår enligt simulering till drygt en minut (bilaga 5.3).

Handberäkning ger en tid på mellan 15 och 30 sekunder. Detektion kommer därmed troligen att ske inom en minut.

10.2.4 Utrymning

De som vistas på plan 1 av Segegården kan upptäcka branden visuellt. Med befintligt brandskydd befinner de sig i en annan brandcell än branden och bör därför kunna lämna byggnaden utan problem. Bristerna i brandskyddet upp till plan 2 enligt beskrivning ovan gör att de som vistas där är mer utsatta för brandpåverkan. De som vistas på plan 2 kommer troligen bli varse att det brinner via utrymningslarmet. Varseblivningstiden är omkring en minut. Tiden för beslut och reaktion blir, enligt Frantzich (2001), mellan två och tre minuter på plan 2. Tiden för förflyttning beräknas av ERM till lägst 3 minuter dagtid och sex minuter nattetid. Längsta gångsträcka till närmaste utrymningsväg uppgår till 33 meter. Den totala utrymningstiden blir därmed lägst 6,5 minuter dagtid och omkring 9,5 minuter nattetid.



5vå kommer efter 30 s

Bild 14. Utgångsläge för utrymning Segegården, plan 2 under dagtid.

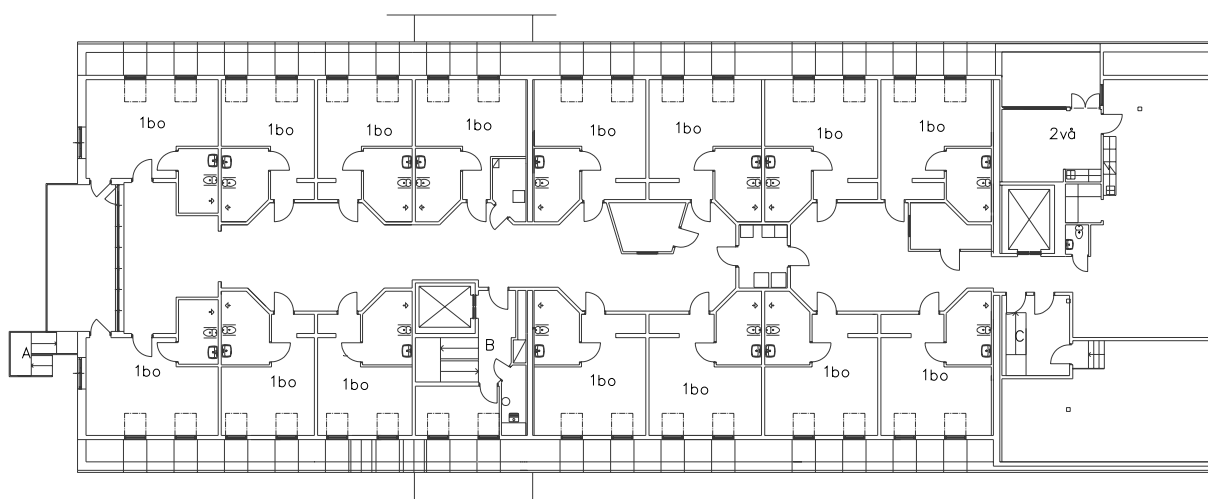
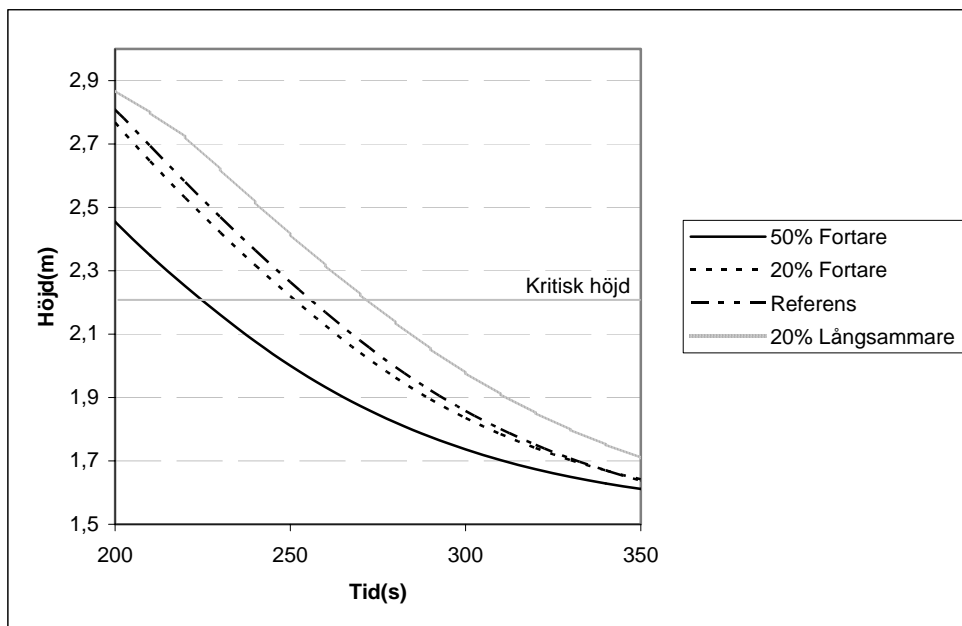


Bild 15. Utgångsläge för utrymning Segegården, plan 2 under nattetid.

10.2.5 Känslighetsanalys

Känsligheten i simuleringen analyseras genom att tiden till maximal effekt varierar. Om maximal effekt nås 20 % tidigare ses en viss avvikelse jämfört med det förväntade utfallet. Halveras tiden fås ytterligare påverkan, men tillväxten är inte rimlig med hänsyn till bränslet.

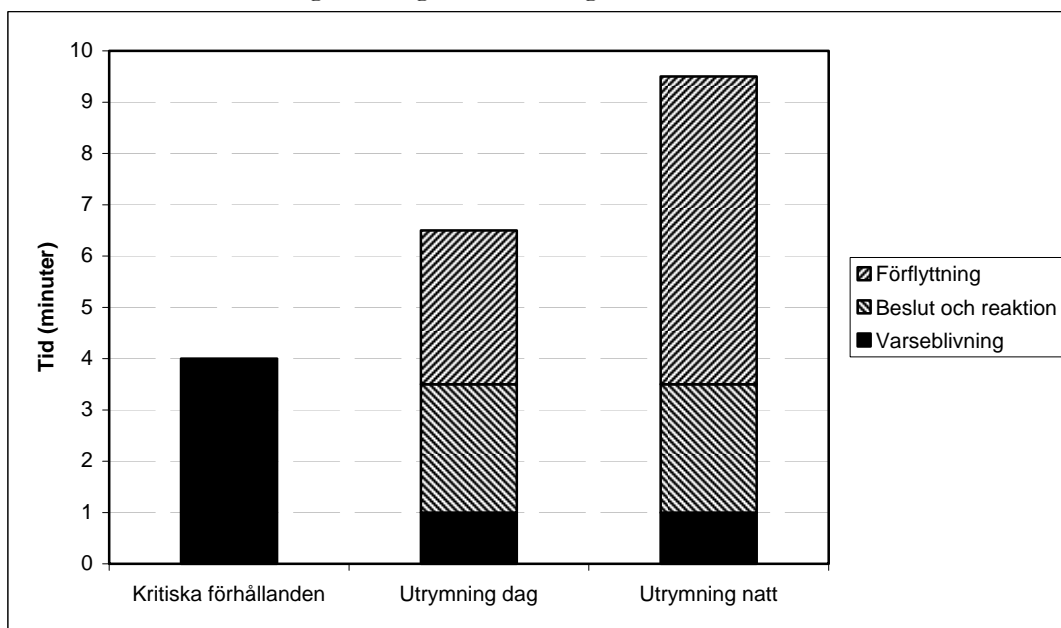


Figur 20. Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden och tillväxthastighet (zon 4).

Vad gäller brandgasernas termiska stigkraft kan utfallet påverka tiden till kritiska förhållanden. Sker en omblandning i hela rumsvolymen på plan 2 bör sikten i brandgaserna beaktas. Handberäkningar, enligt bilaga 2.4.4 och bilaga 6, visar att sikten kommer att understiga 10 meter efter omkring fyra minuter. Oavsett om skiktning eller omblandning sker kommer således kritiska förhållanden att inträffa vid ungefär samma tidpunkt.

10.3 Slutsats

Scenariot är mindre lämpat för simulering med tvåzonsmodell. Problematiken ligger främst i möjligheten att på ett pålitligt vis beskriva trapphusets geometri. Dessutom är volymen på zon 4-6 stor, vilket bidrar till begränsningar i tillförlitlighet.



Figur 21. Jämförelse mellan tid till kritiska förhållanden och tid för utrymning.

Simuleringar visar att kritiska förhållanden på plan 2 inträffar efter ungefär fyra minuter (zon 4). Frågan är dock om den temperaturskillnad som uppnås mellan brandgaserna och rumsluften på

plan 2 i korridorrens förlängning (zon 5 och 6) är tillräcklig för att åstadkomma en skiktning av brandgaserna. Risken finns att brandgaserna inte har tillräcklig termisk stigningskraft för ansamlas under innertaket utan att de istället kommer blandas med rumsluften. Följden blir att sikten blir försämrade tidigare än om en skiktning uppstår. Denna försämring kommer att ytterligare förvärra möjligheterna för en framgångsrik utrymning. Skillnaden i temperaturfördelning mellan zon 4 och zon 5/6 orsakas av att ytorna delas av skiljeväggar och därmed brandgasfylls olika fort.

