



LJUNGSÄTRA ÄLDREBOENDE

En brandteknisk riskvärdering



Rapport 9513

Erik Andersson
Lina Gabrielson
Jacob Hasselbalch
Robert Mattsson

Lund 2018

Ljungsätra äldreboende – En brandteknisk riskvärdering

Författare

Erik Andersson

Lina Gabrielson

Jacob Hasselbalch

Robert Mattsson

Handledare

Marcus Runefors

Lund 2018

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.

Titel/Title

Ljungsätra äldreboende - En brandteknisk riskvärdering / Fire safety evaluation of Ljungsätra äldreboende

Rapport nr/Report nr

9513

Författare/Authors

Erik Andersson
Lina Gabrielson
Jacob Hasselbalch
Robert Mattsson

Brandingenjörsprogrammet, Lunds Tekniska Högskola, 2018

Fire Safety Engineering Program, Lund University Faculty of Engineering, 2018

©Copyright Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2018

Antal sidor/Number of pages

86

Handledare/Supervisor

Marcus Runefors

Nyckelord

Äldreboende, Ljungsätra, Brandteknisk riskvärdering, Brandsimulering, FDS, Utrymningssimulering, Assisterad utrymning, Pathfinder, Utrymning

Keywords

Retirement home, Ljungsätra, Fire safety evaluation, Fire simulation, FDS, Evacuation simulation, Assisted evacuation, Pathfinder, Evacuation

Avdelning för Brandteknik

Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 Lund
Telefon: 046-222 73 60
Epost: brand@brand.lth.se
Hemsida: www.brand.lth.se

Department of Fire Safety Engineering

Faculty of Engineering, Lund University
Box 118
SE - 221 00 Lund
Sweden
Telephone: +46 46 222 73 60
Email: brand@brand.lth.se
Homepage: www.brand.lth.se

Sammanfattning

Denna rapport är en brandteknisk riskvärdering av Ljungsätra äldreboende, beläget i Ljungby. Byggnaden uppfördes 1973, och består av 3 lägenhetshus med vardera 3 våningar sammanbyggda med en enplans-byggnad där stödjande verksamhet finns. Lägenhetshusen byggdes ut med en fjärde våning 2002.

Vid ett platsbesök identifierades lägenhetshusen som de mest sårbara för en brand och efterföljande utrymning. Även det befintliga brandskyddet och utrymningsplanerna inventerades för framtida analys.

Sex brandscenarier ställdes upp och en grovanalys av dessa gjordes. Utifrån denna analys identifierades tre scenarier som ansågs kräva en djupare analys. Scenarierna simulerades och analyserades utifrån de bestämda acceptanskriterierna.

Efter att resultaten från simuleringarna analyserats togs förslag på åtgärder fram som har för avsikt att öka brandsäkerheten för verksamheten. De som anses motiverade att införa presenteras nedan

- Behandla sängarna med flamskyddsmedel och tillge de hyresgäster som röker samt införa krav på skyddslapp vid rökning i boenderum.
- Följ underhållsrutiner för befintligt brandskydd, inklusive borttagning av brandbelastning i trapphus.
- Upprätta brandlarm där larm i boenderum vidarebefordras automatiskt till SOS med hjälp av tidsinställd larmlagring.

Abstract

This report is a fire safety evaluation of Ljungsätra nursing home in Ljungby. It was constructed in 1973 and consisted of three apartment buildings, each with three floors, connected at the ground level by an administrative building. In 2002 a fourth floor was added to the apartment buildings.

When visiting the nursing home, the apartment buildings were identified as the most vulnerable to a potential fire and subsequent evacuation. The fire safety and evacuation plans for the building were also examined.

Following the visit, six scenarios were made and evaluated. Three scenarios were found to be of more interest and these were investigated further. The three remaining scenarios were set up in different simulation programs and the following results were analyzed.

Following the analysis of the simulations suggestions are made on how to improve the fire safety in the building and its occupants. The ones that are recommended to implement are presented below.

- Follow the maintenance practices for the existing fire protection systems, including the removal of flammable materials in the stairwells.
- Treat the bedding with fireproofing agents and distribute to the residents who smoke, while also enforcing the use of bib when smoking in their rooms.
- The fire alarm in the apartments should be sent automatically to SOS.

Förenklad innehållsförteckning

1. Inledning.....	2
2. Objektsbeskrivning.....	4
3. Befintligt brandskydd.....	10
4. Utrymning	14
5. Riskidentifiering.....	16
6. Grovanalys av brandscenarier	20
7. Simuleringsuppställning.....	24
8. Scenario 1 – brand i boenderum.....	28
9. Scenario 2 – brand i gemensamhetsutrymme.....	36
10. Scenario 3 – brand i trapphus	44
11. Möjliga åtgärder	48
12. Slutsatser	54
13. Referenser.....	56
14. Bilagor	58

1. Inledning

En byggnads brandskydd behöver ständigt utvärderas för att upprätthålla en god säkerhetsnivå. Detta kan bland annat göras genom återkommande brandövningar eller verifiering och eventuell uppgradering av byggnadens befintliga skyddssystem. Ibland kan en av dessa strategier vara svår att tillämpa för den aktuella verksamheten. Det kan till exempel vara mycket svårt att anordna fullskaliga utrymningsövningar i vårdmiljöer, och denna begränsning bör därför fångas upp av andra riskreducerande åtgärder. Vårdmiljöer kan även innebära andra utmaningar såsom fördröjd utrymning och ökad förvirring.

I denna rapport presenteras en brandteknisk riskvärdering av Ljungsättras äldreboende. Det kan förväntas att ett flertal i denna byggnad är i behov av assisterad utrymning.

1.1. Bakgrund

Människor över pensionsåldern löper dubbelt så stor risk att dö i bränder än resten av befolkningen (Myndigheten för samhällskydd och beredskap, 2012). Detta kan tänkas till huvudsak förklaras av åldersrelaterad försämring av rörlighet, reaktion och andra sinnen såsom syn- och hörselintryck. Ett bemannat äldreboende fungerar därför inte endast som en assistans i vardagen utan kan även utgöra en säkerhet och trygghet. Men en byggnad med till huvudsak äldre ställer därför extra mycket krav på ett tillfredsställande brandskydd anpassad till deras behov och begränsningar.

En uppkommen brand på ett äldreboende skulle inte bara innebära kortsiktiga konsekvenser såsom komplicerade utrymningsförlopp utan kanske även skapa problematik om byggnaden röskadas och de boende behöver omplaceras.

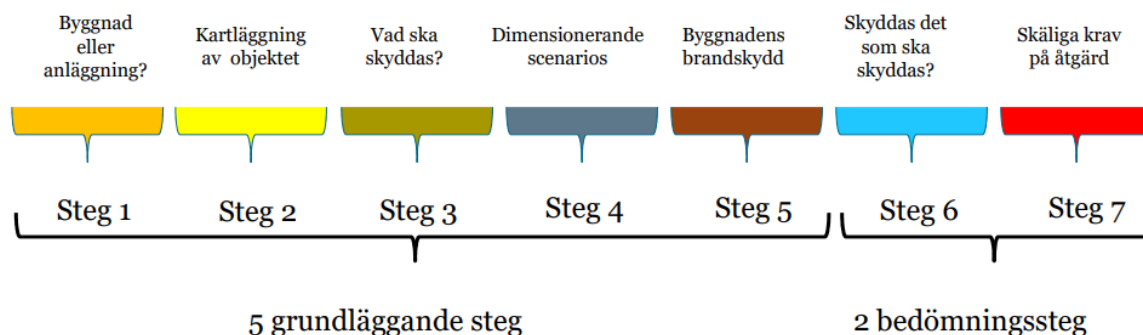
1.2. Syfte och mål

Med kombinerad kunskap från tidigare kurser ska personsäkerheten vid händelse av brand på Ljungsätra äldreboende värderas. Det strävas även efter att uppnå en ökad förmåga till att tillämpa de ingenjörsmässiga metoder som finns tillgängliga inom området.

Målet med rapporten är att uppnå tillförlitliga resultat, såsom utrymningstid och övriga möjligheter, baserade på simuleringar och andra riskanalysmetoder.

1.3. Metod

Arbetet kommer i stora drag följa de sju stegen i Figur 1 nedan. Metoden grundar sig på en presentation av Per Karlsson, MSB. Med denna stegmetodik blir utförandet tydligt och enkelt att följa. För att bilda sig en god uppfattning av objektet görs ett studiebesök på plats vilket utgör utgångspunkten för de fem grundläggande stegen i figuren.



Figur 1. Stegen som kommer användas genom rapporten (Karlsson P. , 2018).

Först och främst kan det finnas behov av att avgöra om objektet är en byggnad; en varaktig konstruktion med tak där människor kan tänkas uppehålla sig i, eller en anläggning; en konstruktion likt tunnlar fotbollsplaner etc. Redan här kan det konstateras att äldreboendet är en byggnad och kommer analyseras

utefter detta. Därefter följer en objektbeskrivning där objektets utformning och befintliga brandskydd presenteras tillsammans med utrymningsmöjligheter. Efter denna kartläggning görs sedan en riskidentifiering för verksamheten där även ett skyddsmål med tillhörande acceptanskriterier presenteras, steg 3 i Figur 1.

Som ett sista steg i den grundläggande analysen, se Figur 1, utförs en grovanalys i syfte att identifiera möjliga brandscenarier som sedan ligger till grund för en fördjupad scenarioanalys. I denna scenarioanalys undersöks 3 möjliga brandförlopp och en tillgänglig utrymningstid (ASET) jämförs med utrymningstiden som kommer krävas (RSET). Därefter följer de två bedömningstegen som ska avgöra om objektets brandsäkerhet är tillfredställande. Steg 6 i Figur 1 kommer täckas in i diskussionsavsnitten som följer efter varje analyserat brandförlopp. Rapporten avslutas med att diskutera om det finns åtgärder att vidta. I rapporten förekommer löpande figurer som representeras av foton tagna av skribenterna vid platsbesöket.

1.4. Avgränsningar

I denna rapport utvärderas endast personsäkerheten, ingen vidare undersökning av ekonomiska förluster kommer presenteras.

Rapporten begränsas till de risker som finns på avdelningarna och boendemiljön. Det kommer därför inte ske någon analys kring brandcellerna som senare kommer refereras som byggnadens lågdelen där gemensamma utrymmen för hela verksamheten såsom till exempel reception, samlingslokal och den allmänna restaurangen lokaliseras. Denna avgränsning görs framförallt av tidsskäl, då det annars hade resulterat i en för omfattande rapport med denna del inkluderad i studien. Vidare fanns det svårigheter med att analysera det befintliga brandskyddet vid platsbesöket, framförallt då utformningen av detta skiljer sig från det för högdelen. Eftersom att låghusdelen endast består av ett våningsplan vid markyta så kan en utrymning från denna verksamhetsdel antas snabbare och mindre problematisk att utföra jämfört med högdelen. Här antas också vårdtagare ej vistas i större utsträckning. Dessa ovan nämnda faktorer gör att det ur ett riskperspektiv är intressantare att kolla på högdelen. Resonemanget är hållbart om inga förhöjda brandrisker antas finnas i lågdelen, vilket inte har analyserats djupare i denna rapport.

Utifrån ovan nämnda motiveringar görs också en avgränsning från källarplanet. Här antas dessutom inte vårdtagare vistas alls, vilka är den primära riskgruppen som analyseras i denna rapport.

2. Objektsbeskrivning

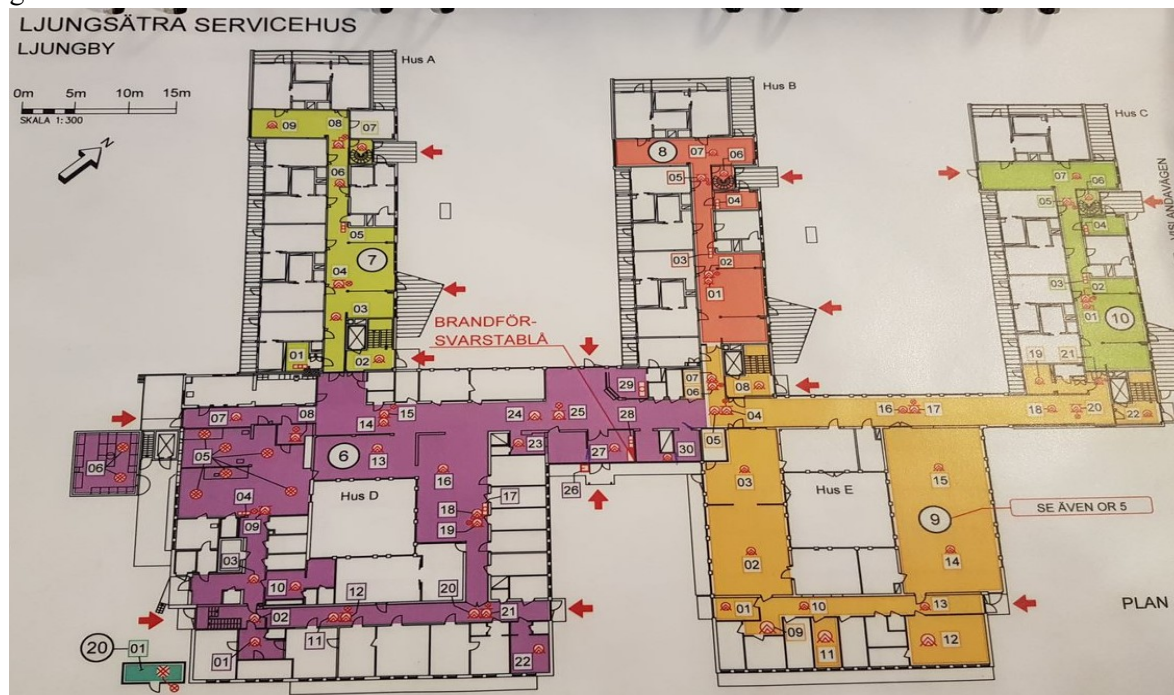
I följande avsnitt presenteras objektet och dess verksamhet. Objektet Ljungsätra äldreboende är beläget på Olofsgatan 9 i Ljungby, se Figur 2.



Figur 2. Ljungsätra äldreboende.

2.1. Beskrivning av byggnaden

Äldreboendet utgörs av en högdelen och en lågdelen. Högdelen består av tre huskroppar och respektive huskropp har fyra bostadsplan samt källare. De tre huskropparna kommer härnäst efter att delvis refereras till som hus A, hus B och hus C. Lågdelen består endast av ett plan. Figur 3 nedan visar byggnadens geometri.



Figur 3. Översiktsbild Serviceritning plan 1 Ljungsätra äldreboende. Visar byggnadens geometri där hus A, B och C är byggnadens högdelen, hus D och E är byggnadens lågdelen.

Byggnaden är uppförd 1973 och högdelen hade då endast tre våningsplan. År 2002 gjordes omfattande renoveringar och en fjärde våning lades till. Byggnadens stomme är av betong/stål och fasaden är av tegel. En byggnad med tre eller fler våningsplan ska enligt BBR klassas som en Br1-byggnad. Detta innebär bland annat att avskiljande konstruktion ska som minst uppfylla kravet EI60.

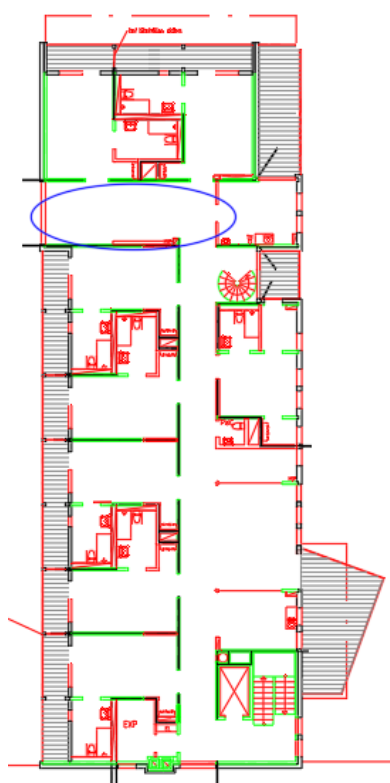
2.1.1. Byggnadens högdelen

Hus A, hus B och hus C innefattar totalt 92 lägenheter. 89 lägenheter har balkong och storleken på lägenheterna varierar mellan 30 och 37 kvadratmeter. Respektive hus har utöver de fyra bostadsplanen ett källarplan som används av personal, men inga hyresgäster vistas någonsin här varför källarplanet ej kommer beskrivas utförligare i denna rapport. Varje våningsplan utgör här en egen avdelning. På avdelningarna finns utöver boenderum ett administrativt kontor och en tvättstuga. För respektive våningsplan befinner sig kontoret närmast trapphuset och tvättstugan i andra änden av korridoren. Våningsplan 1,2 och 3 är närmast identiskt planerade där respektive våning har ett gemensamhetsutrymme med kök, se Figur 4. Kökens interiör är främst av trä.



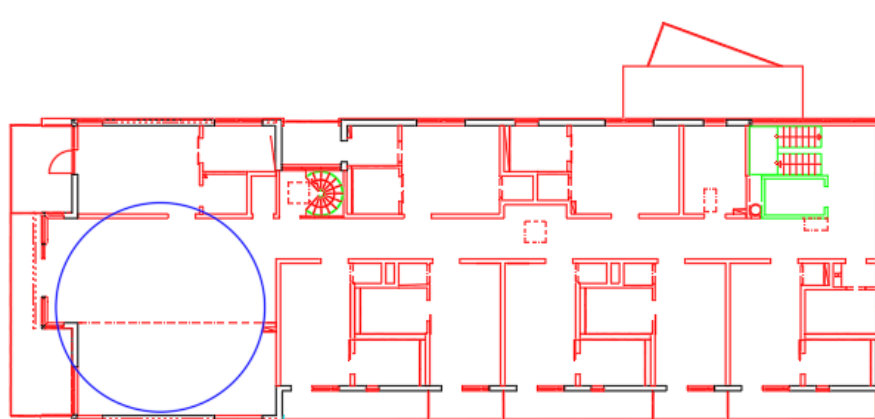
Figur 4 Kök med tillhörande gemensamhetsutrymme markerad med blå oval i ritning.

Vidare finns ytterligare ett mindre gemensamhetsutrymme beläget i slutet av korridoren, se Figur 5 Dessa utrymmen har inretts med soffor, stolar, fåtöljer och olika förvaringsmöbler. Kvantiteten skiljer sig något mellan olika våningsplan och husdelar.



Figur 5. Mindre gemensamhetsutrymme i slutat av korridor markerad med blå oval i ritning.

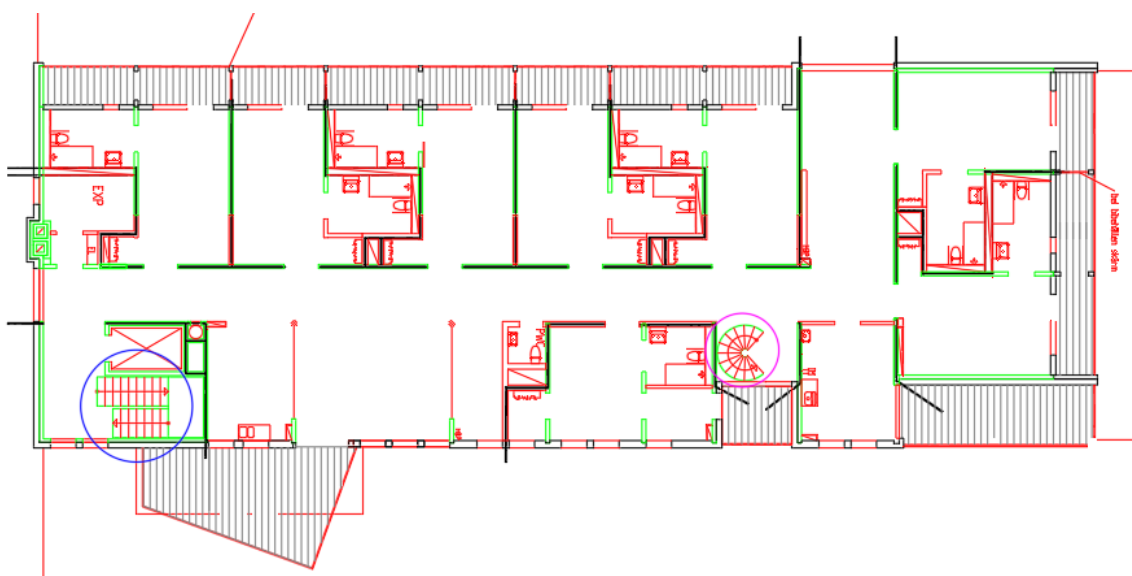
Våning 4 som byggdes till senare har en lite annorlunda utformning där framförallt köket och gemensamhetsutrymmet skiljer sig till placering, se **Error! Reference source not found.** Figur 6. På våningsplan 4 finns inte heller ett andra mindre gemensamhetsutrymme till skillnad från plan 1-3 och har istället ett större gemensamhetsutrymme i anknypning till köket.



Figur 6. Ritning plan 4. Kök med gemensamhetsutrymme markerad med blå cirkel.

