

Lund 2013

Rapport 9446 © Avdelningen för brandteknik och riskhantering
Lunds Tekniska Högskola, 2013



Brandteknisk riskvärdering av **Lasarettet i Landskrona**



Författare
Shamim Ahmed
Moa Hummelgård
Robin Linde
Johan Nilsson

LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Brandteknisk riskvärdering

Lasarettet i Landskrona

Shamim Ahmed

Moa Hummelgård

Robin Linde

Johan Nilsson

Lund 2013

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

Brandteknisk riskvärdering av Lasarettet i Landskrona. Fire safety evaluation of the hospital in Landskrona.

Rapport/ report

9446 ©Avdelningen för brandteknik och riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, 2013-04-25

Av/by

Shamim Ahmed, Moa Hummelgård, Robin Linde och Johan Nilsson.

Nyckelord

Brandteknisk riskvärdering, CFAST, DETACT-T2, deterministisk, ERM, Lasarettet i Landskrona, personsäkerhet, probabilistisk, riskanalys, @RISK

Keywords

Fire safety assessment, CFAST, DETACT-T2, deterministic, ERM, Lasarettet i Landskrona, human safety, probabilistic, risk analysis, @RISK

Språk/language

Svenska, Swedish

Abstract

This report is a fire safety evaluation of the hospital Lasarettet i Landskrona, Sweden. The main objective was to guarantee the safety during evacuation in case of a fire in three of the hospitals infirmaries. This was done by a closer examination of one of these infirmaries. No regard has been taken for economic or environmental aspects, this report focuses only on human safety. Three fire scenarios were chosen from among 11 others through a risk matrix that was created. Fire risk assessment was done on these three with the help of computer simulation programs such as CFAST, ERM, DETACT-T2 and @RISK. Several proposals of actions have been validated with the help of these programs. Validation shows that if two specific of these were put into function the safety during an evacuation can be guaranteed if the time to detection can be verified correctly.

Avdelningen för Brandteknik och
Riskhantering
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund
Sverige
brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se>
Telefon: 046 - 222 73 60
Fax: 046 - 222 46 12

Department of Fire Safety Engineering
and Risk
Management
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden
brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se/english>
Telephone: +46 46 222 73 60
Fax: +46 46 222 46 12

Förord

Arbetet med denna rapport resulterade i minst ett grått hårstrå samt några väl valda svordomar. Arbetet har knutit samman många av de kurser vi har läst under vår tid i skolan. Under vissa av kurserna har det funderats över om det varit någon mening med att läsa detta. Slutresultatet blev dock bra och det har vi flertal personer att tacka för.

Vi skulle vilja tacka följande personer

Hanna Palmqvist, doktorand vid avdelningen för brandteknik och riskhantering på LTH, vår handledare som har varit ett stort stöd i arbetet med denna rapport.

Liselotte Jonsson, utvecklingschef Regionservice, för att detta objekt blev tillgängligt för LTH-studenter.

Irené Winér, brandskyddssamordnare Lasarettet i Landskrona,

Sofia Ehlén, säkerhetsstrateg Regionservice

Eva Fjällström, teknikförvaltare Regionservice

För ett jättebra platsbesök och för ett stort visat engagemang.

Personalen på avdelningarna, Lasarettet i Landskrona, för ett stort tålamod och för stor hjälp vid platsbesöket.

Dan Elmquist, brandman på Landskrona räddningstjänst, för att ställt upp och svarat på våra frågor.

Patrick van Hees, Martin Nilsson, Linn Svegrup, Håkan Frantzich, Daniel Nilsson, Nils Johansson och Karl Fridolf. Personal vid avdelningen för brandteknik och riskhantering på LTH som snällt svarat på frågor när de har blivit brutalt haffade i korridoren.

Lund, 25 april 2013

Johan, Moa, Robin och Shamim

Sammanfattning

I den här rapporten utvärderas brandskyddet på Lasarettet i Landskrona utifrån personsäkerhet. Rapporten är en del av kursen *Brandteknisk riskvärdering* som ges i slutet av det 3,5 åriga brandingenjörsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola (LTH). Syfte är att knyta samman teori med praktiskt utförande.

Lasarettet i Landskrona består av flera byggnader innehållande olika typer av verksamheter både inom och utöver vården. Rapporten avgränsas till att innefatta tre våningar och avdelningar i sjukhusbyggnaden 04 som alla omfattas av medicinsk när-sjukvård. Detta innebär att större delen av patienterna, upp till ett 20-tal per avdelning, kan vara enbart sängburna vid en eventuell utrymning. Samtliga tre avdelningar är näst intill identiskt utformade och således inbegrips samtliga tre av att enbart närmare granska en avdelning eller våning, i det här fallet avdelning 4. Att just avdelning 4 undersökts är för att det från denna inte är möjligt att genomföra en horisontell utrymning samtidigt som de patienter med sämst hälsotillstånd finns här.

Granskningen av objektet inleddes med ett platsbesök där olika tänkbara brandscenarier identifierades. Av dessa valdes tre scenarier ut genom en gradering av sannolikhet och konsekvens i form av en riskmatris. Med hjälp av olika datorprogram simulerades brand- och utrymningsförlopp för de olika scenarierna. Resultaten från dessa simuleringar ligger sedan till grund för jämförelsen mellan tiderna för utrymning och tiderna till kritiska förhållanden.

Simuleringsresultaten visade att personsäkerheten inte kan garanteras för patienterna i något av de tre undersökta scenarierna.

För att komma till rätta med detta problem har flera åtgärdsförslag tagits fram som sedan validerats antingen med kvalitativa eller kvantitativa metoder beroende på vad som ansågs vara mest lämpligt. De åtgärdsförslag som anses **ska** sättas i funktion omgående är:

- Automatiska dörrstängare på samtliga patientrum och reception
- Mekanisk brandgasventilation

Vidtas de ovan nämnda åtgärdsförslagen anses stora förbättringar gällande möjligheterna att kunna utrymma på ett tillfredställande sätt i enlighet med rapportens definition. Nedanstående åtgärdsförslag skulle ge en ytterligare förbättrad brandsäkerhet och **bör** genomföras.

- Brandcellsgräns i mitten av korridoren
- Sprinklersystem
- Undvika att samla brännbart material i korridoren
- Placera patienter med sämst hälsotillstånd på en våning där horisontell utrymning är möjligt och flytta friskare patienter till avdelning 4
- Regelbundna brand- och utrymningsövningar där det säkerställs att samtliga i personalen har varit närvarande

Summary

This report evaluates the fire safety design of the hospital Lasarettet i Landskrona from a human safety point of view. The report is a part of a fire risk assessment course given during the later part of the 3.5 year long fire safety engineering program at LTH, University of Lund with the aim of combining theory with practice.

The hospital consists of several buildings containing different types of activities. The report is limited to cover three levels of the building 04, all with the activity of medical community healthcare. This means that the major part of the patients, up to around 20 per department, could be limited in their mobility and therefore need to be bed-borne during an evacuation. The three departments are almost identical from a geometric point of view and therefore they are all included by just further examining one, in this case infirmary 4.

The examining of the object was initiated with a visit to the hospital where different possible fire scenarios was identified. Among these, three was chosen through a grading of probability and consequence by the making of a risk matrix. Fire and evacuation sequences for the department were simulated with the help of different computer simulation programs. The results from these simulations are put as the foundation for the comparison of the times for evacuation and the times to when critical conditions occur.

The results from the simulations show that the human safety can not be guaranteed in any of the three examined scenarios.

To correct this problem several proposals of actions have been validated either by qualitative or quantitative methods depending on what was seen as most appropriate. The proposals of actions, after validation, that are considered should be put into action are the following:

- Automatic door closers on all patient wards and the reception
- Mechanical smoke ventilation

The protection objectives, that no one should be exposed to critical conditions, can be considered secured if the proposals of action mentioned above are put into action. The remaining proposals of action, if also put into use, would result in an even better fire safety for the examined departments. The remaining proposals are the following:

- The dividing of the corridor by a fire secure wall
- Sprinkler system
- Actively avoiding of keeping combustible material in the corridor
- Move the patients with the most severe conditions on a lower level in the building and place more healthy patients on infirmary no. 4
- Regular evacuation exercises where the including of all personal can be shown

Nomenklatur

A_0	= Areal på ventilations öppningar [m^2]
A_k	= Summa av k öppningsareor [m^2]
A_t	= Total omslutningsarea [m^2]
D	= Diameter på branden [m]
d	= Avståndet från ett objekt till en flammans centrum [m]
H_0	= Höjden på ventilations öppningar [m]
H	= Takhöjden [m]
HRR	= Rate of heat release, effektutveckling [kW]
L_1	= Längden på rektangelns kortaste sida vid strålningsberäkning [m]
L_2	= Längden på rektangelns längsta sida vid strålningsberäkning [m]
L	= Höjden på flammen [m]
\dot{Q}	= Total effekt [kW]
\dot{Q}_v	= Max HRR för en ventilationskontrollerad brand [kW]
\dot{q}''	= Infallande strålningseffekt [kW/m^2]
S	= Konfigurationsvariabel för synfaktor [-]
$t_{förberedelse}$	= Tid från uppmärksammande brand till påbörjad utrymning [s]
$t_{förflyttning}$	= Tid från påbörjad utrymning till att alla befinner sig på säker plats [s]
$t_{tillgänglig}$	= Tiden till att kritiska förhållanden uppstår [s]
$t_{utrymning}$	= Den totala utrymningstiden [s]
$t_{varseblivning}$	= Tid från uppkommen brand till att personer uppmärksammat den [s]
X	= Rummets längd [m]
Y	= Rummets bredd [m]
α	= Brandens tillväxthastighet [kW/s^2]
α	= Konfigurationsvariabel för synfaktor [-]
ε	= Andel av flammans effekt som avges i strålning [-]
Φ	= Synfaktor [-]
σ	= Stefan-Boltzmanns konstant [W/m^2K^4]
χ	= Förbränningseffektivitet [-]
χ_r	= Strålningsandel av total effekt [-]
$x_{säng}$	= Antal sängliggande patienter [-]

Innehållsförteckning

1	Inledning	11
1.1	Bakgrund	11
1.2	Syfte	11
1.3	Mål	11
1.4	Metod	11
1.5	Avgränsningar och begränsningar	13
1.6	Skyddsmål och skadekriterier	13
2	Objektsbeskrivning	15
2.1	Allmänt	15
2.2	Utformning av byggnad 04	16
2.3	Avdelningar för medicinsk närsjukvård	16
2.4	Systematiskt brandskyddsarbete, SBA	19
2.4.1	Regionservice	19
2.4.2	Lasarettet i Landskrona	19
2.5	Ventilation	20
3	Brandskydd	21
3.1	Brandcellsindelning	21
3.2	Aktiva släcksystem	21
3.3	Detektion	21
3.4	Utrymning	22
3.5	Släckutrustning	22
3.6	Brandgasventilation	22
3.7	Räddningstjänst	22
4	Teori	25
4.1	Utrymningsteori	25
4.2	Förberedelsetid	26
4.3	Kritiska förhållanden	26
4.3.1	Temperatur	27
4.3.2	Strålning	27
4.3.3	Brandgaslagrets höjd	27
4.3.4	Sikt	27
4.3.5	Toxicitet	27

4.4	Dimensionerande brandscenarier.....	28
4.5	ERM	29
4.6	CFAST	29
4.7	DETECT-T2	31
4.8	@RISK.....	31
4.9	Bränsle- eller ventilationskontrollerad brand	32
5	Riskidentifiering	33
5.1	Grovanalys.....	33
5.1.1	Statistik	33
5.1.2	Konsekvens.....	35
5.2	Scenariobeskrivning (Rangordning av scenarierna).....	35
5.2.1	Förrådsbrand i mitten av korridoren	35
5.2.2	Brand i materialförråd.....	35
5.2.3	Brand i kök	36
5.2.4	Brand i allrum	36
5.2.5	Brand i personalrum.....	37
5.2.6	Brand i tvåpatientsrum	37
5.2.7	Brand i fyrapatientsrum	37
5.2.8	Brand i soprum.....	38
5.2.9	Brand på toalett i patientrum	38
5.2.10	Brand i kontorsrum.....	38
5.2.11	Brand i trapphus.....	39
5.2.12	Brand i korridor.....	39
5.2.13	Brand i reception.....	39
5.2.14	Brand i hisshall.....	40
5.3	Riskmatris	41
5.4	Representativa scenarier	42
5.4.1	Scenario A. Brand i fyrapatientsrum.....	42
5.4.2	Scenario B. Brand i korridor	43
5.4.3	Scenario C. Brand i reception	44
6	Analys av Scenario A: Brand i fyrapatientsrum.....	45
6.1	Tid till kritiska förhållanden samt detektion	45
6.1.1	Effektutveckling	45
6.1.2	Simulering CFAST och Detact-T2.....	46
6.2	Utrymningstid	47
6.2.1	Resultat från ERM.....	47

6.2.2	Förberedelsetid	48
6.3	Tidsmarginal	48
6.3.1	Analys	48
6.3.2	Känslighet	49
7	Analys av Scenario B: Brand i korridor	51
7.1	Tid till kritiska förhållanden och detektionstid	51
7.1.1	Effektutveckling	51
7.1.2	Simulering CFAST och Detact-T2	52
7.2	Utrymningstid	53
7.2.1	Resultat från ERM	53
7.2.2	Förberedelsetid	53
7.3	Tidsmarginal	54
7.3.1	Analys	54
7.3.2	Känslighet	55
8	Analys av Scenario C: Brand i reception.....	57
8.1	Tid till kritiska förhållanden och detektionstid	57
8.1.1	Effektutveckling	58
8.1.2	Simulering CFAST och Detact-T2	58
8.2	Utrymningstid	59
8.2.1	Resultat från ERM	59
8.2.2	Förberedelsetid	60
8.3	Tidsmarginal	60
8.3.1	Analys	60
8.3.2	Känslighet	61
9	Åtgärdsförslag.....	63
9.1	Sammanfattning av analys	63
9.2	Förslag på åtgärder.....	63
9.2.1	Sammanfattning av åtgärdsförslag.....	63
9.2.2	Personal.....	64
9.2.3	Undvika att samla brännbara material i korridoren.....	64
9.2.4	Automatiska dörrstängare	64
9.2.5	Sprinkler	65
9.2.6	Brandcellsavgränsning i korridoren	66
9.2.7	Mekanisk brandgasventilation	66
9.3	Validering av åtgärdsförslag	67

9.3.1	Sprinkler i patientrum	67
9.3.2	Validering av ny brandcellsgräns med automatiska dörrstängare	68
9.3.3	Omplacering av patienter tillsammans med brandcellsgräns och dörrstängare. ...	71
9.3.4	Mekanisk brandgasventilation.	72
9.3.5	Mekanisk brandgasventilation med endast dörrstängare.	73
10	Diskussion	75
11	Slutsats	81
12	Referenslistan.....	83
Bilaga A - Ekvationer.....		85
Bilaga B - Beräkning av effektkurvor		89
B.1	Scenario A: Brand i fyrpatientsrum.....	89
B.1.1	Strålningsberäkning.....	90
B.1.2	Konstruktion av total effektkuva.....	95
B.2	Scenario B: Brand i korridor.....	100
B.3	Scenario C: Brand i reception.....	102
B.3.1	Strålningsberäkningar	105
B.3.2	Rummets totala effektkurva	107
Bilaga C - Detektionstid i Detact-T2		111
C.1	Antaganden	111
Bilaga D - CFAST		113
D.1	Förenklingar i CFAST simulering	113
D.2	Kritiska förhållanden, simuleradeeffekter och resultat	115
D.2.1	Värden för kritiska förhållanden.....	115
D.2.2	Scenario A: Brand i patientrum.....	115
D.2.3	Scenario B: Brand i korridor	118
D.2.4	Scenario C: Brand i receptionen.....	120
D.3	Osäkerheter	122
D.4	Simulering av brandcellsgräns	123
D.5	Indatafil	123
Bilaga E - Utrymningssimuleringar i ERM		137
E.1	Antaganden	137
E.1.1	Geometri.....	137
E.1.2	Patienttyper	138
E.1.3	Personal	139
E.2	Patienttypsfördelning	140

E.3 Personalfördelning	141
E.4 Resultat för Scenario B	146
E5 Resultat för Scenario C	149
Bilaga F - Utrymningssimuleringar med åtgärd	153
F.1 Geometri	153
F.2 Patienttypfördelning	154
F.3 Personalfördelning	156
F.4 Resultat för Scenario A med en ny brandcellsgräns	156
F.5 Resultat för Scenario B med en ny brandcellsgräns	160
F.6 Resultat för Scenario C med en ny brandcellsgräns	164
Bilaga G - @RISK-simuleringar	169
G1 Riskvalidering av befintliga förhållanden	169
G.1.1 Tiden för utrymning	169
G.1.2 Förberedelsetiden	172
G.1.3 Detektionstiden	174
G.1.4 Tiden till kritiska förhållanden	177
G.2.1 Tiden för utrymning med åtgärdsförslag	181
G.2.2 Förberedelsetiden med åtgärdsförslag	182
G.2.3 Detektionstiden med åtgärdsförslag	182
G.2.4 Tiden till kritiska förhållanden	182

1 Inledning

Rapporten behandlar brandsäkerheten och den risk som föreligger att utrymning av avdelning 4 på Lasarettet i Landskronainte kan genomföras om en brand uppstår. Analysen fokuserar på personsäkerhet och läses lämpligen av den personal som är ansvarig för hantering av säkerhetsfrågor på lasarettet. Rapporten redogör för en utvärdering av personsäkerheten med tillhörande beräkningar, simuleringar, antaganden samt begränsningar. Om brister upptäcks ges även åtgärdsförslag som valideras.

1.1 Bakgrund

Utvärderingen av Lasarettet i Landskrona är en del av kursen VBR054, Brandteknisk Riskvärdering. Kursen är obligatorisk för studenter vid Brandingenjörsprogrammet på Lunds tekniska högskola. Studenterna genomför arbetet självständigt men under handledning av en doktorand vid avdelningen för Brandteknik och Riskhantering på Lunds Tekniska Högskola.

1.2 Syfte

Arbetet syftar till att studenterna genom att använda den kunskapsbank de tillgodgjort sig under utbildningen ska säkerställa att tillfredställande utrymningsmöjligheter finns i verksamheten. Begrepp som analytisk förmåga och ingenjörsmässigt förhållningssätt är centrala för kursen och syftet är att studenterna skall utveckla dessa egenskaper.

1.3 Mål

Arbetets mål är att genom lämpliga analysmetoder dra slutsatser gällande brandsäkerhet och utrymningsmöjligheter på Lasarettet i Landskrona. Studenterna skall även föreslå åtgärder för de eventuella brister som upptäcks.

1.4 Metod

Efter att ha tilldelats det objekt som skulle analyseras granskades ritningar som både avser byggnaden och ventilationen. Statistik gällande den svenska räddningstjänstens insatser till sjukhus togs fram för att skapa förståelse för vilka specifika faktorer som kan bidra till bränder när det gäller just sjukhus.

Ett inledande platsbesök genomfördes i början av februari på Lasarettet i Landskrona. Med på besöket var Sofia Ehlén, säkerhetsstrateg, och Eva Fjällström, teknikförvaltare, båda från Regionservice, samt Irene Winér, brandskyddssamordnare på Lasarettet i Landskrona. Studenterna fick möjlighet att undersöka lasarettets avdelningar för att få en uppfattning om befintligt brandskydd, eventuella risker för uppkomst av brand samt vilka konsekvenser en brand skulle kunna ge.

Efter platsbesöket gjordes avgränsningar för att hålla arbetets omfattning på en sådan nivå att det blir praktiskt genomförbart under den givna tiden för arbetet. Avgränsningarna redovisas i avsnitt *1.5 Avgränsningar*.

Ett antal tänkbara brandscenarier aktuella för verksamheten togs fram. På dessa genomfördes sedan en grovanalys för att rangordna de scenarierna som har högst sannolikhet och samtidigt medför allvarligast konsekvens. Ett antal dimensionerande scena-

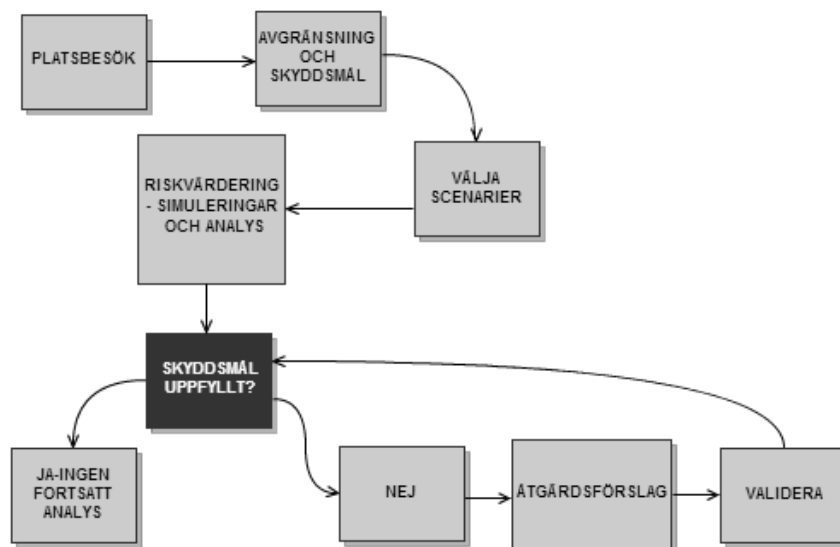
rier väljs för att analyseras vidare i arbete. Scenarierna har valts med tanke på att de tillsammans ska täcka så stort konsekvensområde som möjligt för att ge en bred bild av verksamhetens risker. Med konsekvens menas att en säker utrymning inte kan garanteras.

De brandscenarier som valts att vara dimensionerade beskrivs utförligt för att dessa ska vara överskådliga för läsaren. Genom att specificera vad som ingår i varje av dessa scenarier underlättas förståelsen gällande hur effektkurvorna har konstruerats. Fullständiga kurvor togs fram för de dimensionerande scenarierna för att få fram tiden till detektion samt kritiska förhållanden.

Då effektutvecklingskurvorna var klara genomfördes brandsimuleringar i programmet CFAST och utrymningssimuleringar i ERM. Genom att genomföra ett stort antal simuleringar med programmen skapades en statistisk grund för fördelningar över de faktorer som bygger upp tidsmarginalen vid utrymning. Tidsmarginalen är en jämförelse mellan tiden som finns tillgänglig för att utrymma i relation till tiden det tar att utrymma. Detta beskriver huruvida utrymning av lokalerna kan ske på ett säkert sätt vid en uppkomst av brand.

I denna analys väljs att genomföra simuleringar med CFAST då geometrin bedöms vara relativt enkel och därmed bör programmet vara tillämpbart. För övrigt skall ett antal upprepade simuleringar med varierande tillväxthastigheter göras. Dessa skall användas i @RISK för att få en fördelning över tidsmarginalen av avdelningen utrymning. Detta hade inte varit möjligt med användning av exempelvis FDS då varje simulering bedöms ta så lång tid att ett stort antal upprepade försök hade stoppats av den begränsade tid som finns tillgänglig för analysen.

Med denna information kan sedan envärdering av riskerna genomföras vilket möjliggjorde en utvärdering av åtgärdsbehovet för att nå tillfredställande tidsmarginaler. Dessa granskades sedan för att se om eventuellt föreslagna åtgärder är tillfredställande med avseende på utrymning och då inga vidare åtgärder behövdes avslutades arbetet. Rapportens metodbeskrivning illustreras även i *Figur 1.1*.



Figur 1.1 Flödesschema över arbetsprocessen och den metod som använts för den brandtekniska riskvärderingen av Lasarettet i Landskrona.