10.4 Förslag på förbättring

Första åtgärden för att begränsa skadorna av scenariot är att återställa brandskyddet till projekterad nivå. Därmed *skall* dörrar i brandcellsgräns mellan trapphus och korridor på plan 2 uppfylla lägst klass EI 30-C.

Dessutom *bör* rådigheten i att sätta befintligt brandskydd ur funktion ifrågasättas. Följden av att brandgasventilationen på plan 2 har satts ur funktion kan bli att upp till tolv boende får avsevärt sämre möjligheter att utrymma vid en brand likt den i scenariot i förhållande till om brandgasventilationen varit i funktion. Luckan i trapphuset och fönstren i korridoren medverkar till att höja brandgaslagret och på så sätt förlänga tiden tills kritiska förhållanden inträder. Även om BBR inte uttryckligen kräver brandgasventilation på plan 2 är det ett tydligt exempel på hur problem i brandskyddet angrips på fel sätt. Istället för att begränsa arbetet som krävs efter ett onödigt larm bör åtgärder vidtas för att minska uppkomsten av onödiga larm.

Vidare *bör* det undvikas att varuleveranser blir stående i förbindelsegången. Efter leverans bör godset snarast förflyttas in i förrådet. Detta bör göras för att minimera konsekvenserna vid en brand i förbindelsegången. Personalen har en uttalad policy om att godset skall flyttas in i förrådet under samma dag som leveransen.

Verksamhetsledningen på Smedjan *bör* se över i vilken utsträckning lokalerna skall vara tillgängliga för allmänheten. Med dagens utformning finns det inget som hindrar någon från att ta sig in i lokalerna.

Med föreslagna åtgärder kommer utrymning att kunna genomföras innan dess att kritiska förhållanden uppstår, även om gångavstånd till närmaste utrymningsväg överstiger rådet på 30 meter.

11. Slutsats

Arlövsgården är en verksamhet som prioriterar sitt brandskydd. Ett exempel är de restriktioner för rökning och hanteringen av levande ljus som är införda. Genom detta kan en av de allvarligaste orsakerna till brand i äldreboende begränsas. Men trots att även en rad andra åtgärder har genomförts återstår en del brister. Den brandtekniska riskvärderingen av Arlovsgården har lett fram en rad förslag på åtgärder för att rätta till bristerna. Här presenteras de förslag som är resultatet av de scenarioanalyser som genomförts. De åtgärder som omfattas av omedelbara åtgärder finns upptagna i kapitel 5.

11.1 Gemensamt

Personalens agerande vid en utrymning kommer att påverka utfallet i hög grad. Genom att i förväg aktivt arbeta med planering av utrymning kan svårigheter förutses. Genom att vara medveten om hur och när brandskyddet fungerar kan tillgänglig tid för utrymning förlängas i förhållande till dagens förutsättningar. Arlovsgården *bör* därför aktivt arbeta med planer för utrymning och utbildning i brandskyddets funktion. Arbetet sker lämpligen med stöd av räddningstjänsten.

Dörrar som utgör utrymningsväg *bör* göras öppningsbara med nyckel från utsidan. Detta för att undvika att boende inte kan nå eftersom ordinarie tillträdesvägar inte är tillgängliga på grund av brandgasspridning.

Svängradien för de självstängande dörrar som ingår i brandcellsgräns *bör* märkas upp på golvet. Åtgärden görs i syfte att minska risken för att föremål placeras för nära dörren och därmed hindrar den från att stängas.

11.2 Smedjan

Tvättstugan på plan 1 av Smedjan *skall* utföras som egen brandcell i syfte att begränsa påverkan på dem som vistas i gemensamhetsutrymna vid en brand i utrymnet

Verksamhetsledningen *bör* se över i vilken utsträckning lokalerna skall vara tillgängliga för allmänheten.

11.3 Segegården

Dörrar i brandcellsgräns på plan 2 *skall* uppfylla klass EI 30-C.

De öppningar för brandgasventilering som har satts ur funktion *bör* återställas i syfte att underlätta utrymning av plan 2.

Verksamhetsledningen *bör* säkerställa att regelbundna större leveranser av gods snarast förflyttas in i avsett förråd.

11.4 Räddningstjänsten

Med hänsyn till förslaget om utbildning av personal i kapitel 11.1 *bör* Malmö Brandkår avsätta tid och resurser för att utbilda personalen i utrymning och brandskydd även om ansvaret ligger på verksamhetsinnehavaren.

12. Litteratur

12.1 Källförteckning

- Alvord, D.M. (1985), *Status Report on the Escape and Rescue Model and the Fire Emergency Evacuation Simulation for Multifamily Buildings*, NIST: Gaithersburg.
- Boverket (2002), *Boverkets Byggregler, BBR*, Boverket: Vällingby.
- Boverket (2004), *Utrymningsdimensionering*, Boverket: Kalmar.
- Drysdale, D. (2003), *An Introduction to Fire Dynamics*, Chichester: John Wiley & Sons.
- Frantzich, H. (2001), *Tid för utrymning vid brand*, Räddningsverket: Karlstad.
- Frantzich, H. (1998), *Uncertainty and Risk Analysis in Fire Safety Engineering*, LTH: Lund.
- Gojkovic, D. (2004), *Föreläsning tvåzonsmodellering 040910*, LTH: Lund.
- Karlsson, B., Quintiere, J. G. (2000), *Enclosure Fire Dynamics*, CRC Press: Boca Raton.
- Lundin, J. (2004), *Acceptabel risk vid dimensionering av utrymnings säkerhet*, LTH: Lund.
- NKB (1994), *Funktionsbestemte brandkrav og teknisk vejledning for beregningsmaessig eftervisning, NKB Utskotts- och arbetsrapporter 1994:07*, NKB: Helsingfors.
- Rasbash, D.J., Pratt, B.T. (1979), *Estimation of the Smoke Produced in Fires*, Fire Safety Journal: Lausanne.
- Räddningsverket (1999-2003), *Räddningstjänst i siffror 98/99/00/01/02*, Räddningsverket: Karlstad.
- Räddningsverket (2003), *Dödsbränder 2002*, Räddningsverket: Karlstad.
- SFPE (2002), *Handbook of Fire Protection Engineering*, National Fire Protection Association: Quincy.
- Särdqvist, S. (1993), *Initial Fires*, LTH: Lund.

12.2 Tillgängliga dokument på Internet

Samtliga länkar är kontrollerade 041127.

Förordningar

Plan- och byggförordningen (PBF)

<http://www.notisum.se/rnp/sls/fakta/a9870383.htm>

Förordningen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m (BVF)

<http://www.notisum.se/rnp/SLS/fakta/a9941215.htm>

Lagar

Lagen om skydd mot olyckor

<http://www.notisum.se/rnp/SLS/fakta/a0030778.htm>

Plan- och bygglagen (PBL)

<http://www.notisum.se/rnp/SLS/fakta/a9870010.htm>

Lagen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m. (BVL)

<http://www.notisum.se/rnp/SLS/fakta/a9940847.htm>

Arbetsmiljölagen

http://www.av.se/regler/arbetsmiljolagen/AML_lagtext_1_juli_2004.pdf

Föreskrifter

Boverkets Byggregler (BBR)

<http://www.boverket.se/novo/filelib/forfattningar/bbr/bbr2002/bbr2002fulltext.pdf>

Boverkets Konstruktionsregler (BKR)

<http://www.boverket.se/novo/filelib/forfattningar/bkr/nyftextavsn/bkr2003fulltext.pdf>

SRVFS 2003:10 Statens räddningsverks föreskrifter om skriftlig redogörelse för brandskyddet

http://www.srv.se/RSDoc/SRVFS_2003-10.pdf

AFS 1997:11 Varselmärkning och varselsignaler på arbetsplatser

http://www.av.se/regler/afs/ursprungs-afs/ursprungs-afs1997_11.pdf

AFS 2003:4 Systematiskt arbetsmiljöarbete (2001:01)

http://www.av.se/regler/afs/2001_01.pdf

AFS 2000:42 Arbetsplatsens utformning

http://www.av.se/regler/afs/2000_42.pdf

Allmänna råd

Boverkets allmänna råd om ändring i byggnad

<http://www.boverket.se/novo/filelib/arkiv11/publikationerfulltext/br04.pdf>

Rapporter

Boverkets rapporter

<http://www.boverket.se/cgi-bin2/release.cgi?page=70&lang=sv&art=>

Utrymningsdimensionering

<http://www.boverket.se/novo/filelib/arkiv11/publikationerfulltext/utrymningforwebb.pdf>