2.1.2. Kommunikation mellan våningsplan i högdelen

Kommunikationen mellan våningsplanen i högdelen sker i respektive hus med ett primärt trapphus som inkluderar hiss samt ett sekundärt trapphus med spiraltrappa. Det primära trapphuset är lokerat i änden av respektive huskropp som ansluter till lågdelen. Spiraltrappan befinner sig på andra änden av huskroppen kopplad till korridoren. Avskiljande dörrar mellan avdelningen och trapphusen är utformad med dörrstängare och i klass EI-30. Trapporna i det primära trapphuset är utformade med bredden 90 cm och bredden för spiraltrapporna uppgår till 84 cm. På platsbesöket uppmärksammades att trappstegen är smala och höga. Trappornas placering visas i Figur 7.



Figur 7. Ritning över plan 1 Ljungsjö äldreboende. Det primära trapphuset med hiss är markerade med blå cirkel. Sekundärt trapphus med spiraltrappa är markerad med lila cirkel.

Våningsplanen i trapphusen är inredda med möbler så som soffor, fåtöljer, stolar och bord. Vidare förekommer större växter, tavlor och gardiner med mera. Inredningen skiljer sig mellan våningsplanen men förekommer konsekvent se Figur 8.



Figur 8. Möblerade trapphus våningsplan 2 och 3.

2.1.3. Byggnadens lågdel

Lågdelen består av två huskroppar D och E och är utförda i endast ett plan. Här innefattas en stor samlingslokal för max 150 personer, storkök, restaurang, läkarmottagning samt administration. Vidare finns här en överglasad gård. Denna rapport avgränsar sig från byggnadens lågdel och kommer därför ej att vidare beskrivas i denna rapport (se Avgränsningar kapitel 1.4).

2.2. Beskrivning av verksamheten

Behovsprövade boenden ska utformas utefter kraven för verksamhetsklass 5B. Det ska till exempel finnas boendesprinkler, nödbelysning och det avråds från spiraltrappor som utrymningsvägar. Maximalt avstånd till utrymningsväg får inte överskrida 45 m (Boverket, 2011).

Ljungsätra äldreboende innefattar totalt 92 boenderum. Hyresgästerna bor ensamma i var sitt rum och inget parboende förekommer. Hyresgästerna uppfyller kraven för behovsprövat särskilt boende som innefattar bland annat funktionsnedsättning, demens och nedsatt förmåga till utrymning på egen hand. Hyresgästerna är generellt spridda på de olika våningsplanen och husen oberoende av detta, men en viss koncentration av dementa boende finns på våning 1 i respektive hus.

Normalt i verksamheten finns max 60-70 anställda på plats samtidigt. Dessa består av vårdpersonal, praktiserande och frivillig extern vårdpersonal, läkare, administrativ personal, köksbemanning och vaktmästare. Vikarier förekommer under hela året men framför allt under sommaren. Endast vårdpersonalen kan antas assistera vårdtagare vid eventuell utrymning i boendeavdelningarna. Annan personal kan på dagtid tänkas bistå med assistans i ett senare skede om utrymning mellan våningsplan blir aktuellt.

De anställda jobbar skift och på dagtid finns minst två vårdanställda per avdelning. Nattetid är bemanningen mindre och endast fyra vårdanställda jobbar då. Fördelningen är sådan att en person har hand om våningsplan 1 medan de andra har hand om våningsplan 2-4 i respektive hus. Normalt sätt så hjälps personal åt under natten men varje person har sitt eget ansvarsområde.

Mat levereras färdig till äldreboendet och endast enklare matlagning, bakning, kaffekokning och dylikt sker i respektive kök på varje våningsplan. Fyra måltider per dag sker normalt vid borden i gemensamhetsutrymmet på varje våning och sedan tillkommer fika utöver det.

Hyresgästerna tillåts röka i sina egna lägenheter men hänvisas till balkongerna. Rökning inomhus i de gemensamma utrymmena är strängt förbjudet. En policy att inga levande ljus skall förekomma finns i verksamheten.

3. Befintligt brandskydd

I detta kapitel beskrivs det befintliga brandskyddet på Ljungsåtra äldreboende.

3.1. Brandcellsindelning

Hus A, B och C är identiskt utformade och har således också samma brandcellsuppdelning. Samma gäller våningsplan 1, 2 och 3. Våningsplan 4 skiljer sig något i utformning men brandcellsuppdelningen är snarlik.

Bjälklaget mellan våningsplanen är utfört i betong/stål och upprättat för att vara brandavskiljande. Detta medför att varje våningsplan utgör en egen brandcell.

Respektive lägenhet inklusive administrationsrum och tvättrum har brandavskiljande väggar samt brandklassade dörrar. Dessa rum är därför också egna brandceller. Korridoren och gemensamhetsutrymmen samt avdelningsköket är sammankopplade och utgör en brandcell. Slutligen utgör trapphusen egna brandceller. CAD-ritningarna som finns tillgängliga för objektet visar att åtminstone alla dörrar på avdelningen är EI30 klassade vilket även bekräftades under platsbesöket.

Det är viktigt att ha ventilationssystemet i åtanke som bryter igenom bjälklag och väggar vilket medför en penetration mellan brandcellerna. Denna del av verksamheten servas av fläkt i drift som antas fortsätta under hela brandförloppet. Detta resulterar i att ingen brandgasspridning sker via ventilationssystemet.

3.2. Detektionssystem

Detektorerna i de allmänna utrymmena är kopplade direkt till SOS. Däremot larmas endast personalen via deras arbetstelefon då ett brandlarm utlöses inne på boenderummen. Därefter är det alltså upp till personalen själva att larma vidare vid behov.

På varje avdelning finns två larmknappar som är kopplade till centralapparaten vilket möjliggör smidig manuell larmning till SOS. När ombyggnationen gjordes 2001 angav Boverkets regler och råd att larmsignalen endast behöver vidarebefordras till bemannad plats i det fall då personal finns tillgänglig (Boverket, 1993). Larmsystemet upprättades på detta sätt för att minimera antalet falska alarm till räddningstjänst samt de fall med mycket lindriga konsekvenser där behovet av räddningstjänst ej finns. Dessa två typer av utfall utgör nästan alla larm som inträffar vilket stödjer syftet med denna utformning av larmsystemet. Dock har den lokala räddningstjänsten på senare tid ifrågasatt systemet och anser att alla detektorer skall vara kopplade direkt till SOS. Vidare skall komponenterna i larmsystemet uppfylla SMS-EN 54 och utförandet skall vara enligt RUS 110:5. Eftersom att detta endast antas uppfyllas av renodlade brandlarm vilket detta hybridsystem inte kategoriseras som, så finns anledningar att tro att befintligt larmsystem ej uppfyller kraven för verksamhetstypen.

Spisarna i verksamheten är kopplade till larmet, när en aktivering av larmet sker ska spisarna stängas av automatiskt. Utrymningslarmet är kopplat till samtliga detektorer och består av ringklockor. Ljudet från dessa skall enligt personalens erfarenhet med lätthet kunna höras oavsett var man befinner sig i verksamheten.

3.3. Skyltar

Boendet är försett med nödbelysta utrymningsskyltar. Några av dessa var mer moderna än andra vilket medförde klarare belysning. De äldre upplagorna var dock än så länge funktionsdugliga. Vid trapphusen

fanns även uppsatta utrymningsplaner, se Figur 11 i avsnitt 4.2. På dessa fanns bland annat utrymningsvägar, brandsläckare, brandknapp och återsamlingsplats utmarkerade.

3.4. Flamskyddsmedel och brandbelastning

Inga av möblerna i gemensamhetsutrymmena är idag behandlade med flamskyddsmedel. Dessa möbler är dock generellt konstruerade med en sparsam brandbelastning om än med vissa undantag. Alla rum är utrustade med identiska sjukhussängar men madrassen och sängkläder väljer hyresgästerna generellt själva. Detta medför att inte heller madrasserna eller sängkläderna kan antas flamskyddsbehandlade. I rummet bestämmer också hyresgästerna resterade möblemang vilket gör att brandbelastningen kan variera mycket från rum till rum.

3.5. Släckutrustning

På våningsplan 1-3 finns två handhållna skumbrandsläckare. En placerad i slutet av korridoren i anslutning till mindre gemensamhetsutrymme samt en i anslutning till köket. På plan 4 finns endast en släckare i anslutning till köket. I elskåp finns kolsyresläckare att tillgå. Utöver släckutrustning finns även brandfiltar att tillgå på respektive våningsplan. Släckutrustningen kontrolleras med tillsyn av räddningstjänst/externt företag med jämna mellanrum.

Vid platsbesök observerades att vissa handbrandsläckare delvis eller helt var blockerade av möbler, se Figur 9.



Figur 9. Brandsläckare blockerad av vårdbädd i änden av korridor.

3.5.1. Sprinkler

I verksamheten finns konventionellt sprinklersystem i alla lägenheter och kontor samt gemensamhetsutrymmen (kök, korridor, tvättrum). Sprinklersystemet är kopplat till det kommunala vattennätverket vilket innebär en näst intill obegränsad tillförsel av vatten förutsatt att systemet fungerar som det skall. Sprinklerhuvudena har en aktiveringstemperatur på 68 °C och RTI-värde på maximalt 50. Figur 10 visar ett av sprinklerhuvudena i ett boenderum.



Figur 10 Sprinklerhuvud i boenderum

3.6. Ventilationssystem

Ventilationsritningar och specifikationer har ej funnits att tillgå och varit problematiska att ta fram i ett tidigt skede i projektet. Därför har i denna rapport ett antagande gjorts att luftbehandlingsinstallationer utförts inom de ramar som angetts i brandskyddsdokumentationen som uppfördes inför ombyggnationen 2001 (Nilsson R. , 2000). Här avgränsas också kapitlet till att behandla våning 1-4 i höghusdelen av byggnaden i enhet med resterande rapport. Höghusdelen bestående av byggnad A, B och C servas av ett fläktsystem som fortsätter att gå vid brand försedd med säkerställd strömförsörjning med brandklassad kabel (lägst EI 30).

De parametrar som i detta fall är antagna är att fläktaggregat betjänar flera brandceller och till-/frånluftsdon upprätthåller sin funktion vid brandpåverkan. Detta medför att ingen spridning av brandgaser sker mellan brandcellerna via ventilationskanalerna. Kanalerna antas också utformade och placerade så att de ej förlorar sin funktion under brandförloppet och inte heller ger upphov till antändning av närbelägna byggnadsdelar/fast inredning.

3.7. Systematiskt brandskyddsarbete

Många åtgärder finns för att förhindra att brand uppkommer men om olyckan är framme är många av de boende väldigt beroende av assistans. Det är därför av största vikt att personalen är införstådda vad som behöver göras i den stressade situationen. Ljungsättras personal ska gå en utbildning inom brandsäkerhet vart 4:e år. De nyanställda ska även introduceras med en brandsäkerhetsgenomgång.

Ledningen uppgav under platsbesöket att om branden inte enkelt går att kontrollera med den manuella släckutrustningen ska personalen stänga dörren till rummet som brinner. Därefter ska alla på avdelningen samlas i ett och samma utrymme för att därefter invänta räddningstjänst.

Även en undersköterska tillfrågades gällande personalrutinerna under platsbesöket. Ledningens riktlinjer återfanns i hennes svar, trots en viss osäkerhet som förmodligen grundades i viljan att svara rätt, men detta påvisar trots allt att informationen mellan ledning och avdelning når fram.

På varje avdelning fanns även uppsatta handlingsplaner för eventuell brand eller annan utrymningsituation. Där finns tydliga instruktioner för hur SOS larmas till exempel beroende på om det är i gemensamt utrymme eller inne i boenderummen. Handlingsplanerna går även grundligt igenom prioriteringsordningen: rädda, larma, varna och släck.

I samband med om- och tillbyggnationen år 2000 upprättades även en underhållsplan för verksamheten. Tabell 1 visar hur ofta de olika kontrollerna bör utföras.

Tabell 1. Underhållsplan för befintligt brandskydd.

Utrymning vid brand	Brandcellsindelning	Brandtekniska installationer	Luftbehandlings - installationer	Anordningar för brandsläckning
Kontroll av utrymningsvägars tillgänglighet (4ggr/år)	Magnetisk uppställning av dörrar (1ggr/år)	Brandlarmsanläggning (frekvens enligt SBF)	Funktion vid brand (1ggr/år)	Handbrandsläckare (1ggr/år)
Inget lagrat material i Utrymningsväg (12ggr/år)	Nya genombrott i brandcellsgräns (1ggr/år)	Utrymningslarm (2ggr/år)		Rökluckor (1ggr/år)
Utrymningsskyltar (2ggr/år)	Ändring i brandcellsindelning (1ggr/år)	Sprinkleranläggning (frekvens enligt SBF)		
Utförd av	Personal / Räddningstjänst	Räddningstjänst	Räddnings -tjänst	Externt företag / Räddningstjänst

Källa: (Nilsson R. , 2000)

3.8. Räddningstjänst

Räddningstjänsten i Ljungby kommun består av en huvudstation och en deltidstyrka i Ljungby stad samt deltidstyrka i Lidhult. Ytterligare finns frivilliga brandvårn i Agunnaryd, Bolmsö och Ryssby.

Äldreboendet som ligger centralt i Ljungby stad täcks in av huvudstationen. Avståndet från stationen till äldreboendet är mindre än tre kilometer förutsatt att den snabbaste vägen kan användas. Tiden från larm till ankomst har historiskt understigit 10 minuter och kan enligt räddningstjänsten kontinuerligt antas vara mindre än 8 minuter. Stegbil skickas alltid vid larm från äldreboendet.

Under 2017 fick räddningstjänsten totalt två larm från Ljungsätra äldreboende. I båda fallen handlade det om bränd mat i ugn/spis varav inget av fallen gav upphov till någon brand.

4. Utrymning

I detta kapitel redogörs de generella förutsättningarna för utrymning vid brand för Ljungsätra äldreboende.

4.1. Möjlighet till utrymning

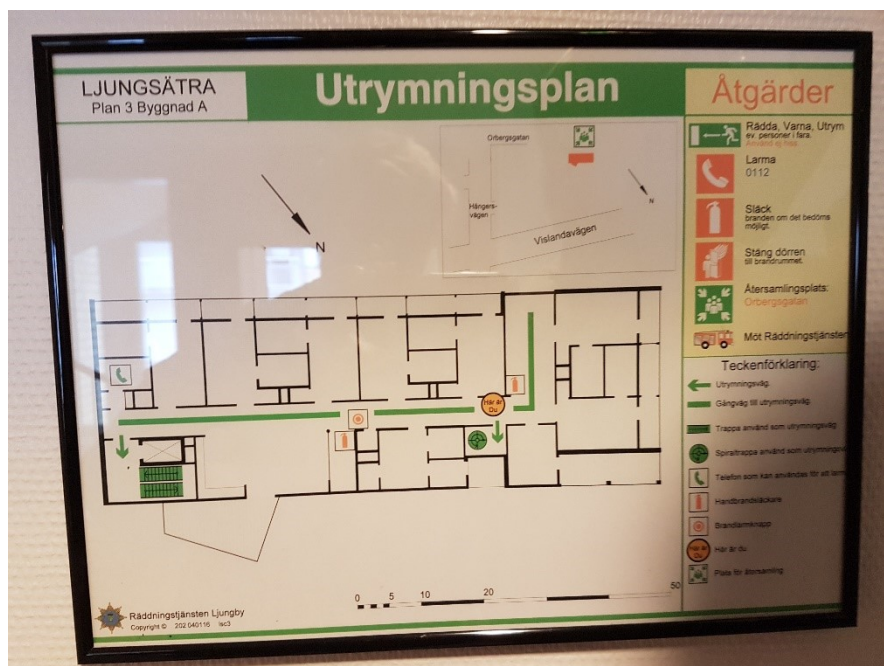
Utrymningsmöjligheterna på äldreboenden är ofta mer utmanande jämfört med andra verksamheter. Då denna typ av verksamhet är behovsprövad förväntas möjligheterna till utrymning vara kraftigt nedsatta på grund av de funktionsnedsättningar som hyresgästerna kan antas ha. Svårigheter med att förflytta sig på egen hand samt uppfatta/tolka signaler och anvisningar är faktorer som påverkar. Detta innebär att samtliga hyresgäster kan förväntas behöva assistans från personal vid en utrymning. Räddningstjänst kan också förväntas kunna bistå med assistans i ett senare skede (se avsnitt 3.8 Räddningstjänst). Dessa ovan nämnda faktorer gör att en utrymning av äldreboendet kan antas problematisk och kraftigt fördröjd i jämförelse med andra typer av verksamheter.

Utan räddningstjänstens assistans kan man anta att en utrymning till det fria av hela verksamheten är orealistisk vid ogynnsamma brandförhållanden, vilket styrks ytterligare av att personal inte har genomgått utbildning eller träning för utrymning av verksamheten samt att räddningsmadrasser ej finns att tillgå. Detta är dock ofta fallet för denna typ av verksamhet då målet normalt sätt inte är att utrymma hela verksamheten utan snarare att skydda personer tills att branden är släckt eller räddningstjänst kan assistera. Eftersom att denna typ av verksamhet medför stora svårigheter med utrymning skiftar fokus från snabb utrymning till ökad säkerhet i byggnaden. Personalens uppgift är därför att internt inom byggnaden utrymma vårdtagare till gemensam opåverkad brandcell och därefter invänta räddningstjänstens insats, om släckarbete inte kan utföras av personal.

4.2. Utrymningsvägar till det fria

Utrymningsvägarna från våningsplanen över markplan, utan assistans från räddningstjänst är begränsade till de primära trapphusen (se avsnitt 2.1.2), på grund av att spiraltrappor ej kan anses användbara i ett utrymningsscenario med krav på assistans (Boverket, 2006). Utrymningen nedför trappa är problematisk på grund av att begränsningar av rörelseförmåga här blir extra tydliga då trappor medför ytterligare komplikationer. Försök och erfarenhet har visat att det är svårt att utrymma ett helt boende via trappor (Johansson, 2013). Vid ett brandscenario skall hissarna i trapphusen ej användas enligt bestämmelser då dessa ej är klassade som utrymningshissar. I det första skedet av utrymning innan räddningstjänst har anlänt är alltså utrymning praktiskt begränsad till en väg. Trots detta kan i praktiken viss användning av spiraltrapporna ändå erhållas, då vårdtagare utan krav på assistans kan använda denna utrymningsväg. Denna aspekt har dock valts att inte behandlas ytterligare i denna rapport och spiraltrapporna antas ej användas vid utrymning.

Begränsningarna beskrivna ovan gör att man kan antas vara helt beroende av räddningstjänstens assistans för en total utrymning av verksamheten till det fria, om denna utrymningsväg skulle komma att vara obrukbar och brandförhållanden ej kan behandlas av personalen. Åter igen poängteras att verksamhetens handlingsplan vid brand ändå utesluter total utrymning av avdelningar ovan markplan till det fria innan räddningstjänstens assistans. Vid mycket gynnsamma förhållanden kan dock en sådan utrymning också realistiskt kunna tänkas utföras av personal innan räddningstjänstens assistans. Figur 11 visar utrymningsplanen för plan 3.



Figur 11. Utrymningsplan för plan 3.

4.2.1. Utrymningsvägar till det fria med hjälp av räddningstjänst

Räddningstjänsten kan med hjälp av höjdfordon ge upphov till ytterligare en utrymningsväg via den gemensamma balkongen på varje våningsplan. Vid utrymning med hjälp av räddningstjänst förutsätter man att hyresgästerna på varje våningsplan assisteras av personal till den gemensamma balkongen. Om detta ej är möjligt kan istället balkonger tillhörande boenderum användas.

Det finns få dokumenterade simulerade eller skarpa utrymningar av äldreboenden varav tiden för en sådan utrymning är svåruppskattad. Den lokala räddningstjänsten i Ljungby har ej utfört några tester men skulle uppskatta att den totala tiden från larm till att 8 hyresgäster på ett våningsplan är nere på marken till mellan 40-50 minuter.

Räddningstjänstens uppgift är alltså att säkra personerna i verksamheten. Beroende på brandscenario utryms personerna till det fria antingen med hjälp av höjdfordon eller ned för trapporna före eller efter branden kontrollerats.

5. Riskidentifiering

I detta avsnitt görs en ansats att hitta troliga risker som kommer ligga till grund för den vidare analysen. Räddningstjänsten i Ljungby meddelade att de sällan ryckte ut till Ljungsätra äldreboende vilket medförde att den platsspecifika statistiken var ytterst begränsad. Som referens kommer därför nationell statistik användas. Dessutom identifieras riskfaktorer och möjliga antändningskällor för verksamheten.

5.1. Statistik bränder

MSB insatsstatistik har använts för att uppskatta sannolikheten för olika typer av bränder i verksamheten. IDAs senaste nationella statistik (1998–2015) rapporterar att räddningstjänsten rycker ut till verksamheter inom äldreomsorgen i snitt 266 gånger/år. Vanliga brandorsaker är framför allt glömd spis, rökning, tekniskt fel och levande ljus men även anlagda bränder förekommer med viss frekvens i denna typ av verksamhet.

Enligt den inrapporterade statistiken till MSB är köket det absolut vanligaste startutrymmet. Vid en fördjupad sökning påvisas dock att köksbränder ofta är små och att branden hunnit självslockna eller endast avgivit rök när räddningstjänsten kommit till platsen. Allvarlighetsgraden för dessa fall är därmed låg och i Tabell 2 presenteras därför endast de bränder som vid räddningstjänstens ankomst brinner i startföremålet eller är större.