1.5 Avgränsningar och begränsningar

Arbetet avgränsas till att undersöka personsäkerhet och kommer inte ta särskild hänsyn till skador på egendom och miljö.

Denna riskvärdering över Lasarettet i Landskrona begränsas till att omfatta lasarettets vårdavdelningar som är placerade på plan 2-4 i block C, byggnad 04 (se Figur 2.1). Avdelning 4 på våning 4 antas ha något sämre möjligheter att utrymma på ett tillfredsställande sätt i jämförelse med de övriga avdelningarna och därför fokuserar analysen på denna avdelning. Antagandet görs då avdelningen saknar möjlighet till horisontell utrymning samt har en stor andel multisjuka patienter som har svårt att utrymma på egen hand.

Verksamheterna röntgen, mammografi och blodgivning kommer inte att utredas vidare. Mer detaljerad information om byggnaden och de aktuella avdelningarna ges i avsnitt 2.3 *Avdelningar för medicinsk närsjukvård*.

Analysen begränsas av att enbart vara teoretisk då inga verkliga försök kan genomföras eftersom varken tid eller resurser tillåter detta. Detta hänvisar arbetet till bedömningar genom simuleringar och logiska resonemang.

1.6 Skyddsmål och skadekriterier

Vid händelse av brand skall utrymning kunna ske på ett sådant sätt att ingen person behöver utsättas för kritiska förhållanden eftersom det kan medföra att den skadas eller omkommer.

För att utvärdera om skyddsmålet uppfylls krävs skadekriterier som är möjliga att jämföra med resultat från simuleringar, experiment eller beräkningar. För denna riskvärdering sätts följande skadekriterier: att någon person vid händelse av brand utsätts för kritiska förhållanden enligt Boverkets byggregler gällande 2013 (Bengtsson et al, 2012). För mer ingående information om definitionen på kritiska förhållanden se avsnitt *4.3 Kritiska förhållanden*. Dessa har valts då är de som är lagstadgade kriterier för värdering av utrymningssäkerhet.

I denna rapport används specifikt kriterierna för brandgaslagrets höjd samt de strålningsnivåer som uppnås. Detta innebär att brandgaslagret i korridoren inte får understiga 1,8 meter eller att temperaturen i brandgaslagret inte får överstiga cirka 230°C.

2 Objektsbeskrivning

I detta avsnitt beskrivs Lasarettet i Landskrona med avseende på verksamhet, byggnad, avdelning samt det systematiska brandskyddsarbetet. Även en mindre beskrivning av ventilationen i den aktuella byggnaden finns med.

Stora delar av den information som återges i detta avsnitt har inhämtats under platsbesöket där samtal fördes mellan studenterna och personalen på plats. Vissa delar har erhållits från den dokumentation gällande systematiskt brandskyddsarbete som studenterna fick ta del av under besöket.

2.1 Allmänt

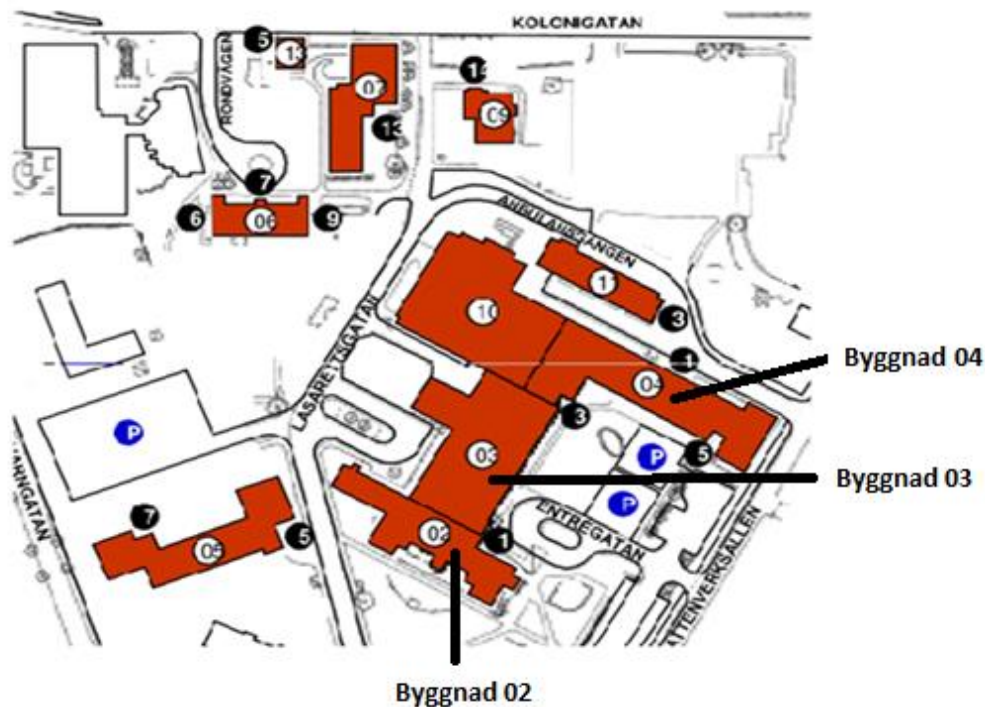
Region Skåne är landstinget i Skåne och har ansvar för hälso- och sjukvård, näringsliv, kommunikationer, kultur samt att samarbeta med övriga regioner i och utanför Sverige. Regionfullmäktige väljs av Skånes invånare och är beslutande organ i regionen (Region Skåne 1).

I denna rapport berörs de delar av Region Skåne som bedriver vård samt Regionsservice som förvaltar lasarettets lokaler och då specifikt Lasarettet i Landskrona.

Lasarettbyggnaden består av fyra delar (se Figur 2.1), varav den äldsta byggnaden som är del 03 hade 60 bäddar och tog emot sina första patienter i maj 1900 (Region Skåne 3). I takt med att antalet invånare i Landskrona ökade uppkom behovet av ett större sjukhus och en utbyggnad i form av block B (byggnad 02) stod färdig i oktober 1926. Då behovet av vårdplatser fortsatte att öka investerades det i ytterligare en byggnad, block C (byggnad 04) som togs i bruk i mars 1956 (Region Skåne 4).

Lasarettet har cirka 300 anställda och ytterligare ungefär 200 personer arbetar på sjukhusområdet men har annan tillhörighet (Primärvård, Psykiatri, Privat verksamhet som till exempel apotek och restaurang och fastighetsdrift). Lasarettet i Landskrona är ett rökfritt sjukhus (Region Skåne 2).

I byggnad 04 är lasarettets vårdavdelningar placerade. Avdelning 1, på plan 1, arbetar med kirurgi och urologi. Den har öppet måndag till fredag och har ingen verksamhet på helgerna. Här vårdas de patienter som genomgått mindre kirurgiska ingrepp och har en vårdtid som är beräknad till en till två dagar. Det finns även tre avdelningar som bedriver medicinsk närsjukvård, avdelning 2-4. Här arbetas med internmedicinsk vård av patienter med stroke, hjärt- och kärlsjukdomar, diabetes, lungsjukdomar och liknande men även med ortopedisk eftervård (Region Skåne 2).



Figur 2.1 Översiktlig karta över lasarettet i Landskrona (Region Skåne 5).

2.2 Utformning av byggnad 04

Byggnaden har sex våningsplan samt ett källarplan med kulvert, totalt sju våningar. Bottenvåningen är plan 0, plan 1 till 4 är vårdavdelningar och plan 5 är kontor. I vardera änden av byggnaden finns ett trapphus och på den sida som är i anslutning till byggnad 03 finns även hissar.

På plan som saknar vårdavdelningar är verksamheter som röntgen, blodgivning samt mammografi placerade. Lasarettet i Landskrona är inte nyttjanderättshavare för dessa verksamheter utan de styrs av andra förvaltningar och entreprenörer och har därmed andra rutiner gällande brand och brandskydd. Dessa verksamheter kommer inte att analyseras vidare i detta arbete.

2.3 Avdelningar för medicinsk närsjukvård

De tre avdelningarna som bedriver medicinsk närsjukvård är placerade i plan 2, 3 och 4. Avdelningarna har i stort sett identisk utformning av våningsplanet med exempelvis antal patientrum, förrådsutrymmen, matsal och så vidare, dock kan de olika förråden användas till olika typ av förvaring beroende på avdelning.



Figur 2.2 En förklarande bild över byggnad 04 med utsatta våningsplan.

Siffrorna i *Figur 2.2* visar de olika våningarna i byggnad 04, avdelning 4 är på våning 4, dock innehåller våning 2 avdelning 3 och våning 3 avdelning 2.

Varje avdelning har fyra patientrum med fyra bäddar samt två rum med två bäddar. Totalt finns 20 vårdplatser på våningen och samtliga av dessa är normalt upptagna. Det förekommer att en överbeläggning sker, upp till maximalt 23 patienter. Genom hela avdelningen löper en korridor och i ena änden finns ett allrum där patienterna bland annat serveras mat. I anslutning till allrummet finns ett kök som är utrustat med spis, mikrovågsugn och annan traditionell köksutrustning.

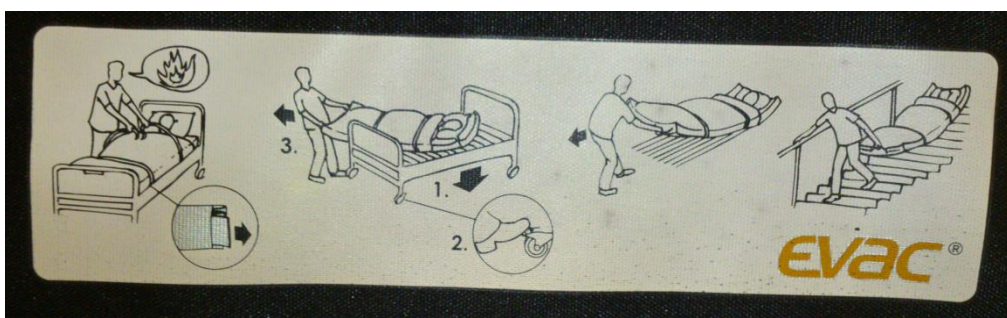
Halvvägs in på avdelningen finns en reception som är öppen ut mot korridoren, utrymmet saknar dörr och kan därmed inte avskiljas. Ett antal förråd innehållande kläder, blöjor, plasthandskar, madrasser, kontorsmaterial och liknande finns utspridda längs korridoren. Avdelningen har även ett antal rum vilka bland annat är kontor, konferensrum samt personalutrymme.

På avdelningarna finns det ett fast system för syrgas samt ett antal lösa syrgasflaskor. I korridoren finns avstängningen för det fasta syrgasset uppdelat på två brytare. Systemet är uppdelat så att vardera avstängning endast är kopplat till vissa rum och all syretillförsel upphör enbart om samtliga ventiler stängs.

Bemanningen på avdelningarna varierar med tiden på dygnet. Avdelningarna delas upp på tre lag vilka är röd, grön och blå. De olika lagen har hand om de patienter som är placerade på lagets ”del” av korridoren, indelningen styr även vilka uppgifter som skall utföras vid en utrymningsituation. En sådan uppgift kan exempelvis vara att föra syrgastuber i säkerhet. Dagtid kan det vara upp till 15 i personalen varav tio till tolv arbetar med patienterna, vid sjukdom och liknande är den lägsta bemanningen fem personer dagtid. Under kvällar är bemanningen fem till sex personer och nattetid

två till tre. Vid en utrymningsituation skall den drabbade avdelningen få hjälp från övriga avdelningar för att evakuera patienterna. Antalet som bistår är beroende av hur många som finns tillgängliga på de övriga avdelningarna. Vid en av ingångarna till avdelningen finns en gul väst som den ansvarige för utrymningen skall ta på sig.

Antalet patienter som är sängliggande i förhållande till personer som kan gå, mer eller mindre på egen hand, varierar kraftigt på avdelningarna. En sängliggande patient behöver vid en utrymning släpas ut på madrass av personalen om inte hela sängen kan rullas till en säker plats. Samtliga bäddar är försedda med så kallade evac- madrasser, (se Figur 2.3), som är avsedda för att patienten skall kunna spännas fast och evakueras med hjälp av personalen.



Figur 2.3. Beskrivande bild på evac- madrass, foto Robin Linde.

Möjligheten att genomföra en horisontell utrymning varierar beroende på vilket våningsplan patienten befinner sig på. Från avdelning 2 och 3 kan patienter utrymmas horisontellt till byggnad 02 genom trapphallen då denna byggnad är ansluten till byggnad 03 via en korridor. En horisontell utrymning medför att sängliggande patienter kan rullas ut i sina sängar utan att behöva släpas på madrasser. Denna möjlighet saknas dock på avdelning 4 och här förväntas utrymning ske vertikalt via trappor till våningen nedanför.



Figur 2.4 Bild av avdelning 4, foto Johan Nilsson.

De olika avdelningarna har viss skillnad gällande vilken typ av patienter som vårdas och därmed även hur svårt sjuka de är. De patienterna med sämst tillstånd vårdas normalt på avdelning 4.

2.4 Systematiskt brandskyddsarbete, SBA

På Lasarettet i Landskrona bedrivs parallella arbeten gällande det systematiska brandskyddet, SBA. Regionsservice ansvarar för fastigheten, då de är fastighetsägare, medan lasarettet bedriver ett SBA med avseende på verksamheten och personalen. En gränsdragningslista är framtagen för att de olika aktörerna skall veta vem som har ansvaret för vilka områden.

2.4.1 Regionsservice

Det systematiska brandskyddsarbete som Regionsservice bedriver sker på Lasarettet i Landskrona genom entreprenören YIT. Entreprenören sköter all fastighetsskötsel på just detta lasarett och genomför då även kontroller gällande de tekniska brandskydden såsom utrymningsskyltar, automatiska dörrstängare, inomhusbrandposter och nödbelysning. Entreprenören har checklistor som ska följas och det finns planer på att de regelbundna kontrollerna skall komma som en arbetsorder direkt till personalen som sköter servicen.

2.4.2 Lasarettet i Landskrona

Sjukhuschefen har det övergripande ansvaret för brandskyddsarbetet på lasarettet och i respektive verksamhet är det verksamhetschefen som har ansvar för brandskyddsverksamheten. På Lasarettet i Landskrona finns en brandskyddssamordnare vilken är delegerad som ansvarig för det systematiska brandskyddsarbetet som sker på sjukhuset. Samordnaren har ansvar för att hålla kontakter mellan lasarettet, räddningstjänsten och fastighetsägaren. Det arbetas även aktivt med kommunikation och samråd tillsammans med övriga verksamheter som befinner sig i lasarettets lokaler vilka inte har lasarettet som nyttjanderättshavare. Samordnaren sammankallar regelbundet till möten för att följa upp att de olika enheterna och avdelningarna arbetar med brandskyddet enligt de riktlinjer som finns.

Alla medarbetare genomför en utbildning på räddningstjänsten minst vart tredje år. Utbildningen är en halvdag som består av teori kombinerat med praktiska släckövningar. Brandskyddssamordnaren skall hålla ett register över samtliga som har utbildats och det ligger även på dennes ansvar att dessa utbildningar sker.

På varje avdelning är det avdelningschefens ansvar att ta fram de lokala brandskyddsrutinerna. Chefen ska tillsammans med avdelningens brandskyddsombud arbeta med avdelningens brandskydd. De ska ge avdelningens personal information om brandskyddsregler och se till att de har genomgått utbildning och brandövning. De ansvarar även för att göra riskinventeringar på avdelning och rapportera allvarliga brister. Ombudet skall även se till att avdelningens personal regelbundet går genom avdelningen för att lokalisera var släckutrustning och utrymningsvägar är placerade. Brandskyddsombudet ska genomföra kontroll enligt en checklista som sparas i brandskyddspärmen.

Snarast efter att en person har nyanställts ska en introduktion i brandskydd samt rutiner gällande utrymning på respektive avdelningen. Introduktionen ges av brandskyddsombud eller ansvarig chef. När elever som går sjuk- eller undersköterskeutbildningen kommer till en avdelning är det handledaren som har ansvaret för att informera om brandskyddet. Eleven blir tilldelad en folder som beskriver de generella riktlinjerna för brandskyddet samt hur personalen skall agera vid ett eventuellt brandtillbud.

Utrymningsövningar sker ungefär vart tredje år men ambitionen är att genomföra övningar varje år. Begränsande för övningsfrekvensen är att det krävs att en tom avdelning finns att tillgå på lasarettet. Ingen kontroll genomförs gällande vilka i personalen som har deltagit på de olika övningstillfällena och det finns risk att personal kan ha missat att vara med på en övning.

Lasarettet i Landskrona ansvarar själva för inköp av utrustning som brandfiltar och skyddshandskar, dockköper YIT in och kontrollerar handbrandsläckare.

2.5 Ventilation

Varje patientrum har ett tilluftsdon i taket och transport av frånluft sker via ett don inne på toaletten samt ett don som är placerat i rummet. På ventilationsritningarna finns det inte några brandspjäll mellan patientrummen utmärkta, om något dylikt fanns skulle de hindra en eventuell brandgasspridning. Teknikförvaltaren från regionservice var under platsbesöket osäker på om det är brandspjäll i ventilationskanalen men antog att det saknas. Antagandet stärks av att alla patientrum ligger i samma brandcell.

De delar av avdelningen som är olika brandceller det vill säga allrum, hisshall och vårdcell, har enligt ritningarna skilda ventilationssystem.

Vid en utrymningsövning där brandrök simulerades med hjälp av så kallad teaterrök skedde ingen större rökspridning i korridoren på grund av att röken ventilerades bort av ventilationssystemet¹.

Då endast otydlig information finns att tillgå med hänsyn på ventilationssystemet mellan rum i byggnaden så kommer därför ingen vidare hänsyn att tas till detta i rapporten.

¹Dahn Elmquist, brandman på Landskronaräddningstjänst, telefonsamtal 13-04-02.

3 Brandskydd

I detta avsnitt beskrivs det befintliga brandskydd som finns på Lasarettet i Landskrona, detta innefattar även räddningstjänsten och dess insatstid. Här beskrivs även de rutiner som avdelningarna har gällande utrymning och liknande.

3.1 Brandcellsindelning

Hela avdelningen, förutom allrummet, är en brandcell och det finns inga avskiljande eller brandbegränsande konstruktioner mellan korridor och patientrum. Avdelningarnas allrum utgör däremot en egen brandcell med en lägsta klassning på E30.

De två trapphusen är egna brandceller som ska vara avskiljande i 30 minuter. För att nå det ena trapphuset passeras en hisshall som även den är en egen brandcell som ska klara 30 minuter. Detta innebär att en brand på avdelningen inte ska påverka trapphuset under de första 60 minuterna av förloppet.

3.2 Aktiva släcksystem

Det finns inga aktiva släcksystem installerade på sjukhuset men Regionsservice arbetar med att ta fram riktlinjer gällande installation av sprinkler i Region Skånes lokaler. Dock finns inga planer på att installera sprinkler i befintliga byggnader om inte skyddsbehovet kräver det.

3.3 Detektion

Lasarettet har direkt larmöverföring till räddningstjänsten och systemet är adresserbart till sektioner men inte till den specifika detektorn som har aktiverat. Det finns en huvudcentralapparat placerad i huvudingång i byggnad 02 och en undercentral i ett av trapphusen i byggnad 04. Räddningstjänsten får angivet i vilken byggnad som en detektor har utlöst och kan därmed åka direkt till den drabbade byggnaden utan att passera via centralapparaten.

I varje patientrum finns en rökdetektor placerad cirka 0,8 meter från väggen vid en av rummets kortsidor, alltså inte centrerat i rummet, men det saknas på toaletten. I korridoren finns tre stycken rökdetektorer utplacerade med cirka 16 meters mellanrum, det finns även ett antal detektorer ovanför innertaket. I allrummet finns tvårökdetektorer och i köket finns en. Förråden var också utrustade med en rökdetektor var.

Efter kontorstid låses dörrarna till avdelningarna men vid aktivering av brandlarm låses de upp automatiskt. Detta ska förebygga att personal blir utelåsta under en pågående utrymning.

På avdelningarna finns varken ett system för dörruppställning eller automatisk dörrstängning vid detektion av brand. I de elcentraler som finns på avdelningarna saknas detektionssystem.

3.4 Utrymning

Det är avdelningschefen som ansvarar för att ta fram de rutiner gällande rollfördelning och liknande som gäller på den aktuella avdelningen. Vissa avdelningar har skapat kort som talar om vilken uppgift personalen har under utrymningen. Här anges exempelvis de uppgifter som en undersköterska ur det röda laget har under en utrymning.

Exempel på uppgifter är: agera kontaktperson till räddningstjänsten, larma 112, stänga säkerhetsventil för syrgas, föra bort lösa syrgastuber, möta upp räddningstjänsten och evakuera.

Om en detektor aktiveras och orsaken inte är uppenbar skall personalen genomsöka avdelningen för att hitta den eventuella branden. Om det bekräftas att en brand har uppkommit skall även räddningstjänsten kontaktas.

Från avdelning 4 kan endast en vertikal utrymning ske. Här måste varje patient som är sängliggande spännas fast i sin madrass för att sedan släpas ut. Enligt personalen går det att ensam ta ut en sängliggande patient men det kommer vara väldigt jobbigt och ta lång tid. Personalen vill minst vara två personer för varje sängliggande patient i en utrymningssituation.

Om ett brandlarm aktiveras kommer klockor att ringa i hela byggnaden. På larmtavlor i samtliga avdelningars korridorer kan personalen läsa på vilken våning som en detektor har aktiveras. Tanken är att personal från de andra avdelningarna skall bistå den drabbade avdelningen med utrymningen dock går det inte att räkna med att hjälpen kommer direkt. Under plastbesöket beskrevs att det är en relativt hög frekvens av falsklarm, cirka 10-12 per år, vilket till viss del kan förklara att personalen avvaktar med att hjälpa till. En faktor som också påverkar hur många som bistår den drabbade avdelningen är hur stor bemanning de övriga avdelningarna har. Det bör åtminstone vara en person kvar på vardera av de avdelningar som inte har drabbats av brandtillbudet vilket innebär att om bemanningen exempelvis är två personer kan endast en person avvaras.

3.5 Släckutrustning

På varje avdelning finns inomhusbrandposter som är placerade så att slangen kan nå hela avdelningen. Handbrandsläckare, av typerna skum och kolsyresläckare, är utplacerade så att det maximala gångavståndet till en släckare är 25 meter. I anslutning till släckutrustningen finns även brandhandske och brandfilt.

3.6 Brandgasventilation

Det finns ingen brandgasventilation i byggnadens trapphus eller från avdelningarna men tilluftsaggregat ska stängas av automatiskt vid detektion av brand.

3.7 Räddningstjänst

Informationen i detta stycke har inhämtats genom telefonsamtal med Dahn Elmquist, brandman, Landskrona räddningstjänst².

²Dahn Elmquist, brandman på Landskronaräddningstjänst, telefonsamtal 13-02-26.

Anspänningstid och framkörningstid från brandstation till sjukhuset anges till cirka fem och en halv minut av räddningstjänsten och att brandmännen är uppe på vårdavdelning 4 efter ungefär en minut. I personalens rutiner står att någon skall möta upp räddningstjänsten.

En styrka består av åtta personer (insatsledare, styrkeledare + sex brandmän). Brandmännens angreppsväg kommer att vara samma väg som patienter och anställda ska utrymma via.

Räddningstjänsten har inte haft något skarpt larm till vårdavdelningarna men det har genomförts en stor utrymningsövning där räddningstjänsten deltog. Det kommer inte att tas någon hänsyn till att räddningstjänsten kan vara snabbt på plats och bistå personalen vid en utrymning, eftersom de kan vara upptagna på ett annat håll. Vilket gör att det kan ta lång tid för en styrka att komma på plats för en insats.