Räddningsverkets statistikdatabas

http://www.srv.se/templates/SRV_ExternalPage_1098.aspx

Bilaga 1. Ritningsunderlag

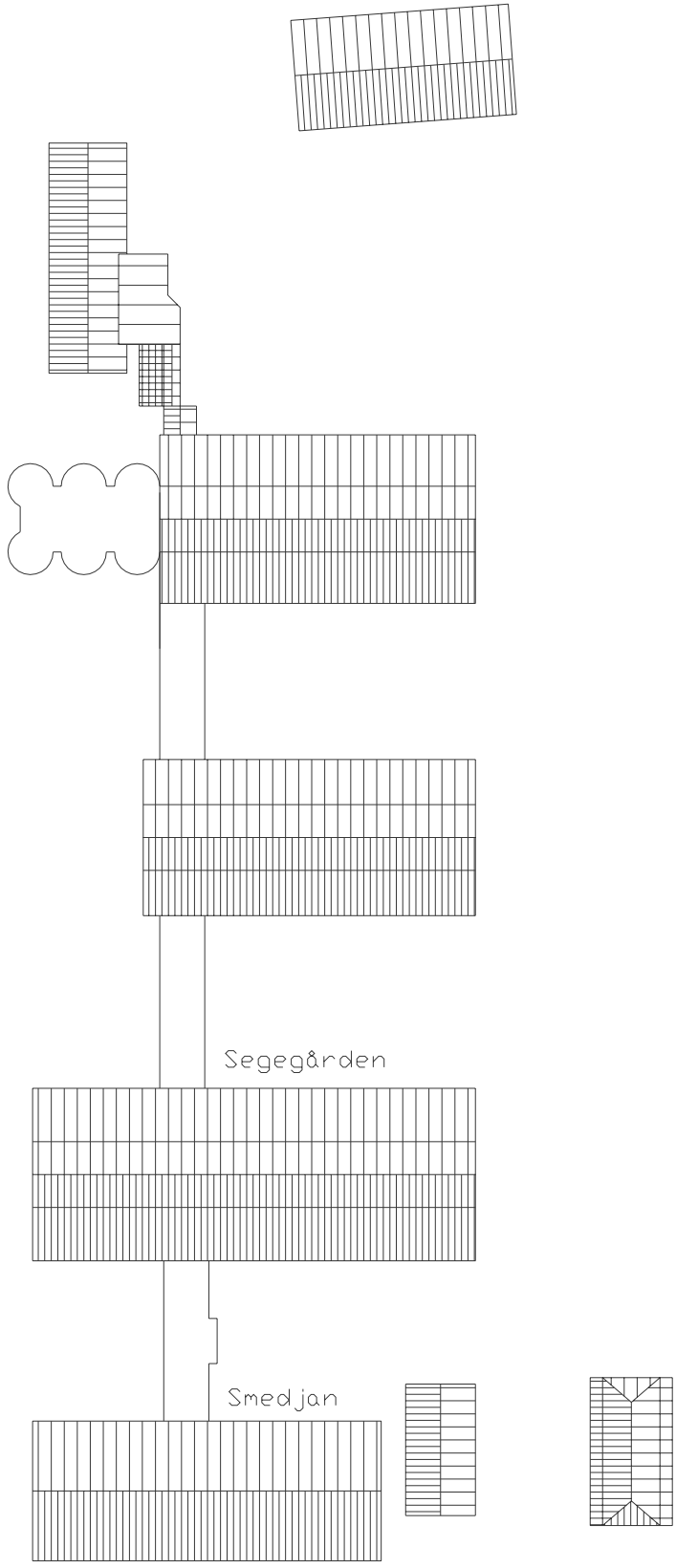


Bild 16. Översiktsbild över Arlövsgården.