Tabellen visar även vilket utrymme där flest dödsfall inom äldreomsorgen sker. IDAs databas presenterar inga värden för kategorierna tvättstuga, badrum eller trapphus varav beteckningen ”uppgifter saknas”. Detta betyder nödvändigtvis inte att dödsfall aldrig skett i dessa utrymmen, de kan vara representerade i IDAs kategori ”annat” eller ”okänd”.

Tabell 2 Antal tillväxta bränder inom äldreomsorgen fördelat på startutrymme (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2018)

Startutrymme	Antal bränder	Procentuellt	Antal döda
Köksutrymme	232	33%	12
Sovrum	119	17 %	20
Vardagsrum (gemensamhetsutrymme)	88	12 %	23
Tvättstuga	51	7 %	Uppgifter saknas
Badrum/toalett	24	3 %	Uppgifter saknas
Trapphus*	8	1 %	Uppgifter saknas

*Inkluderar både IDAs kategori ”Trapphus” och ”Trapphus/korridor”.

5.2. Riskfaktorer

Nedan presenteras de faktorer som kan tänkas göra verksamheten särskilt sårbar för en eventuell brand.

En av de mest påtagliga riskfaktorerna för denna typ av verksamhet är ju att många av de boende är äldre och behöver assistans vid utrymning. Detta kommer med största sannolikhet fördröja ett eventuellt utrymningsförlopp.

Boendet har egentligen två oberoende trapphus men det ena är försett med en smal spiraltrappa som många av de boende skulle få problem att utrymma ifrån. Studier sammanfattade av Daniel Nilsson påvisar att även människor undersökta i kontorsmiljö (alltså till huvudsak utan rörelsenedsättning)

undviker utrymning via spiraltrappor då de anses vara obehagligt trånga (Nilsson D. , 2009). Denna uppfattning borde vara ännu starkare hos de aktuella personerna på boendet. Eftersom spiraltrapporna på Ljungsätra är både branta och smala i sin utformning anses de inte kunna utrymmas av vårdtagarna.

Trapphuset med hiss var dessutom inrett med stoppade möbler. Om en brand skulle börja i dessa skulle detta trapphus inte vara säkert att utrymma ifrån. Under platsbesöket observerades även att dörrstängarna till detta trapphus och övriga avdelningen var väldigt opålitliga; i flera av testerna som gjordes stod fortfarande dörren öppen.

5.3. Antändningskällor

De vanligaste antändningskällorna inom äldreomsorgen utefter IDAs statistik är glömd spis, tekniskt fel, rökning och levande ljus. Även en viss andel (ca 5 %) är anlagd brand med uppsåt. Till stor del kan det tänkas vara dessa antändningskällor som kommer uppträda även på Ljungsättras äldreboende med undantag för de levande ljusen; Ljungsätra har sedan några år tillbaka förbjudit levande ljus i verksamheten. Dessutom kan det tänkas att *den glömda spisen* överrepresenterar antalet uttryckningar för detta boende på grund av att vissa äldreboenden erbjuder ett eget litet kök på de boendes rum som inte är fallet på Ljungsätra. För övrigt tillåts rökning endast i boenderummen och kan därmed antas endast vara en aktuell antändningskälla i detta utrymme. (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2018)

5.4. Skyddsåtgärder för verksamheten ansätts som att ingen person ska ådra sig allvarliga skador på grund av ett brandförlopp. Detta mål ska säkerställas med nedanstående, framdiskuterade acceptanskriterier.

De acceptanskriterier som sätts upp för säker utrymning avser utgöra de kritiska förhållanden då inga ytterligare skador eller livshotande situationer skall kunna antas uppträda vid utrymning vid brand. För att ta fram acceptanskriterier för Ljungsätra äldreboende används Boverkets föreskrifter vid analytisk dimensionering (BBRAD) som underlag till vidareanalys. Dessa föreskrifter beskriver rekommenderade kritiska nivåer för de påfrestningar som människor får utsättas för vid utrymning vid brand. I Tabell 3 redovisas boverkets föreskrifter.

Tabell 3 Boverkets acceptanskriterier för säker utrymning vid brand

Kriterium	Nivå
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	lägst 1,6 + (rumshöjden (m) x 0,1)
2. Siktbarhet, 2,0m ovan golv	10,0 m i utrymmen > 100 m ² 5,0 m i utrymmen ≤ 100 m ² . Kriteriet kan även tillämpas för situationer där köbildning inträffar i ett tidigt skede vid den plats kön uppstår.
3. Värmestrålning/Värmedos	max 2,5 kW/m ² eller en kortvarig strålning på max 10 kW/m ² i kombination med max 60 kJ/m ² utöver energin från en strålningsnivå på 1 kW/m ²
4. Temperatur	max 80 °C
5. Toxicitet, 2,0 m ovan golv	Kolmonoxidkoncentration (CO) < 2 000 ppm Koldioxidkoncentration(CO ₂) < 5 % Syrgaskoncentration (O ₂) > 15 %

Källa: (Boverket, 2013).

Trots att de angivna rekommenderade nivåerna ovan är konservativa finns ändå anledningar till att ta de ytterligare svagheter som tillkommer med verksamhetsklassen som innefattar äldreboende i beaktande. Målet är att eftersträva en god säkerhetsmarginal vilket resulterar i att de kritiska nivåerna därför justeras ned på grund av att boendet är behovsprövat och de personer som vistas inom verksamheten kan

förväntas vara extra känsliga för påfrestningar. Vidare förväntas personal befinna sig i brandmiljön under en längre tid då de skall bistå med assistans genom hela utrymningsförloppet. Detta medför att personal kan komma att utsättas för extra påfrestningar samt att de måste kunna fortsätta insats genom hela utrymningsförloppet. De kriterier som anses behöva justeras är främst värmestrålning, temperatur och toxicitet då dessa är de kriterier som främst påverkar hälsan och fysisk förmåga. Vidare är en konservativ siktbarhetsnivå viktig varav acceptansnivån för siktbarhet sätts till 10 m för att klara en utdragen utrymning. Nivån för kriterium 1 och 2 från boverkets föreskrifter accepteras således delvis medan kriterium 3,4 och 5 justeras ned 20 %. Denna procentuella nedjustering är inte baserad på genomförd forskning utan helt på skribenternas kompetens samt logiska antaganden. I Tabell 4 presenteras acceptanskriterier för säker utrymning för Ljungsätra äldreboende.

Tabell 4 Acceptanskriterier för säker utrymning för Ljungsätra äldreboende.

Kriterium	Nivå
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	lägst 1,6 + (rumshöjden (m) x 0,1)
2. Siktbarhet, 2,0m ovan golv	10,0 m
3. Värmestrålning/Värmedos	max 2 kW/m ² eller en kortvarig strålning på max 8 kW/m ² i kombination med max 45 kJ/m ² utöver energin från en strålningsnivå på 0,8 kW/m ²
4. Temperatur	max 60 °C
5. Toxicitet, 2,0 m ovan golv	Kolmonoxidkoncentration (CO) < 1 600 ppm Koldioxidkoncentration(CO ₂) < 4 % Syrgaskoncentration (O ₂) > 18 %

Dessa acceptanskriterier används för att vidare analysera brandscenarier. I de scenarier där acceptanskriterierna överskrids måste vidare analysering ske.

6. Grovanalys av brandscenarier

I detta avsnitt presenteras ett antal tänkbara brandscenarier som kan uppkomma i verksamheten. Brandförloppen kan utvecklas på flera olika sätt beroende på när och hur de upptäcks och hanteras därefter. De presenterade scenarierna nedan är utformade för att representera *ett värsta troligt fall* för att säkerställa att en majoritet av de brandförlopp som kan tänkas uppkomma täcks in. De presenterade scenarierna är framtagna främst genom diskussion inom gruppen och med handledare. Dessa diskussioner har till stor del utgått från MSBs insamlade statistik gällande brandorsaker, startutrymme och brandens omfattning vid räddningstjänstens ankomst för den aktuella verksamhetstypen.

För att senare jämföra scenarierna med varandra graderas deras sannolikhet samt konsekvens, givet att en brand uppstått i verksamheten, på en skala 1-5. Ljungsättras äldreboende antas vara ett standard äldreboende och kan därför speglas av statistiken från IDA utan vidare avsteg eller korrigeringar. Tabell 5 nedan visar vad som anses med varje skalsteg. Observera att definitionerna av skalstegen i huvudsak är framtagna i syftet att tydligt särskilja allvarlighetsgraden av de framdiskuterade scenarierna.

Tabell 5 Beskrivning av skalsteg.

Skalsteg	Sannolikhet	Konsekvens
1	Mycket låg sannolikhet (<i>< 1% av insatserna</i>)	Mycket låg <i>Inga personskador.</i>
2	Låg sannolikhet (<i>1% - 8% av insatserna</i>)	Låg <i>Lindriga skador på ett fåtal (1-3) individer.</i>
3	Medel sannolikhet (<i>9% - 16% av insatserna</i>)	Medel <i>Lindriga skador på ett flertal (>3) individer/Allvarliga skador på ett fåtal (1-3) personer.</i>
4	Hög sannolikhet (<i>17% - 24% av insatserna</i>)	Hög <i>Allvarliga skador på flera (>3) individer/ Ett fåtal (1-3) dödsfall.</i>
5	Mycket hög sannolikhet (<i>>25% av insatserna</i>)	Mycket hög <i>Ett flertal dödsfall (>3).</i>

6.1. Brand i boenderum

Ett tänkbart scenario skulle vara att en brand utbryter i ett av boenderummen. Möjliga antändningskällor skulle kunna vara en cigarett eller någon typ av elektronik som inte fungerar på rätt sätt. Boendesprinkler fungerar ofta effektivt men i fallet med cigarettantändningen kan brandspridning snabbt ske runtom rökaren, såsom kläder och säng, och bli livshotande innan sprinklern hinner uppnå utlösande temperatur (BRE, 2007). Rummen är avskilda som egna brandceller och branden kan därmed antas inte spridas vidare.

Sannolikheten för detta scenario representeras av skalsteg 4 (se Tabell 5). Samtidigt är denna miljö, tillsammans med vardagsrummen, den plats där flest löper risk att omkomma om en brand uppkommer vilket gör att detta scenario kan klassas med 4:a på konsekvensskalan.

6.2. Brand i trapphus

Ett flertal av trapphusens avsatser var inredda med stoppade möbler och bord. Om en brand hade uppstått i dessa hade det kunnat förväntas kraftig rökutveckling som hade försvårat utrymning. Det kan även tänkas, likt de observationer som gjordes under platsbesöket, att en av dörrstängarna inte slår igen in

mot avdelning och röken söker sig in även dit. Innan dörren hinner stängas manuellt har avdelningen rökfylld och utrymning är nödvändig. Det alternativa trapphuset med spiraltrappa är inte lämpligt för alla boende att utrymma ur och personalen väljer därför att samla alla på en gemensam plats enligt deras brandrutin, förslagsvis på den gemensamma balkongen intill avdelningsköket eller i en av lägenheterna. Detta gör att räddningstjänsten kommer fungera som enda möjlighet till utrymning

Sannolikheten för brand i trapphus på äldreboenden är låg, det uppträder i cirka 1 % av fallen och graderas därför som 2. En brand i trapphuset skulle påverka alla fyra våningar och särskilt den avdelning där rök tagit sig in. Det kan därför förväntas att ett flertal individer kommer påverkas men om personalen följer sina rutiner anses det inte behöva uppkomma flera allvarliga skador. Scenariots konsekvens klassas därmed som medel; 3.

6.3. Brand i avdelningens kök

Vid räddningstjänstens senaste utryckning till boendet hade larmet utlöst av rökutveckling från en kakkbakning. Detta är ett fall som rapporten begränsat sig ifrån då allvarlighetsgraden är så pass låg, se avsnitt 5.1. Eftersom matlagningen som utförs i avdelningsköken endast är av enklare karaktär anses risken för antändning med högre konsekvenser vara väldigt liten. Andra antändningskällor hade kunnat vara den elektriska utrustningen såsom mikron eller kaffekokaren, men även dessa fall anses få ytterst begränsad spridning.

Statistiken i Tabell 2 inkluderar även de fall som inträffat i storköken där den huvudsakliga matlagningen sker vilket bör innefatta de flesta större bränder som inrapporterats. I avdelningsköken kan det tänkas att egentligen endast mindre incidenter likt kakkbakningen är aktuella. Sannolikheten för dessa fall kan anses vara hög; grad 5. Däremot är konsekvensen väldigt låg och ingen kan tänkas komma till skada vilket medför klassningen 1 på denna skala.

6.4. Brand i soffgrupp på avdelnings gemensamhetsutrymme

En brand utbryter i den gemensamma delen på avdelningen, till exempel i en av de stoppade fåtöljerna i det mindre utrymmet längst bort från trapphuset med hiss. Till skillnad från soffgruppen i anslutning till köket är detta utrymme aningen avskilt och upptäcks därför inte av personalen innan den hinner tillväxa. När automatlarmet går till räddningstjänsten påbörjar personalen utrymningen.

Sannolikheten för brand i detta utrymme antas vara det samma som för IDAs statistik för vardagsrum och därmed vara 12 % av fallen vilket motsvarar grad 3. Eftersom även gemensamhetsutrymmet, liksom kökssceneriet ovan, är öppet mot korridoren kan det tänkas att utrymning kommer att ske genom rök. Konsekvensen anses bli något allvarligare än i kökssceneriet eftersom branden inte kommer under kontroll lika enkelt och de boende kommer behövas flyttas till en säkrare plats genom en rökfylld korridor. Detta leder till att ett flertal kommer bli påverkade och en gradering av 3 ges till detta scenario.

6.5. Brand i tvättstuga

En vanlig brandsak i tvättstugor är kvarglömt ludd i torktumlaren (SVT, 2013). Detta antas därför inträffa på en avdelning. En avgörande detalj för hur branden kommer utvecklas ligger i om dörren står öppen eller inte. Fredrik Nystedt menar att i omsorgsverksamheter står enskilda dörrar utan dörrstängare öppna i 75 % av brandfallen (Nystedt, 2009). Detta syftar dock i huvudsak till dörrarna in mot boenderummen som är mer naturliga att låta stå öppna. En dörr till en bullrande torktumlare, som dessutom tydligt uppmanas till att hållas låst, kan tänkas hållas stängd i större utsträckning.

Oavsett hur dörren står öppen eller inte är utrymmet obemannat en stor del av dygnet och det kan tänkas att branden inte upptäcks förrän larmet (som är kopplat till SOS) utlöses.

Sannolikheten för detta scenario är uppskattat som låg (4 %) och därmed graderas det till 2. Med en öppen dörr kommer brandgaser spridas ut i korridoren men det uppskattas påverka avdelningen lindrigare än tidigare scenarier (se 6.3 och 6.4) där branden utvecklas i det gemensamma utrymmet. Konsekvensen uppskattas därför som 2 på skalan.

6.6. Brand i badrum

Brandorsaken i toalettutrymmen är ofta okänd men det finns fastställda fall där rökning varit föranledningen (cirka 27 %) vilket utgör den vanligaste, fastställda orsaken (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2018). Det kan därför tänkas börja brinna i en papperskorg inne på en av de boendes toaletter till följd av en fimpad cigarett. Tillgången till annat brännbart material är begränsat vilket håller ner brandspridningen. Boenderummet kan dock tänkas bli rökpåverkat.

Sannolikheten för en brand i detta startutrymme skulle motsvara en 2:a. Det finns en liten möjlighet att personen som bor i rummet vistas i badrummet under brandförloppet och behöver invänta hjälp till att utrymma. Detta skulle, i ogynnsamma förhållanden, kunna leda till allvarliga skador för den boende och konsekvensen anses vara av grad 3.

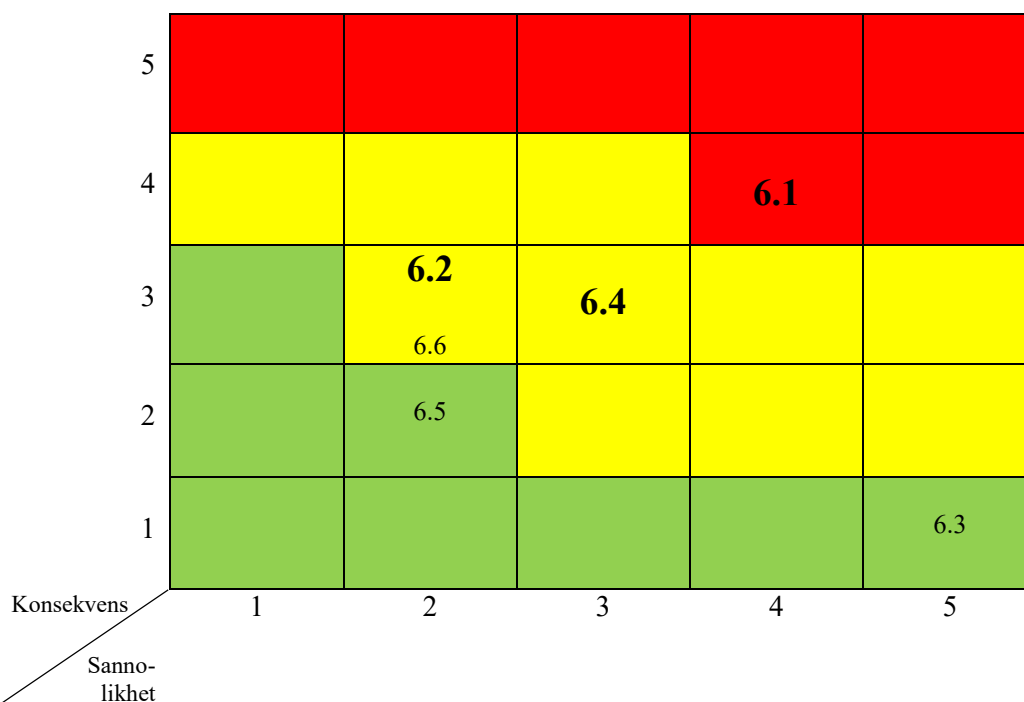
6.7. Val av brandscenarier för vidareanalys

I riskmatrisen på nästa sida, Figur 12, är de beskrivna scenarierna utmärkta utefter deras sannolikhet och konsekvens. Rubriksnumret är använt som beteckning för scenarierna och de fetmarkerade scenarierna kommer studeras vidare.

Matrisen pekar åt att branden i lägenheten och i gemensamhetsutrymmet är två scenarier som skulle behöva undersökas ytterligare. Även om en större brand i köksutrymmet mot förmodan skulle utbryta hade händelseförloppet för hur personalen ska agera kunna täckas in i scenario 6.4 (samma brandcell som rökfylles). Gemensamhetsutrymmet förväntas samtidigt ge en högre brandbelastning, och därmed bättre representera ett värsta troligt fall. Scenario 6.2, brand i trapphus, kan däremot tänkas kräva en annan utrymningsstrategi som är intressant att studera mer djupgående.

Även om tvättstugan skulle kunna innebära en brand med hög brandbelastning anses den motsvara ett kombinerat, mildare fall av scenario 6.1 och 6.4. Om dörren är stängd liknar fallet en rumsbrand likt boenderummet, dock är sannolikheten låg att någon människa vistas i detta utrymme vid denna tidpunkt. Om dörren däremot står öppen skulle avdelningskorridoren rökpåverkas likt branden i gemensamhetsutrymmet, men möjligheten till att försöka avskärma branden genom att stänga dörren skulle underlätta det eventuella utrymningsförloppet.

Fallet med branden i badrummet påverkar till huvudsak endast en boende men med lindrigare konsekvenser än för fallet i sovrumsmiljön (scenario 6.1). Därför bör en vidareanalys av sovrumsfallet prioriteras över detta fall.



Figur 12 Riskmatrix med graderade scenarier.

Matrisens gräns för vad som anses vara i stort behov av åtgärder (röda fält) är framresonerat utefter att man till högsta grad vill undvika dödsfall (konsekvens grad 5). Även de eventuella scenarier som skulle innebära en hög sannolikhet för ett flertal allvarliga skador som de boende kanske inte skulle återhämta sig ifrån valdes att klassas inom detta röda område. I de fall där scenarierna inte förväntas påverka människorna i någon större utsträckning, konsekvensgrad 1, kan riskerna accepteras oberoende av sannolikheten. Utefter dessa antaganden är skalan därefter utformad med det gula ALARP-området för en gradvis övergång mellan vilka risker som är i stort behov av åtgärder och vilka som kan accepteras.

I kommande avsnitt kommer de valda scenarierna refereras som scenario 1,2 respektive 3 för enklare läsning. Brand i boenderummet kommer presenteras först och blir därmed betecknad som scenario 1. Därefter görs analysen kring brand i gemensamhetsutrymmet, scenario 2, följt av scenario 3; brand i trapphus.

7. Simuleringsuppställning

Hur brandförloppen kommer utvecklas beskrivs med hjälp av olika simuleringsprogram. Nedan presenteras både programmen för brandutvecklingen men också tillvägagångssättet för utrymningssimuleringen. Resultatet från dessa kombineras därefter för att uppskatta hur stora marginaler för utrymning som är tillgänglig.

7.1. Simulering av brandförloppet

Brandförloppet i gemensamhetsutrymmet och i trapphuset anses kräva en CFD- simulering på grund av den komplexa geometrin. Denna typ av modell ger dessutom större pålitlighet när spridning till flera rum ska undersökas. Brand i boenderum-scenariot påverkar till huvudsak endast ett rektangulärt, mindre utrymme. I detta fall anses därför en två-zons-simulering likt Argos vara fullt tillräcklig för att uppnå ett rättvisande resultat. Två-zons-simuleringarnas begränsningar handlar framförallt om att inte rumsgeometrin ska vara för komplex och möbleringen inte ska påverka brandgasströmningen i någon större utsträckning. (Nystedt & Frantzich, 2011)

För simulering av brandgasströmningen har Programmet FDS version 6.6.0 använts.