4 Teori

I detta avsnitt presenteras den teori som behövs för att kunna förstå de modeller, beräkningar och antaganden som görs i denna rapport.

4.1 Utrymningsteori

Frantzich, 2001, beskriver att om en person ska kunna utrymma en byggnad säkert om en brand uppkommer måste tiden som är tillgänglig vara större än tiden det tar att utrymma, se *Ekvation 1*.

$$t_{\text{tillgänglig}} > t_{\text{utrymning}} \quad \text{Ekvation 1}$$

Tiden som är tillgänglig motsvarar den tid det tar för kritiska förhållanden att uppstå. Kritiska förhållanden innefattar faktorerna värmestrålning, temperatur, brandgaslagrets höjd samt toxiska ämnen i brandgaserna.

Frantzich, 2001, menar tiden det tar att utrymma börjar räknas när branden startar och är slut när samtliga personerna i byggnaden är på en säker plats, det vill säga personerna har tagit sig till en annan brandcell som skulle kunna vara våningen under. Utrymningstiden är svår att uppskatta och beror till exempel på den position som personen befinner sig på. En metod är att dela upp tiden för utrymning i de tre delarna varseblivningstid, förberedelse och förflyttningstid, se *Ekvation 2*.

$$t_{\text{utrymning}} = t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{förberedelse}} + t_{\text{förflyttning}} \quad \text{Ekvation 2}$$

Inte heller dessa tidsangivelser är lätta att uppskatta men då förflyttningstiden är beroende av människors förflyttningsförmåga, som är relativt väldokumenterad, är den enklast att ta fram. Varseblivningstiden och förberedelse tiden beror på personens förmåga att upptäcka att det har uppkommit en brand samt identifiera detta som ett så pass allvarligt hot att personen vill avlägsna sig från platsen.

Den tidsmarginal som finns tillgänglig vid en utrymning definieras som den tid som finns tillgänglig minus tiden det tar att utrymma lokalen, se *Ekvation 3* nedan³. Om tidsmarginalen vid en utrymningsituation blir negativ innebär det att samtliga personer som befinner sig i lokalerna inte kommer hinna att utrymma innan kritiska förhållanden uppstår.

$$Tidsmarginal = t_{\text{tillgänglig}} - t_{\text{utrymning}} \quad \text{Ekvation 3}$$

³Håkan Frantzich, Lunds Tekniska Högskola, Avdelning för Brandteknik, föreläsning i kurs VBR054, 2013-01-21.

4.2 Förberedelsetid

Med förberedelsetid menas den tid som det tar efter det att larmet har gått till det att själva utrymningen påbörjas. Denna tid kan skilja kraftigt mellan olika verksamheter och miljöer. Detta innebär att förberedelsetider för andra verksamheter inte kan appliceras direkt på detta objekt. Inga lämpliga jämförbara värden finns tillhanda för scenarier som liknar de som undersöks i denna rapport. Därför kommer kvalitativa resonemang att utgöra grunden för de tänkbara tider som antas samt fördelningarna av dessa tider⁴.

Då förberedelsetiden utgör den tid som förflyter mellan larm och utrymning innebär det specifikt på lasarettets avdelningar den tid som personalen behöver för att: reagera på givet larm, söka rätt på eventuell brand samt varna och informera resterande avdelning då branden är lokaliserad. Först efter att dessa moment har genomförts kan utrymningen inledas. Det är skrivet i lasarettets rutiner för utrymning att dessa moment ska genomföras innan utrymningen påbörjas.

Tiden det tar för denna förberedelsefas kan variera stort. I detta fall, på sjukhusavdelningarna, måste branden lokaliseras manuellt då detektorerna inte är adresserbara. Hur lång tid detta moment tar beror på hur många rum som måste genomsökas innan branden upptäcks. Då personalen inte bara kan utrymma för sin egen del, vilket de förmodligen hade gjort i en vardaglig situation, kommer det med största sannolikhet att krävas en viss betänketid hur de ska gå tillväga och agera. Större delen av förberedelsetiden uppskattas vara den tid det tar att lokalisera branden vilket därmed blir den avgörande faktorn för bedömningen av den förberedelsetiden som används i detta arbete.

Respektive scenario kommer att behandlas genom kvalitativa resonemang angående de olika påverkande faktorer som finns. Detta för att komma fram till en rimlig men ändå något konservativ tidsfördelning som sedan kommer att användas vidare för att ta fram tidsmarginalen för utrymning av avdelning innan kritiska förhållanden uppstår.

4.3 Kritiska förhållanden

Vid en utrymningssituation är det människors hälsa som är i fokus och det finns ett behov att definiera när en utrymning inte längre är genomförbar. Intressant är tiden det tar till att kritiska förhållandena uppstår vilken sedan jämförs med den tid det tar att utrymma lokalen. Om den totala utrymningstiden överstiger tiden till kritiska förhållanden anses inte byggnaden ha tillfredställande utrymningsmöjligheter. Parametrar som används för att bestämma tiden är temperatur, strålning, brandgaslagrets höjd, sikt samt toxicitet. Nedan beskrivs parametrarna mer ingående tillsammans med de nivåer som anses vara acceptabla enligt de riktlinjer som används i Sverige (BFS 2012:13).

⁴Daniel Nilsson, Lunds Tekniska Högskola, Avdelning för Brandteknik, föreläsning i kurs VBR054, 2013-01-29.

4.3.1 Temperatur

Personer som utrymmer en lokal får maximalt utsättas för en temperatur på 80 °C.

4.3.2 Strålning

Vid utrymning får varje människa maximalt utsättas för en maximal strålningsenergi på 60 kJ/m² vid en infallande strålningen över 1 kW/m². Den infallande strålningen definieras som alla brandkällor inklusive brandgaslagret. Alternativt går det att använda en maximal infallande strålning på 2,5 kW/m² som kritisk gräns.

4.3.3 Brandgaslagrets höjd

Personer som utrymmer ska inte påverkas av brandgaslagret för att förhållanden för utrymning ska anses vara acceptabelt. Brandgaslagret kommer vid en viss höjd påverka sikten och andningsluftens toxicitet vilket är parametrar som skall beaktas. Som en fingervisning kan brandgaslagrets höjd beräknas enligt *Ekvation 4* nedan där H är rummets takhöjd i meter.

$$\text{Kritisk höjd} = 1,6 + 0,1 * H$$

Ekvation 4

En patient som släpas ut längs golvet kommer sannolikt enbart tillbringa väldigt korta stunder i den höjd av lokalen där brandgasen nått denna nivå. Kriteriet anses ändå vara tillämpligt vid utrymning av sjukhuset då det förekommer patienter som inte är sängliggande samt att personalen som utrymmer patienterna är tvungen att utsätta sig för den påverkade miljön vid upprepade tillfällen.

4.3.4 Sikt

Då brandgaslagret sjunker under den rekommenderade höjden och är tillräckligt tjock kommer inte utrymning anses acceptabel till följd av nedsatt sikt. Sikten genom brandgaslagret får inte understiga fem meter i ett rum och i en utrymningsväg ska sikten inte understiga tio meter.

4.3.5 Toxicitet

Vid utrymning får personer inte utsättas för en viss dos av farliga ämnen eller en för låg syrehalt. De farliga ämnena finns främst i brandgaserna och är på så sätt en del av brandgaslagret. Som en förenkling anses det tillräckligt att enbart ta hänsyn till kolmonoxid (CO), koldioxid (CO₂) samt syrgas (O₂), de kritiska koncentrationerna anges i *Tabell 4.1* nedan. Det finns fler farliga ämnen i brandgaslagret som inte kommer nämnas i detta avsnitt men som också kan finnas i toxiska halter.

Tabell 4.1 Kritiska koncentrationer för toxiska och icke toxiska ämnen i och kring brandgaserna (Bengtsson et al, 2005).

Ämne	Kritisk koncentration
CO	> 2000 ppm
CO ₂	> 5 %
O ₂	< 15 %

4.4 Dimensionerande brandscenarier

Analysen som görs i denna rapport grundar sig på en kvantitativ funktionsbaserad metod med ett deterministiskt urval av brandorsak och startutrymme. Den kvantitativa metoden går ut på att gå igenom statistik, erfarenheter, empiriska data samt resultat från simuleringar. I en byggnad finns det oändligt många möjliga brandscenarier. För att förenkla arbetet representerar varje brandscenario i analysen ett antal möjliga brandscenarier i byggnaden som har likartade konsekvenser och karaktär. Osäkerheterna som uppstår under arbetets gång hanteras olika beroende på metod. I en artikel av Paté-Cornell, 1996, beskrivs olika nivåer av osäkerhet beroende på hur indata till analysen väljs.

Vid en deterministisk analys väljs scenarier utifrån det värsta troliga scenariet. Detta görs genom att uppskatta en trolig övre gräns för konsekvenserna. Att ge indata ett punktvärde motsvarar nivå 2 i Paté-Cornells artikel. I det probabilistiska tillvägagångssättet hanteras osäkerheten genom att ge scenariernas indata fördelningar med avseende på sannolikheten att de skall inträffa istället för att använda en punktskattning. Detta tillvägagångssätt motsvarar nivå 4 i Paté-Cornells artikel (Staffansson, 2010). I detta arbete hanteras osäker på nivå 2 och 4.

Ett valt brandscenario beskrivs oftast i termer av effektutveckling, (heat release rate, HRR) i kW och brandbelastning i kg/m². Då HRR anses vara en av de faktorerna som har störst påverkan på brandförloppet är det viktigt att en rimlig uppskattning av denna parameter görs (Staffansson, 2010).

I normalfallet approximeras brandens effektutveckling enligt formen $\dot{Q} = \alpha t^2$. Här beskriver α -värdet hur snabb tillväxt branden kommer att ha. I litteratur som Karlsson & Quintiere, 2000, finns exempel på olika α -värden beroende på det material som agerar bränsle. \dot{Q} motsvarar brandens effekt och t står för tiden i sekunder. I vissa fall när den maximala effekten för en brand skall bestämmas kan det krävas att hänsyn tas till syretillgång, bränslemängd samt eventuell aktivering av sprinkler (Staffansson, 2010).

TVÅ vanliga metoder inom den kvantitativa metoden är probabilistisk och deterministisk analys. Probabilistisk grundar sig på sannolikhet och deterministisk utgår ifrån logiska resonemang (Staffansson, 2010).

4.5 ERM

För att få en uppfattning om hur lång tid det tar att utrymma avdelningen används programmet ERM. Här beskrivs principen som programmet bygger på samt de begränsningar som det har.

Escape and Rescue Model, ERM, är ett simuleringsprogram framtaget för utrymning av vårdanläggningar som tar hänsyn till patienternas hjälpbehov (Alvord, 1985). Detta gör simuleringsprogrammet unikt vid uppskattning av utrymningstid och förflyttningstid i exempelvis vårdanläggningar. Andra utrymningsprogram som till exempel SIMULEX bygger på att alla människor kan ta sig ut själva med varierande hastigheter. Detta påverkar giltigheten när det gäller vårdanläggningar då det kan finnas patienter som är sängliggande och därmed behöver hjälp av en eller flera ur personalen vid en utrymning. Även den faktorn att personal kommer tillbaka in i anläggningen för att hjälpa nästa patient är något som andra simuleringsprogram inte tar hänsyn till.

ERM beaktar patientens individuella behov av hjälp, prioriteringsordning, reaktionstider för både personal och patienter samt gångtider mellan patienter och säkra utrymningsplatser. I programmet finns det 15 patienttyper att välja bland, allt från en patient som kan ta sig ut helt på egen hand till en patient med stort hjälpbehov som behöver stöd av två ur personalen under hela utrymningen. Programmets begränsningar är att det inte tar hänsyn till så kallade flaskhalsar, alltså till exempel dörrar där endast en eller ett par personer kan sig genom åt gången, samt utrymningsvägarnas storlek och kapacitet. Exempelvis om köbildning uppstår i en trappa vid utrymning skulle ERM simulera fram en tid oberoende av omständigheten. ERM tar inte heller hänsyn till hur människor som blir påverkade av brand och rök under utrymningen. Simuleringsprogrammet har en maxkapacitet av 15 vårdare och 75 patienter med olika nivåer av hjälpbehov (Alvord, 1985).

Geometrin i ERM byggs upp med noder som binds ihop med varandra. En patient eller vårdare kan endast befinna sig på dessa utsatta noder. Mellan noderna räknas människornas transporttid efter hur snabbt de rör sig och på noderna beaktas deras förberedelsetid. Geometrin i ERM medför en förutbestämdtransportvägför de som skall utrymma vilken kan liknas med vattenflödet genom ett rör från en nod till en annan i byggnaden (Alvord, 1985).

4.6 CFAST

För att bestämma tiden till kritiska förhållanden används i denna analys simuleringsprogrammet CFAST. I detta avsnitt beskrivs programmets teori samt de begränsningar och speciella kriterier som måste uppfyllas för att programmet skall kunna användas.

För att genomföra enklare simuleringar av bränder kan CFAST, Consolidated Fire Growth and Smoke Transport Model, användas. Programmet ger en uppskattning av exempelvis temperaturer, brandgashöjd och tryckskillnader. Simuleringarna bygger på en tvåzonsmodell, vilket innebär att det antas uppstå två lager i rummet med homogena egenskaper inom vardera zon. Med andra ord kommer tillexempel temperaturen att vara samma i hela övre brandgaslagret och det undre lagret antar omgivningstemperaturen (NIST, 2009).

Tvåzonsmodeller är även det som antas vid tillexempel handberäkningar. Ska en mer avancerad metod tillämpas behövs ett simuleringsprogram som är CFD-baserat, exempelvis FDS, användas. Ett CFD program delar upp geometrin i ett tredimensionellt rutnät där alla kuber har homogena egenskaper. Kubernas storlek är direkt kopplade till resultatets noggrannhet vilket medför att simuleringsmetoden är mycket tidskrävande med dagens datorer (Karlsson & Quintiere, 2000).

Brandens effekt är begränsande för tvåzonsmodeller då en stor brand i ett litet utrymme inte medför att två lager bildas och motsvarande sker med en liten brand i ett stort utrymme. Problematiskt med brandgasspridning i en korridor är att bildandet av två zoner blir fördröjt då det kommer att ta tid för gaserna att transporteras längs hela utrymmet samt att gaserna kyls. Om programmet då antar två zoner kommer detta ge en missvisande uppfattning av brandgaslagrets höjd och temperatur (Karlsson & Quintiere, 2000).

I CFAST skapar användaren först en geometri vilken måste vara relativt förenklad mot verkligheten. Programmet hanterar bara rätblock vilket kan komma att bli en begränsning vid avancerade geometrier. Användaren av CFAST definierar således en brand samt ytmaterial för väggar, tak och golv. Begränsningarna för en tvåzonsmodell gör att långa korridorer samt atrier inte är giltiga vid simulering utan att särskild hänsyn tas. Programmet har en korridorsfunktion vilken tar hänsyn till hur brandgaserna sprids vilket är något som ökar giltigheten för användning i dessa utrymmen. Vid simuleringen av lasarettets avdelning måste denna funktion användas då det är en lång korridor genom hela våningsplanet. Geometrin i CFAST måste uppfylla vissa kriterier för att accepteras. Dessa ses i *Tabell 4.2*, där X är rummets längd, Y är rummets bredd och H motsvarar rumshöjden (NIST, 2009).

Även den brand som simuleras måste ha tillräckligt stor effektutveckling, kW, relation till rummets dimensioner. Dessa kriterier redovisas som \dot{Q} i *Tabell 4.2* där kriterierna i de lika kolumnerna gäller oberoende av varandra (ISO, 1995).

Tabell 4.2 Villkor för förhållanden mellan dimensioner samt brandens storlek som används vid uppbyggnad av simuleringar i CFAST, de olika kolumnerna gäller oberoende av varandra.

Acceptans kriterium	Korridorfunktion	Effektkriterier
$X/Y < 3$	$X/Y > 5$	$\dot{Q} \geq 5 * (X * H) * \sqrt{H}$
$X/H < 3$		
$Y/H > 0,4$		

4.7 DETACT-T2

I denna rapport kommer DETACT-T2 att användas för att beräkna tiden till rökdetektoraktivering, också kallad varseblivningstid. Detta görs genom antagandet att vid en omgivande temperaturökning på 13° C antas en tillräckligt stor mängd rök produceras av en flambrand för att en rökdetektor ska aktivera (Nilsson & Holmstedt, 2008).

DETECT-T2 är ett program kodat och utgivet av den amerikanska statliga organisationen NIST. Det används för att beräkna aktiveringstider för termoelement och kan användas till att förutse tiden till att ett sprinklerhuvud utlöses ovan en brandkälla specificerad av att den växer i förhållande till tiden i kvadrat (NIST, 2013).

DETECT-T2 bygger på antagandet att det termiska elementet befinner sig i ett relativt stort utrymme och att det enbart är brandens avgivna värme som rör sig upp till och längs med taket. Det förutsätter att inga ackumulerade gaser i taket bidrar till uppvärmningen av termoelementet (NIST, 2013).

4.8 @RISK

I denna rapport kommer @RISK att användas för att visa och ta hänsyn till att det inte bara finns ett enda tänkbart brandscenario för det undersökta objektet. Utan det finns ett helt spektra av olika tänkbara brandscenarier som kan uppstå, alla med sin specifika konsekvens.

Programmet @RISK är framtaget av Palisade Corporation och är ett tilläggsprogram till Microsoft Office Excel. @RISK utför riskanalyser genom bland annat Monte Carlo-simuleringar för att visa olika möjliga utfall för användning av fördelningar. Det visar också hur sannolikt det är att just det utfallet sker. Programmet kan även användas för att beräkna fortplantning av osäkerheter och kvantifiera deras påverkan på resultatet genom så kallad känslighetsanalys (Palisade Corporation, 2013).

För samtliga försök utförda med hjälp av programmet @RISK i denna rapport har Monte Carlo-simuleringar om 1000 iterationer gjorts. Det innebär att slumpmässiga värden antas utifrån de sannolikhetsfördelningar som används i beräkningarna. I denna rapport har triangulära fördelningar uteslutande använts. Det har gjorts för att lägga störst vikt vid de värden som har högst sannolikhet men ändå ta med de övriga troliga värdena. De mindre troliga har då givits en viktad lägre sannolikhetsfördelning (Palisade Corporation, 2013).

4.9 Bränsle- eller ventilationskontrollerad brand

Avsnittet beskriver kort teorin bakom en bränsle- respektive ventilationskontrollerad brand.

Hur en brand kan utvecklas beror i stora drag på vilken tillgång till bränsle och syre som finns.

En bränslekontrollerad brand är oberoende av mängden syre som tillförs då tillväxten är begränsad av tillgången på bränsle. Som till exempel ett vanligt värmeljus där lågan redan omsluter hela veken och oavsett om mer syre tillförs i form av lite cirkulation kommer det inte resultera i en större effektutveckling. Detta fenomen sker därför nästan uteslutande då en isolerad brand befinner sig i en stor volym som ett ljus i ett rum eller en brasa utomhus.

Då en brand är ventilationskontrollerad är det egentligen motsatsen till en bränslekontrollerad brand. Oavsett om det finns mer bränsle i brandens närhet att sprida sig till kan inte en större effektutveckling ske då det inte finns mer syre att tillgå. Detta fenomen sker därför nästan uteslutande i mindre utrymmen där tillgången på syre relativt snabbt förbrukas (Karlsson & Quintiere, 2000).

5 Riskidentifiering

I denna rapport definieras risk som att en plötslig och oväntad brand uppstår och händelsen medför konsekvensen att avdelningen måste utrymmas.

För att välja ut de scenarierna som ska utredas vidare kombineras statistik ifrån Myn-digheten för samhällsskydd och beredskaps, MSB, databas IDA (MSB, 2013) samt en kvalitativ bedömning av konsekvensen för att skapa en så kallad riskmatris. Ur matri-sen väljs representativa scenarier ut på ett deterministiskt sätt. Deterministiskt innebär att ett värsta troligt scenario väljs kvalitativt för att inkludera så många andra tänkbara scenarier som möjligt.

5.1 Grovanalys

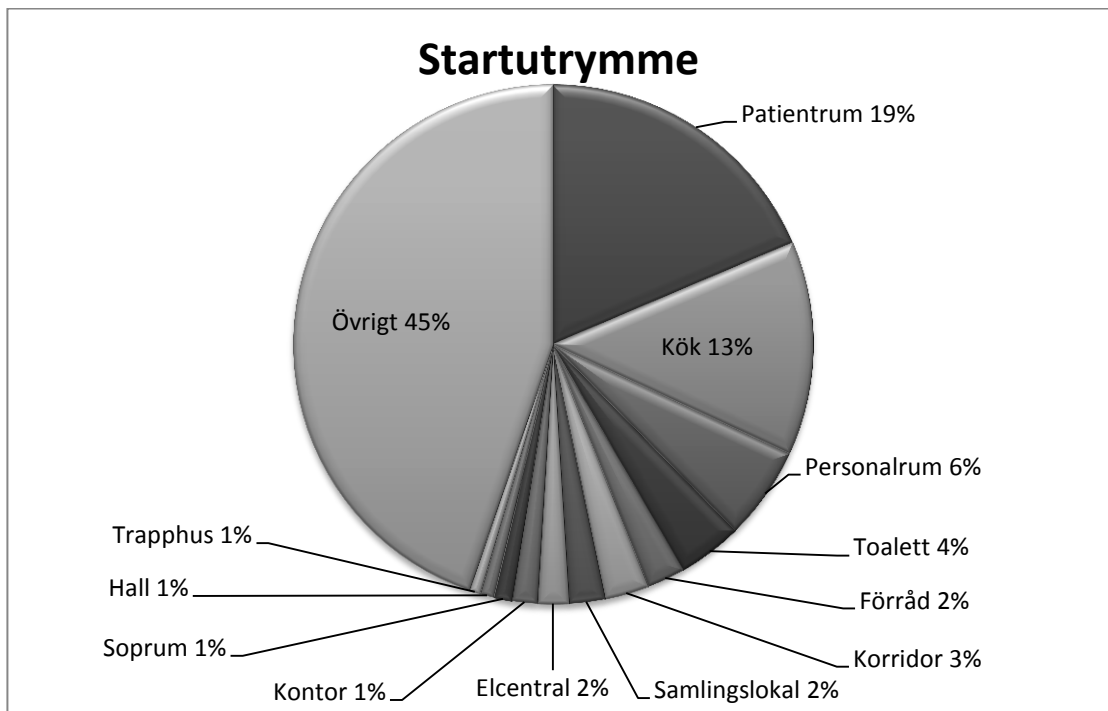
Nedan följer en redovisning av hur statistik och konsekvens tas fram i en grovanalys av de scenarierna som kan uppstå på avdelningarna.

5.1.1 Statistik

För att avgöra sannolikheten att något brandscenario skulle inträffa används statistik från MSB. Statistiken avser de insatser som Sveriges räddningstjänsts genomfört mel-lan åren 1998-2011. Under *Fördjupad statistik* valdes *Bränder i byggnader*, där endas bränder på sjukhus inkluderades.

De startutrymmena som är likartade samlas under en rubrik till exempel *Förråd* och *Förråd/Klädkammare* samlades under rubriken *Förråd*. Detta görs som en förenkling eftersom förråden är likartat placerade och har ungefär samma brandbelastning. De startutrymmen som överens stämmer med de utrymmen som framkommer i grovana-lysens början, det vill säga de som är av störst intresse för detta arbete behålls. De övriga samlas under rubriken *Övrigt*.

I *Figur 5.1* nedan redovisas de utrymmen där bränder i sjukhusmiljö startar. De ut-rymmen som drabbas oftast är *patientrum*, *kök* samt *personalrum*.



Figur 5.1 Sannolikhet i procent för uppkomst av brand i olika startutrymmen på sjukhus (MSB, 2013).