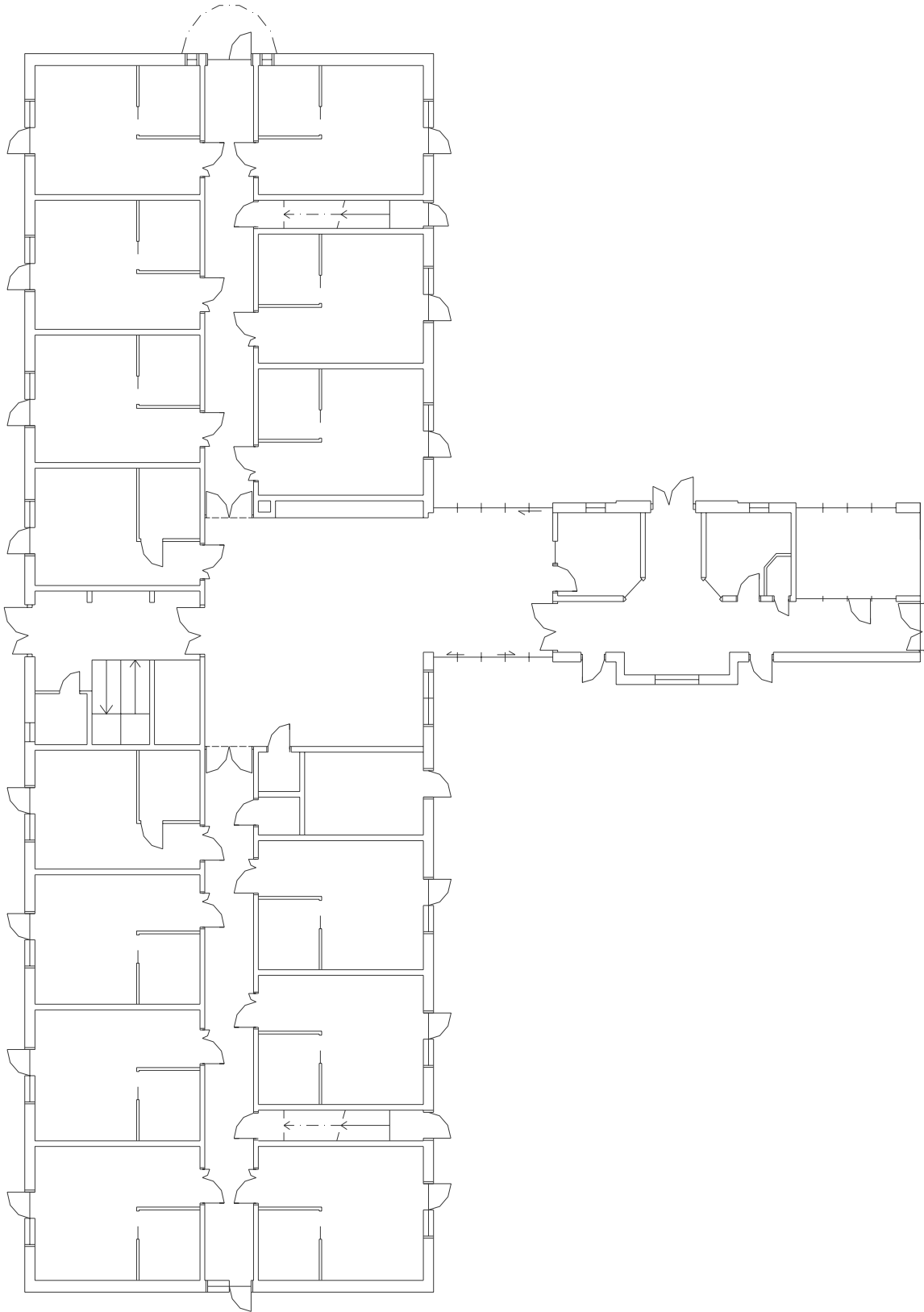


Bild 17. Smedjan, plan 1

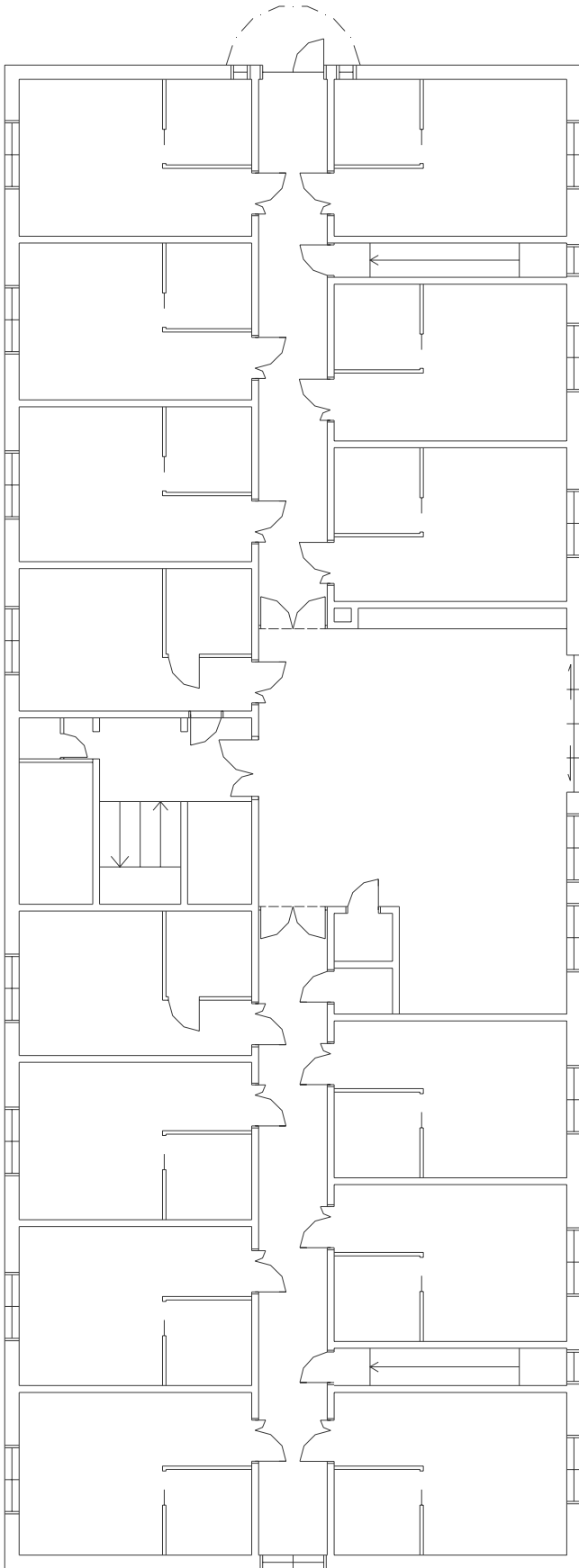


Bild 18. Smedjan, plan 2

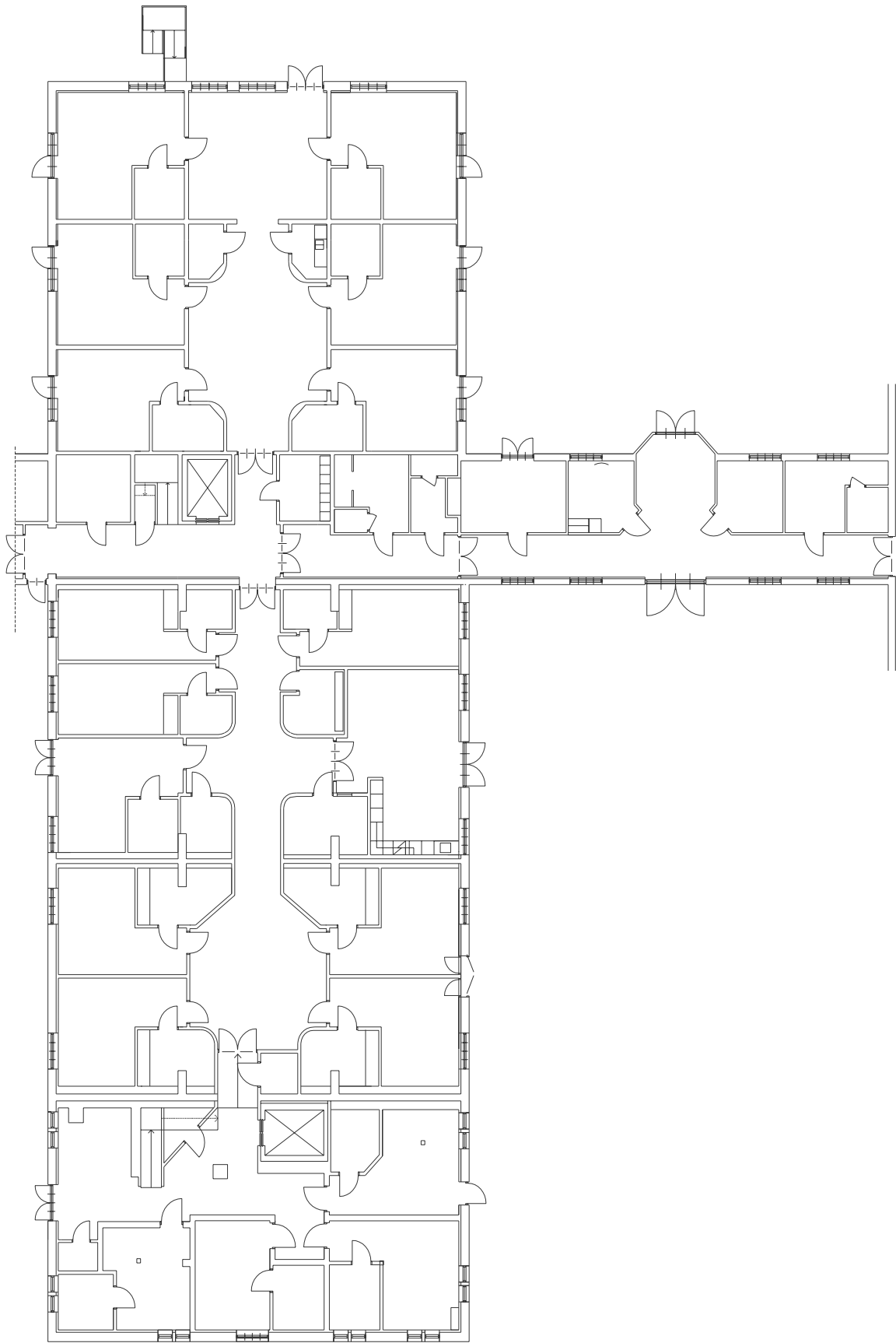


Bild 19. Segegården, plan 1

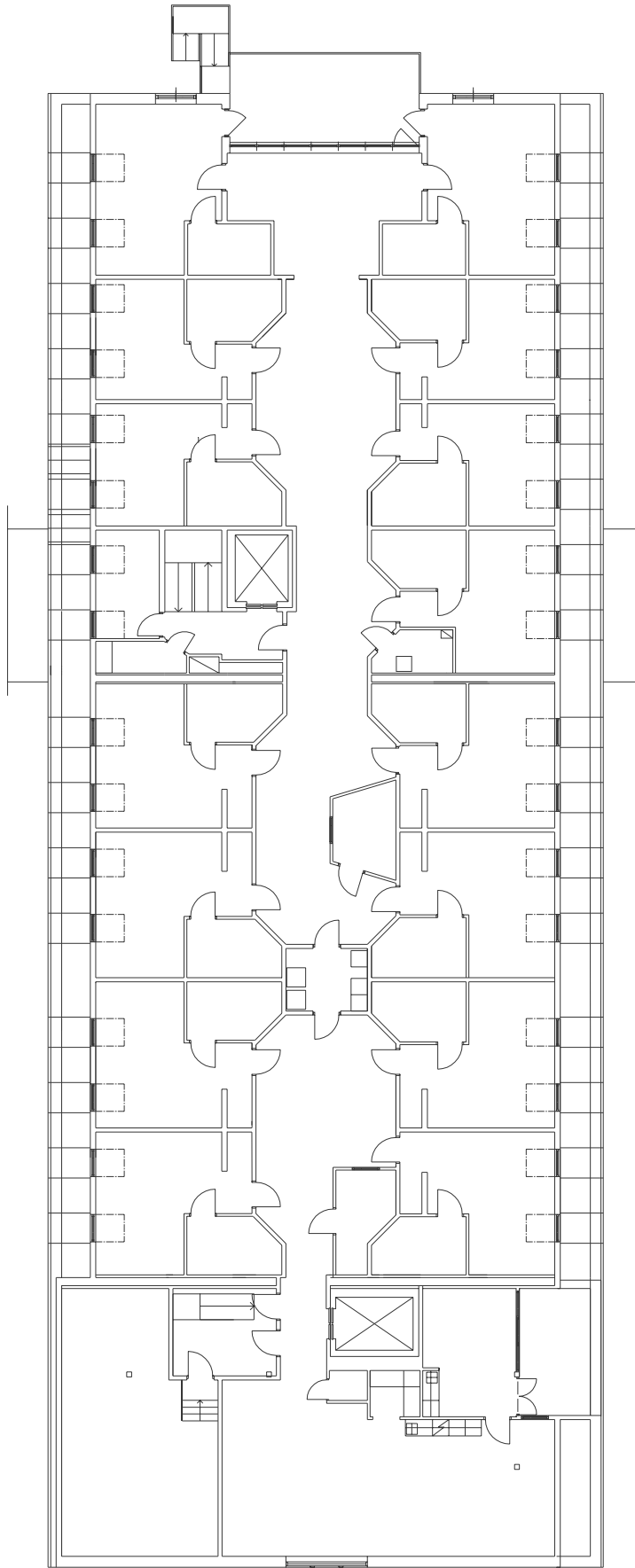


Bild 20. Segegården, plan 2.

Bilaga 2. Metodbeskrivningar

Bilaga 2.1 CFAST

Gojkovic (2004) har sammanfattat funktioner och begränsningar med tvåzonsmodeller. CFAST, Consolidate model of Fire growth And Smoke Transport, är en tvåzonsmodell som ingår i programpaketet Hazard. Programmet är framtaget för att simulera bränder i en- och tvåfamiljshus. Praktiska försök har utförts för ett fåtal rum men inte för större lokaler med många rum. Kvaliteten på de resultat som fås vid större geometrier är därför osäker. Tvåzonsmodellen innebär att rummet delas upp i två kontrollvolym. En övre med varma brandgaser och en undre med luft av rumstemperatur.

Nedan följer en lista på begränsningar som bör tas hänsyn till vid användande av CFAST.

- Rummen som ingår i simuleringen måste vara rektangulära, programmet kan inte hantera andra geometrier. I de fall där rummen avviker från detta har ett rektangulärt rum med motsvarande golvyta använts i simuleringen.
- Brandplymen modelleras inte som en egen kontrollvolym utan antas som en punktkälla med en försumbar volym i förhållande till brandrummet. Detta kan bli ett problem vid en stor brand i ett litet utrymme.
- Ingen hänsyn tas till transporttider, dvs att i samma ögonblick som branden startar sprids brandgaserna upp till taket och över hela takytan utan fördröjning. Detta skapar problem, framförallt för långsmala rum, till exempel korridorer. Längd–breddförhållandet för rummet får inte överstiga 10:1, om det gör det måste rummet delas in i flera små.
- Programmet är utvecklat och testat för bränder i ett fåtal rum. Tvåzonsmodellen gör att det alltid kommer att skapas två lager, även vid en väldigt liten temperaturskillnad på brandgaserna och omgivande luft. Detta gör att osäkerheten med tvåzonsmodellen ökar ju längre från brandrummet simuleringen görs. Vid en liten temperaturskillnad i övre och undre lagret kommer troligtvis brandgaserna bli omblandade i större delen av rumsvolymer.
- Ingen hänsyn tas till värmespridning genom byggnadsdelar till angränsande rum.
- En svag brand i ett utrymme kanske inte resulterar i en tvåzonsskiktning.
- CFAST räknar med att förbränning upphör när syrehalten understiger 12 vol%. Programmet antar att syrehalten är samma i både det övre och det undre lagret. Experimentella data har visat att så inte alltid är fallet och att syrehalten kan vara så låg som 0 vol% i brandgaslagret.
- Efter övertändning kommer inte tvåzonsmodellen att vara tillämpbar. Turbulensen orsakar omblandade förhållanden i rummet.