Programmet är en CFD-modell för branddrivna fluidflöden som numeriskt löser Navier-Stokes-ekvationerna när olika flöden sker mellan definierade celler (National Institute of Standards and Technology, 2017).

FDS har använts simuleringar av scenario 2 och 3, där de båda satts upp på liknande sätt. Materialdata för de föremål som satts som bränslepaket i de båda simuleringarna har hämtats från (Särdqvist, 1993). De olika föremålen har satts till ett gemensamt bränslepaket. I båda scenarion är bränslepaketerna snarlika, där stoppade möbler och träbord förekommer i båda fall. En snabb tillväxt har använts eftersom det inte går att kontrollera var möblerna kommer ifrån, och de kan därför inte antas vara behandlade för att motstå eld (Karlsson & Quintiere, 2000). Detta ger mer konservativa resultat.

För scenario 2 och 3 gjordes en simulering med funktionen SPREAD_RATE (som räknas med ekvation 1) där antändningspunkten satts i en stoppad möbel. För dessa antogs det att den maximala effekten inte skulle nå innan sprinkleraktivering. Efter att sprinkler aktiverats avslutades simuleringarna och den faktiska effektutvecklingen fram till aktivering användes sedan där ett max ansattes för denna när aktivering skedde.

$$SPREAD\ RATE = \sqrt{\frac{\bar{\alpha}}{\pi}} \cdot \frac{1}{HRRPUA} \quad \text{Ekvation 1}$$

Vid platsbesöket uppmärksammades att en del av de magnetdörrstängare som används för att hålla trapphusdörrarna öppna under normala förhållanden blivit permanenta, dvs stängdes ej dörrarna av sig själva utan fick stängas manuellt. Detta har tagits hänsyn till i simuleringarna där en del dörrar i trapphuset lämnats öppna för att visa brandspridningen till andra våningar.

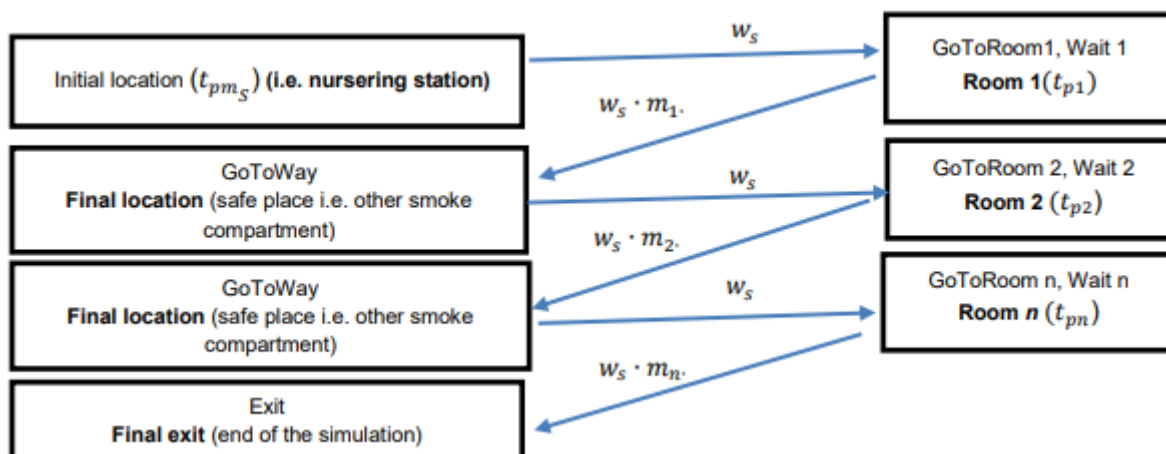
7.2. Utrymningssimulering

De flesta simuleringsprogram förutsätter att individerna kan utrymma på egen hand. När det kommer till assisterad utrymning har alternativa tillvägagångssätt använts för att efterlikna den rådande situationen.

Enricho Ronchi och Virginia Alonso-Gutierrez redogör för hur programmen STEPS och Pathfinder kan efterlikna en utrymning av ett sjukhus, en vårdmiljö som har stora likheter med de komplikationer som även uppkommer på ett äldreboende. De har identifierat vilken typ av personer som kan tänkas vistas i

byggnaden och har valt att fokusera på patienter och de som assisterar vid utrymning. Vid själva simuleringen kommer endast de assisterandes evakueringsväg undersökas likt flödesschemat i Figur 13. Personalen antas arbeta två och två men kommer representeras av en enskild agent i programmet.

Den presenterade figuren är den som är anpassad för Pathfinders funktioner, vilket är det program som kommer användas i denna rapport. Att inte STEPS valdes beror främst på att Pathfinder kan importera byggnadsgeometrier vilka även kan användas i FDS-simuleringen av branden, en kombination som ansågs önskvärd. (Alonso-Gutierrez & Ronchi, 2016)



Figur 13. Flödesschema över utrymningssimuleringen.

Varje ruta i flödesschemat representerar en normal-/lognormalfördelad tid. Likaså är agentens hastighet (w_s) slumpmässigt fördelad och reduceras med Pathfinders "speedmodifier" under den sträcka som assisterad utrymning sker (m_n). Denna funktion reducerar en agents hastighet i ett specifikt rum efter en viss tid. I simuleringarna som görs för Ljungsåtra kommer två agenter röra sig i korridorerna med och utan vårdtagare oberoende av varandra och det skulle vara problematiskt att avgöra när korridorerna ska reduceras i hastighet och inte. Därför sätts ett medelvärde mellan reducerad och icke-reducerad hastighet i korridorerna under hela förloppet.

I varje rum uppmanas den simulerade assistansen att vänta för att på så vis efterlikna den förberedelsestid som den boende kan tänkas behöva för att evakuera från platsen. När alla assisterande agenter i simuleringen nått utgången har utrymningstiden uppnåtts. (Alonso-Gutierrez & Ronchi, 2016)

Eftersom alla tider och hastigheter följer någon typ av fördelning upprepas simuleringen 10 gånger för att säkerställa att resultatet är trovärdigt. Ronchi och Alonso-Gutierrez utförde hundra simuleringar per scenario.

7.3. Gemensamma antaganden

Ett brand- och utrymningsförlopp kan utvecklas i allvarlighetsgrad beroende på flera faktorer och nedan presenteras de som anses påverka förloppet mest.

Att sprinklern fungerar är oerhört viktigt för hur branden utvecklar sig. Tillförlitligheten för sprinkler är enligt NFPA cirka 92 % (Ahrens, 2017). Tillförlitligheten för systemet i denna verksamhet kan dock antas än högre än generell statistik då systemet kontinuerligt underhålls enligt underhållsplan (se Tabell 1). Detta medför att tillförlitligheten anses så pass hög att antagandet att sprinklersystemet fungerar vid respektive brandscenario rättfärdigas.

Scenariot kommer bero på hur hög bemanning som finns på boendet under brandtillfället. Under kvälls- och nattetid är personalstyrkan begränsad och risken att branden inte upptäcks i tid ökar i detta fall. Om branden däremot sker på dagtid med två anställda per avdelning är möjligheten till en snabb utrymning betydligt bättre. Det antas att det endast är vårdutbildad personal som hjälper till vid utrymning.

Grovanalysen i avsnitt 6 antar att brandcellsgränsen är intakt och kommer stå emot brandutvecklingen under tillräckligt lång tid för att räddningstjänsten ska vara på plats.

Verksamhetsdelen som analyseras är utförd med verifierad fläkt i drift vilket innebär att ett antagande har gjorts ventilationen ej bidrar till brandgasspridningen.

Vårdtagarna antas vara rörelsebegränsade i den grad att en assisterad utrymning är nödvändig.

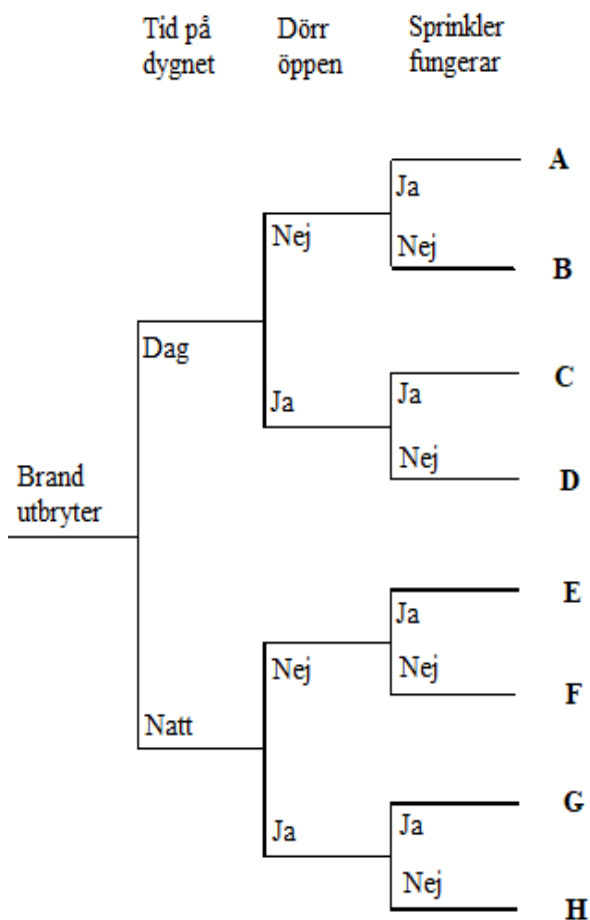
7.3.1 Gemensamma antaganden scenario 2 och 3

Eftersom inga entydiga data funnits på exakt vilka material verksamheten är byggd av har antagandet gjorts att alla väggar, tak och golv är gjord av betong.

Sprinklersystemet och sprinklerhuvudena antas följa de regler och standarder som finns och har simulerats utifrån detta. Sprinklern simuleras endast för sin påverkan av brandgaserna, dvs den omrörning vattnet ger upphov till.

8. Scenario 1 – brand i boenderum

I Figur 14 presenteras händelseträdet för vilka utfall som kan tänkas inträffa.



Figur 14. Händelsetråd över brand i boenderum.

Enligt motiveringar ovan antas fall E vara ett värsta, troligt fall som vidare beräkningar kommer anpassas till.

Eftersom sprinkleranläggningar har så pass hög tillförlitlighet och det även är av intresse att undersöka hur väl detta system motarbetar den uppkomna branden väljs ett utfall där sprinklern fungerar.

Utifrån modellen värsta troliga scenario väljs tid på dygnet till natt på grund av den låga nattbemanningen som påverkar eventuell räddningsinsats. IDAs statistik påvisar även en svag trend för att bränder i sovrum på äldreboenden förekommer något oftare under natten (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2018).

Fallen där dörren står öppen kommer leda till liknande brandgasspridning i korridoren som scenariot med brand i gemensamhetsutrymmet och konsekvenserna av denna faktor kommer därmed täckas in i avsnitt 9. Det är därför av större intresse i detta scenario att undersöka utvecklingen då dörren är stängd. Det kan även tänkas att en stängd dörr kan fördröja personalens upptäckt av branden. Chansen att lägga märke till branden innan detektorn larmar blir mindre i detta fall. Under natten anses dörren med högsta sannolikhet också hållas stängd.

8.1. Antändning

En av de primära antändningskällorna i boenderum är rökning i säng. Boenderummen är de enda utrymmen där rökning får förekomma utöver balkongerna och en glödande cigarett skulle här kunna antas leda till brand. En studie av dödsfall vid brand i svenska hem mellan 1999 och 2007 anger en kategori med dödsfall på grund av antändning av kläder eller pappersmaterial, ofta i samband med rökning (Anders Jonsson, 2017). Här redovisas att 36% av dödsfallen sker i äldreboenden. Vidare representerar åldersgruppen (80+) över 65% av det totala antalet dödsfall inom kategorin. Anledningen till detta är sannolikt på grund av deras begränsade rörelseförmåga och förhöjda sårbarhet.

Branden antas starta i den sovande rökarens säng. Rummen möbleras av de boende vilket gör att ett rum inte är det andra likt. Under besöket tilläts tillträde till ett av boenderummen och detta rums möblering kommer därför användas som mall för hur brandförloppet utvecklar sig, se Figur 15.



Figur 15. Bild på boenderum.

8.2. Brandsimulering

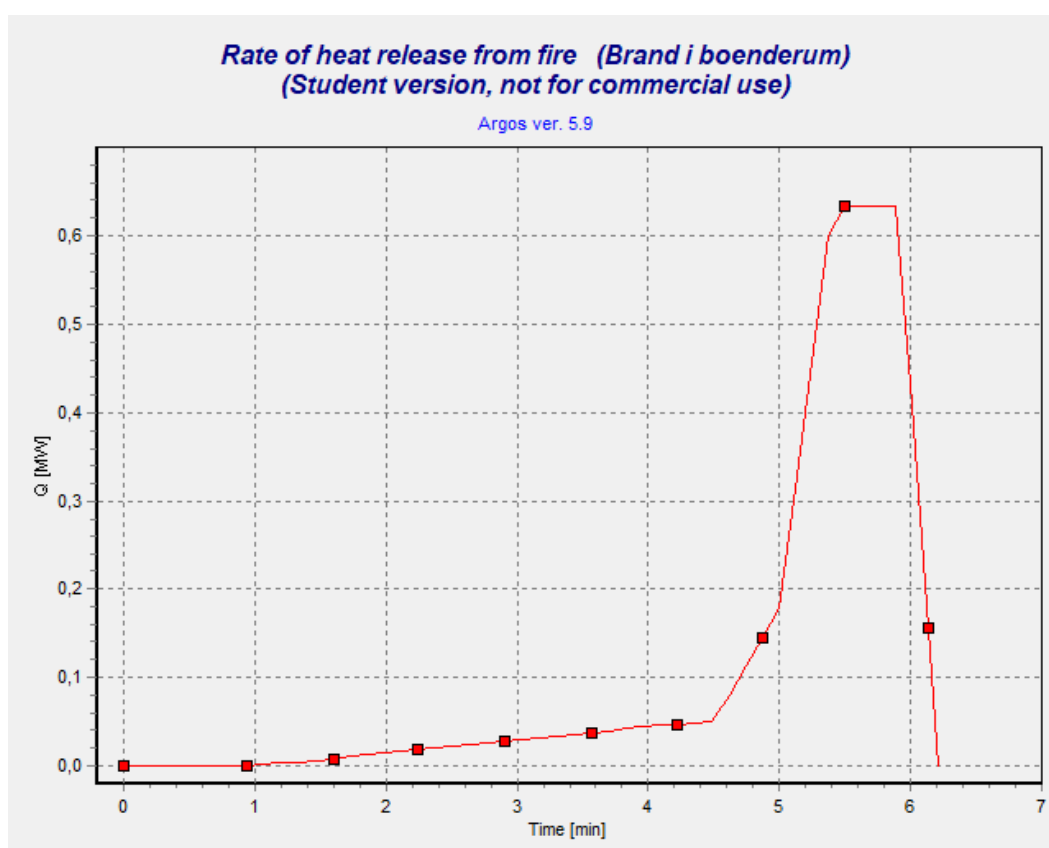
Rumsgeometrin byggs upp i Argos (3,45 x 5,90 x 2,30; b x l x h). Ett sprinklersystem läggs in med aktiveringstemperatur 68 °C och antagandet att RTI-värdet är 50 ms^{0.5}. Rökdetektorn antas aktivera vid 0,4dB/m. Detta är ett konservativt värde jämfört med angivna värden för standarddetektorer i Argos. Fönstret antas spricka vid 400 °C utifrån uppskattning att fönster spricker mellan temperaturen 250-600 °C. (Larsson, 1999). Initial fires sammanställer flera brandförlopp av sängar med effektutveckling som varierar allt ifrån cirka 100 kW till drygt 2000 kW (Särdqvist, 1993). På grund av faktumet att de boende själva kan välja vilka möbler som finns i rummet väljs en säng med effektutveckling uppåt 2000 kW (Hospital mattress, Y6/15). I Figur 16, Figur 17 och Figur 18 på nästa sida presenteras resultaten från simuleringen.

Sängens effektutveckling är framtagen från ett försök där antändning skett med en intelligande, brinnande papperskorg (total vikt 443 g). Papperskorgen skulle ge en tillräckligt hög effekt för att antända de närbelägna sängkläderna men samtidigt inte dominera den tidigt uppmätta brandutvecklingen. Sängkläderna uppskattades antändas efter drygt 20 s. Sängen testades i två olika rumsmiljöer och dessa uppställningar återfinns i bilaga A1. (Babrauskas, 1977)

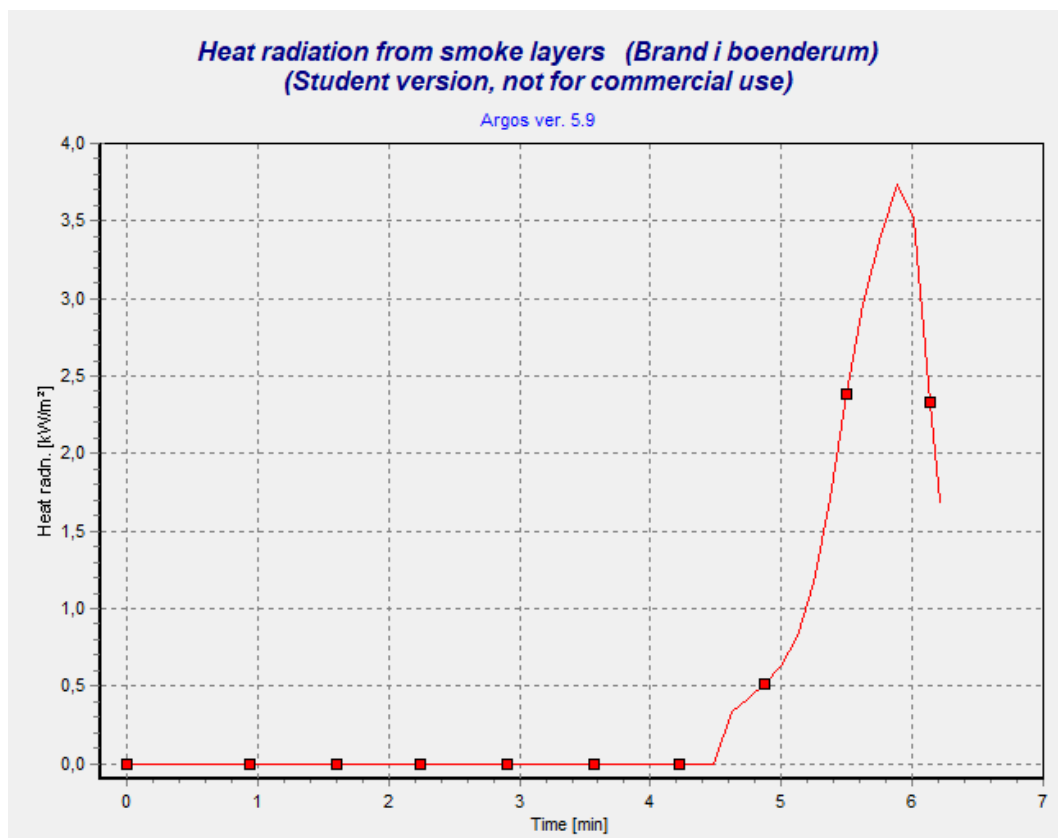
	Q(t)	Smoke in room	Smoke in layer	Floor to layer	Layer temperature	Heat radiation
	MW	dB/m	dB/m	m	°C	kW/m ²
<i>Boenderum</i>	-0.000	0.00	38.13	0.00	153	1.68

Fire progression:
 Data point fire > Bed, Pu foam, Y6/15
 Plumemodel > Heskestad
 00:01:48 : Room 'Boenderum': Smoke-detected fire alarm (AFA) activated
 00:02:55 : Critical condition in room 'Boenderum': Optical density greater than 2,0 dB/m
 00:04:42 : Critical condition in room 'Boenderum': Smoke free height less than 1,83 m
 00:05:23 : Room 'Boenderum': Sprinkler installation (AWS) activated
 00:05:31 : Critical condition in room 'Boenderum': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
 00:05:54 : Fire is declining
 00:06:05 : Room 'Boenderum' is now filled with smoke
 00:06:12 : Fire has been put out

Figur 16. Hela brandförloppet.



Figur 17. Effektutvecklingen i boenderummet.