För att kunna använda statistiken i en riskmatris omvandlas procenten från *Figur 5.1* till en siffra enligt *Tabell 5.1*. Värderingen av den sannolikhetspoäng som en specifik procentandel ger har tagits fram genom att länka flera till olika grupper. De flesta sannolikheter ligger i området mellan 0-15 procent. Detta intervall har därför delats upp i fyra olika grupper, och allt över 15 procent anses som extremvärden och grupperas som en enskild grupp.

Tabell 5.1 Omvandlingstabell för procentandel till sannolikhetspoäng

Procentandel [%]	Sannolikhet (1-5)
0-2	1
3-5	2
6-10	3
11-15	4
>15	5

5.1.2 Konsekvens

Bedömningen av konsekvensen görs på ett kvalitativt sätt. Ett scenario erhåller konsekvenspoäng beroende på om de konsekvenskriterier som beskrivs nedan uppfylls, varje kriterium ger en poäng. Alla utvalda scenarier startar med ett poäng i grunden detta för att en brand kommer att medföra någon form av konsekvens. Maximalt fem poäng kan ges ett scenario.

De valda konsekvenskriterierna är:

- Hög brandbelastning i förhållande till rummets storlek samt jämförelse med övriga utrymmen på avdelningen.
- Försvårande av utrymning genom exempelvis en snabb blockering av en utrymningsväg eller att brandrök avskärmar korridoren. En avskärmning medför att utrymningen från ett specifikt rum begränsas till en av utrymningsvägarna.
- Snabb brandgas- och/eller flamspridning inom brandcellen eller genom en dörröppning.
- Övriga omständigheter som skulle kunna försvåra en utrymning som exempelvis mer än två sängliggande personer i brandrummet.

5.2 Scenariobeskrivning (Rangordning av scenarierna)

Nedan beskrivs de utvalda scenarier som ska representera de olika troliga brandscenarier som kan förekomma på avdelningen.

5.2.1 Förrådsbrand i mitten av korridoren

Förråden bedöms ha en hög brandbelastning eftersom rummet är litet i förhållande till mängden brännbart material som förvaras där (1p). I förråden förvaras sänglinne, kläder, vuxenblöjor, papper och andra brännbara produkter som används vid rengöring. Förutom lampor i taket som antas kunna medföra en viss risk för antändning vid elfel bedöms få antändningskällor finnas i förråden. Vid platsbesöket stod ett stort antal av förrådets dörrar öppna vilket kan ge en snabb brandgasspridning (1p) i korridoren vid brand. Övriga omständigheter som kan spela in i detta scenario är att förråden har en icke brandklassad glasruta på dörren. En brand i ett förråd skulle därför kunna leda till att rutan går sönder och brandgaser sprids trots att dörren är stängd (1p). Sannolikheten kan i *Figur 5.1* utläsas till 2 procent för förråd vilket ger en poäng enligt *Tabell 5.1*.

Konsekvens: 4p

Sannolikhet: 1 p

5.2.2 Brand i materialförråd

Materialförrådet ligger i slutet av korridoren på avdelning 4 och är mycket större än förråden i föregående scenario. Förrådet bedöms ha en stor andel brännbart material i förhållande till rumsstorleken och anses därför ha en hög brandbelastning (1p). Det förvaras allt från kartonger, plastprodukter, skumgummiföremål till madrasser i förrådet. Samma antändningskällor som för scenario 1 gäller även i detta scenario. Till skillnad från scenario 1 stod detta förråd stängt på avdelningarna som besöktes och

därför antas ingen snabb brandgasspridning ske ut i korridoren. Dörren till förrådet är en dörr utan brandklass som även saknar fönsterruta. Ingen övrig poäng erhålls därför för detta scenario. Sannolikheten för brand i förråd är 2 procent, enligt *Figur 5.1*, vilket ger detta scenario en sannolikhetspoäng.

Konsekvens: 2 p

Sannolikhet: 1 p

5.2.3 Brand i kök

Köket är beläget bredvid det beskrivna materialförrådet i scenario 2, längst ner i korridoren. Möjliga antändningskällor som finns i köket är en diskmaskin, kaffebryggare, mikrovågsugn och en spis med tillhörande ugn. Utrustningen anses kunna utgöra en antändningskälla till följd av elfel eller den mänskliga faktorn. Köket avskiljs med en skjutdörr och rummet är i stort sett omöblerat. Då skjutdörren inte bedöms vara lika tät som de andra dörrarna på avdelningen i kombination med att den normalt verkar stå på glänt möjliggörs en snabb brandgasspridning till korridoren vid uppkomst av brand (1p). Alla skåp i köket består av trä vilket gör att brandbelastningen anses vara relativt hög (1p). Enligt *Figur 5.1* står brand i kök för 13 procent av räddningstjänstens insatser till sjukhus vilket ger detta scenario fyra sannolikhetspoäng, enligt *Tabell 5.1*.

Konsekvens: 3p

Sannolikhet: 4 p

5.2.4 Brand i allrum

Allrummet ligger i korridorens ände och är i förhållande till andra rum på avdelningen det största. Dörren till utrymmet stod öppen på samtliga avdelningar under platsbesöket. En öppen dörr kan leda till en snabb brandgasspridning ut i korridoren om inte dörren stängs vid ett tidigt skede (1p). Inredningen i rummet består av en stoppad soffa med tillhörande soffbord och två stora träbord med tillhörande stoppade stolar. Det finns även ett vitrinskåp och en serveringsdisk, båda i trämaterial. Inredningen medför att rummet bedöms ha en hög brandbelastning (1p). Möjliga källor som kan orsaka brand är fel i tv, mikrovågsugn, lampor eller fel i den matuppvärmningsmaskin som är trefasansluten och placerad i rummet. Sannolikheten att en brand ska uppkomma i allrummet utläses i *Figur 5.1* som samlingslokal till 2 procent och ger då scenariot en sannolikhetspoäng. Samlingslokal i statistiken antas motsvara de utrymmen på sjukhus där patienter har möjlighet att umgås.

Konsekvens: 3 p

Sannolikhet: 1 p

5.2.5 Brand i personalrum

Personalrummet är kombinerat kök och personalutrymme med mikrovågsugnar, kaffebruggare samt kyl och frys. I rummet finns skåp av trä, som i scenario 3, samt en stoppad soffa, två bord och flera stolar. Rummets yta i förhållande till andelen brännbart material medför att rummet anses ha hög brandbelastning (1p). Dörren till personalrummet står ibland öppen vilket medför risk för snabb brandgasspridning till korridoren (1p). Vid kategorisering av sannolikhet tas hänsyn till att kök och personalrum återfinns i samma utrymme vilket medför en addering av sannolikheterna för respektive startutrymmen, (se Figur 5.1). Efter addering erhåller brand i personalrum fem sannolikhetspoäng.

Konsekvens: 3p

Sannolikhet: 5p

5.2.6 Brand i tvåpatientsrum

I ett rum med två patienter står det två sängar i metall med tillhörande madrasser och sängkläder i brännbart material. Utöver sängarna finns en stor stoppad fåtölj och eventuellt en stol i trä. Materialet i rummet antas utgöra en hög brandbelastning (1p). Under platsbesöket stod i stort sett samtliga dörrar till patientrummen öppna vilket möjliggör en snabb brandgasspridning till korridoren (1p). Om en brand uppkommer i rummen när en patient befinner sig där medför det att personalen förmodligen inte kommer stänga dörren vilket stärker antagandet gällande öppna dörrar. Att sängliggande patienter kan finnas i rummet utgör en försvårande omständighet gällande utrymning (1p). Möjliga antändningskällor är samma som har beskrivits i föregående scenarier exempelvis fel i elektroniska komponenter såsom lampor och medicinsk utrustning. Sannolikheten för brand i detta rum ger en femma på poängskalan och beskrivs i *Figur 5.1* som patientrum.

Konsekvens: 4 p

Sannolikhet: 5 p

5.2.7 Brand i fyrapatientsrum

I jämförelse av rumsstorlek med scenario 6 är fyrapatientsrummet dubbelt så stort men innehåller samtidigt den dubbla mängden brännbart material vilket ger en hög brandbelastning (1p). Samma problematik gällande brandgasspridning och sängliggande patienter som beskrivs i scenario 6 är tillämpbara i detta scenario vilket också ger 2p gällande konsekvens. En övrig komplikation i detta scenario är att det kan vistas mer än två sängliggande patienter i rummet vilket innebär en betydligt svårare utrymning tillskillnad från scenario 6. Detta medför att konsekvensen för en brand bedöms vara allvarligare i ett fyrapatientsrum (1p). Antändningskällor och sannolikhetsbedömning är samma som är beskrivna för scenario 6, (se patientrum 5.2.6).

Konsekvens: 5 p

Sannolikhet: 5 p

5.2.8 Brand i soprum

Soprummet är placerat i mitten av korridoren och har en relativt låg brandbelastning eftersom sopor slängs i sopnedkast som går genom ett brandklassat schakt. Dörren till schaktet är således också brandklassad. De små mängder wellpapp och säckar som kan finnas i rummet bedöms utgöra en låg brandbelastning. Då dörren till detta utrymme stod öppet under platsbesöket antas en snabb brandgasspridning kunna ske (1p). I rummet finns ett par maskiner t.ex. en som genererar värme då den desinficerar föremål. Eventuellt elfel eller disfunktion av maskinerna skulle kunna utgöra en antändningskälla i soprummet. Soprummet erhåller en sannolikhetspoäng i enlighet med *Figur 5.1*.

Konsekvens: 2p

Sannolikhet: 1p

5.2.9 Brand på toalett i patientrum

På toaletten i patientrummet finns en begränsad mängd brännbart material. En papperskorg skulle kunna antända men det antas vara så låg brandbelastning att ingen brandspridning väntas ske till patientrummet. Eftersom dörren under platsbesöket stod öppen till toaletten antas en snabb brandgasspridning till patientrum och korridor kunna ske (1p). Toalettens placering kan komplicera en utrymning då patientrummets utrymningsväg riskerar att blockeras (1p). Det enda som skulle kunna utgöra en antändningskälla på toaletten, förutom anlagd brand, är elfel i lampor. Sannolikheten för att det ska börja brinna på toaletten får två poäng, enligt *Figur 5.1*.

Konsekvens: 3p

Sannolikhet: 2p

5.2.10 Brand i kontorsrum

Kontoret finns i ena änden av korridoren, mittemot avdelningens huvudingång. Rummet är relativt stort i relation till den brandbelastning som finns vilket medför antagandet att ingen större brandutveckling kan ske. Eftersom dörren till rummet kan stå öppen antas, i likhet med många av de andra scenarier, att en relativt snabb brandgasspridning till korridoren kan äga rum (1p). Möjliga antändningskällor är dator, lampor och annan elektronisk utrustning. Kontoret erhåller enligt *Figur 5.1* och *Tabell 5.1* en sannolikhetspoäng.

Konsekvens: 2 p

Sannolikhet: 1 p

5.2.11 Brand i trapphus

Sannolikheten och konsekvensen för en brand som uppkommer i ett trapphus antas vara oberoende av vilket av de två trapphusen som berörs och därför slås de ihop till ett gemensamt scenario (Brand i trapphus). Alla avdelningar, förutom avdelning 4, kan utrymmas horisontellt i huset via hisshallen som är en egen brandcell avskild från trapphuset. Det innebär att en brand i det lilla trapphuset får konsekvensen att en utrymningsväg blir helt utslagen medan samma händelse i det stora trapphuset medför en mindre påverkan på utrymningsmöjligheterna. Det som skiljer avdelning 4 från de andra avdelningarna är att denna går inte utrymma horisontellt, vilket leder till att en brand i trapphus alltid helt blockerar en utrymningsväg (1p). En brand i ett av trapphusen kan medföra en snabb brandgasspridning inom brandcellen (1p). Brand i trapphus erhåller en sannolikhetspoäng, (se Figur 5.1 och Tabell 5.1).

Konsekvens: 3p

Sannolikhet: 1 p

5.2.12 Brand i korridor

Detta scenario inbegriper en brand någonstans i korridoren. Korridoren utgör väg till utrymningsväg för samtliga rum på avdelningen vilket gör den känslig för brand och andra hinder. En brand i korridoren kommer direkt att försvåra utrymningen då branden antingen blockerar en utrymningsväg eller delar upp korridoren (1p). Brand- och brandgasspridningen blir mycket kritisk i detta scenario då den direkt kommer påverka korridoren (1p). En övrig omständighet som råder vid detta scenario är att dörrarna till rummen kan stå öppna. Detta medför att brandgasspridning kan ske till övriga rum mycket snabbare än i tidigare beskrivna scenarier, därför erhålls ett extra poäng (1p). Sannolikheten för brand i korridor är två poäng enligt *Figur 5.1*.

Konsekvens: 4 p

Sannolikhet: 2 p

5.2.13 Brand i reception

Receptionen som beskrivs är i direkt anslutning till korridoren, rummet saknar alltså dörr, och är beläget mitt på avdelningen. Elektriska komponenter såsom datorer och lampor återfinns på flera ställen i receptionen, vilka kan utgöra antändningskällor. I anslutning till kontoret finns även två mindre rum med dörrar mellan. Oavsett om de två rummen inkluderas i detta scenario eller inte så bedöms andelen brännbart material i receptionsdelen ge en hög brandbelastningen (1p). Att receptionen står i direkt anslutning till korridoren medför att en mycket snabb brandgasspridning i korridorerna kan ske, så som scenario 12 (1p). Med samma motivering gällande de öppna dörrarna som fördes i scenario 12 erhåller detta scenario en extra konsekvenspoäng (1p). Risken för kraftig brandgasspridningen i korridoren medför antagandet att detta scenario även kommer försvåra utrymningen (1p). Ytterligare ett antagande som stärker antagandet att en utrymning försvåras i detta scenario är att en eventuell brandgasplym kan dela av korridoren och därmed begränsa utrymningsmöjligheterna. Sannolikheten för brand i reception ger två poäng, efter en addering av risken från både kontor och

korridor i *Figur 5.1*. Detta görs då det inte finns någon avgränsning mellan reception och korridor samt att en del av receptionen (trädysken) står ut direkt i korridoren. Därför anses risken för brand i receptionen större än enbart den risk som utgörs för ett vanligt kontor.

Konsekvens: 5p
Sannolikhet: 2 p

5.2.14 Brand i hisshall

Hissrummet som måste passeras vid utrymning kommer vid brand att helt slå ut den ena utrymningsvägen och utrymning är endast möjlig via det andra trapphuset (1p). Brandbelastningen som råder är i detta rum mycket liten och brandgasspridning till andra brandceller som trappan, eller korridoren på avdelningen anses inte möjlig så länge brandcellsavgränsning är intakt. Eventuellt brännbart material i hisshallen är en stol eller säng som tillfälligt står där. Sannolikheten för att brand i hisshall är en poäng enligt omvandlingstabellen, *Tabell 5.1* och *Figur 5.1*, genom att addera frekvenserna för trapphus och hall (2 %).

Konsekvens: 2p
Sannolikhet: 1 p

5.3 Riskmatris

5			5	6	7
4			3		
3					
2			9	12	13
1		2, 8, 10, 14	4, 11	1	
	1	2	3	4	5

Konsekvens

Figur 5.2 Riskmatris med alla scenarier.

I Figur 5.2 framgår det att de scenarier som utmärker sig i den sammanvägda risken är 3, 5, 6, 7, 12 samt 13. Scenarierna 6 och 7 är båda *brand i patientrum* där scenario 7 är en brand i ett fyrapatientrum och scenario 6 är i ett tvåpatientrum. Då scenarierna är väldigt lika varandra men scenario 7 har en högre konsekvens väljs detta scenario som representativt även för scenario 6 och analyseras vidare.

De tre scenarierna 3 (brand i kök), 5 (brand i personalutrymme) och 13 (brand i reception) är placerade i matrisens högriskzon och samtliga saknar närvaro av patienter. Under förutsättning att dörrarna till personalrum och kök står öppna kommer de olika scenarierna få liknande konsekvenser gällande utrymning av avdelningen. Då scenario 13 antas ge allvarligast konsekvens i kombination med att det anses vara representativt för de andra två scenarierna väljs detta för vidare analys.

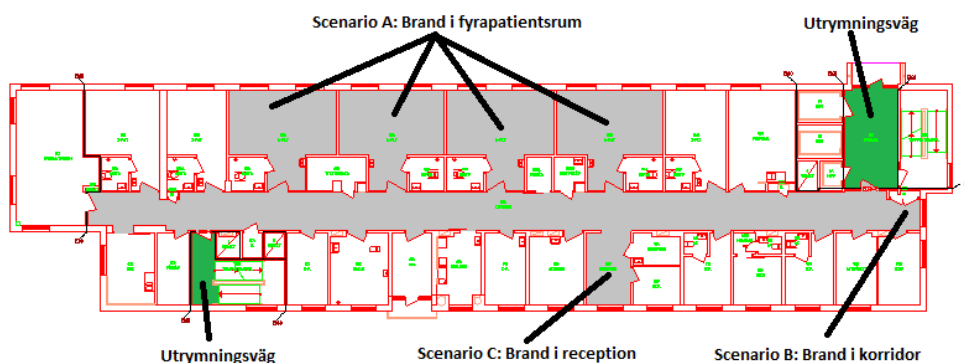
Scenario 12, *brand i korridor*, undersöks trots att det har både lägre sannolikhet och konsekvens enligt riskmatrisen än vad de scenarierna med störst risk har. Beslutet motiveras med att scenariot inte kan liknas med något annat scenario då de lokaliseras i olika rum på avdelningen. Korridoren förbinder samtliga rum med varandra och med utrymningsvägarna, alltså utgör den vägen till utrymningsväg. Detta gör korridoren extra känslig för incidenter då den påverkar hela avdelningens möjlighet att utrymma och därför analyseras scenariot.

Ovan resonemang har givit att tre scenarier analyseras, scenario 7, 12 och 13. Hädanefter kommer scenarierna att benämnas som:

- Scenario A. Brand i fyrapatientrum.
- Scenario B. Brand i korridor.
- Scenario C. Brand i reception.

5.4 Representativa scenarier

Nedan redovisas de valda brandscenarierna mer ingående. Samtliga brandscenarier kommer att granskas med hänsyn till förhållanden som motsvarar dag, kväll samt natt.



Figur 5.3 Bild av vårdavdelningen med placering av de brandscenarier som analyseras vidare samt utrymningsvägarna.

5.4.1 Scenario A. Brand i fyrapatientrum

Rummen är cirka 35 m² och det finns fyra stycken på avdelningen (se Figur 5.3). Varje rum har fyra platser för sjukhussängar som är utrustade med så kallade evac-madrasser. På rummen finns även två till tre stoppade träfåtöljer samt ett nattduksbord av trä med lådor av plast vid varje sängplats, alltså totalt fyra små bord. Patientsängarna kan avskärmas med draperier som hänger ifrån en skena i taket. Toalett finns i anslutning till ingången av patientrummet som ett eget avskilt rum. Varje rum har två stora fönster på motstående vägg ifrån ingången. På rummet finns installationer för fast syrgas, elektronisk utrustning, handfat samt en rökdetektor. Vid platsbesöket iaktogs att dörrarna till samtliga patientrummen stod öppna.

Detta scenario representerar de problem och konsekvenser som kan medföras av en brand i ett rum med personer som kan behöva assistans vid en utrymning. Problemet är att en konflikt uppstår mellan att stänga in branden samtidigt som utrymning av patienter ska ske ur samma rum.

5.4.1.1 Brandscenario

En brand kan uppstå på många olika sätt, enligt databasen IDA (MSB, 2013) är de två vanligaste brandsakerna rökning och anlagd brand för denna typ av utrymme. Oavsett brandsak antas i detta scenario att en brand uppstår i en av fåtöjlerna och sprider sig vidare till rummets övriga möbler. I analysen antas dörren till patientrummet vara öppen då det iaktogs vid platsbesöket att alla patientrumsdörrar stod öppna på samtliga avdelningar.

5.4.2 Scenario B. Brand i korridor

Korridorens dimensioner är cirka 55 meter lång, 2,4 meter bred och 2,3 meter hög och den har två in-/utgångar, en i vardera änden. I korridorens kortända, närmst hisshallen, finns en stoppad tygsoffa och ett mindre träbord (se Figur 5.4). Längs med långsidan på motstående sida av ingångarna till patientrummen står diverse föremål placerade så som; stoppade stolar, små bord och rullatorer. Det förekommer också att tvätt- och städvagnar är placerade här under kortare perioder. Det finns tre rökdetektorer i korridoren placerade med ett avstånd på cirka 16 meter ifrån varandra.

Vid en utrymning utgör korridoren vägen till de båda utrymningsvägarna. Då det inte finns något annat sätt att ta sig till något av trapphusen innebär det att korridoren är en känslig parameter för att en utrymning ska kunna genomföras på ett säkert sätt. En brand i korridoren kan medföra i grova drag två olika allvarliga konsekvenser med avseende på utrymning. Den ena är att korridoren skärs av och omöjliggör en förflyttning längs med hela korridoren, den andra är att någon av de två nödutgångarna blockeras.

Detta scenario kommer endast att representera en brand blockerar en av utrymningsvägarna. Det andra scenariot, att korridoren skärs av, kommer att behandlas vidare i avsnitt 5.4.3 Scenario C. Brand i reception.



Figur 5.4 Soffa i korridor,
foto Johan Nilsson.

5.4.2.1 Brandscenario

Ett av de värst troliga scenarier som kan inträffa i korridoren är att utrymningsvägen via hisshallen blir blockerad och att avdelningen enbart har en resterande utrymningsväg i andra ändan av korridoren. Detta skulle kunna orsakas av att antingen soffan eller bordet närmst entrén antänds. Även andra föremåls tillfälliga placering (som till exempel en tvätt- eller städvagn) eller ett tekniskt fel på en av dörrarna skulle kunna leda till samma konsekvens, att en utrymningsväg blir blockerad och/eller obrukbar.

5.4.3 Scenario C. Brand i reception

Receptionen består av tre rum varav det ena är större och öppet ut mot korridoren. Det stora rummet har en golvyta på cirka 14 m² och är inrett med två arbetsplatser som är separerade med en perforerad skärm av trä, en spaljé (se Figur 5.5). Varje arbetsplats består av ett skrivbord och en kontorsstol. Skrivborden har var sin dator samt lådor och papperskorgar. Längs den ena väggen står det två små bokhyllor vilka innehåller pärmar med papper samt lösliggande pappersark. På samma sida som bokhyllorna finns det två dörröppningar. Den som är längst in leder in till ett litet kontor med en golvarea på cirka 8 m² och är inrett med två arbetsplatser som är likartade med de i det stora rummet. Det tredje rummet har en golvarea på cirka 6 m² och ser ut som ett litet kök innehållandehurtsar med lådor som har en överliggande bänkskiva samt överskåp. Detta rum är avskärmat med en dörr som är försedd med två glasrutor, en på vardera halva av dörren.



Figur 5.5 Möblering av reception, foto Johan Nilsson.

5.4.3.1 Brandscenario

Branden antas starta i det rum som är öppet mot korridoren. Detta scenario ger troligtvis snabbast spridning av brandgaser och flammor ut i korridoren eftersom det inte finns någon avskiljning mellan utrymmet och korridoren. Branden antas starta i den inre delen av kontoret då denna är mest avskild och här kan en brand lättare utvecklas utan att någon märker den.

6 Analys av Scenario A: Brand i fyrpatientrum.

I detta avsnitt analyseras det scenariot som avser en brand i ett fyrpatientrum. I *Figur 6.1* nedan är fyrpatientrummen markerade i grått. Tiden till kritiska förhållanden, detektion samt utrymning erhålls genom simuleringar och resultaten jämförs med varandra genom att beräkna tidsmarginalen.