Bilaga 2.2 Escape and Rescue Model

Alvord (1985) har sammanfattat huvudfunktionerna i ERM

ERM är ett simuleringsprogram som används till att simulera utrymning av vårdanläggningar.

Programmet bygger på att personalen skall hjälpa patienter ut till en säker plats. Den simulerade utrymningstiden bygger på gångtider, reaktionstider, prioritering och patientens hjälpbehov.

Ingen hänsyn tas till utrymningsvägens bredd eller om flaskhalsar uppstår. Programmet tar inte heller hänsyn till hur människor påverkas av brand eller rök. Programmet är också begränsat till antal personer i simuleringen, det klarar max av 15 vårdare och 75 patienter. Patienterna graderas efter deras hjälpbehov. Detta varierar från att patienten själv kan ta sig ut till patienter som behöver mycket hjälp av två vårdare under hela utrymningen. Det går även att simulera patienter som börjar irra omkring och därför behöver bevakning efter utrymningen. Totalt finns det 15 olika patienttyper att välja mellan.

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

Utrymmet som ska simuleras byggs upp av noder. Varje nod representerar rum, dörrar, trappor, säkra områden etc. Noderna förbinds med de gångvägar som personal och patienter ska förflytta sig efter. Om programmet har flera alternativa vägar väljer det den kortaste vägen. Personal och patienter placeras ut vid noderna så att de får önskad placering i lokalen. Personal och patienter kan inte placeras ut på noder som representerar säker plats eller trappa. Sluttiden för utrymningen erhålles då alla patienter och vårdare befinner sig i de säkra noderna

Vid inmatning av värden finns det två olika metoder att välja på. Antingen frågar programmet efter det värde som söks och detta anges. Vid denna metod skapar programmet själv en indatafil. Önskas bättre inblick i hur indatafilen ska struktureras går det istället att skapa en indatafil själv, detta gör hela förfarandet mycket snabbare.

Vid simulering har ingen hänsyn tagits till trappor och tiden det tar att passera dem. Detta leder till att den simulerade förflyttningstiden skall ses som en nedre gräns för verklig förflyttningstid.

Bilaga 2.3 Detact-T2

Beräkningsprogrammet Detact-T2 (DETECTOR ACTuation-Time Squared) är framtaget av D.W. Stroup med stöd av National Bureau of Standards i USA. Programmet beräknar aktiveringstider för värmedetektorer och sprinklerhuvud placerade i innertak. Programmet hanterar detektorer av såväl maximal- som differentialtyp. RTI-värdet på detektorn kan varieras liksom deras inbördes

avstånd. Branden utgörs i programmet av en αt^2 -brand där tillväxten är proportionell mot tiden i kvadrat. Brandgaserna i plymen antas slå i undertaket och därefter spridas under det samma som en takstråle (*eng. ceiling jet*). Detact-T2 tar hänsyn till takhöjden i rummet, men inte till golvytan. Detta med anledning av att rummet antas vara så stort att väggarna inte påverkar takstrålen. Programmet förutsätter att temperaturen inte ändras utanför takstrålen, vilket leder till att inget brandgaslager bildas. Dessutom antas innertaket vara slätt och horisontellt, utan balkar och liknande som stör flödet.

För att beräkna detektionstiden för en optisk detektor med hjälp av Detact-T2 kan den optiska tätheten ersättas med en temperaturskillnad och ett lågt RTI-värde. Vid simuleringarna har temperaturskillnaden satts till 15 °C och RTI-värdet till 1. Både temperatur och RTI är satta konservativt i förhållande till Frantzych (1998).

Bilaga 2.4 Handberäkningar

Metodikerna bakom samtliga handberäkningar beskrivs i Karlsson & Quintiere (2000).

Bilaga 2.4.1 Brandgaslagrets höjd

Att bestämma brandgaslagrets höjd som funktion av tiden vid en rumsbrand med hjälp av en lätthanterlig handberäkningsmetod är svårt utan att göra omfattande antaganden och förenklingar av problemet.

En faktor som faller stort avgörande är storleken på rummets öppningar. Små öppningar ger en betydande hydrostatisk tryckuppbyggnad mellan rummet och omgivningen. Stora öppningar resulterar i mindre tryckuppbyggnad.

För en brand i ett utrymme med endast en mindre öppning kan beräkningen av brandgaslagrets höjd baseras på Zuksoiskis plymekvation för massaflöde samt antagandet om att det endast sker ett utflöde ur rummet. Öppningarna anses vara så små att det inte kommer att bildas någon tryckskillnad över dem. Trycket i rummet förutsätts vara konstant både i höjded och sett över tiden.

För att nå fram till ett sluttryck för brandgaslagrets höjd definieras dimensionslös höjd, effektutveckling och tid enligt:

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

där y är den dimensionslösa höjden

z är brandgaslagrets höjd i meter

H är rummets höjd i meter.

$$\dot{Q}^* = \frac{\dot{Q}}{1000 H^{5/2}}$$

där \dot{Q}^* är den dimensionslösa effektutvecklingen.

\dot{Q} är effektutvecklingen [kW]

Uttrycket är giltigt om den omgivande temperaturen är 20 °C.

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

där τ är den dimensionslösa tiden

t är tiden [s]

g är gravitationskonstanten [m/s²]

S är golvytan [m²].

Om läckageytan är placerad så att utströmning av varma gaser sker ges följande uttryck:

$$y = \left[1 + \frac{2 \cdot 0.21 (\dot{Q}^*)^{1/3} \tau}{3} \right]^{-3/2}$$

Begränsningar med modellen är att:

- Branden ses som en strikt effektutveckling och ingen hänsyn tas till det massflöde som orsakas av branden.
- Modellen baseras på Zukoskis plymekvation som är en svag plymmodell och därmed inte giltig för låga värden på z. En indikation på att plymekvationen förlorar sin giltighet är när \dot{Q}^* underskrider 0,05. Plymmodellen bortser dessutom från transporttiderna i plymen varvid förloppet får betraktas kvasistationärt.
- Ingen värmetransport antas ske till väggar och tak utan att brandrummet är adiabatiskt avskilt från omgivningen.
- Trycket inte ändras, varken i höjdlid eller över tiden.
- Det endast får ske ett utflöde ur rummet.

Vid en brand i ett större utrymme kommer det inte att ske något nämnvärd hydrostatisk tryckökning mellan rummet och omgivningen. Har rummet stora öppningar kommer dock trycket i öppningen att variera med höjden vilket kommer att påverka flödet i öppningen. Yamana och Tanaka har utvecklat en modell för att beskriva brandgasfyllnaden av större utrymmen. Återigen ligger Zukoskis plymmodell till grund vilket medför samma begränsningar som ovan vad avser plymflödet. Dessutom antas temperaturen i brandgaslagret vara konstant under hela förloppet. Detta kan endast vara ett faktum om rummet har högt till tak eller om branden är liten i förhållande till rummets storlek. Till skillnad från Zukoskis brandgasfyllnadsmodell ovan klarar Yamana och Tanakas modell av brandförlopp med både in- och utströmning av luft och brandgaser. Genom att uppfylla villkoren om både massans och energins bevarande kan brandgaslagrets höjd som funktion av tiden beräknas. Dock är båda lösningarna beroende av varandra varvid en iterativ lösning är ett krav. Beräkningsgången är enligt följande:

1. Uppskatta ett värde på densiteten i brandgaslagret, ρ_g , där 1,0 kg/m³ är ett bra utgångsvärde.
2. Beräkna $k = \frac{0.21}{\rho_g} \left(\frac{\rho_a^2 g}{c_p T_a} \right)^{1/3}$
3. Beräkna brandgaslagrets höjd vid tiden t som $z = \left(k \frac{\alpha^{1/3} 2t^{(1+n/3)}}{S} + \frac{1}{H^{2/3}} \right)^{-3/2}$
4. Kontrollera det uppskattade värdet på densiteten genom kontrollberäkning enligt $\rho_g = \rho_a \left(1 - \frac{\alpha t^{n+1}}{(n+1)(H-z)S c_p 353} \right)$
5. Iterera lösningen med genom att upprepa steg 2 till och med 4 tills ρ_g når sitt sanna värde.

Som ett alternativ till brandgaslagrets höjd som funktion av tiden kan tid till kritiska förhållanden beräknas. Tiden bryts ur uttrycket i steg tre ovan och den kritiska höjden på brandgaslagret sätts in som z vilket ger:

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

Dock skall försiktighet iakttas vid långa tider beroende på att steg fyra ovan inte är giltig mer än under den inledande delen av förloppet.

Begränsningar med modellen är att den:

- Endast är applicerbar på utrymmen med stor volym och stor takhöjd eller på relativt små bränder i förhållande till rummets storlek.
- Bygger på en svag plymmodell och att ingen hänsyn tas till transporttider i plymen.
- Förutsätter adiabatiskt tak och väggar, det vill säga att ingen värmetransport sker till omgivningen.

Situationen på Arlövsgården

Arlövsgården är i grund och botten en äldre byggnad som renoverats till modern standard. Stora ytor har byggts om och avgränsats till mindre boenderum med mellanliggande gemensamhetsutrymmen och passager. Vid en bedömning av brandskyddet i denna typ av byggnad är det av intresse att kontrollera vad som händer när dörrar lämnas öppna i samband med brand. Dessutom föreligger möjligheten att fönsterrutor kommer att gå sönder till följd av värmepåverkan i brandrummet. Kontentan blir att ett dimensionerande brandscenario är svårt att applicerbara direkt på modellerna ovan. Antingen kommer öppningarna eller branden vara för stor i förhållande till effektutvecklingen. Resultatet måste därför än mer sättas i sitt perspektiv.