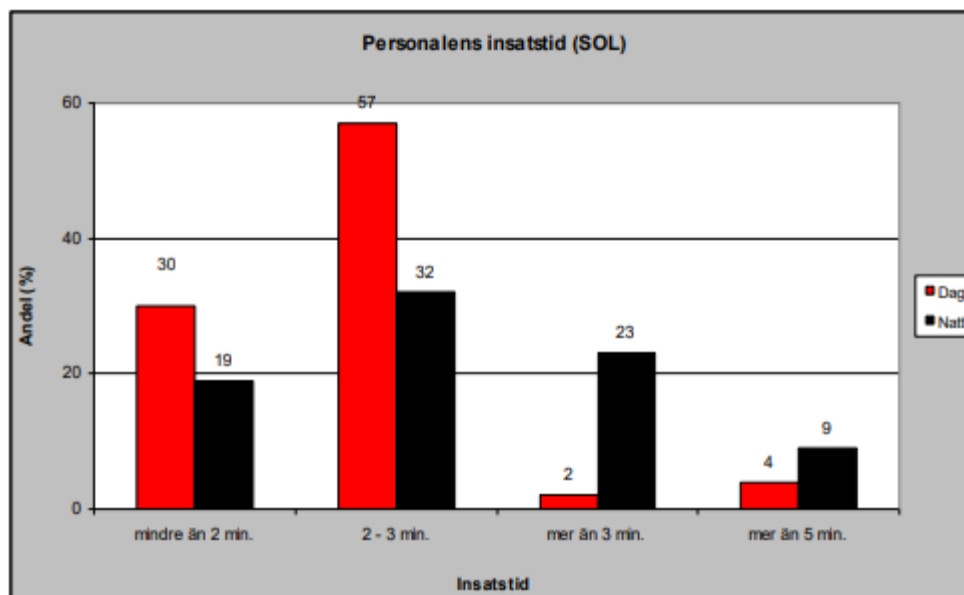


Figur 18. Värmestrålning från rökgaslagret.

8.3. Tiden för personalens insats

Eftersom en assisterad utrymning krävs är detta förlopp helt beroende av personalens agerande. Speciellt under natten är det troligt att branden uppfattas av personal först när de larmas av rökdetektorn. Detta sker med ovannämnda förutsättningar vid tiden 1:48 (min:s). Därefter ska de lokalisera boenderummet och förbereda sig på övriga vis.

Vid en enkätundersökning av 75 behovsprövade boenden i Sverige samlades data för responstiden vid en insats av personal på ett behovsprövat boende. Figur 19 nedan visar hur personalens insatstid är fördelad på vård-, och omsorgsboenden vid ogynnsamma förhållanden.



Figur 19 Personalens insatstid vid ogynnsamma förhållanden under dagtid/natttid.

Av diagrammet framgår att det normalt tar ca 2-3 minuter innan en insats av personal kan påbörjas vid ogynnsamma förhållanden. Under nattetid kan över 30% av dessa ta över 3 minuter och vid extrema fall över 5 minuter. Efter en granskning av diagrammet inses att den totala andelen ej uppgår till 100% vilket innebär att det eventuellt finns en ytterligare kategori med osäkerheter. Det är svårt att följa författarens presentationsval av enkätdata men undersökningen anses trots allt tillräckligt tillförlitlig för att ge en ungefärlig uppfattning för hur lång tid en förberedelse för insats tar. (Johansson, 2013)

Dessa förberedelsetider kan jämföras med BBRADs uppskattade tider för sjukhuspersonal vid ett larm som även går ut som textmeddelande (vilket är fallet för larmen på boenderummen). BBRAD anger en förberedelsetid på 1 minut för detta fall men förutsätter en "vårdavdelning med god överblickbarhet (enkel korridor)". I detta fall har en nattpersonal ansvar för tre avdelningar och överblickbarheten kan därmed inte garanteras vara god. Det anses därför rimligt att anta en högre tid likt det Johansson presenterat och förberedelsetiden antas därför vara 3 min.

Den totala tiden för personalen att vara på plats bedöms alltså bli ungefär 5 min.

8.4. Utvärdering brand i boenderum

Den tillgängliga tiden innan förhållandena i sängen blir kritiska anses vara fram till den tidpunkt då allvarliga skador på personen kan uppstå. Att personen påverkas lindrigt anses nämligen svårt att undvika när väl en brand utbrutit. Det har inte varit helt enkelt att fastställa ett konkret värde för när en person som befinner sig mitt i elden når dessa skador men för att försäkra sig om att detta inte händer studeras effektutvecklingen i argosimuleringen. Branden tillväxer långsamt, och är begränsad, fram till cirka 4,5 min. Vid denna tidpunkt är effekten cirka 50 kW som skulle motsvara en brand i en liten papperskorg (Fire Investigator - Principles and practice to NFPA 921 and 1033, 2018), därefter eskalerar förloppet snabbt. Denna tid anses därför utgöra en gräns för när förhållandena snabbt blir kritiska.

Nattpersonalen antas dock vara på plats först efter 5 min vilket gör situationen betydligt mer osäker och riskfylld. En handbrandsläckare kan användas utan skyddskläder för att släcka en brand under 0,5 MW vilket enligt Argos fortfarande kan vara fallet efter ankomst till rummet (Nystedt, Brandscenarier och dimensionerande bränder). Efter denna tidpunkt rör det sig dock om väldigt små marginaler innan branden eskalerar förbi detta gränsvärde (cirka 15-20 s) samtidigt som osäkerheten kring personalens ankomst är stor.

Bedömningen ovan gäller endast då personen befinner sig mitt i brandhärden. I det fall då den boende endast befinner sig i samma rum påverkas den visserligen av strålningsvärden från rökgaslagret över det kritiska värdet av 2 kW/m^2 , se Figur 18. Värmestrålning från rökgaslagret. Detta gränsvärde gäller dock för långa exponeringstider vilket inte är fallet när väl sprinklern aktiverar. Konsekvensen av detta fall anses därför inte vara stor nog för att analysera vidare.

8.5. Diskussion brand i boenderum

I detta scenario finns flera parameterosäkerheter som kan påverka tidsmarginalerna. I det simulerade fallet anses rummet vara säkert i 4,5 min. Detta är oberoende av om sprinklern fungerar eller inte. Först efter 5:24 (min:s) aktiverar sprinklersystemet och branden har då hunnit tillväxa till drygt 600 kW. Om ingen annan släckinsats hunnit påbörjats innan denna tidpunkt är risken för allvarliga skador hög. Detta bekräftar det som redan anades i grovanalysen; sprinklersystemet, som oftast är mycket effektivt, aktiverar för sent i fallet då personen befinner sig i brandens startföremål (BRE, 2007).

Vad gäller personsäkerheten påvisar detta att den maximala effektutvecklingen av sängen egentligen inte är den viktigaste aspekten. Sängen som valdes i simuleringen hade potential att uppnå värden på cirka 2 MW men det kan antas att allvarliga skador infunnit sig redan innan dessa effektvärden uppnås. Även i det simulerade fallet ovan, med fungerande sprinkler, uppnås ju effekter på drygt 600 kW som även det är för höga värden som bör minimeras. En mer kritisk parameter att undersöka hade därför varit sängens tillväxthastighet. Eftersom tidsmarginalerna för att personalen hinner undsätta den boende var oerhört små kan det tänkas att ett snabbare brandförlopp skulle medföra ett resultat som tydligt påvisar att personalen aldrig skulle nå branden i tid. Därför gjordes en ny simulering i Argos med identiska indata bortsett från att en säng med högre tillväxthastighet valdes, se bilaga A2. I detta fall bedöms branden öka i effekt redan efter 2,5 min, 2 min snabbare än det presenterade fallet ovan. Samtidigt uppskattar Argos att även brandlarmet aktiveras snabbare, och därmed uppmärksammar personalen, redan efter 37 s. Med 3 min förberedelse tid är personalen på plats vid en effektutveckling av 250 kW som snabbt eskalerar. Utgångsläget blir alltså det samma som simuleringen ovan, knappt om tid men fortfarande chans för handbrandsläckning. Det är tydligt att tiden för detektorns aktivering utgör en väldigt viktig faktor för hur situationen kommer utvecklas.

Att detektorns aktivering har en betydande påverkan på det slutgiltiga utfallet är självklart. Hur väl Argos simulerar denna tidpunkt kan dock funderas kring. En 2-zons modell fördelar brandgaserna jämt i den övre zonen vilket medför att avståndet mellan säng och detektor, som påverkar sträckan som brandgaserna transporteras, inte spelar någon roll. Med verklighetens takstrålar kan en viss fördröjning tänkas inträffa beroende av sängens placering gentemot detektorn. Men på grund av rummets mindre storlek kan denna tidsskillnad anses marginell och inte påverka resultatet i någon större utsträckning.

En annan aspekt som kan påverka detektionstiden är antändningskällan. Det simulerade brandförloppet i Argos initierades av en liten, brinnande papperskorg. I det tänkta scenariot antänds sängen istället av en glödande cigarett. Beroende på sängtyp och tillhörande sängkläder kan cigaretter ge upphov till glödbränder som först övergår till tillväxande flambränder efter cirka 1,5-4 timmar (Holleyhead, 1999). Innan denna övergång sker skulle det kunna vara möjligt att tillräckligt mycket rök bildats för att aktivera rökdetektorn. Detta skulle medföra att personalen blir varse om branden redan innan någon omfattande brandtillväxt infunnit sig. Trots de osäkerheter som finns kring hur denna förbrinntid påverkar förloppet, både vad gäller rökproduktion och tidpunkt till flambrand, pekar det alltså åt att den framförallt skulle bidra till en tidigarelagd detektion. Den simulerade branden i avsnitt 8.2 utgör därför ett konservativt fall för hur förloppet skulle utvecklas.

Utvärderingen i avsnitt 8.4 påvisar ett förlopp med ytterst små marginaler. Detta utgör dock, likt det som sagts i stycket ovan, ett konservativt fall. Bara i fallet då branden inträffat under dagtid hade marginalerna sett bättre ut. Detektionstiden under dagtid skulle kunna tänkas vara den samma, men personalens förberedelsestid till insats skulle troligen inte överstiga 2 minuter, se Figur 19. I detta fall hade personalen anlänt redan efter cirka 4 minuter och den boendes chanser skulle vara betydligt större.

Det har funnits förhoppningar att undgå denna typ av cigarettbränder genom lanseringen av självslocknande cigaretter. Senare studier har dock påvisat att denna typ av cigaretter inte haft någon inverkan på den svenska statistiken (Bonander, Jonsson, & Nilson, 2015).

Det är vanligt i äldreboenden att sängarna kan ha skyddsräcken för att hindra personer från att ramla ned från sängen i sömnen. Detta kan bidra till ytterligare svårigheter även för de vårdtagare som har viss rörelseförmåga att ta sig ur sängen vid eventuell brand.

De övriga boende på avdelningen anses säkra från branden. Även om rummet skulle övertändas på grund av utesluten sprinkleraktivering ska trots allt brandcellsgränsen stå emot spridning motsvarande brandklassen EI60. Under denna tid ska räddningstjänsten hunnit komma till platsen och kontrollera förloppet.

9. Scenario 2 – brand i gemensamhetsutrymme

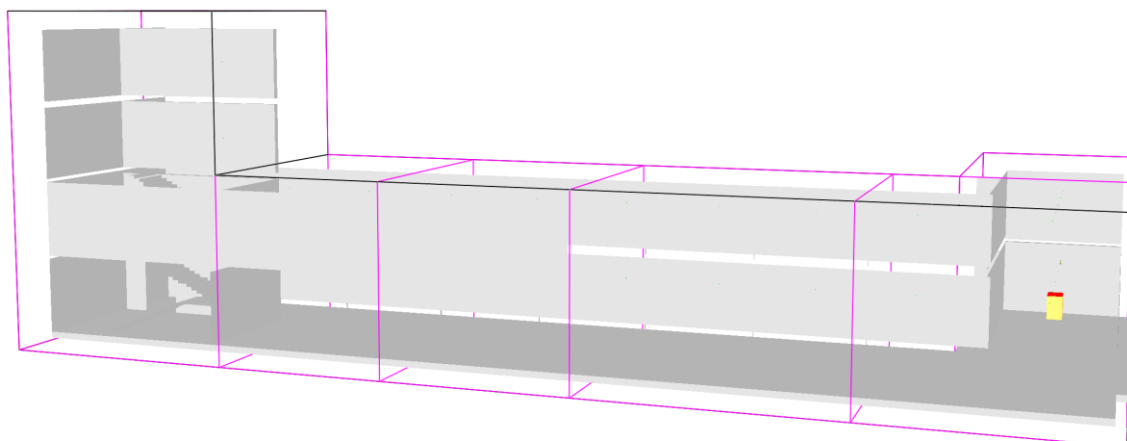
Utrymmet där branden är placerad ligger lite avskilt och är därför svårare att upptäcka för personalen. Branden antas även inträffa under nattetid då personalstyrkan på avdelningen är reducerad och de flesta boende har lagt sig för att sova. I verksamheter inom äldreomsorg uppstår bränder generellt oftare under dagtid men branden blir oftare större och konsekvenserna värre under kvälls-/nattetid. (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2018). I detta scenario kommer branden lokaliseras på första våningen och utrymningen kommer inte störas av trappor. Utrymning kommer därmed ske genom utgången i det primära trapphuset. Markplanet har valts som plats för scenariot då detta plan är till för dementa vårdtagare, eftersom dessa anses vara besvärligare att utrymma. Det har också antagits att magnetdörrstängarna på våning 1 och 2 i trapphuset inte fungerar. Detta för att visa ett möjligt tänkbart värsta fall där brandgaserna sprids mellan våningarna, genom trapphuset.

9.1. Brandsimulering

Branden och dess förlopp i scenario 2 har baserats på figur 20 nedan, en bild tagen under platsbesöket. I simuleringen i FDS har branden placerats vid fönstret, där en soffa, två fåtöljer, ett bord och två gardiner använts som bränslepaket. Sängen har bortsetts från då den endast var placerad i det utrymme som fotats, det stod alltså ingen säng i något annat gemensamhetsutrymme. Se figur 21 för att se försöksuppställningen från Smokeview.



Figur 20. Korridorsslutet som används som underlag för simuleringen.



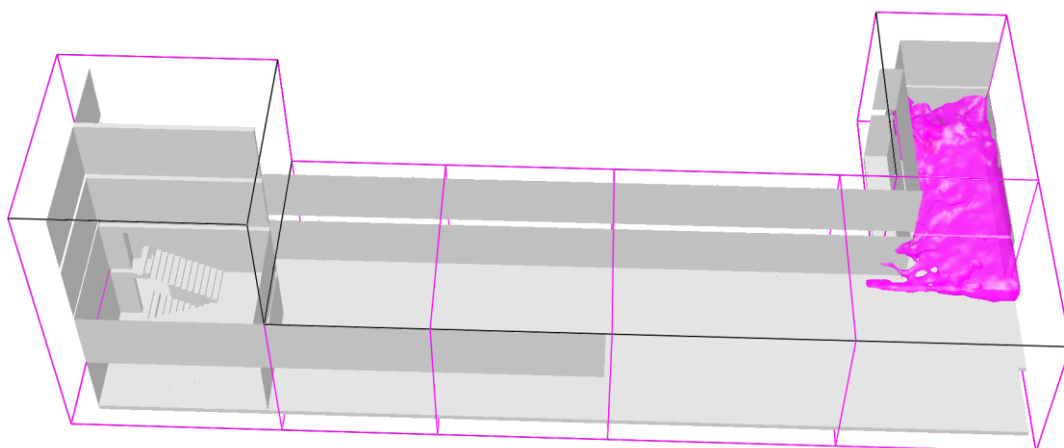
Figur 21. Simuleringsuppställning för scenario 2.

För simuleringen användes $\alpha = 0,047$ och $HRRPUA=1150$. Spread rate räknades med hjälp av ekvation 1. Sprinklern aktiverades efter 92 sekunder, varpå simuleringen avbröts.

Sedan simulerades fallet igen med reducerad area för branden för att motsvara hur långt spridningen nådde, där effektutvecklingskurvan fram till sprinkleraktivering följdes. Därefter antas den ligga på en konstant nivå, som i detta fall blev 400kW, vilket ger ett konservativt resultat för simuleringen då den ej reduceras efter sprinkleraktivering eftersom sprinklersn eventuella släckverkan inte tas med.

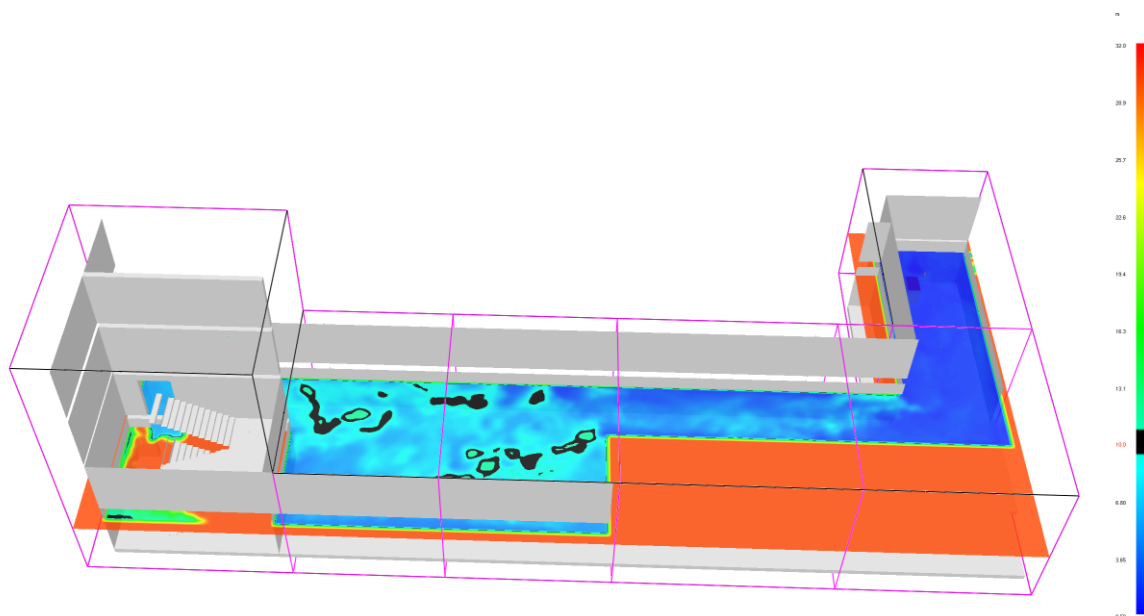
9.2. Resultat brandsimulering

Vid sprinkleraktivering är temperaturen över 60°C i hela korridoren bortom köket, vilket sedan stabiliseras till att nå över 60°C i hela gemensamhetsutrymmet. Detta visas i Figur 22 där dessa områden har färgats lila.



Figur 22. Områden där temperaturen överstiger 60°C .

I Figur 23 visas nivån på siktbarhet på två meters höjd i byggnaden efter 120 sekunder, då är siktbarheten under 10m på hela första våningen exklusive trapphuset.



Figur 23. Siktbarhet efter 120s.

9.3. Utrymningssimulering

Simuleringen har utförts likt modellen i avsnitt 7.2. Två agenter, som ska agera likt personalen, placeras in på avdelningen. Likt rutorna i Figur 13. Flödesschema över utrymningssimuleringen. ansätts log-

/normalfördelade väntetider vid varje rum. Dessa tider presenteras i Tabell 6. Använda tidsintervall i utrymningssimuleringen nedan. Eftersom scenariot sker under kvällstid kan det tänkas att en av agenterna ansluter från en annan avdelning och därmed har en ökad transportsträcka som förlänger dennes initiala responstid (t_{pm} i Figur 13).

För att försöka beskriva och ta hänsyn till variationen av olika assistansbehov hos de boende har tre kategorier med olika förberedelsestider införts. Kategorin ”medel” är inspirerad av Alonsos och Ronchis uppskattade förberedelseintervall för assisterade personer som ska utrymmas i rullstol. Utifrån denna fingervisning har en kortare och en längre tid utformats för att bättre spegla variationen på en avdelning. Det finns ju de boende som endast behöver lättare assistans samtidigt som de finns personer som behöver extra mycket tid. Kanske på grund av exempelvis demens, där personen inte är medveten om situationens allvar och inte går med på att utrymmas utan en tids övertygelse. Fördelningen på avdelningen väljs likt följande: två av rummen anses kräva en lätt assistans, fyra stycken behöver medelassistans och två rum innebär en längre utrymningstid. Agenterna fördelas jämt på de 8 rummen.

Tabell 6. Använda tidsintervall i utrymningssimuleringen.

	Responstid agent 1	Responstid Agent 2	Tid för lättare assistans	Tid för medel assistans	Tid för längre assistans
Typ av fördelning	Lognormal	Lognormal	Normal	Normal	Normal
Medelvärde	90 s	150 s	60 s	110 s	240 s
Standardavvikelse	20 s	40 s	20 s	36 s	80 s
Min-Max värde	10-300 s	90-360 s	30-90 s	100-120	120-360 s

Eftersom branden uppstår på första våningen, där ingen trappa behöver användas, utrymmas de boende genom utgången i det primära trapphuset. När agenterna når denna plats efter de ”hämtat” den boende ansätts en väntetid på 5 s för att efterlikna den lilla fördröjning som uppstår vid avlämning.

I korridoren har dessutom agenternas hastighet reducerats till 75 % under hela simuleringen likt det som beskrevs i avsnitt 7.2. Detta för att kompensera för den lägre hastigheten de äldre kommer uppvisa på vägen mot trapphuset. Detta kommer av Alonso och Ronchis att använder en reducerande faktor 0,5 för de personer som sitter i rullstol.

Med bakgrund från dessa indata beräknar Pathfinder att en utrymning i genomsnitt tar cirka 12-17 min (medelvärde: 14,8 min med standardavvikelse: 1 min, se bilaga A3 för exakt fördelning).

9.4. Utvärdering brand i gemensamhetsutrymme

Den tillgängliga tiden för utrymning begränsas utav siktbarheten i korridoren. Efter 120 sekunder är siktbarheten i hela korridoren under de 10 meter som bestämts i acceptanskriterierna. Detta jämförs sedan mot tiden för utrymning som enligt simuleringar tar cirka 15 minuter.