Figur 6.1 Avdelningens fyrpatientrum markerade i grått.

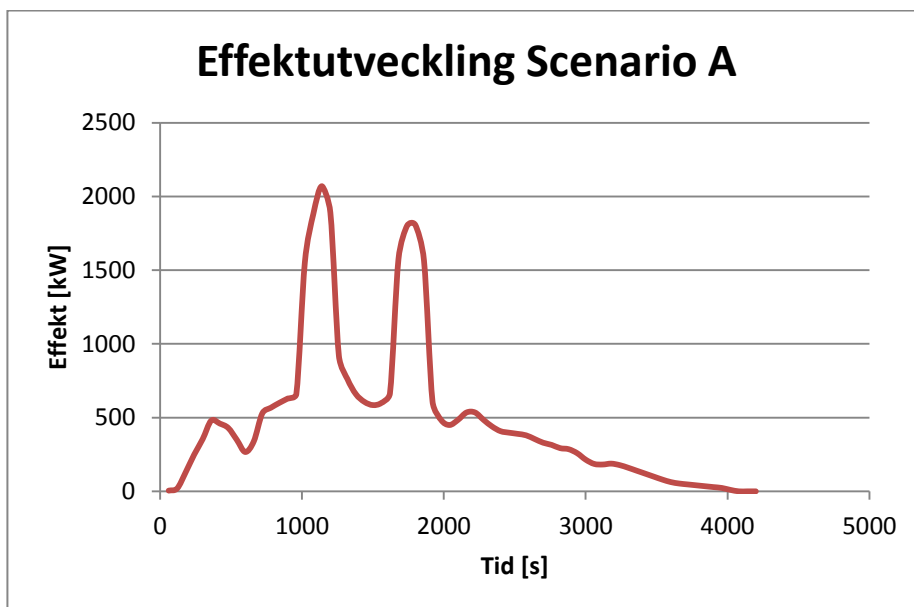
Resultaten (se avsnitt 6.3 Tidsmarginal) tillsammans med dess känslighetsanalys visar att de parametrar som har störst påverkan på tidsmarginalen är tiden för utrymning och tiden till kritiska förhållanden. Därför fokuserar analysen på att förbättra dessa och bortser vidare från tiden för detektion av en brand och förberedelse tiden för personalen.

6.1 Tid till kritiska förhållanden samt detektion

Nedan redovisas resultaten från simuleringarna som har givit tid till kritiska förhållanden samt detektionstid. Dessa simuleringar bygger på den antagna effektutvecklingen för det aktuella scenariot (se *Figur 6.2*) samt effektkurvor där tillväxthastigheten antas vara större och lägre vilket ger en känslighetsanalys av resultaten.

6.1.1 Effektutveckling

I *Figur 6.2* visas den effektkurva som skapats för att överensstämja med branden som har skapats till Scenario A. De delar som bygger upp brandförloppet redovisas utförligt i *Bilaga B*.



Figur 6.2 Effektutvecklingskurva för den brand som antas uppkomma i Scenario A.

6.1.2 Simulering CFAST och Detact-T2

Resultat från simuleringar redovisas i *Tabell 6.1* och *Tabell 6.2*, nedan. Den lägsta samt den snabbaste tillväxthastigheten redovisas i kombination med den som har anpassats till effektutvecklingen i det specifika scenariot, det mellersta värdet.

I *Tabell 6.1* redovisas tid till kritiska förhållanden i det patientrum där det brinner samt tiden till detektion av branden. En öppen dörr till patientrummet medför att brandgasspridning till korridoren kan ske. I *Tabell 6.2* redovisas tiden till kritiska förhållanden i korridoren när patientrummets dörr står öppen. De kritiska förhållandena avser brandgaslagrets höjd och temperatur och förhållandena antas vara homogena i hela korridoren då en tvåzonsmodell används. Den angivna tiden avser den parameter som först uppstår, vilket i detta fall är kritisk höjd på brandgaslagret.

Tabell 6.1 Resultat från simuleringar med tre olika tillväxthastigheter för tid till kritiska förhållanden vid en brand i ett patientrum samt detektionstid. Det mellersta värdet avser originalkurvan.

α	Tid till kritiska förhållanden [s]	Brandgaslagrets höjd [m]	Brandgaslagrets temperatur[°C]	Detektions-tid [s]
0.001	90	1.9	28.03	227
0.002	90	1.83	30.65	172
0.19	40	1.75	95.86	35

Tabell 6.2 Resultat från simuleringar med tre olika tillväxthastigheter för tid till kritiska förhållanden i korridoren vid en brand i ett patientrum.

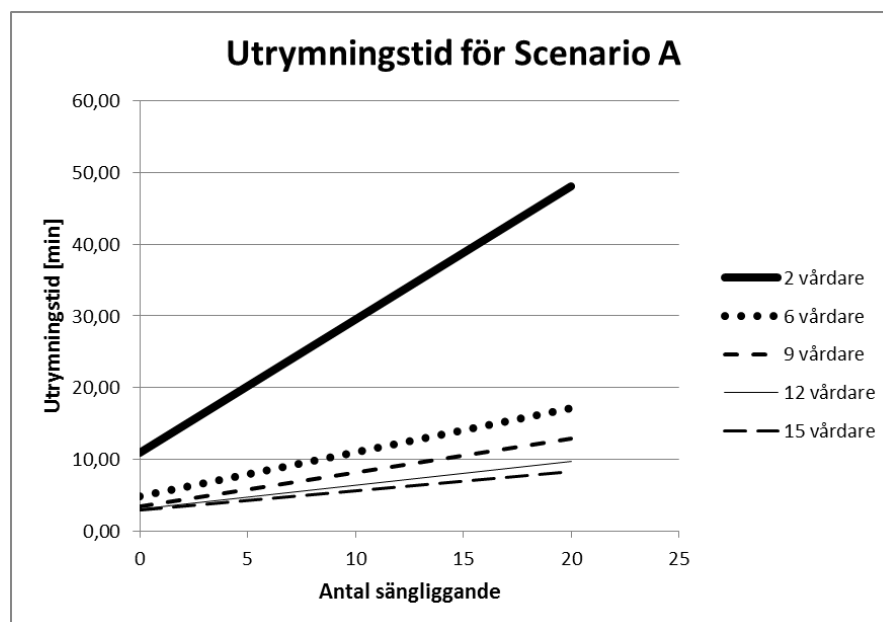
α [kW/s ²]	Tid till kritiska förhållanden [s]	Brandgaslagrets höjd [m]	Brandgaslagrets temperatur [°C]
0,001	250	1,78	26,26
0,002	220	1,78	28,96
0,19	80	1,71	82,09

6.2 Utrymningstid

I detta avsnitt redovisas resultaten från simuleringarna i programmet ERM som givit tiden till utrymning.

6.2.1 Resultat från ERM

Resultatet av utrymningssimuleringarna presenteras nedan i grafer vilka bygger på de ekvationer som används vid beräkning av tidsmarginalen (se Bilaga G). För exakt redovisning av framtagandet av de grafer som presenteras nedan i *Figur 6.2* se *E.3 Resultat för Scenario A*. Graferna motsvarar ett medelvärde mellan utrymningstid och antal sängliggande vid ett givet personalantal. Vad resultatet visar mer konkret är att beroende på personalantal och antal sängliggande så kan utrymningstiden i Scenario A variera mellan 3-50 minuter.



Figur 6.3 Simulerad utrymningstid som funktion av antal sängliggande patienter vid ett givet personalantal i Scenario A.

6.2.2 Förberedelsetid

Förberedelsetiden bygger på kvalitativa bedömningar från den information given vid platsbesöket.

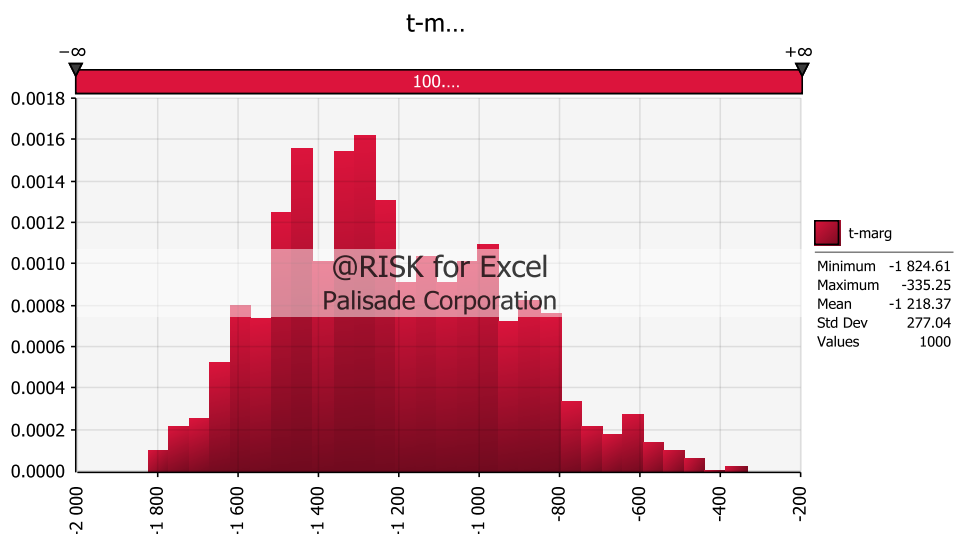
I Scenario A, *Brand i fyrapatientsrum*, kommer samtliga rum att behöva genomsökas på avdelningen vid händelse av larm för att lokalisera branden. Detta tillsammans med den tid det tar för personalen att reagera på larmet samt att minnas hur utrymning av sjukhusavdelning ska utföras uppskattas till en minsta tid av 30 sekunder och en längsta tid av 300 sekunder.

6.3 Tidsmarginal

I detta avsnitt redovisas den tidsmarginal som tagits fram med programmet @RISK och de data som givits av simuleringar gällande tid till detektion, kritiska förhållanden samt utrymningstid.

6.3.1 Analys

I *Figur 6.4* nedan redovisas tidsmarginalen för Scenario A. Resultatet visar att i samtliga fall erhålls negativa värden på tidsmarginalen. Ett negativt värde innebär att patienter och personal kommer att utsättas för kritiska förhållanden i enlighet med vad som har definierats tidigare i rapporten.



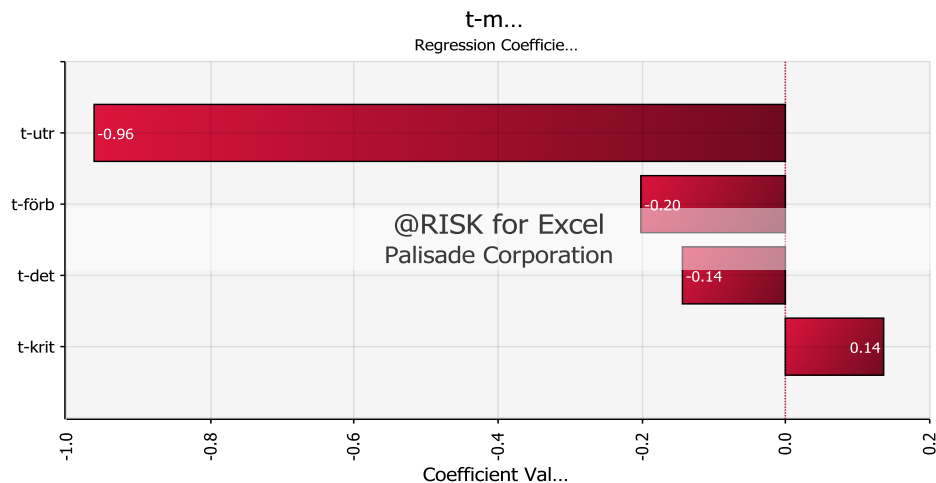
Figur 6.4 Fördelning av tidsmarginalen mellan en total utrymning av granskad sjukhusavdelning och tiden till kritiska förhållanden.

Ovan i figuren kan det utläsas att tidsmarginalens medelvärde är drygt -1200 sekunder, det vill säga ungefär 20 minuter längre än den tid som finns tillgänglig. De staplar som är i diagrammets yttre delar anger extremvärden som har relativt låg sannolikhet, dock noteras att den snabbaste utrymningen drar över med cirka 335 sekunder, alltså ungefär fem och en halv minut.

6.3.2 Känslighet

Figur 6.5 beskriver hur stor betydelse de olika ingående tidsangivelserna har för storleken på tidsmarginalen. På y-axeln anges de ingående parametrarna i ekvationen för tidsmarginalen. Den viktigaste komponenten visar sig vara tiden för utrymning. Detta visar att det är den parametern som ger störst utslag på tiden för marginalen, vilket är rimligt då det är tidskrävande process att utrymma en sjukhus avdelning och det finns många påverkande faktorer och följaktligen också osäkerheter innefattade i denna parameter.

Informationen från Figur 6.5 används för att konstatera att inga större resurser bör användas för åtgärdsförslag med avsikt att påverka och förbättra detektionstiden eller förberedelsetiden för personalen vid en brand. Detta då dessa två faktorer inte visar på någon större påverkan på tidsmarginalen för en säker utrymning. Resurser bör således fokuseras kring åtgärder för att förkorta tiden för utrymning och/eller förlänga tiden till kritiska förhållanden.



Figur 6.5 Känslighetsanalys av de fyra undersökta parametrarna för beräkning av tidsmarginalen för en total utrymning av den undersökta sjukhusavdelningen innan kritiska förhållanden uppstår.

7 Analys av Scenario B: Brand i korridor.

I detta avsnitt analyseras det scenariot som avser en brand i korridor. I *Figur 7.1* nedan markerar den svarta cirkeln soffans placering. Tiden till kritiska förhållanden, detektion samt utrymning erhålls genom simuleringar och resultaten jämförs med varandra genom att beräkna tidsmarginalen.



Figur 7.1 Markering av soffans placering i korridoren.

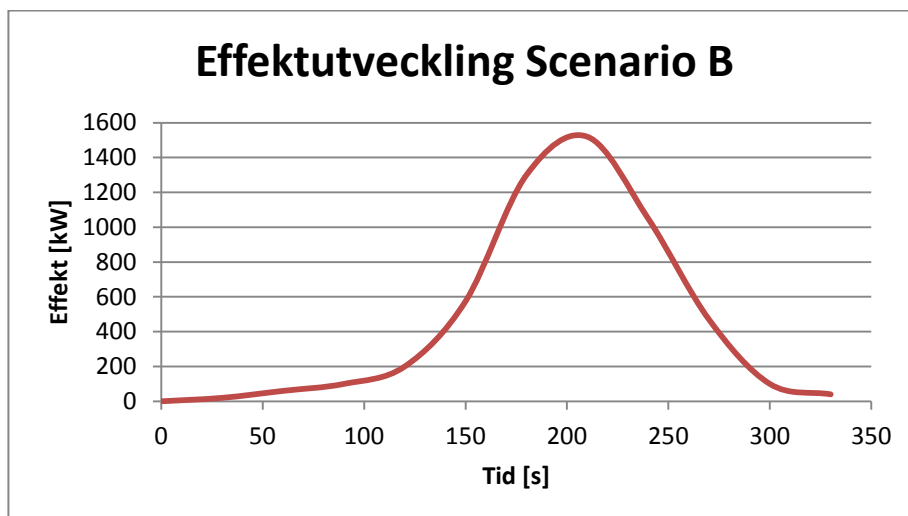
Resultaten tillsammans med dess känslighetsanalys (se avsnitt 7.3 Tidsmarginal) visar att samma parametrar som i *Scenario A* har störst påverkan på tidsmarginalen, alltså tiden för utrymning och tiden till kritiska förhållanden. Därför fokuserar analysen på att förbättra dessa och bortser vidare från tiden för detektion av en brand och förberedsetiden för personalen.

7.1 Tid till kritiska förhållanden och detektionstid

I detta avsnitt redovisas resultaten från simuleringarna som givit tid till kritiska förhållanden samt detektionstid. Dessa simuleringar bygger på den antagna effektutvecklingen för det aktuella scenariot (se *Figur 7.2*) samt effektkurvor där tillväxthastigheten antas vara större och lägre.

7.1.1 Effektutveckling

I *Figur 7.2* visar den effektkurva som skapats för att överensstämna med branden som har skapats till Scenario B. De delar som bygger upp brandförloppet redovisas utförligt i *Bilaga B*.



Figur 7.2 Effektutvecklingskurva för Scenario B.

7.1.2 Simulering CFAST och Detact-T2

Resultat från simuleringar redovisas i *Tabell 7.1* nedan. Den lägsta samt den snabbaste tillväxthastigheten redovisas i kombination med den som har anpassats till effektutvecklingen i det specifika scenariot. Det värde som motsvarar originalkurvan är det mellersta. Den angivna tiden avser den parameter som först uppnås. I detta scenario är det en kritisk höjd på brandgaslagret för den lägsta tillväxthastigheten och i de övriga avses brandgaslagrets temperatur.

Tabell 7.1 Resultat från simuleringar med tre olika tillväxthastigheter. Det mellersta värdet avser originalkurvan.

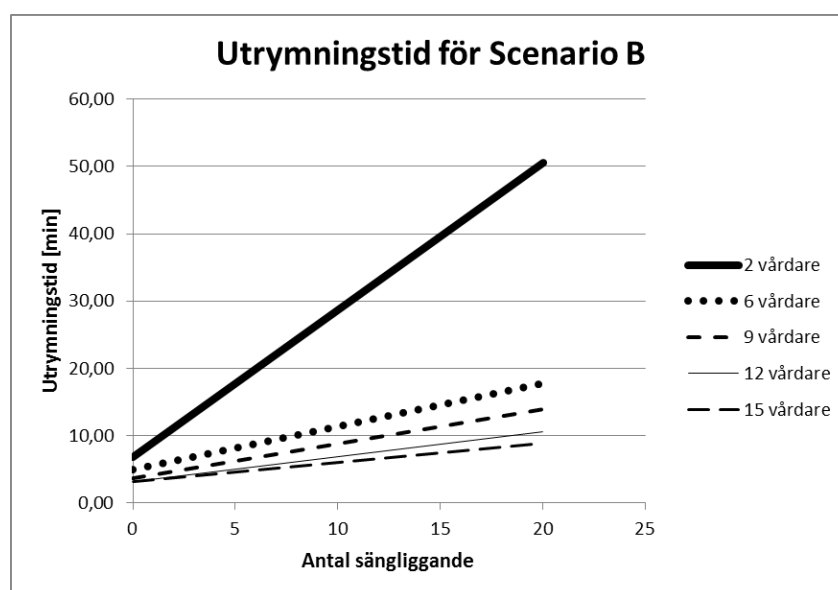
α [kW/s ²]	Tid till kritiska förhållanden [s]	Brandgaslagrets höjd [m]	Brandgaslagrets temperatur [°C]	Detektionstid [s]
0,003	450	1,79	131,94	241
0,035	170	1,89	239,41	98
0,19	80	1,83	249,72	58

7.2 Utrymningstid

I detta avsnitt redovisas resultaten från simuleringarna i programmet ERM som givit utrymningstiden.

7.2.1 Resultat från ERM

Resultatet av utrymningssimuleringarna presenteras nedan i grafer vilka bygger på de ekvationer som används vid beräkning av tidsmarginalen (se Bilaga G). För exakt redovisning av framtagandet av de grafer som presenteras nedan i *Figur 7.3* se *E.4 Resultat för Scenario B*. Graferna motsvarar ett medelvärde mellan utrymningstid och antal sängliggande vid ett givet personalantal. Vad resultatet visar mer konkret är att beroende på personalantal och antal sängliggande så kan utrymningstiden variera mellan allt från 4 till 50 minuter.



Figur 7.3 Simulerad utrymningstid som funktion av antal sängliggande patienter vid ett givet personalantal i Scenario B.

7.2.2 Förberedelsestid

Förberedelsestiden bygger på kvalitativa bedömningar från den information given vid platsbesöket.

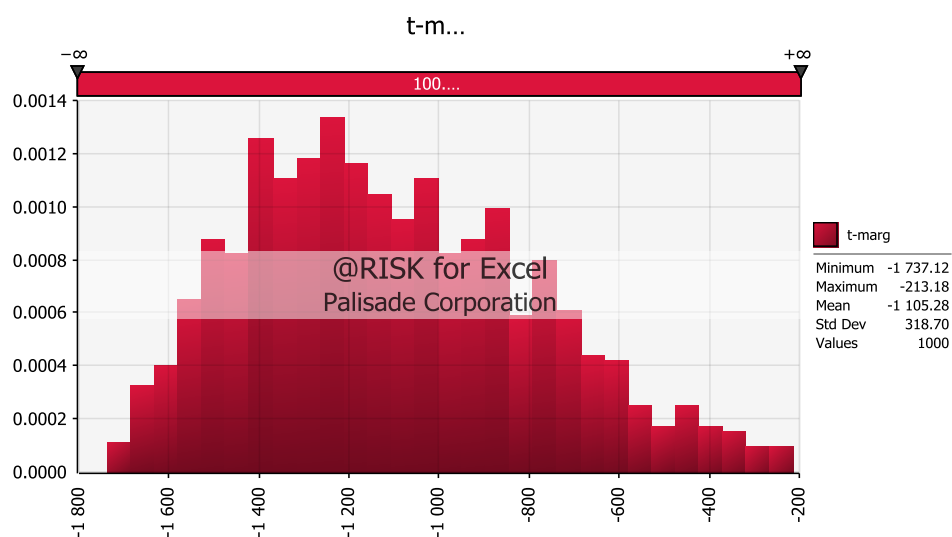
Vid Scenario B, *Brand i korridor*, kommer branden snabbt att lokaliseras på grund av dess placering. Detta tillsammans med den tid det tar för reaktion av larm samt för att minnas hur utrymning av sjukhusavdelning ska utföras uppskattas till en minsta tid till 30 sekunder och en längsta tid av 90 sekunder.

7.3 Tidsmarginal

I detta avsnitt redovisas den tidsmarginal som tagits fram med programmet @RISK och de data som givits av simuleringar gällande tid till detektion, kritiska förhållanden samt utrymningstid.

7.3.1 Analys

Figur 7.4 nedan visar tidsmarginalen för Scenario B. Resultatet visar att i samtliga fall erhålls negativa värden på tidsmarginalen. Ett negativt värde innebär att patienter och personal kommer att utsättas för kritiska förhållanden i enlighet med vad som har definierats tidigare i rapporten



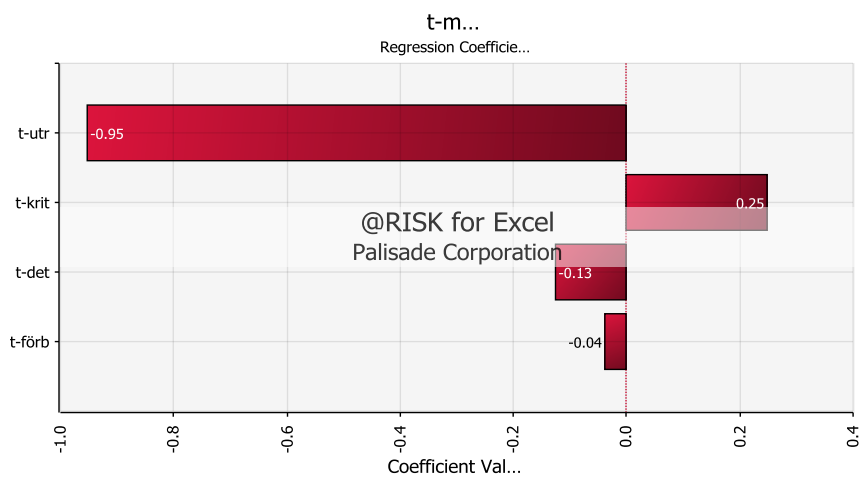
Figur 7.4 Fördelning av tidsmarginalen mellan en total utrymning av granskad sjukhusavdelning och tiden till kritiska förhållanden.