Bilaga 2.4.2 Temperaturen i brandgaslagret

När det gäller beräkningar av temperaturen i brandgaslagret vid en rumsbrand är det viktigt att ta hänsyn till i vilken fas av brandförloppet branden befinner sig i. I takt med att branden tillväxer och därmed ökar i effektutveckling kommer även temperaturen i brandgaslagret att öka. För att bedöma personsäkerhet är det rimligt att betrakta det tidiga brandförloppet som det mest intressanta. Om branden tillåts passera övertändning och vidare till en fullt utvecklad rumsbrand är det omöjligt att vistas i rummet och personsäkerheten kan inte uppfyllas.

En metod som beskriver temperaturen i brandgaslagret i det tidiga brandförloppet är MQH-metoden, uppkallad efter upphovsmännen McCaffrey, Quintiere och Harkleroad.

Metoden bygger på att ett brandgaslager har byggts upp i rummet samt att brandgaser strömmar ut ur rummet via en öppning. När brandgaslagret en nivå så att ett neutralplan bildas och flödet i öppningen blir dubbelriktat förlorar metoden sin tillförlitlighet. Ingen hänsyn tas till den tid det tar för brandgaslagret att etableras och byggas på tills det lämnar rummet via öppningen. Den energibalans som antas råda för med sig att den energi som branden producerar antingen lämnar rummet via utströmning av varma brandgaser eller via värmetransport genom rummets tak och väggar. Med denna utgångspunkt genomfördes omkring 100 försök med varierande rums- och öppningsstorlek för nå fram till ett korrelerat uttryck. Även om metoden stämmer väl överens med de försök som genomförts är det dock svårt att applicera den direkt på ett verkligt förlopp utan att ta hänsyn till att resultatet kan vara missvisande. Det verkliga brandförloppet kan vara svårt att avgränsa och definiera och de osäkerheter som finns gör att resultatet måste ses i rätt perspektiv. Metoden verkar dock som ett stöd för att kontrollera resultat från datorsimuleringar.

Temperaturen i brandgaslagret beror bland annat på hur långt värmetransporten har nått igenom väggar och tak. Detta är beroende på exponeringstiden och gränssätts av den termiska penetrationstiden, t_p .

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

där t_p är den termiska penetrationstiden [s]

δ är väggens tjocklek [m]

$\alpha = \frac{k}{\rho c}$ är väggens termiska diffusivitet [m^2/s]

Den termiska penetrationstiden för väggar och tak i en byggnad likt Arlövsgården uppgår till flera timmar och kommer således ej att uppnås under det tidiga brandförloppet, som pågår i några tiotals minuter.

Om $t < t_p$ beräknas:

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

där h_k är det konvektiva värmeövergångstalet [$\text{kW}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$]

$k \rho c$ betecknar omslutningsytornas värmeupptagningsförmåga [$\text{kW}^2\text{s}/\text{m}^4\text{ } ^\circ\text{C}$]

t är tiden [s].

Temperaturen i brandgaslagret beräknas som:

$$T_g = 6,85 \left(\frac{\dot{Q}^2}{A_v \sqrt{h_v} h_k A_T} \right)^{1/3} + T_a$$

där T_g är temperaturen i brandgaslagret [$^\circ\text{C}$]

T_a är omgivningens temperatur [$^\circ\text{C}$]

\dot{Q} är effektutvecklingen [kW]

A_v är öppningens area [m^2]

h_v är öppningens höjd [m]

$A_T = A_{tot} - A_v$ är rummets totala omslutningsarea [m^2].

Detta gäller under förutsättning att luften i omgivningen håller en temperatur på $20 \text{ } ^\circ\text{C}$.

De begränsningar som metoden för med sig är att:

- Rummet får inte vara alltför stort eller alltför långsmalt. Försöken gjordes i rum som var mindre än 12 m^2 och med en takhöjd som var lägre än 2,7 m.
- Temperaturstegringen skall uppgå till minst $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ och maximalt $600 \text{ } ^\circ\text{C}$.
- Modellen förutsätter att brandgaslagret är väl omblandat och att det har en likformig temperatur.
- All effektutveckling måste ske inne i rummet. Modellen klarar inte av att ta hänsyn till förbränning utanför rummet vilket är vanligt om branden blir ventilationskontrollerad innan det att den når övertändning.

- Korrelationen ovan gäller för en fritt brinnande brand. Om branden befinner sig intill en vägg eller i ett hörn måste detta tas hänsyn till.
- Ingen hänsyn tas till mekanisk ventilation i brandrummet.

Situationen på Arlövsgården

Boenderummen på Arlövsgården stämmer väl överens med storleken på försöksrummen för modellen ovan. Dock blir det svårare att korrekt använda modellen på de större utrymmena, som tvättstuga och gemensamhetsutrymme. Det är dessutom svårt att upprätthålla kraven på modellen i de scenarier där brandgasspridning sker till intilliggande utrymmen.

Bilaga 2.4.3 Värmestrålning

Varma ytor emitterar strålning med en intensitet som beror på temperaturen. Strålningen kan beräknas enligt.

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

där \dot{q}'' är emitterad strålning [kW/m²].

ε är emissiviteten, som konservativt sätts till 1 för brandgaser.

σ är Stefan-Boltzmannkonstanten, $8,56 \times 10^{-8}$ [W/m²K⁴]

T är temperaturen [K].

De begränsningar som metoden för med sig är att:

- Endast emitterad strålning beräknas, för infallande strålning krävs hänsyn till synfaktor

Bilaga 2.4.4 Sikten i brandrummet och detektionstid

Produktion av brandgaser i ett rum för med sig en nedsättning i siktbarhet. Beroende på bränsle och ekvivalensfaktor produceras olika mängder sot, vilket är det som främst påverkar sikten.

Vid beräkning av siktbarhet sätts vanligtvis 10 meter som gräns för sikt för att utrymning skall vara genomförbar. Detta motsvaras av 1 Obscura [dB/m], vilket benämns optiskt densitet per längdenhet. I primärbrandcell kan sikten nedgå till 5 meter eller 0,5 obscura.

Rökpotential, D_0 , är en funktion av den optiska densiteten per meter, massan förbränt bränsle samt volymen som brandgaserna upptar enligt:

$$D_0 = \frac{D_{10} V}{L m}$$

där D_0 är rökpotentialen [obscura m³/g]

$\frac{D_{10}}{L}$ är den optiska densiteten per längdenhet [dB/m = Obscura]

V är volymen som brandgaserna upptar [m³]

m är massan bränsle som har brunnit.

Rökpotentialen varierar beroende på bränslet samt om det brinner med öppen flamma eller som glödbrand. Är rökpotentialen känd kan massan bränsle som skall förbrännas för att ge detektion i en viss volym beräknas genom

$$m = \frac{D_{10} V}{L D_0}$$

Metoden kan användas för att beräkna tid till kritiska förhållanden till följd av sikttnedsättning i brandgaslagret. Denna tid är av intresse om brandgaserna har nått en kritisk höjd, men inte innehåller toxiska nivåer av giftiga ämnen samt har en temperatur lägre än 80 °C.

Massan brunnet bränsle kopplas till effektutvecklingen genom förbränningsentalpin per massenhet för bränslet.

$$\dot{Q} = \dot{m} \Delta H_{c,eff} \text{ där } \Delta H_{c,eff} \text{ är cirka 70 \% av den kemiska förbränningsentalpin.}$$

Integration över tiden ger den totala energin som utvecklas av branden och massan, och därmed tiden, kan beräknas.

Samma metod kan användas för att beräkna tid till detektion för en optisk rökdetektor. Beroende på vilken typ av detektorer som används i brandlarmsanläggningen samt hur de är placerade i förhållande till branden kommer tiden till detektion att variera. Vilket bränsle som brinner samt tillgången på förbränningsluft kommer även att påverka detektionen.

En optisk rökdetektor ger larm när fördunklingen uppgår till omkring fyra procent per meter. Förutsatt att brandgaserna är väl omblandade kan den optiska densiteten per längdenhet vid detektion bestämmas enligt:

$$\frac{D_{10}}{L} = 10 \lg \left(\frac{I_0}{I} \right) \frac{1}{L} = 10 \lg \left(\frac{1}{1-0,04} \right) \frac{1}{1} = 0,18 \text{ dB/m}$$

Genom att känna effektutvecklingen kan, som ovan, massan bränsle bestämmas. Beroende på om brandgaserna initialt skiktas sig eller fördelas över hela rummets volym kommer tiden till detektion att variera. Den optiska densiteten per längdenhet beräknas för volymen i det simulerade brandgaslagret, dels i rummets totala volym. Genom att jämföra med detektorns villkor för detektion kan tiden beräknas. Resultatet ges i ett intervall där beräkningen i brandgaslagret ger en kortare tid än beräkningen för den totala volymen. Metoden med rökpotential tenderar att överskatta brandgasproduktionen i det tidiga rökförloppet vilket skulle ge längre detektionstider än vad handberäkningen visar. Dessutom tas ingen hänsyn till brandgasernas transporttid in i detektorkammaren. Detta kommer att öka detektionstiden ytterligare.