9.5. Diskussion brand i gemensamhetsutrymme

I nedan stycken diskuteras det presenterade resultatet, vad detta innebär och vilka osäkerheter som finns. En stor del av denna diskussion kommer även vara aktuell för scenariot med brand i trapphus som presenteras i avsnitt 10.

9.5.1. Brandsimuleringen

Från simuleringen framgår det att flera av acceptanskriterierna överskrids tidigt i brandförloppet. Siktbarheten och temperaturen har överstigit sina respektive kriterier inom två minuter, som är den tid personalen minst kan tänkas behöva för att påbörja en släckinsats. Vidare ligger brandgaslagret under

den nivå som accepteras. Toxiciteten ligger inom acceptanskriterierna men då flera andra kriterier redan överskridits är det irrelevant.

När sprinklern aktiverats förväntas effekten från branden inte nå över 0,4MW, vilket innebär att släckning med handbrandsläckare teoretiskt sett är möjlig (Nystedt, Brandscenarier och dimensionerande bränder). Efter två minuter är temperaturen 140° C i slutet av korridoren med en siktbarhet på under två meter, vilket innebär att det rent praktiskt inte går att komma åt branden utan speciell skyddsutrustning. Personalen kan därför inte förväntas utföra en släckinsats.

Då det bara brinner i en av möblerna i simuleringen är simuleringsresultaten konservativa då branden hade slocknat efter ca. 8,3 minuter, vilket skulle göra scenariot mindre allvarligt och underlätta för räddningstjänsten när de är på plats, då arbetet mest skulle bestå av utvärdring och efterarbete.

Jämförs resultaten för brandsimulering med de för utrymning kan det tydligt urskiljas att det är praktiskt omöjligt att utrymma alla på avdelningen genom det stora trapphuset. Enligt simuleringarna för utrymning tar det cirka 15 minuter att sätta alla personer i säkerhet utanför trapphuset samtidigt som brandsimuleringen visar att flera acceptanskriterier överstigits redan efter två minuter. Under kvällstid, med de förberedelsestider som tillkommer, är det alltså inte rimligt att samla de boende i ett gemensamt utrymme. I detta fall hade det varit bättre att de boende är kvar på sina rum med stängda dörrar. Med denna strategi tillkommer dock problematiken med att det inte kan förutsättas att de boende väljer att stanna kvar på sina rum, till exempel på grund av demenssjukdom. Personalen bör då vara medveten om vilka dessa personer kan vara (dementa men med tillräcklig rörelseförmåga för att ta sig ut själv) och utifrån denna vetskap göra någon typ av prioritering av vilka som behöver ledas till ett gemensamt utrymme.

Hade dörrstängarna fungerat i trapphuset hade rökfyllnaden av våningen gått ännu fortare vilket ger en ännu större diskrepans mellan den krävda utrymningstiden och den tillgängliga.

I simuleringen har det antagits att alla boendedörrar är stängda och att rökspredningen därför endast sker i de allmänna utrymmena, så som korridorer och trapphus. Simuleringarna visar dock på så pass låga halter av giftiga ämnen att även i de fallen då dörrarna in till boenderummen står öppna förväntas de boende ej ta direkt skada av brandgaserna. Däremot kan framtida problem och hälsobesvär uppstå om för mycket av brandgaserna andas in.

Eftersom korridoren endast är 3 meter bred kan det tänkas att en siktbarhet motsvarande dess bredd är tillräcklig för att se vart man befinner sig och därmed utrymma. Eftersom korridoren rökfylls snabbt skulle denna sänkning av acceptanskriteriet endast hjälpa marginellt då det redan 3 minuter efter antändning är under 3 meters sikt i korridoren fram till trapphuset.

Då scenariot är uppställt att visa värsta möjliga fall har antagandet gjorts att det sker på natten när personalstyrkan är som lägst. Skulle scenariot inträffa dagtid då de flesta boende redan är uppe i kombination med att mer personal är på plats, kan antagandet göras att tiden för utrymning skulle bli betydligt mindre.

Det finns en del osäkerheter i de simuleringar som gjorts. Flera olika möbler har kombinerats till ett bränslepaket, med en gemensam effektutvecklingskurva, där en spridningsfunktion använts. Detta gör att spridningen mellan objekten fränses och inga antaganden har gjorts om när olika objekt antänds, vilket skulle kunna leda till en överskattning av brandens storlek och magnitud. Sprinkler aktiveras i detta fall långt innan brandens tillväxtfas är över, vilket gör att denna uppställning ändå är rimlig.

Bränslet i simuleringarna är endast trä, vilket skiljer sig lite från verkligheten där även soffdynor och möbelklädsel ingår. Detta skulle med största sannolikhet ge upphov till att en högre koncentration av giftiga ämnen. Dock kommer denna koncentration fortfarande ligga under acceptanskriterierna då möblerna till störst del består utav trä.

Cellstorleken som använts i FDS är inte validerad enligt den kontroll som görs i bilaga A6. För att kunna valideras skulle cellstorleken nära branden varit mindre. Detta hade lett till att sprinklern aktiverats snabbare, men är ej intressant i detta fall då en simulering med andra värden för maximal effekt gjordes för att undersöka detta. Istället leder det till att temperaturen kan ha överskattats, men inte så mycket så att det påverkar slutresultatet nämnvärt. Simuleringsresultaten får med avseende på detta bara ses som än mer konservativa (Frantzich & Nystedt, 2011).

9.5.2. Utrymningssimuleringen

Med utrymningssimuleringen tillkommer också en hel del osäkerheter. Responstiden för agent 1 på 90 s kan anses vara högt antagen. Alonso och Ronchi föreslog en medelresponstid för personalen på 71 s (Alonso-Gutierrez & Ronchi, 2016). Detta antagande gäller dock för sjukhus där en högre personaltäthet kunde tänkas vara fallet och för att försäkra sig om att tiden inte underskattas valdes ett högre värde. En jämförelse av personaltätheten för de olika verksamheterna gick dock inte helt att fastställa. Enligt socialstyrelsen var statistik kring olegitimerad personal bristfällig, vilket utgör en stor del inom äldreomsorgens bemanning (Socialstyrelsen, 2017). Vid jämförelse av brandutvecklingen visar det sig dock att en halv minut snabbare responstid kommer långt ifrån påverka det slutgiltiga resultatet.

Begränsningar med utrymningsmodellen kommer vara just det att den i grunden är tänkt som individuell utrymning. Dessutom är befintliga data från verkliga situationer i vårdmiljö ytterst begränsad och en direkt jämförelse med verkliga händelser är därför svår att utföra (Alonso-Gutierrez & Ronchi, 2016). Tiden det tar att förbereda en boende i vardagen behöver inte vara den samma som i en nödsituation. Dessutom antar agenterna ett beteende av att ansvara för fyra rum var och saknar möjligheten att hjälpa den andra om denne hinner bli färdig med sina rum i ett tidigare skede. Detta uppskattas kunnat spara in tiden motsvarande förberedelsetiden i ett rum, alltså ungefär 2 minuter (110 s). Detta skulle i bästa fall ge en total utrymningstid på cirka 10 minuter.

Sedan rapporten av Alonso och Ronchi skrevs har Pathfinder uppdaterats med funktioner specifika för just assisterad utrymning som har möjlighet att ta hänsyn till problematiken kring samarbetsförmågan mellan agenterna. I detta fall läggs även de boende in som var sin agent och tillskrives som en "client" som behöver assistans. Personalen simuleras därefter som agenter som undsätter de agenter som behöver assistans oberoende av vilket rum dessa befinner sig i. Osäkerheten kring till exempel responstiderna kvarstår dock. Denna metod hade självklart varit mer önskvärd men tyvärr upptäcktes den i ett för sent skede i rapportprocessen och eftersom den tidigare metodiken trots allt är applicerbar med sina diskuterade osäkerheter gjordes valet att stå fast vid denna simulering. (Thunderhead Pathfinder, 2017)

En annan osäker parameter som påverkar utrymningstiden är fördelningen över hur stort behov de boende är av assistans. I det simulerade fallet har det antagits att alla de boende är i behov av i alla fall någon typ av hjälp. För att undersöka denna parameter görs en snabb simulering av ett gynnsamt fall där alla de åtta boende kan utrymma på egen hand och därför simuleras som en egen agent men med reducerad hastighet av 50 % (en koefficient som användes för rullstolsburna av Alonso och Ronchi). I detta fall skulle det ta cirka 1 minut bara för agenten längst bort, i rummet intill branden, att ta sig till trapphuset. Observera att detta endast är tiden för förflyttningen, speciellt under kvällstid skulle någon typ av förberedelsetid vara nödvändig samtidigt som brandens närhet skulle kunna innebära en tidigare tidpunkt till kritiska förhållanden infinner sig. Spiraltrappan skulle vara ett närmare alternativ för den aktuella personen men för att resonemanget ska vara applicerbart även på de övre våningarna kan det antas att denna utrymningsväg inte kan nyttjas av rörelsebegränsade personer.

En verklighetstrogen brandövning utfördes 2005 på Varbergs äldreboende där en hel avdelning utrymdes varav 8 ur personalen agerade sovande vårdtagare. Resultatet blev att få av vårdtagarna hade överlevt och personalen fick riskera livet under utrymningen. De åtgärder som utfördes var bland annat installation av sprinklersystem (Wingborg, 2006).

10. Scenario 3 – brand i trapphus

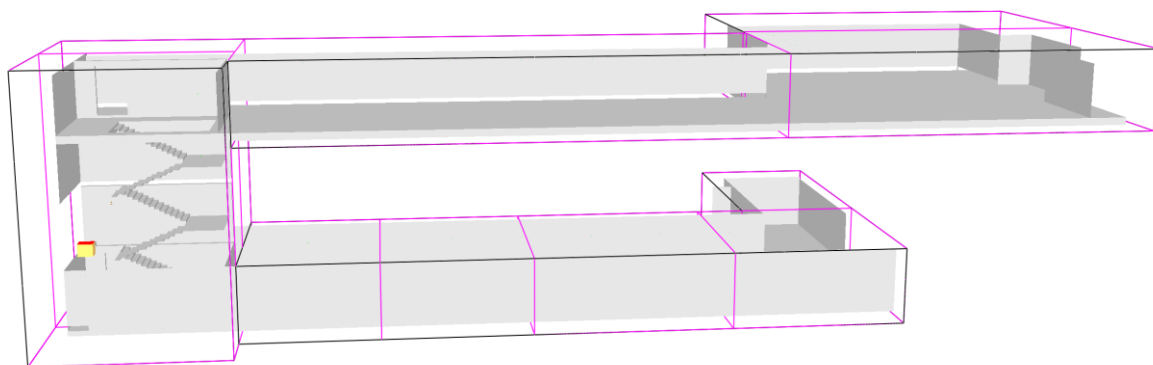
I detta scenario är branden placerad i trapphuset på våning två, i övrigt råder liknande förhållanden som de som beskrivs i avsnitt 9.

10.1. Brandsimulering

Branden och dess förlopp i scenario 3 har baserats på figur 24 nedan, en bild tagen under platsbesöket. I simuleringen i FDS har branden på placerats på våning 2 i trapphuset vid fönstret, där en liknande uppställning möbler stod. Två fåtöljer, ett bord och två gardiner användes som bränslepaket. I simuleringen har det antagits att magnetdörrstängarna på våning 1 och 4 i trapphuset inte fungerar. Se figur 25 för att se försöksuppställningen från Smokeview.



Figur 24. Möbler i trapphus.



Figur 25. Simuleringsuppställning för scenario 3.

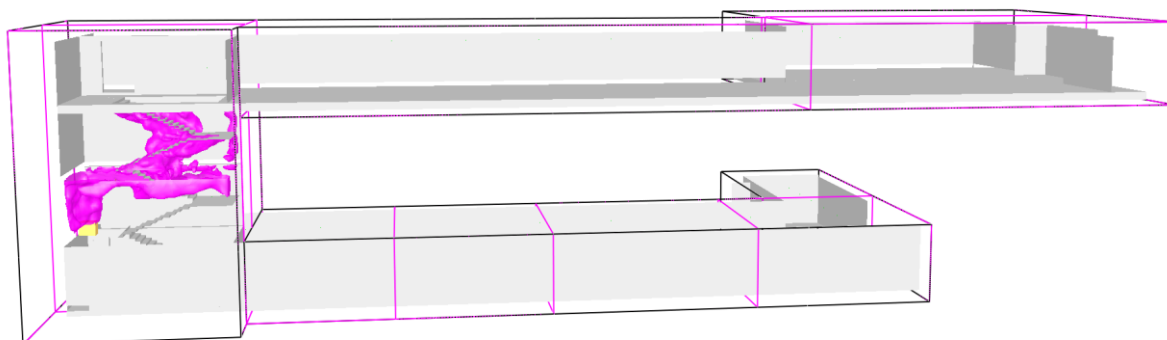
För simuleringen användes $\alpha = 0,047$ och $HRRPUA=1240$. Spread rate räknades med hjälp av ekvation 1. Sprinklern aktiverades efter 93 sekunder, varpå simuleringen avbröts.

Sedan simulerades fallet igen med reducerad area för branden för att motsvara hur långt spridningen nådde, där effektutvecklingskurvan fram till sprinkleraktivering följdes. Därefter antas den ligga på en

konstant nivå, som i detta fall blev 476kW, vilket ger ett konservativt resultat för simuleringen då den ej reduceras efter sprinkleraktivering.

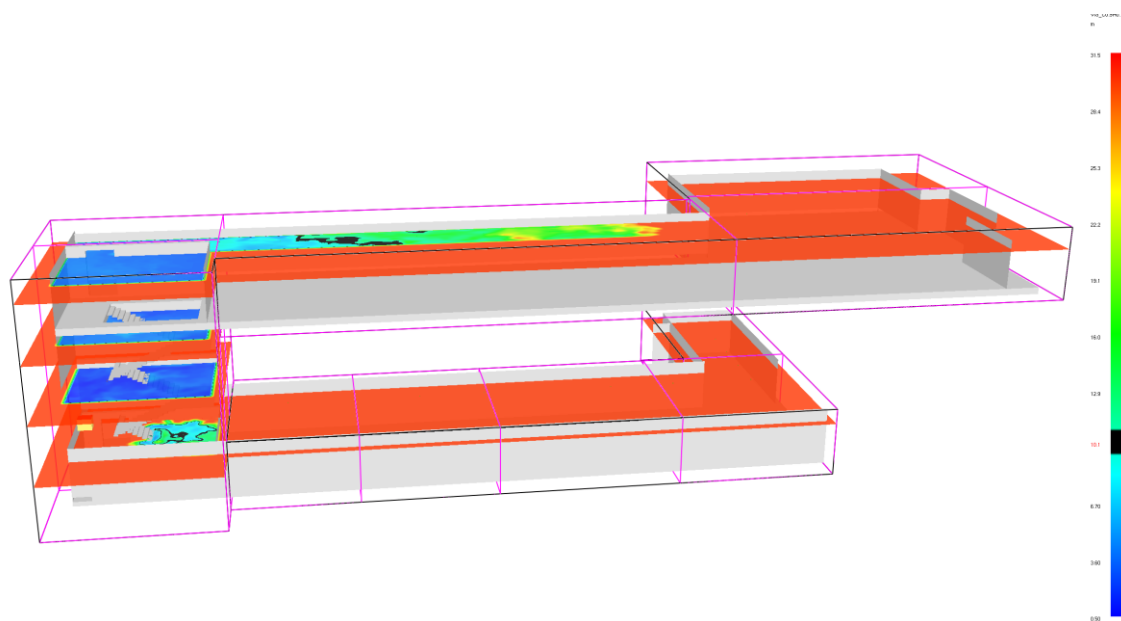
10.2. Resultat brandsimulering

I figur 26 har de områden där temperaturen överstiger 60° C 150 sekunder, färgats lila.



Figur 26. Områden där temperaturen överstiger 60°C.

Figur 27 visar siktbarheten på två meters höjd efter 120 s, där man kan utläsa att den är under två meter i trapphuset från våning 2 och uppåt. Efter 180 s är siktbarheten under två meter på nästan hela våning 4.



Figur 27. Siktbarhet efter 120s.

10.3. Diskussion brand i trapphus

I likhet med scenario 2 överskrids även här flera av acceptanskriterierna innan personalen kan påbörja utrymning eller en släckinsats.

Resultaten från simuleringen visar att våning 4 blir helt rökfylld medan våning 1 i stort sett är opåverkad av branden. Hade branden utbrutit på våning 4 kan det tänkas att utrymning via det större trapphuset fortfarande vore möjligt för våningarna under. Som det ser ut nu skulle det krävas att spiraltrappan

användes ifall utrymning ska vara möjligt, vilket inte antas vara praktiskt möjligt för alla vårdtagare, som tidigare nämnt. Alternativet att samla alla vårdtagare på ett rum eller utrymma till balkongen och invänta räddningstjänst där skulle också vara svårt att åstadkomma då siktbarheten på våningen är under två meter efter 180 s. I utförda utrymningssimuleringar för scenario 2 tar det 12-17 minuter innan alla utrymts till trapphuset. Att samla alla i ett rum eller utrymma till balkongen ligger inom samma tidsram som detta exempel.

Utrymning genom rök är genomförbart då värden för temperatur och toxicitet inte är överskridna på någon våning, men blir svårt att genomföra praktiskt pga. den låga siktbarheten. Dessutom behöver branden i sig passera på väg ner i trappan, och där når temperaturen också över det värde som satts som acceptanskriterie. Det rimligaste alternativet blir således att låta de boende stanna på sina rum. Även utan räddningstjänstens insats kan man här anta att med ett fungerande sprinklersystem så kontrolleras branden relativt snabbt och ingen spridning utöver det initiala bränslepaketet kommer ske. Det innebär därför inte en stor risk att vänta ut brandförloppet i respektive boenderum, speciellt med avseende på att dessa också har balkong där man kan skydda sig från eventuella brandgaser.

När personal på aktuella våningar märker av röken hade den lättaste åtgärden varit att stänga dörren till trapphuset och inte påbörja utrymning. Skulle detta göras hade man kunnat undvika rökfyllning på våning 4 i stor grad, och likadant för andra drabbade våningsplan. Denna åtgärd skulle vara mycket mer effektiv än att direkt påbörja utrymning eller uppsamling av vårdtagare.

Efter att sprinkler aktiverats skulle denna brand slockna av sig själv efter ca. 7,2 minuter, vilket också skulle leda till en lättare insats för räddningstjänst.

Samma osäkerheter för indata och antaganden som gjorts vid användning av simuleringsprogram som diskuteras i 9.5 förekommer även här.

11. Möjliga åtgärder

Eftersom att en tillfredställande brandsäkerhet anses uppfylld för verksamheten kommer enbart alternativa åtgärdsförslag att presenteras i detta kapitel. Dessa förslag är delvis baserade på den analys som utförts av skribenterna och delvis på muntliga konversationer med involverad personal samt den lokala räddningstjänsten. Åtgärdsförslagen presenteras utan någon slags prioriterande ordning.

Observera att åtgärder nedan ej utvärderas direkt, utan vidareanalyseras i 12. för att undersöka relevans och problematik.

11.1. Räddningsmadrasser och evakueringslakan

Räddningsmadrasser är specifikt utformade madrasser med handgrepp och en undersida med glid samt värmereflekterande yta. Räddningsmadrasserna har även en ökad stabilitet jämfört med en vanlig madrass. Dessa används för en snabb och säker utrymning av personer som inte själva kan ta sig ut vid brand eller annan fara (Tryggsaker, u.d.).

Evakueringslakan (eller räddningslakan) är en annan lösning till räddningsmadrasser. Lakanet placeras under en madrass och fästes genom att fyra band träs över madrassens hörn. Lakanet är även försett med två spännband som fästs runt den sängliggande personen. När spännbanden dragits åt kan en person dra hela madrassen inklusive den sängliggande personen med hjälp av två handtag på lakanets kortsida. Madrassen kan sedan släpas nedför trappor. (Blekinge, 2001)

Genom att tillhandhålla dessa utrymningshjälpmedel i verksamheten kan en utrymning med hjälp av personalen underlättas. Det krävs dock att personalen som använder dessa utrymningshjälpmedel får öva utrymningsrutiner regelbundet.

11.2. Rekonstruera spiraltrappa

Kommunikationen mellan våningsplanen sker med hjälp av en hiss och två oberoende trapphus. Vid ett brandscenario sker utrymning av rörelsehindrade vårdtagare endast genom ett av trapphusen då hissen inte får användas och spiraltrappor anses obrukbara vid ett sådant scenario. Åtgärden vore att byta utformning från spiraltrappa.

11.3. Utrymningshiss

För att en hiss skall kunna användas som en möjlig utrymningsväg måste både hissens och hisshallens funktioner säkerställas mot brand och mot de förhållanden en brand kan medföra (Utrymningshiss som utrymningsväg, 2010). De befintliga hissarna i verksamheten är inte klassade som utrymningshissar och får därför inte användas för utrymning vid ett brandscenario. Genom att utforma hissarna så att de uppfyller de säkerhetskrav som ställs för att klassas som utrymningshissar kan utrymning underlättas.

11.4. Följ underhållsrutiner för befintligt brandskydd

Inför ombyggnationen upprättades i brandskyddsdocumentationen en underhållsplan för det befintliga brandskyddet (se Tabell 1). Ett åtgärdsförslag vore att ta bort de avsteg som görs från denna underhållsplan. De avsteg som här sker har lett till att ungefär hälften av dörrstängarna med magnetuppställning har på grund av underhållsbrist tappat funktion. Trapphusen är möblerade med icke försumbar brandbelastning och blockering av släckutrustning förekommer.