Ovan kan utläsas att tidsmarginalens medelvärde är drygt -1100 sekunder, det vill säga ungefär 18 minuter längre än den tid som finns tillgänglig. De yttre värdena i diagrammet anger extremvärden som har relativt låg sannolikhet, dock noteras att den snabbaste utrymningen drar över med cirka 200 sekunder, alltså ungefär tre minuter.

7.3.2 Känslighet

Figur 7.5 beskriver hur stor betydelse de olika ingående parametrarna har för storleken på tidsmarginalen. Den viktigaste komponenten visar sig vara tiden för utrymning. Detta är logiskt då en utrymning av en sjukhusavdelning är tidskrävande och det också är en av de mest komplexa parametrarna.

Diagrammet ger en tydlig indikation att resurser inte bör användas för åtgärdsförslag med avsikt att påverka och förbättra detektionstiden eller förberedelsetiden för personalen vid en brand. Detta då dessa två faktorer inte visar på någon större påverkan på tidsmarginalen för en säker utrymning. Resurser bör således fokuseras kring åtgärder för att förkorta tiden för utrymning och/eller förlänga tiden till kritiska förhållanden.



Figur 7.5 Känslighetsanalys av de fyra undersökta parametrarna för beräkning av tidsmarginalen för en total utrymning av den undersökta sjukhusavdelningen innan kritiska förhållanden uppstår.

8 Analys av Scenario C: Brand i reception.

I detta avsnitt analyseras det scenariot som avser en brand i receptionen. I *Figur 8.1* nedan är receptionen markerad i grått. Tiden till kritiska förhållanden, detektion samt utrymning erhålls genom simuleringar och resultaten jämförs med varandra genom att beräkna tidsmarginalen



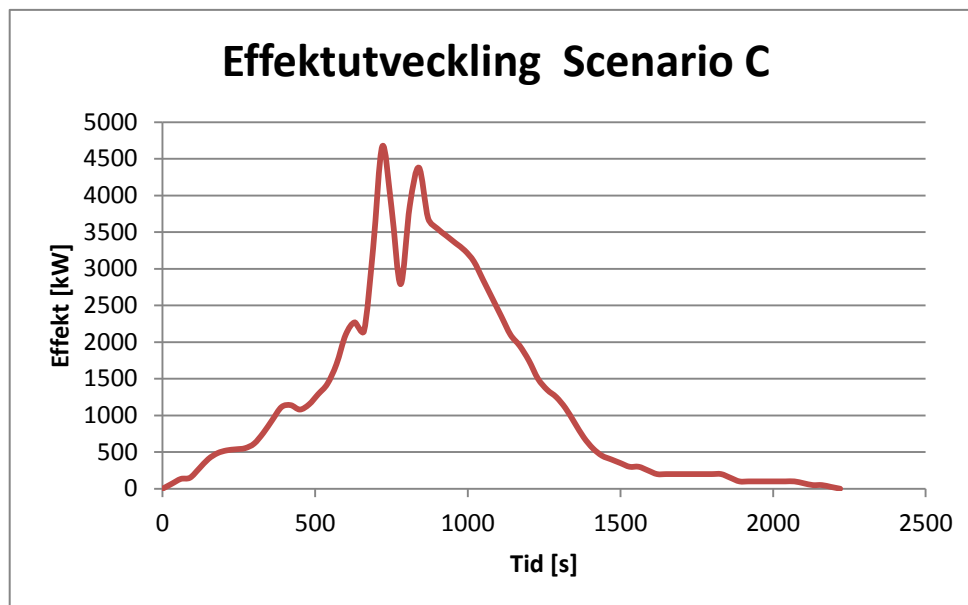
Figur 8.1 visar var receptionen (gråmarkerad) är placerad på avdelningen.

Resultaten tillsammans med dess känslighetsanalys (se avsnitt 8.3 Tidsmarginal) visar att samma parametrar som i *Scenario A* och *B* har störst påverkan på tidsmarginalen, alltså tiden för utrymning och tiden till kritiska förhållanden. Därför fokuserar analysen på att förbättra dessa och bortser vidare från tiden för detektion av en brand och förberedelsetiden för personalen.

8.1 Tid till kritiska förhållanden och detektionstid

Nedan redovisas resultaten från simuleringarna som givit tid till kritiska förhållanden samt detektionstid. Dessa simuleringar bygger på den antagna effektutvecklingen för det aktuella scenariot (se *Figur 8.2*) samt effektkurvor där tillväxthastigheten antas vara större och lägre.

8.1.1 Effektutveckling



Figur 8.2 Effektutvecklingskurva Scenario C.

8.1.2 Simulering CFAST och Detact-T2

Resultat från simuleringar redovisas i *Tabell 8.1* nedan. Den lägsta samt den snabbaste tillväxthastigheten redovisas i kombination med den som har anpassats till effektutvecklingen i det specifika scenariot. Det är det mellersta värdet som motsvarar originalkurvan. Eftersom receptionen är öppen mot korridoren kommer en brandgasspridning kunna ske. I *Tabell 8.2* redovisas tiden till kritiska förhållanden i korridoren när en brand uppstår i receptionen. Detta är tiden till kritiska förhållanden i korridoren som används i beräkningen av tidsmarginalen. Den angivna tiden avser den parameter som först uppnås, i detta scenario är det en kritisk höjd på brandgaslagret.

Tabell 8.1 Resultat från simuleringar med tre olika tillväxthastigheter. Det mellersta värdet motsvarar orginalkurvan.

α [kW/s ²]	Tid till kritiska förhållanden [s]	Brandgaslagrets höjd [m]	Brandgaslagrets temperatur [°C]	Detektionstid [s]
0,003	50	1,78	31,31	122
0,0065	40	1,87	32,05	91
0,19	30	1,67	74,74	30

Tabell 8.2 Resultat från simuleringar med tre olika tillväxthastigheter för tid till kritiska förhållanden i korridoren vid en brand i receptionen.

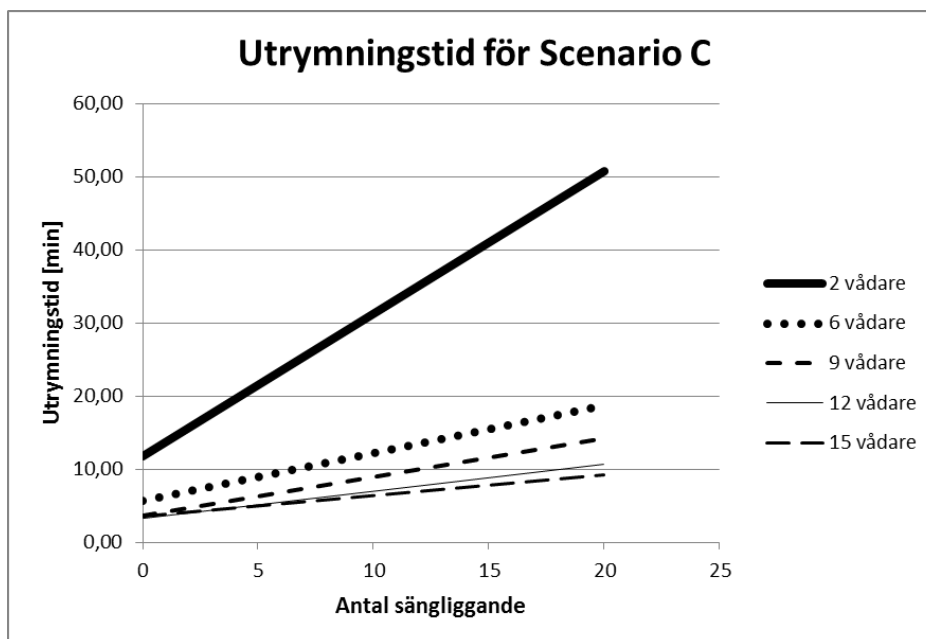
α [kW/s ²]	Tid [s]	Brandgaslagrets höjd [m]	Brandgaslagrets temperatur [°C]
0,003	170	1,77	35,52
0,0065	140	1,8	40,13
0,19	70	1,73	108,32

8.2 Utrymningstid

I detta avsnitt redovisas resultaten från simuleringarna i programmet REM som givit tid till utrymningstid.

8.2.1 Resultat från ERM

Resultatet av utrymningssimuleringarna presenteras nedan i grafer vilka bygger på de ekvationer som används vid beräkning av tidsmarginalen (se Bilaga G). För utförlig redovisning av framtagandet av de grafer som presenteras nedan i *Figur 8.3* se avsnitt *E.5 Resultat för Scenario C*. Graferna motsvarar ett medelvärde mellan utrymningstid och antal sängliggande vid ett givet personalantal. Vad resultatet visar mer konkret är att beroende på personalantal och antal sängliggande så kan utrymningstiden variera mellan allt från 4 till 50 minuter.



Figur 8.3 Simulerad utrymningstid som funktion av antal sängliggande patienter vid ett givet personalantal i Scenario C.

8.2.2 Förberedelsestid

Förberedelsestiden bygger på kvalitativa bedömningar från den information given vid platsbesöket.

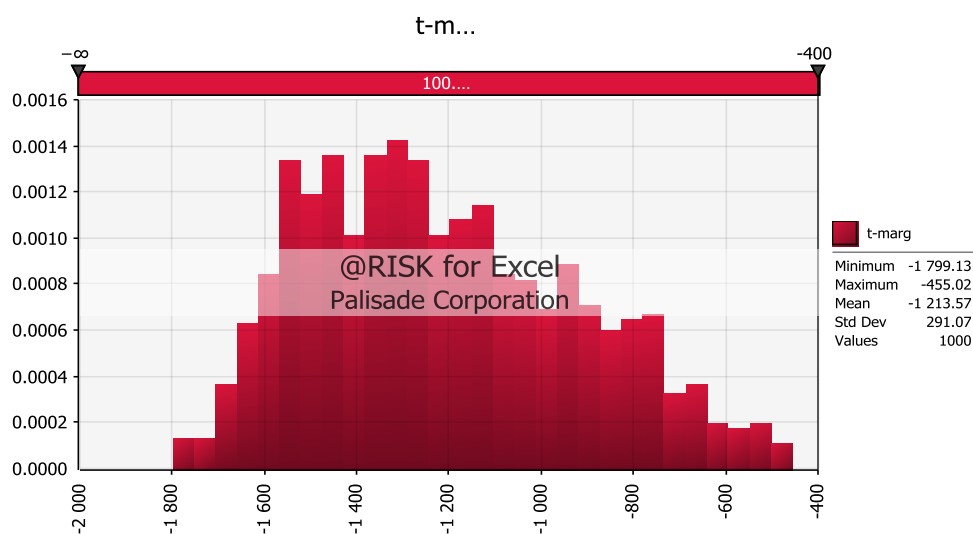
Vid Scenario C, *Brand i reception*, bör branden lokaliseras relativt snabbt på grund av receptionens öppna och centrala placering. Detta tillsammans med den tid det tar för reaktion av larm samt för att minnas hur utrymning av sjukhusavdelning ska utföras uppskattas till en minsta tid av 30 sekunder och en längsta tid av 120 sekunder.

8.3 Tidsmarginal

I detta avsnitt redovisas den tidsmarginal som tagits fram med programmet @RISK och de data som givits av simuleringar gällande tid till detektion, kritiska förhållanden samt utrymningstid

8.3.1 Analys

Figur 8.4 nedan visar tidsmarginalen för Scenario C. Resultatet visar att i samtliga fall erhålls negativa värden på tidsmarginalen. Ett negativt värde innebär att patienter och personal kommer att utsättas för kritiska förhållanden i enlighet med vad som har definierats tidigare i rapporten.



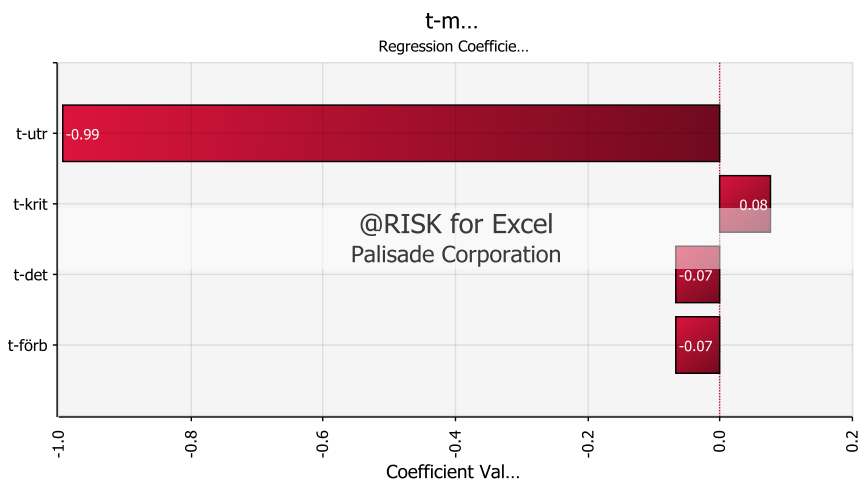
Figur 8.4 Fördelning av tidsmarginalen mellan en total utrymning av granskad sjukhusavdelning och tiden till kritiska förhållanden.

Ovan kan utläsas att tidsmarginalens medelvärde är drygt -1200 sekunder, det vill säga ungefär 20 minuter längre än den tid som finns tillgänglig. De yttre värdena i diagrammet anger extremvärden som har relativt låg sannolikhet, dock noteras att den snabbaste utrymningen drar över med cirka 455 sekunder, alltså ungefär sju och en halv minut.

8.3.2 Känslighet

Figur 8.5 beskriver hur stor betydelse de olika ingående tidsangivelserna har för storleken på tidsmarginalen. Den viktigaste komponenten visar sig vara tiden för utrymning

Med informationen från Figur 8.5 konstateras, likt för Scenario A och B, att inga resurser bör användas för vidare åtgärdsförslag med avsikt att påverka och förbättra detektionstiden eller förberedelsestiden för personalen vid en brand. Detta då dessa två faktorer inte visar på någon större påverkan på tidsmarginalen för en säker utrymning. Resurser bör således fokuseras kring åtgärder för att förkorta tiden för utrymning och/eller förlänga tiden till kritiska förhållanden.



Figur 8.5 Känslighetsanalys av de fyra undersökta parametrarna för beräkning av tidsmarginalen för en total utrymning av den undersökta sjukhusavdelningen innan kritiska förhållanden uppstår.

9 Åtgärdsförslag

I detta avsnitt redogörs för en sammanfattning av de resultat och slutsatser som framkommit i analysen av Scenario A-C. Vidare beskrivs ett antal åtgärdsförslag samt validering av dessa genom kvalitativa samt kvantitativa metoder. De kvalitativa metoderna fullföljs genom logiska resonemang och de kvantitativa genom simuleringar och @RISK.

9.1 Sammanfattning av analys

De slutsatser som har dragits i analyserna av scenarierna sammanfattas nedan, även de osäkerheter som finns gällande resultaten beskrivs.

Resultaten visar att i samtliga scenarier finns risk att personer utsätts för kritiska förhållanden om inga åtgärder genomförs.

Om brand uppkommer i reception eller patientrum kommer brandgasspridningen ge kritiska förhållanden även i korridoren och begränsa utrymningsmöjligheterna. Problemet existerar eftersom antagandet görs att dörröppningarna till dessa utrymmen står öppna.

En brand i patientrummet ger snabbt kritiska förhållanden i rummet vilket medför att risken är stor att de personer som befinner sig här inte kommer att hinna utrymma, speciellt om de är sängliggande.

9.2 Förslag på åtgärder

I detta avsnitt redovisas förslag på åtgärder för att förbättra möjligheterna att genomföra en tillfredställande utrymning på lasarettets avdelningar. I anslutning till förslaget görs en kvalitativ eller kvantitativt validering.

9.2.1 Sammanfattning av åtgärdsförslag

De åtgärder som anses vara lämpliga att implementera för att öka möjligheterna att hinna utrymma en avdelning i händelse av brand sammanfattas nedan. Åtgärderna delas upp på kategorierna *Ska* och *Bör* beroende på den effekt åtgärden förväntas få i relation till den uppskattade kostnaden. *Ska*-åtgärder är sådana som måste implementeras för att säkerställa skydds målet. Samtliga *Bör*-åtgärder skulle förbättra möjligheterna för en säker utrymning men är inget krav.

Ska:

- Automatiska dörrstängare på samtliga patientrum och reception
- Mekanisk brandgasventilation

Bör:

- Brandcellsgräns i mitten av korridoren
- Sprinklersystem
- Regelbundna brand- och utrymningsövningar där det säkerställs att samtlig i personalen har varit närvarande
- Placerafriskare patienter på avdelning 4
- Undvika att samla brännbart material i korridoren

9.2.2 Personal

Vikten att veta vad som skall göras vid en utrymning är extremt viktigt. Simuleringsprogrammet ERM, som används vid beräkning av utrymningstid, utgår från att all personal vet vad de ska göra i alla lägen. Då det kan finnas personal som inte varit med på utrymningsövningar skulle detta kunna medföra längre utrymningstider än vad som annars går att uppnå.

Ett förslag till åtgärd är att samtlig personal regelbundet får vara med på brand- och utrymningsövningar, samt att detta bokförs för att minimera bortfall.

Det här är dock inget som valideras kvantitativt utan bör endast ses som en kvalitativ åtgärd då det är viktigt att personal har kunskap om vad som krävs av dem vid ett brandtillbud. Om personal inte vet hur de ska agera kommer utrymningstiden att förlängas.

9.2.3 Undvika att samla brännbara material i korridoren

Eftersom korridoren är en kritisk punkt när det gäller en utrymning av avdelningen är det av största vikt att den går att nyttja vid en utrymning. Genom att vara restriktiv med vad som placeras i korridoren minskas risken för att en brand överhuvudtaget ska kunna uppstå. Det stora problemet med korridoren är att det här uppkommer kritiska förhållanden snabbt. Då problemen med Scenario A och C kan gå att lösa relativt enkelt med automatiska dörrstängare hade risken för brand i korridoren kunnat elimineras genom totalt flamskyddat eller inget brännbart material, som exempelvis städvagnar, i korridoren. Denna åtgärd går ej att uppfylla till 100 procent utan bör istället ses som ett ständigt eftersträvande och valideras således inte ytterligare.

9.2.4 Automatiska dörrstängare

Om dörrstängare som automatiskt aktiveras vid detektion av brand installeras på avdelningen minskas risken för att en brandgasspridning skall ske från ett brandrum till korridoren. I kombination med att dörrstängare installeras bör även dörrarnas täthet bedömas och det anses vara lämpligt att den skall vara avskiljande i minst 30 minuter. Om en sådan åtgärd införs och en tidig inneslutning av en brand i sitt startutrymme kan åstadkommas har man avsevärt ökat tiden för att hinna utrymma avdelningen un-

der bra förhållanden samt tiden för räddningstjänsten att göra en insats. Dörrstängare säkerställer att samtliga dörrar på avdelningen stängs till skillnad gentemot att personalen ska stänga dem. I den stressade situationen som uppstår finns det en risk att personalen missar att stänga en dörr.

Det ska inledningsvis påpekas att detektionstiderna för Scenario A och C inte kan stämma eftersom kritiska förhållanden uppstår innan detektorer aktiveras enligt simuleringarna. Detta medför att de detektionstider som finns presenterat för respektive scenario kommer medföra att kritiska förhållanden uppstår innan dörrstängarna aktiveras. Rimligtvis ska detektorer aktiveras innan kritiska förhållanden uppstår vilket också innebär att dörrstängarna aktiveras innan denna tidpunkt.

Om dörrstängare installeras ska de som utryms inte utsättas för kritiska förhållanden i korridoren till följd av situationer som representeras av Scenario A och C då åtgärden förhindrar brandgasspridning till korridoren. De patienter som eventuellt befinner sig i patientrummet (Scenario A) då det brinner har en mer problematisk situation. Beroende på när detektorn egentligen aktiveras, vilket rimligtvis bör vara innan kritiska förhållanden uppkommer, kan det finnas en tidsmarginal där personal skulle kunna hinna utrymma patienter ur rummet och sedan stänga dörren. En annan åtgärd som skulle kunna lösa problemet i Scenario A är en installation av sprinkler i dessa rum och därför kommer detta utredas närmare nedan.

En brand i korridoren, som i Scenario B, påverkar utrymningen via korridoren och dörrstängare ger ingen effekt på detta. Till detta scenario måste en annan lösning arbetas fram och kommer därför vara det som resterande åtgärdsförslag inriktar sig på.

Öppningen till receptionen ska ersättas med en dörr (som till patientrummen) för att åtgärden ska kunna fungera med dörrstängare. Härmed anses Scenario C vara löst med lösningen automatiska dörrstängare och kommer visare inte tas upp i kommande åtgärdsförslag. Dörrstängare löser den påverkan som Scenario A ger på korridoren men inte de förhållanden som uppkommer i patientrummet och därför kontrolleras åtgärden sprinkler nedan.

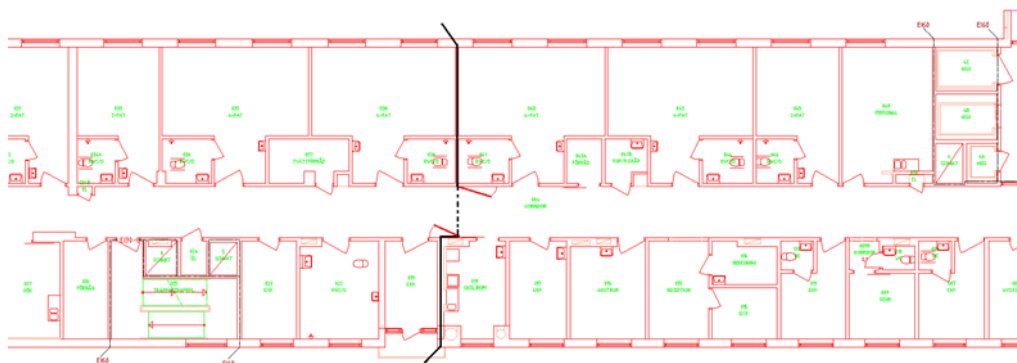
9.2.5 Sprinkler

Genom att installera ett aktivt släcksystem i sjukhusets lokaler i vilka patienter befinner sig kan konsekvenserna av en brand begränsas för situationer som representeras av Scenario A. Med hjälp av sprinkler skulle tiden till kritiska förhållanden kunna förlängas och möjliggöra en säker utrymning.

Om en brand har en lägre effekt än 5 MW vid aktivering av vattensprinkleranläggning kan effekten antas vara konstant under första minuten efter aktivering. Sedan reduceras effekten med 1/3 under en minut och efter det hålls den konstant (BFS 2011:27).

9.2.6 Brandcellsavgränsning i korridoren

Om en brandcellsgräns installeras för att avskilja korridoren, förslagsvis placerad i mitten av fyrapatientrummen (se Figur 9.1), minskas antalet patienter som skall utrymmas samtidigt som antalet i personalen på avdelningen förblir den samma. Tanken med denna åtgärd är att bara hälften av samtliga patienter ska behöva utrymmas vid en eventuell brand och detta ska medföra en betydligt kortare utrymningstid. En positiv fördel med denna åtgärd är att patienter bara behöver utrymma till andra halvan av korridoren då denna kommer anses som en egen brandcell och därmed med en säker plats. Denna fördel kommer också minska utrymningstiden då personal i många fall inte behöver hjälpa patienter ned för trappor i samma utsträckning. För mer information om hur utrymningen går till se *Bilaga F - Utrymningssimuleringar med åtgärd*.



Figur 9.1 Bild där den nya brandcellen är markerad.