I de scenarion som är valda för Arlövsgården är det i första hand plast som brinner i det tidiga brandförloppet. Plast har en rökpotential som är upp till fyrdubbel den för trämaterial.

ABS (akrylnitril-butadien-styrensamopolymer) är en vanligt förekommande plast i el- och elektronikprodukter. Rökpotentialen uppgår till 4 obscura m³/g enligt Rasbash (1979). Styrenbaserade hårdplaster har dessutom, generellt sett, hög massavbrinninghastighet, 14 g/m²s enligt Markstein (1979) i Drysdale (2003) där det även står att finna att förbränningsentalpin är 40 kJ/g.

De begränsningar som metoden för med sig är att:

- Rökpotentialen överskattas i det tidiga brandförloppet.
- Ingen hänsyn tas till transporttider för brandgaserna till detektorn.
- Brandgaserna antas tränga in till detektorn omedelbart.

Bilaga 2.4.5 Tryckuppbyggnad i ventilationssystem

Vid en brand i ett boenderum kommer trycket i rummet att öka på grund av temperaturhöjningen i rummet orsakar en expansion av luften. Brandtrycket strävar efter att nå omgivande nolltryck. Tryckuppbyggnaden kommer att fördela sig över läckageytor i fasaden samt

över ventilationssystemet. Belastningen på ventilationssystemet kan leda till att brandgaser trycks från samlingslåda ner till intilliggande rum. Beroende på brandtryck och brandgastemperatur varierar risken för att brandgaser kommer att spridas.

De brandgaser som trycks in i ventilationssystemet kommer att flöda via till- respektive frånluftsdon vidare genom kanal till samlingslåda på plan 3. En stor del av tryckskillnad till omgivningen går förlorad i kanalens nedre del, fram till samlingslådan. Tryckförlusten i kanalens övre del, mellan samlingslådan och takhuv, är betydligt mindre och är beroende på rördimension och huvens utförande. Ett konservativt antagande är att fördelningen på tryckförlusterna är 1/100 mellan nedre och övre del. Följden blir att övertrycket i samlingslådan är 1 % av brandtrycket.

För att brandgaserna i samlingslådan skall tryckas ner till anslutande boenderum krävs att de övervinner det mottryck som finns i kanalen mellan samlingslådan och ner till rummet.

Mottrycket beräknas enligt:

$$\Delta p = (\rho_o - \rho_g) g h$$

där

Δp är tryckskillnad [Pa].

ρ_o är densiteten för omgivande luft [kg/m³].

ρ_g är brandgasdensitet [kg/m³].

g är gravitationskonstanten, 9,81 [m/s²].

h betecknar höjdskillnaden mellan samlingslåda och boenderum [m].

Om övertrycket i samlingslådan är större än mottrycket ner till boenderummet kommer brandgaser att spridas denna väg.

Kyls brandgaserna av under transporten till samlingslådan kommer de ha en bättre förmåga att upphäva mottrycket. Den kritiska avsvälningen tecknas enligt.

$$\Delta T_{krit} = T_g - \frac{353}{\rho_o - \frac{\Delta P}{g h}}$$

där ΔT_{krit} är kritisk temperatursänkning för att upphäva brandgaserna [K].

T_g är ursprungstemperaturen på brandgaserna [K].

ρ_o är densiteten för omgivande luft [kg/m³].

ΔP_o är mottrycket som skall övervinnas [Pa].

Bilaga 3. Indata CFAST

Vid samtliga simuleringar är väggar och tak gips. Golv är utfört i betong. Zon 1 är brandrummet. Öppningar mellan zoner utgörs av de oklassade dörrar samt de passager som förekommer i byggnaderna. Initial rumstemperatur är i samtliga fall 20 °C. Simuleringstiden är 900 sekunder om inget annat anges.

Bilaga 3.1 Smedjan 1

Tillväxthastighet, α : *Medium*

Maximal effektutveckling: 4 500 kW

Tid till maximal effektutveckling: 610 s

Zon	Höjd (m)	Bredd (m)	Längd (m)
1	2,5	3,1	4,8
2	2,5	2,0	7,5
3	2,5	2,0	7,5
4	2,5	8,5	11,5

Tabell 10. Smedjan 1.

Bilaga 3.2 Smedjan 2

Tillväxthastighet, α : 0,015 kW/m²

Maximal effektutveckling: 1 050 kW

Tid till maximal effektutveckling: 280 s

Zon	Höjd (m)	Bredd (m)	Längd (m)
1	2,5	4,4	6,7

Tabell 11. Smedjan 2.

Bilaga 3.3 Smedjan 3

Tillväxthastighet, α : 0,065 kW/m²

Maximal effektutveckling: 225 kW

Tid till maximal effektutveckling: 70 s

Zon	Höjd (m)	Bredd (m)	Längd (m)
1	2,5	11,0	11,0

Tabell 12. Smedjan 3.

Simuleringstiden är 1 800 sekunder.

Bilaga 3.4 Segegården

Tillväxthastighet, α : *Fast*

Maximal effektutveckling: 7 500 kW

Tid till maximal effektutveckling: 400 s

Zon	Höjd (m)	Bredd (m)	Längd (m)
1	2,5	2,1	15,0
2	6,0	2,0	3,0
3	2,5	1,6	4,0
4	6,0	16,8	14,5
5	6,0	16,8	6,0
6	6,0	16,8	10,7

Tabell 13. Segegården.

Bilaga 4. Indata ERM

Bilaga 4.1 Smedjan 1

FACILITY NAME IS SMEDJAN

GENERAL INFORMATION

1.0 0 0 0

8 14 23 0 0 0

STAFF INFORMATION

1 1 0

2 3 0

3 9 0

4 7 0

5 10 0

6 10 0

7 10 0

8 10 0

RESIDENT INFORMATION

1 11 3C 1 0 0

2 12 3C 2 0 0

3 14 10 3 0 0

4 23 10 4 0 0

5 13 3C 5 0 0

6 17 20 6 0 0

7 16 20 7 0 0

8 17 20 8 0 0

9 18 40 9 0 0

10 13 40 10 0 0

11 16 40 11 0 0

12 20 10 12 0 0

13 23 10 13 0 0

14 17 10 14 0 0

NODE INFORMATION

1 RUM 9 94 0 1 2

2 KORR 17 94 0 2 1 4

3 RUM 9 81 0 1 4

4 KORR 17 81 0 3 2 3 6

5 KORR 0 68 0 1 6

6 KORR 17 68 0 3 4 5 7

7 KORR 17 58 0 3 6 8 12

8 KORR 23 58 0 1 7

9 RUM 11 55 0 1 11

10 KORR -150 51 0 1 11

11 KORR 11 51 0 4 9 10 12 13

12 KORR 17 51 0 3 7 11 14

13 KORR 9 43 0 3 11 14 23

14 KORR 17 43 0 5 12 13 15 16 23

15 KORR 23 43 0 1 14

16 KORR 17 33 0 3 14 18 23

17 KORR 9 23 0 3 18 20 23

18 KORR 17 23 0 4 16 17 20 23

19 SAFE 0 12 0 1 20

20 KORR 17 12 0 5 17 18 19 21 22

21 SAFE 32 12 0 1 20

22 SAFE 17 0 0 1 20

23 KORR 9 33 0 5 13 14 16 17 18

Bilaga 4.2 Smedjan 3

Bilaga 4.2.1 Dag

FACILITY NAME IS SMEDJAN

GENERAL INFORMATION

1.0 0 0 0

8 14 40 0 0 0

STAFF INFORMATION

1 17 0

2 2 0

3 11 0

4 15 0

5 40 0

6 40 0

7 40 0

8 40 0

RESIDENT INFORMATION

1 1 3C 12 0 0

2 3 3C 13 0 0

3 8 10 8 0 0

4 9 6B 11 0 0

5 12 3C 14 0 0

6 13 6B 9 0 0

7 16 20 4 0 0

8 25 3C 15 0 0

9 26 20 3 0 0

10 29 10 7 0 0

11 30 6B 10 0 0

12 33 40 2 0 0

13 37 40 1 0 0

14 39 10 6 0 0

NODE INFORMATION

1 RUM 132 45 0 1 2

2 KORR 132 28 0 3 1 3 6

3 RUM 132 11 0 1 2

4 SAFE 126 57 0 1 5

5 KORR 126 43 0 2 4 6

6 KORR 126 28 0 3 2 5 7

7 KORR 117 28 0 3 6 8 10

8 RUM 117 11 0 1 7

9 RUM 113 45 0 1 10

10 KORR 113 28 0 3 7 9 11

11 KORR 102 28 0 3 10 12 14

12 RUM 102 11 0 1 11

13 RUM 97 45 0 1 14

14 KORR 97 28 0 3 11 13 15

15 KORR 92 28 0 3 14 16 18

16 RUM 92 11 0 1 15

17 RUM 68 45 0 1 18

18 KORR 68 28 0 4 15 17 19 23

19 KORR 68 19 0 3 18 20 24

20 KORR 68 15 0 3 19 21 40

21 KORR 75 15 0 2 20 22

22 SAFE 81 15 0 1 21

23 KORR 59 28 0 3 18 24 27

24 RUM 59 19 0 3 19 23 25

25 RUM 59 11 0 1 24

26 RUM 49 45 0 1 27

27 KORR 49 28 0 3 23 26 28

28 KORR 44 28 0 3 27 29 31

29 RUM 44 11 0 1 28
30 RUM 32 45 0 1 31
31 KORR 32 28 0 3 28 30 32
32 KORR 28 28 0 3 31 33 36
33 RUM 28 11 0 1 32
34 SAFE 19 57 0 1 35
35 KORR 19 43 0 2 34 36
36 KORR 19 28 0 3 32 35 38
37 RUM 12 45 0 1 38
38 KORR 12 28 0 3 36 37 39
39 RUM 12 11 0 1 38
40 KORR 68 -135 0 1 20