11.5. Flamskyddsbehandlade sängar

Sängarna i boenderummen är normalt sätt inte flamskyddsbehandlade. En åtgärd för att ytterligare reducera risken vid rökning i boenderum vore att tillge rökande vårdtagare med flammedelsbehandlade sängar. Åtgärden anses ha en större inverkan för gruppen äldre rökande (Runefors, Johansson, & Van Hees, 2016).

11.6. Larmsystem direktkopplat till SOS

Larmsystemet är utfört så att detektorerna i de allmänna utrymna är kopplade direkt till SOS medan detektorer inne på boenderummen endast skickar signal till den lokala personalen i verksamheten. Därefter är det upp till personalen att manuellt larma SOS genom larm knapp på respektive avdelning. Ett åtgärdsförslag vore att upprätta ett brandlarmsystem där alla larm automatiskt vidarebefordras till SOS.

I de scenarier som analyserats i denna rapport går det inte att påvisa att detta skulle hjälpa en direkt insats. Då det framgick på platsbesöket att larmsystemet inne i rummen väldigt sällan ger fellarm är det däremot ingen nackdel, och vi ser ingen anledning till att det inte är direktkopplat i dagsläget.

11.7. Koppla sprinklersystemet i boenderum till rökdetektor

Sprinklersystemet i verksamheten har en aktiveringstemperatur på 68°C vilket medför att en vårdtagare som ligger i en brand redan kan vara utom räddning vid aktiveringstidpunkten. En studie har visat att effektiviteten för livräddning hos ett termiskt aktiverat sprinklersystem sjunker drastiskt inom gruppen äldre rökare, och att ett sprinklersystem direktkopplat till detektorsystemet skulle vara mer effektivt inom denna grupp (Runefors, Johansson, & Van Hees, 2016). Genom att koppla sprinklersystemet i boenderummen till rökdetektorerna kan en snabbare aktiveringstid erhållas och således öka chansen till livräddning.

11.8. Bedömning av möjliga åtgärder

Gemensamt för åtgärdsförslag 1, 2 och 3 är att relevansen för dessa kan ifrågasättas då strategin vid brand primärt avser att innesluta branden i en brandcell och föra personer till säker plats för att invänta räddningstjänst. Dessa åtgärdsförslag avser att underlätta utrymning och kommer därför inte att ha någon betydande inverkan på de utfall när höjdfordon används som utrymningsväg. Däremot kan man argumentera för att räddningsmadrasser och evakueringslakan medför en mindre kostnad att tillämpa och därför kan antas vara värt att utföra. Vid specifika förhållanden när personal i ett tidigt skede måste utrymma vårdtagare från ett våningsplan är detta åtgärdsförslag den ekonomiskt minst krävande. Åtgärdsförslag 2 och 3 antas för problematiska att utföra i ett sent skede och skulle ha upprättats direkt vid ombyggnation för att rättfärdigas. Vidare är dessa förslag också mycket mer ekonomiskt omfattande.

Underhållsrutiner för befintligt brandskydd bör följas utan större avsteg då denna avser de åtgärder som förväntas genomföras för att upprätthålla ett skäligt brandskydd för verksamheten. Framförallt bör brandbelastningen tas bort från trapphuset då detta utgör en utrymningsväg (Boverket, 2011). Åtgärden antas enkelt genomförbar och utan ekonomisk påverkan. Risken anses här överskrida den grad av trivnadskänsla som berörs av åtgärden.

Flamskyddsbehandlade sängar skulle delvis effektivt kunna reducera risken för de rökande vårdtagarna. Dock för att ge full effekt av denna åtgärd skulle även vårdtagarens kläder också behöva flamskyddsbehandlas. Annars finns fortfarande delar av risken kvar att antändning fortfarande kan ske i kläderna istället för sängen. Det anses dock vara en orealistisk åtgärd att flamskyddsbehandla kläder då detta i praktiken skulle innebära att tvingas genomföra detta på en stor mängd kläder eller begränsa vårdtagaren till specifika kläder. Verksamheten har idag istället skyddslappar som man uppmanar

vårdtagare att ha på sig vid rökning. Detta är dock inget krav och eftersom att de får röka i boenderummet skulle detta också vara svårt att kunna kontrolleras.

Att larmet från rökdetektorerna i boenderummen automatiskt bör vidarebefordras till SOS är något som den lokala räddningstjänsten har understrukt. Eftersom att antalet falska larm är relativt få antas denna åtgärd vara berättigad. För att vidare begränsa antalet falska larm skulle en tidsinställd larmlagring kunna föreslås där larmet automatiskt vidarebefordras till SOS inom en viss tid om personal ej manuellt ingriper innan dess.

Att delvis omstrukturera sprinklersystemet till att aktiveras vid detektoraktivering i boenderummen är problematiskt och ekonomiskt krävande. Eftersom att denna åtgärd främst avser att sänka risknivån för rökande vårdtagare anses flamskyddsmedelsbehandlade sängar och krav på användandet av skyddslapp vid rökning vara enklare att utföra i praktiken.

11.9. Förbud mot rökning

Ett totalförbud mot rökning i hela äldreboendet, inklusive boenderummen, hade minskat risken för brand. Åtgärden anses ej vara rimlig att genomföra då det kan vara svårt för personalen att övervaka de boende, speciellt på deras enskilda boenderum. Åtgärden skulle även vara svår att genomföra då det i dagsläget bor rökande vårdtagare på äldreboendet. Förbudet skulle kunna införas under en längre tid för att på så sätt fasa ut rökning hos de boende.

12. Åtgärdsförslag

Enligt motiveringar i avsnitt 11.1.-11.9. föreslås ett antal åtgärder att gå vidare med. Dessa presenteras nedan:

- Behandla sängarna med flamskyddsmedel och tillge de hyresgäster som röker samt införa krav på skyddslapp vid rökning i boenderum.
- Följ underhållsrutiner för befintligt brandskydd, inklusive borttagning av brandbelastning i trapphus.
- Upprätta brandlarm där larm i boenderum vidarebefordras automatiskt till SOS med hjälp av tidsinställd larmlagring.

12.1. Jämförelse av konsekvenser efter åtgärder

Flamskyddsbehandling av sängarna resulterar i att sannolikheten för antändning av sängkläderna på grund av en glödande cigarett reduceras i stor grad. Detta i sin tur innebär att scenario 1 blir mycket mer osannolikt. Om antändning trots detta antas kunna ske kan istället förbrinnstiden antas påverkas i sådan grad att rökdetektorn larmas långt innan flambildning, vilket gör att scenariot får mycket lindriga eller obefintliga konsekvenser. Införandet av obligatorisk användning av skyddslapp vid rökning i boenderum kan antas drastiskt minska sannolikheten att antändning i kläder sker. Risknivån för brand i boenderum reduceras således drastiskt med denna åtgärd.

Införandet av brandlarm med heltäckande automatisk vidarebefordring av larm till räddningstjänst antas ej påverka normalfallet för de analyserade scenarierna. Däremot så bidrar detta till en högre generell säkerhetsnivå på grund av upprättandet av larmsystemet med säkerhet uppfyller kraven för brandlarm. Vidare skulle det också under speciella förhållanden kunna leda till att larm inkommer till SOS i ett tidigare skede.

Uppföljning av underhållsplaner för det befintliga brandskyddet inklusive borttagning av möbler i trapphusen medför att dörrmagneterna motioneras kontinuerligt. Detta innebär att tillförlitligheten ökar markant för att dörrarna som avskiljer resterande våningsplan från trapphus automatiskt stängs. Detta skulle i sin tur innebära en kraftigt reducerad spridning av brandgaser till våningsplanen i scenario 3 och samma reducerade spridning till andra våningsplan i scenario 2. Vidare finns inte längre några större mängder brandbelastning i trapphuset vilket gör att konsekvenserna för scenario 3 kan reduceras till näst intill obefintliga.

13. Slutsatser

Trots att resultaten som framkommit från analysen kan ifrågasätta säkerheten vid brand anses det ändå att Ljungsåtra till stor del redan ha vidtagit de åtgärder som kan tänkas vara rimliga i nuläget. Utrymning av vårdtagare från de övre våningsplanen anses problematisk och speciellt under kvällstid/natt finns inte möjlighet till att bistå alla med hjälp för att ta sig till ett gemensamt utrymme. I den mån det är möjligt assisteras därför vårdtagare till gemensam brandcell varvid de resterande hålls kvar i boenderummen. Eftersom att ett heltäckande sprinklersystem finns installerat anses säkerhetsnivån i verksamheten tillräcklig för att kunna invänta räddningstjänstens assistans vid brand. Detta gör att trots problematiken vid utrymning av verksamheten anses skälig brandsäkerhet uppnås. Personalen är också väl bekant med denna handlingsplan. Därför krävs inte heller några ytterligare åtgärder för att underlätta säker utrymning trots de utmaningar som finns vid utrymning av verksamheten idag. Tack vare sprinklersystemet kommer inte heller insatsen för räddningstjänsten vara komplicerad, utan skulle mest bestå av efterarbete såsom utvädring, etc.

Trots att en analyserad potentiell konsekvens vid brand i boenderum är att vårdtagaren omkommer så är detta scenario mycket osannolikt. Flera ogynnsamma faktorer är antagna för att ge upphov till denna konsekvens. Det är högst osannolikt att en antändning faktiskt sker samt att förbrinnstiden är så pass kort att rökdetektorn inte hinner larma innan flambildning. Efter utförda åtgärdsförslag kan risknivån för rumsbrand anses vara låg.

Åtgärdsförslag som anses motiverade att utföra för att upprätthålla säkerhet vid brand presenteras nedan:

- Behandla sängarna med flamskyddsmedel och tillge de hyresgäster som röker samt införa krav på skyddslapp vid rökning i boenderum.
- Följ underhållsrutiner för befintligt brandskydd, inklusive borttagning av brandbelastning i trapphus.
- Upprätta brandlarm där larm i boenderum vidarebefordras automatiskt till SOS med hjälp av tidsinställd larmlagring.

14. Referenser

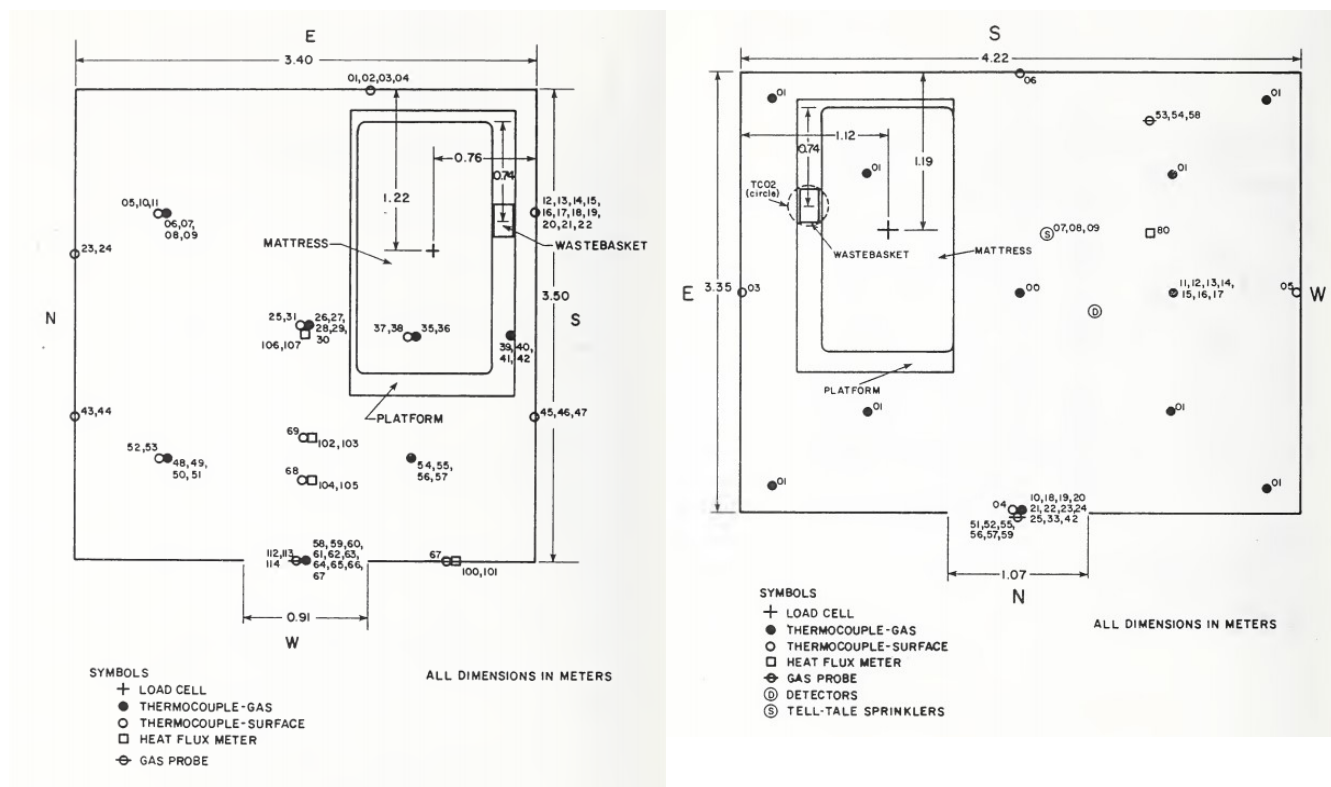
- Ahrens, M. (2006). *Facilities that care for the aged including nursing homes and residential board and care*. Quincy, MA: NFPA.
- Ahrens, M. (2017). *U.S. Experience with Sprinklers*. Quincy, MA : NFPA.
- Alonso-Gutierrez, V., & Ronchi, E. (2016). *The simulation of assisted evacuation in hospitals*. Manhattan: Thunderhead engineering.
- Anders Jonsson, C. B. (2017). The state of the residential fire fatality problem in Sweden: epidemiology, risk factors, and event typologies. *Journal of Safety Research*, 89-100.
- Babrauskas, V. (1977). *Combustion of Mattresses Exposed to Flaming Ignition Sources*. NIST publications.
- Blekinge, R. V. (2001). *Utrymnings säkerhet för rörelsehindrade*. MSB - PUBP21-388.
- Bonander, C., Jonsson, A., & Nilson, F. (2015). *Investigating the effect of banning non-reduced ignition propensity cigarettes on fatal residential fires in Sweden*. European Journal of Public Health.
- Boverket. (1993). *BFS 1993:57 BBR1*. Boverket.
- Boverket. (2006). *Utrymningsdimensionering*. Boverket.
- Boverket. (2011). *Boverkets byggregler (BBR) - – föreskrifter och allmänna råd*.
- Boverket. (2013). *BFS 2013:12 BBRAD3*. Boverket.
- BRE. (2007). *Sprinkler effectiveness in care homes: Final Research BD2546*. London: BRE.
- Frantzich, H., & Nystedt, F. (2011). *Kvalitetsmanual för brandtekniska analyser vid svenska kärntekniska anläggningar*. Lund: Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety.
- Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap. (2013). *Stöd för tillämpning CFD remissutgåva*.
- Holleyhead, R. (1999). Ignition of solid materials and furniture by lighted cigarettes. A review. . *Science & Justice* .
- Holmstedt, G., & Kaiser, I. (1983). *Brand i vård bäddar*. Borås: SP.
- Johansson, B. (2013). *Brandskydd i behovsprövade boenden, En undersökning av 75 behovsprövade boenden i Sverige*. Karlstad: Myndigheten för samhällskydd och beredskap.
- Jones and Bartlett Learning, NFPA, International Association of Arson Investigators, International Association of Fire Chiefs. (2018). *Fire Investigator - Principles and practice to NFPA 921 and 1033*. Burlington: Jones and Bartlett Learning.
- Karlsson, B., & Quintiere, J. G. (2000). *Enclosure Fire Dynamics*. CRC Press LLC Boca Raton.
- Karlsson, P. (2018). *Powerpoint presentation: Lag om skydd mot olyckor*. Lund: Myndigheten för samhällskydd och beredskap.
- Larsson, R. (1999). *Fönsterglas under värmepåverkan - samt beskrivning och utvärdering av datorprogrammet BREAK1*. Lund: Department of Fire Safety Engineering, Lunds universitet.
- Mattias Arnqvist, J. O. (2010). *Utrymningshiss som utrymningsväg*. Lund: Brandteknik och riskhantering, Lunds tekniska högskola.
- Myndigheten för samhällskydd och beredskap. (2012). *Svåra skador och dödsfall till följd av brand*. Uppsala.
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (April 2018). *IDA 2.0 fridyk*. Hämtat från MSB.
- National Institute of Standards and Technology. (December 2017). *FDS and Smokeview*. Hämtat från NIST: <https://www.nist.gov/services-resources/software/fds-and-smokeview>
- Nilsson, D. (2009). *Exit choice in fire emergencies - Influencing choice of exit with flashing lights*. Lund: Lunds universitet.
- Nilsson, R. (2000). *Arbetshandling brandskydd (Brandskyddsdocumentation)*. Fire safety design AB.
- Nystedt, F. (2009). *Säkerhet vid brand i särskilda boende för personer med vårdbehov*. Kävlinge: WUZ risk consultancy AB.

- Nystedt, F. (u.d.). *Brandscenarier och dimensionerande bränder*. LUVIT/WUZ.
- Nystedt, F., & Frantzich, H. (2011). *Kvalitetsmanual för brandtekniska analyser vid svenska kärntekniska anläggningar*. Lund: Lunds universitet.
- Runefors, M., Johansson, N., & Van Hees, P. (2016). How could the fire fatalities have been prevented? An analysis of 144 cases during 2011–2014 in Sweden. *Journal of Fire Sciences*, 516-527.
- Socialstyrelsen. (2017). *Vård och omsorg om äldre - lägesrapport 2017*. Socialstyrelsen.
- SVT. (den 26 april 2013). Luddet i torktumlaren en brandfara. Sverige.
- Särdqvist, S. (1993). *Initial fires; RHR, Smoke Production and CO Generation from Single Items and Room Fire Tests*. Lund: Lunds universitet.
- Thunderhead Pathfinder. (2017). *Hospital Evacuation using Pathfinder*. Manhattan: Thunderhead engineering.
- Tryggsaker. (u.d.). *Räddningsmadrass : tryggsaker*. Hämtat från Tryggsaker: <https://www.tryggsaker.se/raddningsmadrass>
- Wingborg, J. (den 17 Oktober 2006). Bättre skydd för äldre, nmr 6. *Webbtidningen Brandsäkerhet*.

15. Bilagor

A1. Försöksuppställning för den använda sängen i scenario 1

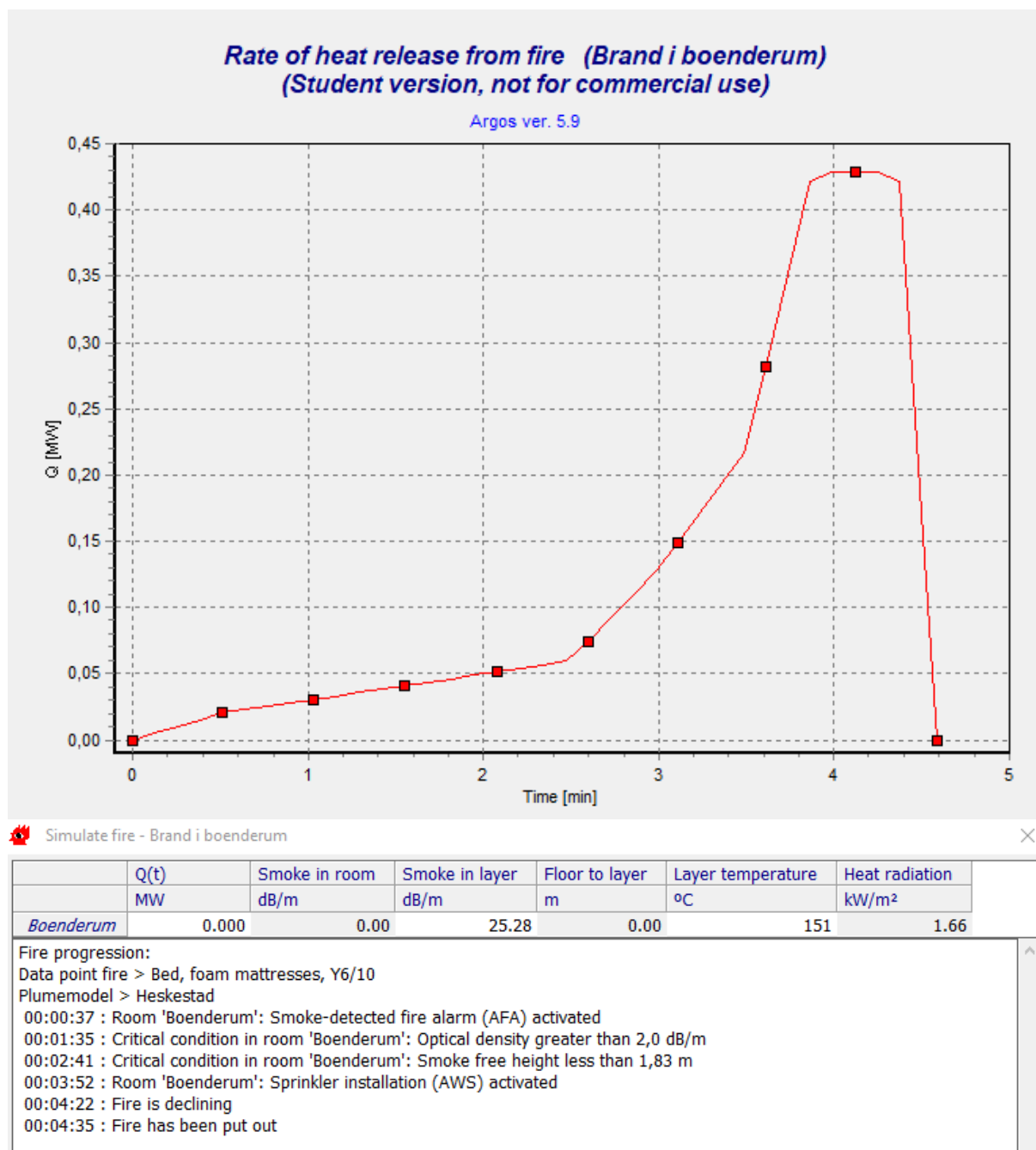
Figurerna nedan presenterar hur sängen och soptunnan (som utgjorde antändningskälla) är placerade i de två testrummen. I nedre hörnet finns en öppning som skiljer sig i bredd mellan rummen.