9.2.7 Mekanisk brandgasventilation

Genom att installera mekanisk brandgasventilation som aktiveras vid detektion elimineras eller förlängs tiden till att kritiska förhållanden uppkommer. Då brandgaserna transporteras bort från korridoren med hjälp av ventilationen kommer lagrets höjd kunna hållas på en stabil säker nivå enligt de kriterier som definierats i rapporten.

Då korridoren är en kritisk punkt för att utrymning av avdelningen skall kunna ske på ett betryggande sätt anses det kunna vara nödvändigt med en brandgasventilation. Oavsett om en brandcellsgräns sätts in för att förkorta utrymningstiden eller inte, kommer en brandgasventilation se till att tiden till kritiska förhållanden förlängs.

Av de åtgärder som presenteras i rapporten är ingen tillräckligt effektiv för att helt förhindra uppkomsten av kritiska förhållanden i korridoren. Den enda av åtgärderna som bedöms ha möjlighet att ge en påverkan på detta är just en mekanisk brandgasventilation om inte branden kan släckas i ett tidigt skede med exempelvis sprinkler.

9.3 Validering av åtgärdsförslag

I det här avsnittet valideras de tidigare beskrivna åtgärdsförslagen.

9.3.1 Sprinkler i patientrum

Denna åtgärd inriktar sig främst på problemet med att patienter kan bli kvar i ett patientrum som brinner. I resultatet inkluderas även effekten som ges i de andra scenarierna eftersom en installation av sprinkler med fördel görs i samtliga lokaler för att få ett fullständigt skydd.

Samtliga bränder som analyseras i denna rapport har en effektutveckling som är lägre än 5 MW. De effekter som kan antas uppstå vid sprinkleraktivering, enligt ovan beskrivna resonemang (se avsnitt 9.2.5 *Sprinkler*) redovisas i *Tabell 9.1*. Det α -värde som använts är det som har anpassats till den effektkurva som skapats till respektive scenario. Tiden till aktivering har tagits fram med Detact-T2 där sprinklern antas vara snabbtöslösande med en aktiveringstemperatur på 68 °C och ett RTI-värde på 24 (JOB-bulbs, 2013).

Tabell 9.1. Brandens effekt efter sprinkler aktiverar vid de tre olika scenarierna.

	α [kW/s ²]	Tid till sprinkler aktivering [s]	\dot{Q} vid aktivering [kW]	1/3 av \dot{Q} [kW]
Patientrum	0,002	316	199,712	66,57067
Korridor	0,035	90	283,5	94,5
Reception	0,0065	194	244,634	81,54467

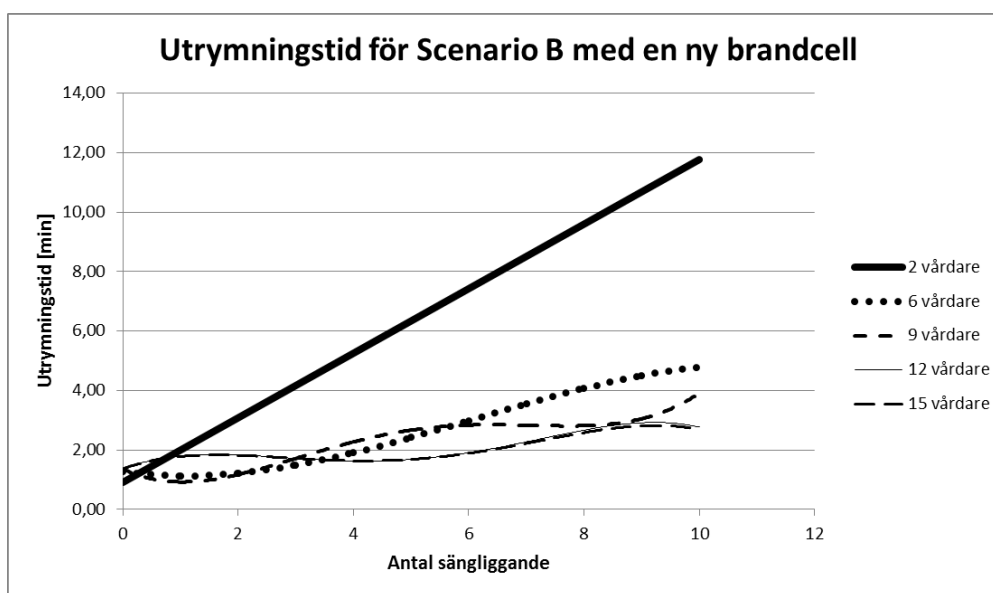
Resultatet i *Tabell 9.1* visar att brändernas topp effekt då sprinkler aktiveras går att approximeras med två säckar trädgårdsavfall som brinner. Sprinkler kommer under den kommande minuten att minska branden till att vara jämförbar med en brand i en papperskorg enligt försöket Y3-a/14 i Initial Fire (Särdqvist, 1993). Åtgärden är således effektiv då branden begränsas i ett tidigt skede för att sedan minska ytterligare och bli relativt harmlös.

Resultaten från simuleringarna visar att en brand i ett patientrum snabbt kommer att ge kritiska förhållanden och att det blir problematiskt att hinna utrymma personer från själva brandrummet. Genom att installera sprinkler minskas brandens effekt och på så vis ökar möjligheterna att hinna utrymma personerna i rummet.

Simuleringarnas aktiveringstider i jämförelse med tid kritiska förhållanden som uppkommer innan sprinkler aktiverar anses vara orimligt. Osäkerheterna gällande resultaten ger att valideringen inte kan säkerställa att sprinkler kan förhindra kritiska förhållanden i ett patientrum mer exakt än med logiska resonemang gällande en begränsad effektutveckling. Sprinkler aktivering ger för låg effekt för att validering ska kunna ske i CFAST då detta är en begränsning för programmet.

9.3.2 Validering av ny brandcellsgräns med automatiska dörrstängare för Scenario B

Åtgärdsförslaget med automatiska dörrstängare verifieras med utrymningssimuleringar i ERM där brandcellsgränsen placeras cirka 30 meter in i korridoren från huvudentréns ände. Resultaten visar att utrymningen tar ungefär mellan 2-12 minuter beroende på patienttyp och personalantal. Detta kan jämföras med intervallet på cirka 4-50 minuter som var fallet för simuleringarna av Scenario B när ingen åtgärd installerats, se avsnitt 7.2 Utrymningstid. Nedan i *Figur 9.2* redovisas resultaten från ERM.



Figur 9.2 Simulerad utrymningstid som funktion av antal sängliggande patienter vid ett givet personalantal i Scenario B med brandcellsgräns installerad.

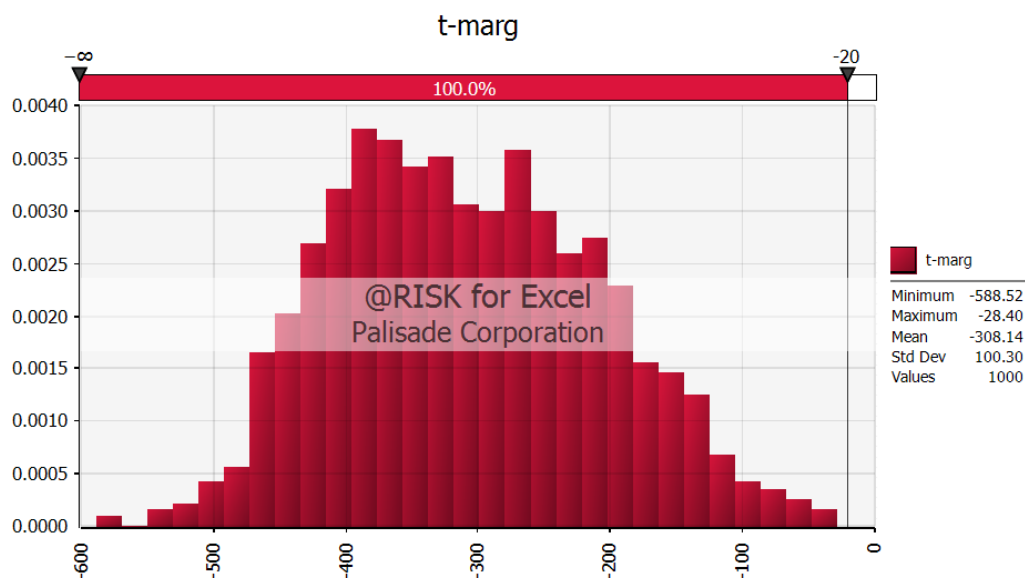
En installation av en brandcellsgräns medför att det blir en mindre volym som behöver rökfyllas innan kritiska förhållanden uppkommer detta innebär att denna tid minskar om samma brand uppkommer i lokalen. Detta antagande kontrolleras med simulering i CFAST (se Bilaga D) och resultaten redovisas i *Tabell 9.2* nedan. Kriteriet som har använts är att brandgaslagret sjunkit till 1,8 meters höjd i korridoren. Tabellen visar att kritiska förhållanden uppkommer betydligt snabbare än när korridoren saknar brandcellsgränsen.

Tabell 9.2. Visar tiden till kritiska förhållanden, med avseende på brandgaslagrets höjd, om brand uppkommer och en brandcellsgräns har installerats.

α [kW/s ²]	Tid till kritiska förhållanden [s]	Brandgaslagrets temperatur [°C]	Antagen densitet [kg/m ³]
0,003	87,64	47,90	1,100
0,035	50,63	80,00	1,000
0,190	35,67	104,54	0,935

Dessa resultat används tillsammans med utrymnings- och detektionstider i @RISK för att kontrollera den tidsmarginal som installationen av en brandcellsgräns innebär. I *Figur 9.3* nedan redovisas detta resultat.

Dessa åtgärder valideras enbart för Scenario B då de en brand för de andra två scenarierna automatiskt stängs in av de nya dörrstängarna och således bedöms ej behöva valideras i samma omfattning. I *Figur 9.3* nedan redovisas tidsmarginalen för Scenario B. Resultatet visar att i samtliga fall erhålls negativa värden på tidsmarginalen. Ett negativt värde innebär att patienter och personal kommer att utsättas för kritiska förhållanden i enlighet med vad som har definierats tidigare i rapporten.



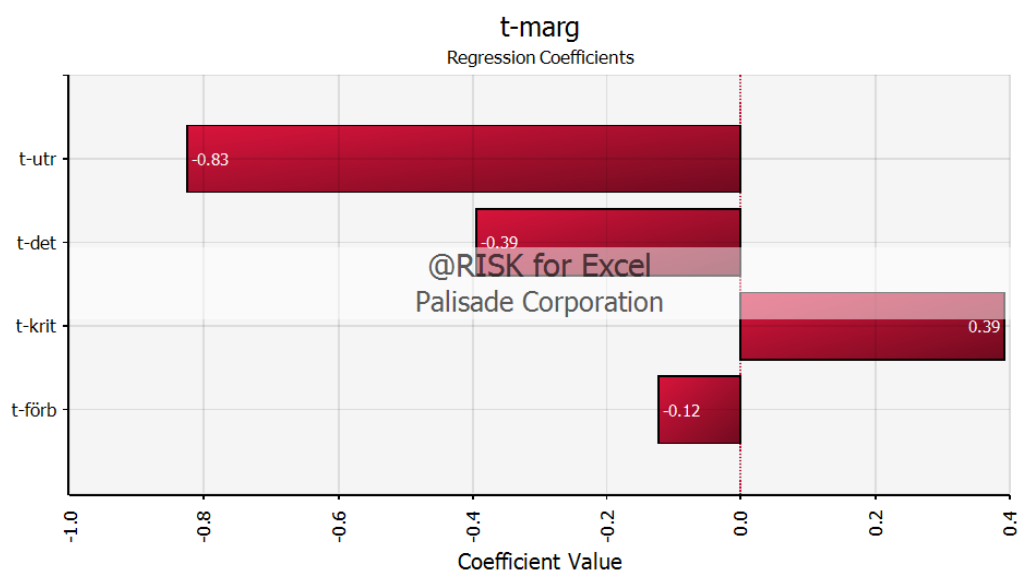
Figur 9.3 Fördelning av tidsmarginalen mellan en total utrymning av granskad sjukhusavdelning och tiden till kritiska förhållanden.

Ovan kan utläsas att tidsmarginalens medelvärde är drygt -308 sekunder, det vill säga ungefär 5 minuter längre än den tid som finns tillgänglig. De yttre värdena i diagrammet anger extremvärden som har relativt låg sannolikhet, dock noteras att den snabbaste utrymningen drar över med cirka 30 sekunder.

Beräkningen av tidsmarginalen visar att åtgärden förbättrar medelvärdet på marginalen med 790 sekunder trots att tiden till kritiska förhållanden förvärras. På grund av en minskad volym i korridoren kommer kritiska förhållanden att uppstå snabbare än utan en ny brandcellsgräns. Utrymningstiden har förbättrats markant med den nya åtgärden då bara hälften av patienterna behöver utrymma till en ny brandcell. Även den initiala komplikationen med utrymningen av patienter via trappor har försvunnit med den nya åtgärden, vilket förbättrar tiden för utrymning. Dock kommer även den anslutande brandcellen behöva utrymmas för att garantera personsäkerheten i utrymningens andraskede. Denna utrymning kommer kunna genomföras under betydligt bättre förhållanden än i den första delen tack vare att brandspridningen har begränsats.

Resultatet visar att en åtgärd med en ny brandcell kombinerat med dörrstängare inte är tillräckligt för att kunna försäkra en tillfredställande utrymning för Scenario B.

Figur 9.4 beskriver hur stor betydelse de olika ingående tidsangivelserna har för storleken på tidsmarginalen. Den viktigaste komponenten visar sig vara tiden för utrymning



Figur 9.4 Känslighetsanalys av de fyra undersökta parametrarna för beräkning av tidsmarginalen för en total utrymning av den undersökta sjukhusavdelningen innan kritiska förhållanden uppstår.

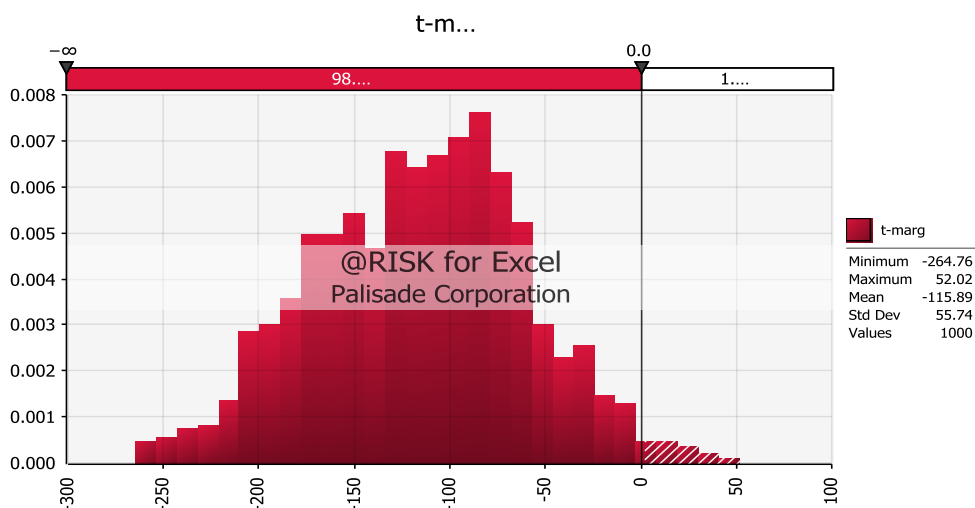
I jämförelse med Scenario B utan åtgärder så har känsligheten för utrymningstiden förminskats och tiden till kritiska förhållanden blivit mer betydande. Eftersom voly-

men har halverats och tiden till utrymningen blivit kortare borde detta rimligtvis förklara varför kritiska förhållanden får en större betydelse i åtgärdsfallet. Vad *Figur 9.4* visar är att om någon parameter ska förbättras så är det utrymningstiden, vilken är svår att påverka utan att dra ner på antalet patienter eller öka bemanningen på avdelningen. Detektionstiden och förberedelsestiden är således också svårpåverkade om inte investering i ett bättre detektionssystem görs. Dock har inte detektions- och förberedelsestiden störst påverkan på tidsmarginalen enligt *Figur 9.4*.

Med en ny brandcell som åtgärdsförslag för Scenario B har det konstaterats att detta inte är tillräckligt för att säkerställa en tillfredställande utrymning. Det ska visserligen poängteras att denna åtgärd minskar utrymningstiden markant och skulle kunna ingå i en potentiell lösning. Detta kräver emellertid ytterligare en åtgärd som tillsammans kan säkerställa skydds målen.

9.3.3 Omplacering av patienter tillsammans med brandcellsgräns och dörrstängare.

Genom att placera patienter med bättre hälsotillstånd på avdelning 4 skulle utrymningstiden kunna reduceras markant. För att ge en bild av tidsvinsten beroende på patientens tillstånd hänvisas till Tabellerna D3, D5 och D7 i Bilaga D. Där ges informationen att en patient (av de som definierats i rapporten) som inte är sängliggande utrymmer avdelningen betydligt snabbare, oberoende av personalantal, än om personalen låses upp för att hjälpa sängliggande. En kostnadseffektiv åtgärd skulle vara att se över placeringen av patienter på samtliga avdelningar och placera de friskaste på avdelning 4.



Figur 9.5. Fördelning av tidsmarginalen mellan en total utrymning och kritiska förhållanden för Scenario B med brandcellsgräns installerad.

En @RISK-simulering av Scenario B med åtgärder i form av brandcellsvägg, dörrstängare och inga sängliggande patienter ger en markant förbättring av utrymningsmarginalen. Resultatet ges i *Figur 9.5* och ger en fingervisning gällande betydelsen av dessa parametrar.

Ovan kan utläsas att tidsmarginalens medelvärde är drygt -116 sekunder, det vill säga ungefär 2 minuter längre än den tid som finns tillgänglig. De yttre värdena i diagrammet anger extremvärden som har relativt låg sannolikhet däribland den snabbaste utrymningen som skulle innebära att alla patienter går att utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. På grund av detta kan inte skyddsålet anses säkrat med denna kombination av åtgärder som annars ändå förbättrar marginalen för säker utrymning.

Tiden till kritiska förhållanden är en parameter som går att påverka med större effekt än i tidigare simuleringar. Den åtgärd som skulle kunna förlänga eller helt eliminera de kritiska förhållandena är installation av en mekanisk brandgasventilation. Viktigt när det gäller att skapa en brandcellsgräns är att även ventilationssystemet görs avskiljande vid brand exempelvis med hjälp av brandspjäll i ventilationskanalerna. Med denna typ av åtgärd skulle ett acceptabelt jämnviktsförhållande kunna uppstå där brandgasspridning upphör.

9.3.4 Mekanisk brandgasventilation i kombination med brandcellgräns och dörrstängare.

Brandgasventilation simuleras i CFAST med den värsta tillväxthastigheten för branden se *Tabell 9.3* Tillväxthastigheten som väljs anses som konservativt då om denna klarar en validering så gör också samtliga tillväxthastigheter som kan förekomma i Scenario B detsamma. Volymflödet av brandgaser ökas till dess att en tillfredställande brandgashöjd har stabiliserats och där med råder inga kritiska förhållanden.

Eftersom dörrarna till samtliga rum på avdelning 4 nu är utrustade med automatiska dörrstängare kommer detta också att simuleras i CFAST. Samtliga dörrar anses stå öppna till dess att detektion av branden sker, och brandgasventilationen aktiveras.

Tabell 9.3 Valideringsresultat från CFAST av mekanisk brandgasventilation i kombination med brandcellsgräns och dörrstängare med den ursprungliga detektionstiden.

Volymflöde [m ³ /s]	Detektionstid [s]	Lägsta höjd på brandgaslager [m]	Tillväxthastighet [kW/s ²]
5	58	1,79	0,19

Vid ett volymflöde på 5 m³/s visar simuleringar i CFAST att brandgaslagret sjunker under 1,8 meter i cirka 10 sekunder, se *Tabell 9.3*. Denna kritiska höjd uppkommer i nära anslutning till att brandgasventilationen startar och en snabbare aktivering medför att en kritisk höjd inte uppstår, se *Tabell 9.4*. Eftersom skyddsålet är att ingen

skall utsättas för kritiska förhållanden genomförs en validering där tiden till aktivering förkortas med 10 sekunder.

Tabell 9.4 Valideringsresultat från CFAST av mekanisk brandgasventilation i kombination med brandcellsgräns och dörrstängare med en snabbare aktiveringstid.

Volymflöde [m ³ /s]	Detektionstid [s]	Lägsta höjd på brand- gaslager [m]	Tillväxthastighet [kW/s ²]
5	48	1,81	0,19

Vad valideringen visar är att brandgaslagret inte kommer att sjunka under 1,8 meter om det finns brandgasventilation i korridoren som reagerar på detektion efter 48 sekunder. Detta betyder att kritiska förhållanden aldrig kommer kunna uppnås i korridoren och där med anses denna åtgärd i kombination med en brandcellsgräns och dörrstängare vara en lösning på Scenario B.

Det har visat sig att mekanisk brandgasventilation även kan förorsaka kritiska förhållanden utan en brandcellsgräns som åtgärd och valideras därför vidare i *avsnitt 9.3.5 Mekanisk brandgasventilation med dörrstängare*.

Det ska dock tilläggas att en förutsättning för att brandgasventilationen fungerar är att tilluften i form av ventilation eller annan öppning är tillräcklig. Utan tillräckligt med tilluft skulle det kunna medföra problematik i form av stora undertryck i korridoren, vilket också skulle kunna tala mot rimligheten för åtgärden ur en praktisk synvinkel.

9.3.5 Mekanisk brandgasventilation med dörrstängare.

Den enda skillnaden i denna validering är att brandcellsväggen tagits bort och simuleringen görs enbart med brandgasventilation och dörrstängare, jämfört med i *avsnitt 9.3.4 Mekanisk brandgasventilation i kombination med en brandcellsväg och dörrstängare*. Om validering av denna åtgärd blir godkänd behövs inte brandcellsväggen för att säkerställa en utrymning i Scenario B.

Tabell 9.5 Valideringsresultat från CFAST av mekanisk brandgasventilation med dörrstängare.

Volymflöde [m ³ /s]	Detektionstid [s]	Lägsta höjd på brandgaslager [m]	Tillväxthastighet [kW/s ²]
3	58	1,74	0,19

Vid ett volymflöde av brandgaser på 3 m³/s visar simuleringar i CFAST att brandgaslagret sjunker under 1,8 meter i cirka 10 sekunder, se *Tabell 9.5*. Denna kritiska höjd uppkommer i nära anslutning till att brandgasventilationen startar och en snabbare aktivering medför att en kritisk höjd inte uppstår, se *Tabell 9.6*. Eftersom skyddsmålet

är att ingen skall utsättas för kritiska förhållanden genomförs en simulering med en snabbare aktivering av brandgasventilationen.

Tabell 9.6 Valideringsresultat från CFAST av mekanisk brandgasventilation med dörrstängare och snabbare detektion.

Volymflöde [m³/s]	Detektionstid [s]	Lägsta höjd på brand- gaslager [m]	Tillväxthastighet [kW/s²]
3	48	1,81	0,19

Vid ett volymflöde av brandgaser på 3 m³/s visar simuleringar att brandgaslaget aldrig sjunker under 1,81 meter i korridoren se *Tabell 9.6*, men det förutsätter att detektion sker tidigare än vad Detact-T2 visar. Detta betyder att kritiska förhållanden aldrig kommer kunna uppnås i korridoren och där med anses denna åtgärd i kombination med dörrstängare vara en lösning på Scenario B.

Det ska dock tilläggas att en förutsättning för att brandgasventilationen fungerar är att tilluften i form av ventilation eller annan öppning är tillräcklig. Utan tillräckligt med tilluft skulle det kunna medföra problematik i form av stora undertryck i korridoren, vilket också skulle kunna tala mot åtgärdens rimlighet ur en praktisk synvinkel.