Bilaga 4.2.2 Natt

FACILITY NAME IS SMEDJAN

GENERAL INFORMATION

1.0 0 0 0

2 14 40 0 0 0

STAFF INFORMATION

1 17 0

2 17 0

RESIDENT INFORMATION

1 1 3C 12 0 0

2 3 3C 13 0 0

3 8 10 8 0 0

4 9 6B 11 0 0

5 12 3C 14 0 0

6 13 6B 9 0 0

7 16 20 4 0 0

8 25 3C 15 0 0

9 26 20 3 0 0

10 29 10 7 0 0

11 30 6B 10 0 0

12 33 40 2 0 0

13 37 40 1 0 0

14 39 10 6 0 0

NODE INFORMATION

1 RUM 132 45 0 1 2

2 KORR 132 28 0 3 1 3 6

3 RUM 132 11 0 1 2

4 SAFE 126 57 0 1 5

5 KORR 126 43 0 2 4 6

6 KORR 126 28 0 3 2 5 7

7 KORR 117 28 0 3 6 8 10

8 RUM 117 11 0 1 7

9 RUM 113 45 0 1 10

10 KORR 113 28 0 3 7 9 11

11 KORR 102 28 0 3 10 12 14

12 RUM 102 11 0 1 11

13 RUM 97 45 0 1 14

14 KORR 97 28 0 3 11 13 15

15 KORR 92 28 0 3 14 16 18

16 RUM 92 11 0 1 15

17 RUM 68 45 0 1 18

18 KORR 68 28 0 4 15 17 19 23

19 KORR 68 19 0 3 18 20 24

20 KORR 68 15 0 2 19 21

21 KORR 75 15 0 2 20 22

22 SAFE 81 15 0 1 21

23 KORR 59 28 0 3 18 24 27

24 RUM 59 19 0 3 19 23 25

25 RUM 59 11 0 1 24
26 RUM 49 45 0 1 27
27 KORR 49 28 0 3 23 26 28
28 KORR 44 28 0 3 27 29 31
29 RUM 44 11 0 1 28
30 RUM 32 45 0 1 31
31 KORR 32 28 0 3 28 30 32
32 KORR 28 28 0 3 31 33 36
33 RUM 28 11 0 1 32
34 SAFE 19 57 0 1 35
35 KORR 19 43 0 2 34 36
36 KORR 19 28 0 3 32 35 38
37 RUM 12 45 0 1 38
38 KORR 12 28 0 3 36 37 39
39 RUM 12 11 0 1 38

Bilaga 4.3 Segegården

Bilaga 4.3.1 Dag

FACILITY NAME IS SEGEGARDEN

GENERAL INFORMATION

1.0 0 0 0

10 15 34 0 0 0

STAFF INFORMATION

1 2 0

2 11 0

3 18 0

4 29 0

5 29 0

6 34 0

7 34 0

8 34 0

9 34 0

10 34 0

RESIDENT INFORMATION

1 1 3C 12 0 0

2 3 3C 13 0 0

3 4 10 8 0 0

4 6 6B 11 0 0

5 7 3C 14 0 0

6 9 6B 9 0 0

7 10 20 4 0 0

8 14 3C 15 0 0

9 16 20 3 0 0

10 17 10 7 0 0

11 19 6B 10 0 0

12 20 40 2 0 0

13 22 40 1 0 0

14 23 10 6 0 0

15 26 20 5 0 0

NODE INFORMATION

1 RUM 54 167 0 1 33

2 KORR 33 167 0 3 3 5 33

3 RUM 13 167 0 1 2

4 RUM 54 145 0 1 5

5 KORR 33 145 0 4 2 4 6 8

6 RUM 13 145 0 1 5

7 RUM 54 135 0 1 8

8 KORR 33 135 0 4 5 7 9 11

9 RUM 13 135 0 1 8

10 RUM 54 115 0 1 11
 11 KORR 33 115 0 4 8 10 12 15
 12 DRR 29 112 0 2 11 13
 13 KORR 16 115 0 1 12
 14 RUM 54 96 0 1 15
 15 KORR 33 96 0 4 11 14 16 18
 16 RUM 13 96 0 1 15
 17 RUM 54 81 0 1 18
 18 KORR 33 81 0 4 15 17 19 21
 19 RUM 13 81 0 1 18
 20 RUM 54 61 0 1 21
 21 KORR 33 61 0 4 18 20 22 24
 22 RUM 13 61 0 1 21
 23 RUM 54 50 0 1 24
 24 KORR 33 50 0 3 21 23 25
 25 KORR 32 44 0 3 24 26 27
 26 RUM 13 44 0 1 25
 27 KORR 32 31 0 3 25 28 31
 28 SAFE 25 31 0 1 27
 29 PRUM 54 26 0 1 30
 30 KORR 54 11 0 2 29 31
 31 KORR 32 11 0 3 27 30 34
 32 SAFE 42 173 0 1 33
 33 KORR 42 167 0 3 1 2 32
 34 KORR 32 -139 0 1 31

Bilaga 4.3.2 Natt

FACILITY NAME IS SEGEGARDEN

GENERAL INFORMATION

1.0 0 0 0

2 15 40 0 0 0

STAFF INFORMATION

1 29 0

2 29 0

RESIDENT INFORMATION

1 1 3C 12 0 0

2 3 3C 13 0 0

3 4 10 8 0 0

4 6 6B 11 0 0

5 7 3C 14 0 0

6 9 6B 9 0 0

7 10 20 4 0 0

8 14 3C 15 0 0

9 16 20 3 0 0

10 17 10 7 0 0

11 19 6B 10 0 0

12 20 40 2 0 0

13 22 40 1 0 0

14 23 10 6 0 0

15 26 20 5 0 0

NODE INFORMATION

1 RUM 54 167 0 1 34

2 KORR 33 167 0 3 3 5 34

3 RUM 13 167 0 1 2

4 RUM 54 145 0 1 5

5 KORR 33 145 0 4 2 4 6 8

6 RUM 13 145 0 1 5

7 RUM 54 135 0 1 8

8 KORR 33 135 0 4 5 7 9 11

9 RUM 13 135 0 1 8

10 RUM 54 115 0 1 11

11 KORR 33 115 0 4 8 10 12 15
 12 DRR 29 112 0 2 11 13
 13 SAFE 16 115 0 1 12
 14 RUM 54 96 0 1 15
 15 KORR 33 96 0 4 11 14 16 18
 16 RUM 13 96 0 1 15
 17 RUM 54 81 0 1 18
 18 KORR 33 81 0 4 15 17 19 21
 19 RUM 13 81 0 1 18
 20 RUM 54 61 0 1 21
 21 KORR 33 61 0 4 18 20 22 24
 22 RUM 13 61 0 1 21
 23 RUM 54 50 0 1 24
 24 KORR 33 50 0 3 21 23 25
 25 KORR 32 44 0 3 24 26 27
 26 RUM 13 44 0 1 25
 27 SAFE 32 31 0 3 25 28 31
 28 KORR 25 31 0 1 27
 29 PRUM 54 26 0 1 30
 30 KORR 54 11 0 2 29 31
 31 KORR 32 11 0 2 27 30
 32 DRR 42 173 0 2 33 34
 33 SAFE 20 179 0 1 32
 34 KORR 42 167 0 3 1 2 32

Bilaga 5. Indata Detact-T2

Bilaga 5.1 Smedjan 1

$T_a = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
 $RTI = 1$
 $T_d = 35 \text{ }^\circ\text{C}$
 $H = 2,7 \text{ meter}$
 $S = 5 \text{ meter}$
 $\alpha = M (0,012 \text{ kW/s}^2)$
 $t_d = 1,96 \text{ minuter}$

Bilaga 5.2 Smedjan 3

$T_a = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
 $RTI = 1$
 $T_d = 35 \text{ }^\circ\text{C}$
 $H = 2,7 \text{ meter}$
 $S = 5 \text{ meter}$
 $\alpha = O (0,065 \text{ kW/s}^2)$
 $t_d = 1,07 \text{ minuter}$

Bilaga 5.3 Segegården

$T_a = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
 $RTI = 1$
 $T_d = 35 \text{ }^\circ\text{C}$
 $H = 2,7 \text{ meter}$
 $S = 5 \text{ meter}$
 $\alpha = F (0,047 \text{ kW/s}^2)$
 $t_d = 1,2 \text{ minuter}$

Bilaga 6. Indata handberäkningar

Handberäkningarna bygger på motsvarande geometrier och effektutveckling som presenteras i bilaga 3.

Vid beräkning av temperaturen i brandgaslagret används värmeupptagningsförmågan, $k\rho c$, för gips, $580 \text{ kW}^2\text{s/m}^4\text{C}$.

Vid beräkning av sikten i brandgaserna används följande data för ABS-plast:

Rökpotential (obsm^3/g)	5
Massavbrinning ($\text{g}/\text{m}^2\text{s}$)	14
Förbränningsentalpi (MJ/kg)	40
Förbränningseffektivitet	0,7

Tabell 14. Materialegenskaper.

Bränsleytans storlek varierar för respektive scenario:

Scenario	Bränsleyta (m^2)
Smedjan 1	2
Smedjan 3	0,5
Segegården	3

Tabell 15. Bränsleytans storlek.