Figur 28 Bilden åt vänster visar första försöksrummet. Bilden åt höger visar det andra.

A2. Ändrade parametrar för scenario 1

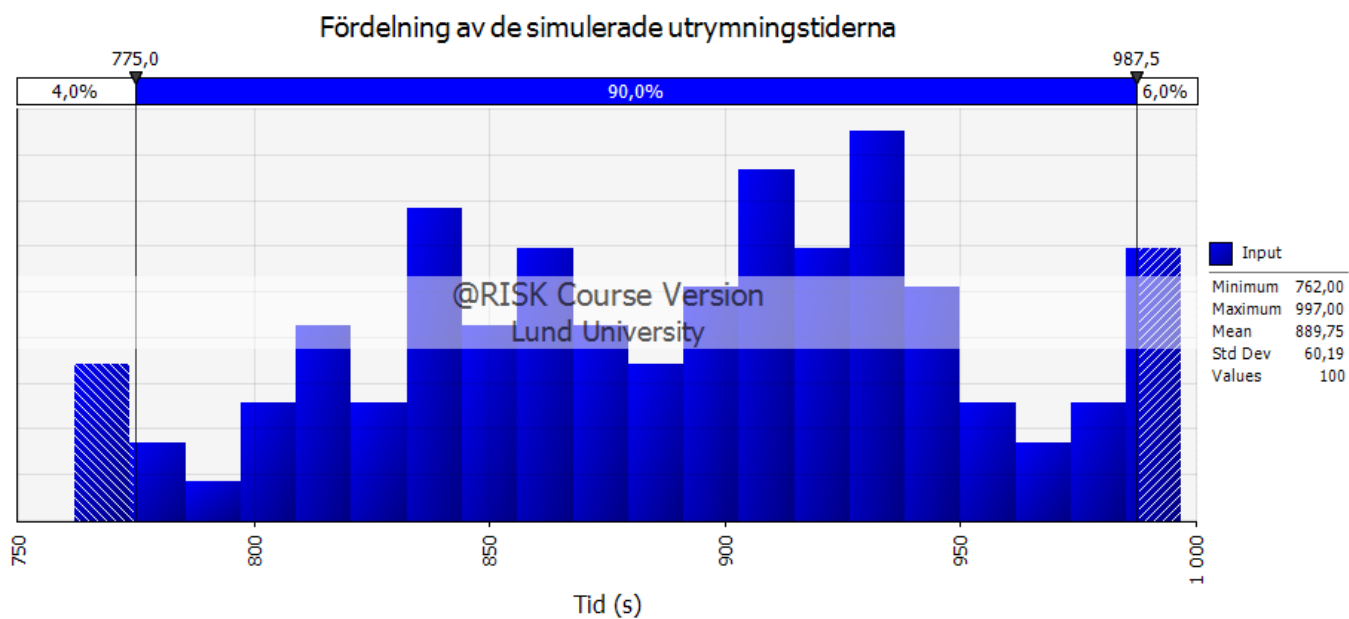
I Figur 29 visas motsvarande brandförlopp som i kap 8 med undantaget att en säng med snabbare brandförlopp har använts. Sängen är hämtad från initial fires med beteckningen hospital bed Y6/10 (Särdqvist, 1993). Argos beräknar samtidigt att rökdetektorn utlöses i ett tidigare skede vilket presenteras i samma figur.



Figur 29 Sängens effektutveckling med tillhörande tider för när kritiska värden och aktivering av brandutrustning inträffar.

A3. Utrymningssimuleringar

I Figur 30 presenteras fördelningen för utrymningssimuleringen med tillhörande värden av medeltid, max, min och standardavvikelsen. Tiderna är presenterade i sekunder.



Figur 30 Fördelning av utrymningssimuleringen.

A4. FDS-kod Scenario 2

```
&HEAD CHID='ljungby_korridor_sprk'/
```

```
&TIME T_END=600.0/
```

```
&MESH ID='Mesh01-a-a-b-a', IJK=86,50,60, XB=-1.0,7.6,28.0,33.0,-1.0,5.0/
```

```
&MESH ID='Mesh01-a-b-a-a', IJK=74,75,110, XB=7.6,15.0,-1.0,6.5,-1.0,10.0/
```

```
&MESH ID='Mesh01-a-b-a-b-a', IJK=74,55,60, XB=7.6,15.0,6.5,12.0,-1.0,5.0/
```

```
&MESH ID='Mesh01-a-b-a-b-b-a', IJK=74,60,60, XB=7.6,15.0,12.0,18.0,-1.0,5.0/
```

```
&MESH ID='Mesh01-a-b-a-b-b-b-a', IJK=74,80,60, XB=7.6,15.0,18.0,26.0,-1.0,5.0/
```

```
&MESH ID='Mesh01-a-b-a-b-b-b-b', IJK=74,70,60, XB=7.6,15.0,26.0,33.0,-1.0,5.0/
```

```
&SPEC ID='WATER VAPOR'/
```

```
&PART ID='Water',
```

```
    SPEC_ID='WATER VAPOR',
```

```
    DIAMETER=500.0,
```

```
    MONODISPERSE=.TRUE.,
```

```
    AGE=10.0,
```

```
    SAMPLING_FACTOR=1/
```

```
&REAC ID='WOOD',
```

```
    FYI='WOOD CRIB, VTT',
```

```
    FUEL='REAC_FUEL',
```

```
    C=3.4,
```

```
    H=6.2,
```

```
    O=2.5,
```

```
    CO_YIELD=0.004,
```

```
    SOOT_YIELD=0.015,
```

```
    HEAT_OF_COMBUSTION=1.79E4/
```

```
&PROP ID='Default_Water Spray',
```

```
    QUANTITY='SPRINKLER LINK TEMPERATURE',
```


ACTIVATION_TEMPERATURE=68.0,
RTI=50.0,
PART_ID='Water',
FLOW_RATE=60.0,
PARTICLE_VELOCITY=5.0,
SPRAY_ANGLE=60.0,75.0/

&DEVC ID='SPRK', PROP_ID='Default_Water Spray', XYZ=1.5,30.8,1.6/
!!DEVC!!

&MATL ID='CONCRETE',
FYI='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',
SPECIFIC_HEAT=1.04,
CONDUCTIVITY=1.8,
DENSITY=2280.0/

&SURF ID='Betong',
COLOR='GRAY 73',
BACKING='VOID',
MATL_ID(1,1)='CONCRETE',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.15/

&SURF ID='FIRE',
COLOR='RED',
HRRPUA=999.4982,
RAMP_Q='FIRE_RAMP_Q'/

&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=20.4213, F=0.0763285/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=21.0068, F=0.120278/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=21.6193, F=0.109667/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=22.2181, F=0.100808/

&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=22.8148, F=0.0961935/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=23.4054, F=0.105736/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=24.0048, F=0.124562/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=24.6125, F=0.160887/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=25.2001, F=0.127996/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=25.8004, F=0.15335/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=26.4084, F=0.125182/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=27.0145, F=0.10921/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=27.6037, F=0.122912/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=28.2127, F=0.127662/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=28.8085, F=0.123883/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=29.4006, F=0.107448/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=30.013, F=0.110855/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=30.6123, F=0.125035/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=31.2044, F=0.103818/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=31.8164, F=0.123469/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=32.4111, F=0.118159/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=33.0017, F=0.116583/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=33.6172, F=0.104646/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=34.2021, F=0.109401/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=34.813, F=0.136876/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=35.4126, F=0.102318/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=36.0183, F=0.108993/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=36.6066, F=0.14509/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=37.2114, F=0.121098/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=37.8051, F=0.10927/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=38.4039, F=0.128947/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=39.003, F=0.126906/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=39.6074, F=0.0959572/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=40.2011, F=0.132294/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=40.8112, F=0.0966637/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=41.4053, F=0.128415/

&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=42.0059, F=0.119851/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=42.6033, F=0.124405/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=43.2188, F=0.125179/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=43.8131, F=0.108108/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=44.4125, F=0.154927/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=45.0059, F=0.252536/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=45.6028, F=0.353913/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=46.2002, F=0.3374/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=46.8008, F=0.385231/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=47.4074, F=0.311924/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=48.0026, F=0.320404/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=48.6141, F=0.370605/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=49.2121, F=0.390359/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=49.8108, F=0.362994/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=50.4039, F=0.333963/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=51.0074, F=0.373144/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=51.6085, F=0.340832/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=52.2002, F=0.321656/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=52.8017, F=0.366337/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=53.4155, F=0.399063/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=54.0008, F=0.31659/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=54.6035, F=0.331243/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=55.2021, F=0.309103/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=55.8076, F=0.36517/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=56.4126, F=0.400912/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=57.0115, F=0.34698/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=57.6143, F=0.311167/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=58.2021, F=0.364551/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=58.8053, F=0.316688/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=59.4034, F=0.403265/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=60.0055, F=0.44924/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=60.6019, F=0.402983/

&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=61.2042, F=0.449111/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=61.8115, F=0.494272/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=62.4062, F=0.496221/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=63.0056, F=0.505358/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=63.6043, F=0.462311/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=64.2032, F=0.430417/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=64.8103, F=0.490404/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=65.4038, F=0.483192/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=66.006, F=0.479688/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=66.6015, F=0.447615/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=67.2049, F=0.494221/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=67.8077, F=0.457196/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=68.4135, F=0.455439/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=69.0108, F=0.49288/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=69.601, F=0.493814/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=70.2116, F=0.431902/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=70.8097, F=0.47108/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=71.4055, F=0.469608/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=72.0097, F=0.462833/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=72.6004, F=0.691663/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=73.2153, F=0.576716/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=73.806, F=0.740957/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=74.4025, F=0.669005/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=75.0031, F=0.769725/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=75.6087, F=0.760138/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=76.2105, F=0.72879/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=76.8022, F=0.641898/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=77.4099, F=0.760131/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=78.002, F=0.821581/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=78.6136, F=0.560012/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=79.204, F=0.763757/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=79.8005, F=0.706554/

&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=80.4008, F=0.723504/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=81.0118, F=0.640503/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=81.6008, F=0.698673/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=82.2044, F=0.708142/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=82.8025, F=0.97434/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=83.4042, F=1.06286/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=84.0027, F=0.910054/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=84.6012, F=1.21617/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=85.2143, F=0.918964/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=85.8056, F=0.951727/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=86.4116, F=0.863078/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=87.0122, F=0.938019/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=87.6096, F=0.940172/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=88.2075, F=0.991403/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=88.8099, F=0.826441/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=89.4025, F=0.951157/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=90.0064, F=1.06019/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=90.6106, F=0.910739/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=91.2043, F=0.976242/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=91.8107, F=1.0/

!!OBST!!

&OBST ID='Eld', XB=0.5,1.3, 30.4,30.9, -0.4,0.4, SURF_IDS='FIRE','INERT','INERT'/

!!HOLE!!

!!VENT!!

&ISOF QUANTITY='TEMPERATURE', VALUE=60.0/

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=1.4/

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=4.0/

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=6.5/

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=9.0/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=30.8/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=9.5/

&TAIL /

A5. FDS-kod Scenario 3

```
&HEAD CHID='ljungby_trapp_sprk'/
```

```
&TIME T_END=600.0/
```

```
&MESH ID='Mesh01-a-a-b-a', IJK=86,50,60, XB=-1.0,7.6,28.0,33.0,-1.0,5.0/
```

```
&MESH ID='Mesh01-a-b-a-a-a', IJK=44,75,110, XB=7.6,12.0,-1.0,6.5,-1.0,10.0/
```

```
&MESH ID='Mesh01-a-b-a-a-b', IJK=50,75,110, XB=12.0,17.0,-1.0,6.5,-1.0,10.0/
```

```
&MESH ID='Mesh01-a-b-a-b-a', IJK=74,55,31, XB=7.6,15.0,6.5,12.0,-1.0,2.1/
```

```
&MESH ID='Mesh01-a-b-a-b-b-a', IJK=74,60,31, XB=7.6,15.0,12.0,18.0,-1.0,2.1/
```

```
&MESH ID='Mesh01-a-b-a-b-b-b-a', IJK=74,80,31, XB=7.6,15.0,18.0,26.0,-1.0,2.1/
```

```
&MESH ID='Mesh01-a-b-a-b-b-b-b', IJK=74,70,31, XB=7.6,15.0,26.0,33.0,-1.0,2.1/
```

```
&MESH ID='Mesh01-a', IJK=74,215,33, XB=7.6,15.0,6.5,28.0,6.7,10.0/
```

```
&MESH ID='Mesh01-b-a', IJK=80,150,33, XB=-1.0,7.0,28.0,43.0,6.7,10.0/
```

```
&MESH ID='Mesh01-b-b', IJK=80,150,33, XB=7.0,15.0,28.0,43.0,6.7,10.0/
```

```
&SPEC ID='WATER VAPOR'/
```

```
&PART ID='Water',
```

```
    SPEC_ID='WATER VAPOR',
```

```
    DIAMETER=500.0,
```

```
    MONODISPERSE=.TRUE.,
```

```
    AGE=3.0,
```

```
    SAMPLING_FACTOR=1/
```

```
&REAC ID='WOOD',
```

```
    FYI='WOOD CRIB, VTT',
```

```
    FUEL='REAC_FUEL',
```

```
    C=3.4,
```

```
    H=6.2,
```

```
    O=2.5,
```

```
    CO_YIELD=0.004,
```

SOOT_YIELD=0.015,
HEAT_OF_COMBUSTION=1.79E4/

&PROP ID='Default_Water Spray',
QUANTITY='SPRINKLER LINK TEMPERATURE',
ACTIVATION_TEMPERATURE=68.0,
RTI=50.0,
PART_ID='Water',
FLOW_RATE=60.0,
PARTICLE_VELOCITY=5.0,
SPRAY_ANGLE=60.0,75.0/
&DEVC ID='SPRK', PROP_ID='Default_Water Spray', XYZ=12.3,1.5,4.1/

&MATL ID='CONCRETE',
FYI='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',
SPECIFIC_HEAT=1.04,
CONDUCTIVITY=1.8,
DENSITY=2280.0/

&SURF ID='Betong',
COLOR='GRAY 73',
BACKING='VOID',
MATL_ID(1,1)='CONCRETE',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.15/

&SURF ID='FIRE',
COLOR='RED',
HRRPUA=1586.65,
RAMP_Q='FIRE_RAMP_Q'/

&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/

&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=22.8354, F=0.033147/

&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=23.4109, F=0.155989/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=24.0131, F=0.105384/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=24.6057, F=0.150598/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=25.2129, F=0.103918/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=25.8072, F=0.14926/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=26.4114, F=0.111478/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=27.0114, F=0.120964/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=27.6146, F=0.13278/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=28.2084, F=0.125405/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=28.8057, F=0.120962/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=29.4035, F=0.105794/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=30.0058, F=0.143102/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=30.6004, F=0.135008/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=31.2021, F=0.106392/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=31.8119, F=0.126125/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=32.4092, F=0.139608/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=33.0031, F=0.125205/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=33.6032, F=0.120869/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=34.211, F=0.129016/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=34.8141, F=0.129056/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=35.4156, F=0.12522/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=36.0152, F=0.131553/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=36.6157, F=0.128118/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=37.2066, F=0.111995/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=37.812, F=0.129585/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=38.4167, F=0.126408/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=39.008, F=0.116976/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=39.6088, F=0.125938/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=40.2104, F=0.124783/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=40.8022, F=0.127833/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=41.4104, F=0.11641/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=42.0002, F=0.137253/

&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=42.6123, F=0.128859/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=43.2146, F=0.122204/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=43.8136, F=0.11969/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=44.4171, F=0.136632/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=45.0173, F=0.113448/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=45.6105, F=0.135321/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=46.215, F=0.10982/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=46.8001, F=0.119821/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=47.4011, F=0.123351/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=48.0098, F=0.155419/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=48.6173, F=0.105786/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=49.2175, F=0.125385/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=49.8059, F=0.132253/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=50.4084, F=0.186334/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=51.0089, F=0.309582/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=51.6064, F=0.411359/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=52.2021, F=0.398001/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=52.8103, F=0.360432/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=53.4021, F=0.40265/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=54.0002, F=0.33486/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=54.6041, F=0.401025/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=55.2076, F=0.3478/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=55.8076, F=0.366922/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=56.4042, F=0.39887/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=57.0039, F=0.364797/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=57.6102, F=0.380474/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=58.2051, F=0.39227/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=58.8128, F=0.417511/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=59.411, F=0.349108/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=60.0002, F=0.372556/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=60.6132, F=0.439784/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=61.2082, F=0.351449/

&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=61.8072, F=0.359107/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=62.4094, F=0.363346/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=63.0106, F=0.399903/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=63.6132, F=0.349337/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=64.2137, F=0.429407/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=64.8051, F=0.354634/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=65.4049, F=0.375759/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=66.0012, F=0.37738/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=66.6121, F=0.418021/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=67.2022, F=0.341587/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=67.8017, F=0.471068/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=68.4056, F=0.546064/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=69.0094, F=0.474301/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=69.6055, F=0.502348/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=70.2096, F=0.501622/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=70.8125, F=0.47567/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=71.4005, F=0.557301/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=72.0056, F=0.53418/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=72.6019, F=0.512751/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=73.2004, F=0.469429/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=73.8094, F=0.491491/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=74.4098, F=0.542271/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=75.0009, F=0.498093/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=75.6068, F=0.497619/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=76.2114, F=0.516407/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=76.8053, F=0.474037/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=77.4063, F=0.500695/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=78.0116, F=0.527797/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=78.6064, F=0.496655/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=79.2089, F=0.513745/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=79.8067, F=0.519962/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=80.4088, F=0.500261/

&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=81.0068, F=0.617151/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=81.6033, F=0.755026/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=82.2072, F=0.75251/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=82.8086, F=0.753213/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=83.4008, F=0.771586/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=84.0014, F=0.756133/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=84.6036, F=0.777516/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=85.2052, F=0.749711/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=85.801, F=0.742325/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=86.4026, F=0.761799/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=87.0054, F=0.769522/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=87.6032, F=0.763953/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=88.2074, F=0.756627/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=88.8007, F=0.747821/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=89.4032, F=0.747521/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=90.0046, F=0.724655/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=90.6042, F=0.7968/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=91.2031, F=0.734024/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=91.8012, F=0.769141/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=92.4026, F=0.829885/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=93.0048, F=1.0/

!!OBST!!

&OBST ID='Eld', XB=12.4,12.9,0.2,0.8,2.1,2.6, SURF_IDS='FIRE','INERT','INERT'/

!!HOLES!!

!!VENTS!!

&ISOF QUANTITY='TEMPERATURE', VALUE=60.0/

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=1.4/

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=4.0/

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=6.5/

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=9.0/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=0.7/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=13.4/

&TAIL /

A6. Kontroll av FDS-modeller

Kontroller enligt BIV:s allmänna råd för simulering i FDS har följts för att säkerställa att resultaten för simuleringarna för scenario 2 respektive 3 håller hög kvalitet (Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap, 2013).

Kontroll av cellstorleken gjordes med ekvation 2. Kvoten $D^*/\delta x$ bör vara 10–20 i storleksordning nära branden (Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap, 2013). Med en maxeffekt på 400kW för scenario 2 räknades D^* till 0,67, och med en maxeffekt på 476kW för scenario 3 räknades D^* till 0,71. Cellstorleken 1 dm³ användes i båda scenarierna, trots att detta innebär avsteg från intervallkravet.

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} \cdot c_p \cdot T_{\infty} \cdot \sqrt{g}} \right)^{2/5} \quad \text{Ekvation 2}$$

Därefter kontrollerades brandens dimensionslösa effektutveckling med hjälp av ekvation 3, som bör ligga mellan 0,3–2,5 (Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap, 2013). Denna räknades till 1,01 för scenario 2 där en brandarea på 0,4 m² användes. Motsvarande area i scenario 3 var 0,3 m² och räknades till 1,49. Båda ligger inom önskat intervall.

$$\dot{Q}^* = \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} \cdot c_p \cdot T_{\infty} \cdot \sqrt{g D_b D_b^2}} \quad \text{Ekvation 3}$$