10 Diskussion

I avsnittet diskuteras de delar av rapporten som medför störst osäkerheter gällande resultaten samt åtgärdernas validering.

Val av brandscenarier

Denna brandtekniska riskvärdering grundas på valet av granskade brandscenarier. På grund av begränsad tid och arbetskraft kunde inte alla scenarier avintresse undersökas utan tre stycken valdes ut genom poänggradering i en riskmatris i kombination med kvalitativa resonemang.

Sannolikheten för en brand är betydligt större i ett kök eller ett personalrum än vad det är i ett kontor eller korridor vilket medför att valen av brandscenarier kan tyckas vara motsägelsefulla. Tanken bakom valen är att försöka inkludera så många olika brandrelaterade konsekvenser som möjligt. En brand i kök, personalrum eller patientrum (som är ett av de granskade scenarierna) skulle innebära en brand i ett rum med en dörr som går att stänga. Om dörren stängs fördröjs brandens påverkan på resterande avdelning och på så sätt representerar de varandra. Trots viss skillnad i brandbelastning mellan kök, personalrum och patientrum anses alla dessa scenarier med högsannolika täckas in genom att granska patientrummet, där även ytterligare komplikationer måste tas hänsyn till. Då sjukhusavdelningens reception också valdes som ett av de granskade scenarierna tas även konsekvensen av en brand med större brandbelastning med genom detta scenario. Receptionen står alltid öppen mot korridoren och kan även det ses representera en brand i ett kök eller personalrum där dörren inte stängs.

Det är av yttersta vikt att bränder inte uppkommer i sjukhusmiljö och därför är det vanligt att exempelvis möbler och madrasser är behandlade med flamskyddsmedel. I denna analys görs antagandet att så inte är fallet på Lasarettet i Landskrona för att de brandscenarier som granskas ska representera flera olika bränder i sjukhusmiljö. Även om det möblemang som inkluderats i dessa skulle vara flamskyddade kan materialet ersättas med exempelvis en städvagn i korridoren eller ett fullt linneförråds påverkan på utrymningsmöjligheterna vid en uppkommen brand. Antagandet att inget flamskydd existerar på den valda brandbelastningen är därför nödvändigt för att inkludera ett så brett riskspektra som möjligt.

Konstruktion av brandeffektkurvor

Vid konstruktion av de olika modellbränderna följer flera osäkerhetsfaktorer som bör behandlas, dessa redovisas nedan:

- val av förenklingar för respektive utrymme
- val av empiriska data för att representera motsvarande föremål
- tiden för spridning av brand till kringliggande föremål

Vid konstruktion av en modellbrand antas först en modell av verkligheten där vissa förenklingar görs. Det kan betyda placering av möblemang eller försummandet av mindre föremål som inte anses vara av större betydelse ur brandsynpunkt. I de samt-

liga tre modellbränderna finns sådana förenklingar närvarande. Detta medför en viss avvikelse från verkligheten som alla läsare bör bara medvetna om. De förenklingar som gjorts (beskrivna i *Bilaga B*) anses dock vara nödvändiga förenklingar som ändå inte resulterat i alltför stora avvikelser från verkligheten. Det finns dock alltid rum för vidare diskussion om vad som kan anses vara acceptabelt för att bibehålla en kredibilitet i modellen i jämförelse till verkligheten.

De inledande stegen, även kallad förbrinntiden, av respektive modellbrands effektkurva har på olika sätt modifierats för att bättre stämma överens med respektive scenarios verklighet. Som nämnts tidigare i rapporten har ett deterministiskt tillväggångssätt antagits vid val och konstruktion av modellbränderna. Det vill säga att det värsta troliga brandförloppet har sökts för respektive scenario. Att bränderna modifierats kan medföra att bränderna kommer att tillta snabbare än om förbrinntiden hade inkluderats. Anpassningen påverkar den tillväxthastighet som används som ”original” i CFAST simuleringarna vilket bestämmer tiden till kritiska förhållanden. Dock har även simuleringar gjorts på de långsammaste tillväxthastigheterna samtidigt som anpassningen ger en förskjutning i fördelningarna till ett allvarligt men fortfarande sannolikt scenario. Beslutet att bortse från förbrinntiden togs tidigt under arbetets gång och ganska sent konstaterades att detta kan ha varit ett för konservativt antagande men den begränsade tiden räckte medförde att nya simuleringar inte kunde genomföras.

I CFAST går det inte att simulera en kurva där förbrinntiden är med men detta problem hade kunnat åtgärdas med att fördröja tiden till att branden starar i simuleringen. Hade detta inkluderats skulle tiden till kritiska förhållanden kunnat bli något längre under förutsättning att det under förbrinntiden kan ske en detektion av branden. Problemet och lösningen har hittats efter att simuleringarna genomförts och tidsbegränsningen har medfört att nya simuleringar inte kunnat genomföras. Ett resultat där förbrinntiden finns med hade kunnat medföra en förbättring av tidsmarginalen. Storleken på förbättringen är dock beroende av när en detektion sker eftersom det är först då som utrymningen kan påbörjas.

Alla dessa osäkerheter finns således inbegripna i konstruktionen av modellbränderna och bör alltså tas som uppskattningar om vilken omfattning en sådan brand kan få och inte några exakta värden.

Utrymningens tidsmarginal

De faktorer som har störst betydelse när det gäller bedömning av utrymningsmöjligheten har visat sig vara tiden för utrymning samt tiden till att kritiska förhållanden uppstår. Båda dessa är framtagna genom simuleringar där ett stort antal förenklingar och antaganden har gjorts. För att behandla dessa på en högre nivå enligt Paté-Cornell, 1996, har det i analysen undvikits att göra punktskattningar utan istället har antaganden i form av fördelningar gjorts där möjlighet till detta har funnits. Att fördelningar används bör ge ett mer sannolikt resultat eftersom resultatet visas i en bredare rymd än vad ett punktvärde i form av exempelvis ”worst case” ger. Metoden täcker in både skillnader gällande bemanningen, exempelvis dag/natt, samt hur svårt sjuka patienter som vårdas. Även när det gäller sambandet mellan tiden till kritiska förhållanden och en brands tillväxthastighet ger de upprepade simuleringarna en tydlig bild av att den snabbaste växande branden ger stora konsekvenser. Ingen hänsyn

har tagits till hur brandens maximala effekt påverkar utrymningen eftersom kritiska förhållanden inträffar innan den maximala effekten har uppnåtts, se *Bilaga D*. Därmed anses tillväxthastigheten vara den styrande parametern för hur lång tid det tar för att uppnå kritiska förhållanden.

I samtliga fall visar simuleringarna att kritiska förhållanden uppkommer innan avdelningen har utrymmts helt vilket även gäller när åtgärder har genomförts. Resultaten är kopplade till tidsmarginalen som visar att samtliga personer som befinner sig i lokalen inte har lyckats ta sig ut. Detta innebär att så länge det är någon, det räcker med att det är en person, som utsätts för kritiska förhållanden så kommer tidsmarginalen bli negativ och resultaten visar att utrymningen har misslyckats. Att någon utsätts för de valda kritiska förhållandena betyder inte att den personen omkommer. Och hade skyddsålet valts till att ingen person får omkomma hade resultaten förmodligen sett betydligt mer positiva ut. Dock föreligger svårigheter att avgöra exakt vilka förhållanden som måste uppkomma för att en person skall omkomma då detta till exempel beror på att olika individer har olika stor förmåga att hantera brandgaser. Att kriterierna i denna analys har valts så pass högt motiveras med att det handlar om sjuka människor möjlighet att utrymmas säkert. Och en person som har en nedsatt hälsa antas ha en sämre förmåga att hantera och återhämta sig efter att ha utsatts för brandförhållanden.

Resultaten från ERM-simuleringarna visar att antalet i personalen i förhållande till antal patienter har väldigt stor betydelse för hur lång tid utrymningen kommer att ta. När personalantalet understiger sex personer ökar utrymningstiden markant, se till exempel *Figur 6.2*. Huruvida dessa låga värden på personalantalet är representativa för verksamheten kan diskuteras. En bemanning på två personer är den minsta som skall vara på ett nattpass men hur sannolikt det är att ingen ur personalen från de övriga avdelningarna kommer och bistår med utrymningen är svårt att uppskatta. Antagandet att minimal bemanning kan inträffa förskjuter fördelningen till att ge negativa resultat gällande möjligheten att hinna utrymma. I simuleringarna har det antagits att patienter måste utrymma till våningen under för att kunna anses vara på säker plats. Visserligen skulle det kunna räcka att flytta ut patienter i hisshallen eftersom detta är en egen brandcell. Det skulle troligtvis innebära en signifikant förkortning av utrymningstiden, dock innebär detta ett problem med avseende på utrymme och framkomlighet för räddningstjänst. Viktiga faktorer för personalens förmåga att genomföra en lyckad insats vid en utrymning är kravet på internutbildning och övning samt tydliga riktlinjer för deras agerande.

I övrigt medför användningen av programmet ERM ett antal begränsningar gällande exempelvis flaskhalsar, patienttyper samt maximalt personalantal, se *Bilaga E*. Dessa begränsningar medför osäkerheter som är svåra att minska.

I analysen används två olika grupper gällande patienters förmåga att utrymma och hur mycket hjälp de behöver från personalen. Informationen från platsbesöket gav indikation på att majoriteten av patienterna på avdelningen är vid så dålig hälsa att de enklast skulle släpas ut på madrasser. Av denna anledning har en tyngdpunkt i fördelningen valts mot den sängliggande patienttypen. Fördelningen mellan dessa grupper

är en viktig faktor för det resultat som simuleringen gällande utrymningstid ger. För att minska osäkerheterna kring detta skulle en närmare analys av vilken fördelning mellan patienttyper som i verkligheten råder på den aktuella avdelningen behöva göras. Den fördelningen som har valts är förskjuten gentemot att en stor andel av patienterna är sängliggande vilket ger lång utrymningstid. Om en studie hade visat en annan fördelning av patienttyper skulle det kunna medföra ett bättre resultat gällande tidsmarginalen.

Simuleringarna i CFAST visar att kritiska förhållanden uppkommer snabbt i korridoren, som är en kritisk punkt för att utrymning ska kunna ske tillfredställande. Resultaten ger att dessa förhållanden uppkommer snabbt, den längsta tiden är sju och halv minut. För majoriteten av utrymningssimuleringarna är detta inte tillräckligt för att lyckas med utrymningen på ett tillfredställande sätt. Det som avgör hur snabbt kritiska förhållanden nås i simuleringarna är den tillväxthastighet som branden får. Även om tiderna upplevs som korta har simuleringar genomförts med de lägsta tillväxthastigheter som anges i litteraturen och därmed antas dessa vara möjliga att tillämpa i dessa scenarier. Om fördelningarna väljs så att inte extremvärden som den snabbaste tillväxthastigheten tas med skulle detta förskjuta tidsmarginalen mot det positiva. Dock kvarstår problemet eftersom även den långsammaste tillväxten ger relativt kort tid till kritiska förhållanden.

Ett betydande problem i undersökningen är att detektionstiden överstiger tiden för kritiska förhållanden i Scenario A och C. Detta bör inte inträffa då en detektor rimligtvis borde aktiverat innan kritiska förhållanden uppstår i ett rum. Här ska lyftas fram att detektionstiden är ett problem som genomlöper hela rapporten då dessa värden används vid beräkningen av utrymningsmarginalen. Utrymningen tar därför längre tid och tidsmarginalen blir värre i jämförelse med om en detektionstid valts som ligger under tiden till kritiska förhållanden. Även om detektionstiderna är överskattade skall dock noteras att även om dessa förbättras markant uppkommer inte en positiv tidsmarginal för utrymningen eftersom den är kraftigt negativ i resultaten.

Tiderna till kritiska förhållanden kan samtidigt anses som korta och har motiveras i diskussionen *Konstruktion av brandeffektkurvor*. En annan diskussion kan föras angående dessa tider är angående simuleringsprogrammet CFAST, som till grunden inte är giltig för långa korridorer. Med en inbyggd funktion i programmet har denna giltighetsfråga kunnat kringgås och giltiga resultat kunnat erhållas. Däremot ska det tas i beaktning att denna korridorsfunktion eventuellt inte ger rimliga värden för resultatet i denna rapport. Anledningen till dessa avvikelser är i så fall okända och kan påverka att tiden till kritiska förhållanden uppkommer så pass snabbt som de gör.

En stor osäkerhet råder i vilken parameter detta fel grundar sig i, detektionstiden eller tiden till kritiska förhållanden. Om simulering i CFAST med detektion gjorts hade kanske bättre värden i förhållande till varandra kunnat uppnås. Ett annat sätt att attackera problemet skulle vara att förbrinntiden räknas med i CFAST och därigenom skulle detektionstiderna från Detact-T2 stämma bättre överens med tiden till kritiska förhållanden.

Åtgärder

Brandscenarier som uppkommer i andra utrymmen än själva korridoren kan temporärt lösas genom att dörrar till dessa utrymmen stängs, exempelvis genom dörrstängare. Detta förlänger tiden till kritiska förhållanden i korridoren. Det ska pointeras att ingen analys av brandgasspridning i ventilationen har genomförts vilket kan ge problem med denna åtgärd. Om en brandgasspridning sker till ett annat rum där dörrarna har stängts medför det mindre påverkan i korridoren än om spridning kan ske direkt till korridoren via ventilationskanalen. Att dörrarna stängs medför dock att kritiska förhållanden snabbare bör uppkomma i brandrummet och personer som befinner sig här drabbas av detta, detta problem diskuteras vidare senare i detta avsnitt.

Sker det brandgasspridning till korridoren, eller att en brand uppstår i själva korridoren, medför det med stor sannolikhet att kritiska förhållanden kommer att uppstå innan utrymning har genomförts. För att motverka detta behöver brandgaslagrets höjd stabiliseras på en acceptabel nivå eller helt elimineras. En möjlighet till detta är mekanisk brandgasventilation i korridoren. Dock skall tilläggas att den mekaniska brandgasventilationen som rekommenderas som en ska-åtgärd i denna rapport enbart är validerad med simuleringsprogrammet CFAST. Programmet bygger på en två-zonsmodell och tar inte hänsyn till negativa tryck som skulle kunna uppstå i verkligheten och försvåra öppnandet av dörrar till andra rum mot korridoren. Stora flöden ut ur korridoren vid liten tilluftstillgång skulle kunna påverka korridoren och det som finns i den både material och människor på ett sätt som CFAST inte kan redovisa. Resultaten från CFAST visar dock på att mekanisk brandgasventilation enligt det som visas i rapporten är både möjligt och skulle eliminera tiden till kritiska förhållanden. Detta skulle kunna valideras ytterligare med blick på påverkan på dörrar, människor med avseende de höga flödena som måste till i en relativt liten och trång miljö. Detta då flödena som anges i rapporten är av storleksordning jämförbara med vad som kan användas i industrilokaler och köpcentra, vilket skulle kunna ifrågasätta lämpligheten på den förslagna åtgärden i korridoren.

Ett alternativ för att minska antalet patienter som utsätts för påverkan av brand och därmed minska utrymningstiden markant är att installera en brandcellsgräns i mitten av avdelningen. Problematiskt med denna åtgärd är dock att tiden till att kritiska förhållanden uppstår minskar och därför bör det kompletteras med mekanisk brandgasventilation i korridoren. Om dessa båda åtgärder kombineras med dörrstängare ges de bästa förutsättningarna för att kunna säkerställa en tillfredställande utrymning via korridoren.

Ett av de stora problem som uppstår vid brand i ett patientrum är att branden lätt skulle kunna stängas in genom att stänga dörren till rummet, men då skulle ett antal patienter kunna komma att behöva ”offras” då de i detta fall blir kvar i brandrummet. Den enda lösningen som har undersökts för att motverka detta är installation av sprinkler, dock har ingen säker validering av detta kunnat genomföras. Problemen med denna ligger främst i att det är orimliga värden för aktivering i jämförelse med tiden till kritiska förhållanden. Övertygelsen kvarstår dock att detta är en lösning som bör

fungera för att motverka problematiken i Scenario A där patienter blir kvar i rummet. En utförligare validering av denna åtgärd behöver genomföras i så fall.

Resultaten visar att om detektion sker vid den tiden som Detact-T2 visar kommer kritiska förhållanden uppstå i mindre än 10 sekunder i korridoren (Scenario B). Vidare ger en snabbare detektionstid att kritiska förhållanden helt elimineras vid installation av brandgasventilation. I likhet med ovan resonemang gällande osäkerheter kring detektionstid antas att resultatet överskattas och tiden är orimligt lång. Om tiden till detektion minskas ytterligare bör det ge en ännu bättre effekt av brandgasventilationen då denna börjar arbeta tidigare. Vidare bör nämnas att den tillväxthastighet som testats är den högsta och därmed också den som ger kortast tid till kritiska förhållanden och på så sätt har åtgärden validerats konservativt.

Det anses orimligt att personal kan vara tvungna att stänga en dörr till ett patientrum för att låta personer i rummet omkomma. För att motverka problematiken måste ett aktivt släcksystem, exempelvis sprinkler, installeras i lasarettets lokaler. Denna åtgärd skulle även minska den påverkan en brand i korridoren medför på utrymningsmöjligheterna. En korrekt dimensionerad sprinkler skall hålla branden under kontroll alternativt släcka den då åtgärdens validering visar att en effekt motsvarande en brinnande papperskorg uppnås inom två minuter efter sprinkleraktivering. Dock är inte valideringen av denna åtgärd tillämpbar eftersom aktiveringen sker en betydlig tid efter detektion vilket inte är rimligt. Även jämförelsen mellan tid till kritiska förhållanden i patientrummet och tid till sprinkelaktivering tyder på att värdena är orimliga. I likhet med diskussionen gällande att ta med förbrinntiden i CFAST ovan skulle detta eventuellt givit andra resultat gällande sprinkelns effekt. Med avdeende på detta bedöms sprinkler vara en åtgärd som **bör** installeras under förutsättning att en ordenlig validering av åtgärdens effekt genomförs.

11 Slutsats

Analysens slutsatser gällande utrymnings säkerheten på Lasarettet i Landskrona samt de åtgärder som föreslås presenteras nedan.

- Tillfredställande utrymningsmöjligheter kan inte säkerställas på Lasarettet i Landskrona.
- Brandgasspridning till korridoren har avgörande betydelse för om utrymning av avdelningen är möjlig att genomföra.
- Ventilationssystem på Lasarettet i Landskrona måste undersöka ytterligare.
- Mekanisk brandgasventilation i korridoren kommer kunna medföra att kritiska förhållanden ej uppstår.
- En brandcellsgräns i mitten av korridoren minskar utrymningstiderna markant samt halverar antalet patienter som utsätts för påverkan av banden. Dock måste denna åtgärd kompletteras med en åtgärd som förlänger tiden till kritiska förhållanden exempelvis sprinkler eller brandgasventilation.
- Sprinkler, eller annat aktivt släcksystem, kan vara ett alternativ för att undvika scenarier där personer blir instängda i ett brinnande patientrum.
- Resultatet i rapporten visar även att om en installation av åtgärd eller omstrukturering sker är det svårt att tillse att personer inte överhuvudtaget utsätts för kritiska förhållanden.

Listade åtgärder

De åtgärdsförslag som **ska** sättas i funktion så snart som möjligt är:

- Dörrstängare på samtliga patientrum
- Mekanisk brandgasventilation

Vidtas de ovan nämnda åtgärdsförslagen anses skyddsmålet säkrat gällande möjligheterna att kunna utrymma på ett tillfredställande sätt i enlighet med rapportens definition. Nedan åtgärdsförslag skulle ge en ytterligare förbättrad brandsäkerhet och **bör** genomföras.

- Brandcellsgräns i mitten av korridoren
- Sprinklersystem
- Undvika att samla brännbart material i korridoren
- Placering av mindre sjuka patienter på avdelning 4
- Regelbunden brand- utrymningsövning där det säkerställs att samtlig i personalen närvarat

12 Referenslistan

Alvord, D. M. (1985). *Status report on the Escape and Rescure Model and fire emergency evacuation simulation for multifamily buildings*. Washington, DC: American Institute of Architects Foundation.

Bengtsson, S., Frantzich, H., Jönsson, R., (2005). *Brandskyddshandboken: En handbok för projektering av brandskydd i byggnader*. Lund: Lunds Universitet.

Bengtsson, S., Frantzich, H., Jönsson, R., Marberg, P-A. (2012). *Brandskyddshandboken: En handbok för projektering av brandskydd i byggnader*. Lund: Lunds Universitet.

BFS 2011:27. BBRAD 1. *Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd*. Stockholm: Boverket

BFS 2012:13. BBRAD 2. *Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd*. Stockholm: Boverket

Drysdale, D. (2009). *An Introduction to Fire Dynamics (2nd Edition)*. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.

Frantzich, H. (2001). *Tid för utrymning vid brand*. Karlstad: Räddningsverket

ISO, International Standard Organization (1995). *ISO/WD 13390*. Berlin: ISO

JOB-bulbs. Technical data (Elektronisk) Tillgänglig:
<<http://www.job-bulbs.com/en/products/technical-data.html>> (2013-05-07)

Karlsson, B. & Quintiere, J. (2000). *Enclosure fire dynamics*. Boca Raton: CRC Press.

MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2013). IDA, Informationssystem för statistiskt och analys. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://ida.msb.se/ida2#page=a0109>> (2013-02-13)

Nilsson, D. & Holmstedt, G. (2008) *Kompendium i Aktiva System – Detektion*. Lund: Lunds Tekniska Högskola, LTH, Avdelningen för installationsteknik.

NIST (National Institute of Standards and Technology). (2009). *CFAST- Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6)*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/fire09/art026.html>> (2013-03-06)

NIST (National Institute of Standards and Technology) *Fire modeling programs* (Elektronisk) Tillgänglig: <http://www.nist.gov/el/fire_protection/buildings/fire-modeling-programs.cfm> (2013-03-19)

NIST2(National Institute of Standards and Technology) (Elektronisk) Tillgänglig:<
<http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C1609478&Units=SI>> (2013-03-19)

NIST3 (National Institute of Standards and Technology) (Elektronisk)Tillgänglig:<
<http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C9003536&Units=SI>> (2013-03-19)

Palisade Corporation. (2013). @*RISK*. (Elektronisk). Tillgänglig:
<<http://www.palisade.com/risk/>> (2013-04-10)

Paté-Cornell, E. (1996). Uncertainties in risk analysis: Six levels of treatment. *Reliability Engineering & System Safety* nr 54 ss. 95-111.

Region Skåne 1. *Om region Skåne*. (Elektronisk) Tillgänglig:<http://www.skane.se/sv/Om_Region_Skane/> (2013-02-18)

Region Skåne 2. *Avdelningar*. (Elektronisk) Tillgänglig:<http://www.skane.se/sv/Webbplatser/Lasarettet_i_Landskrona/Verksamheter/Avdelningar/>(2013-02-18)

Region Skåne 3. *Lasarettets tillkomst*. (Elektronisk) Tillgänglig:<http://www.skane.se/sv/Webbplatser/Lasarettet_i_Landskrona/Information-om/Historien-om-Lasarettet-i-Landskrona/Lasarettets-tillkomst/> (2013-02-18)

Region Skåne4. *Utbyggnad block B och block C*. (Elektronisk) Tillgänglig:<http://www.skane.se/sv/Webbplatser/Lasarettet_i_Landskrona/Information-om/Historien-om-Lasarettet-i-Landskrona/Utbyggnad-block-B-och-block-C/> (2013-02-18)

Region Skåne 5. *Lasarettet i Landskrona*. (Elektronisk) Tillgänglig:
<http://www.skane.se/Public/Landskrona/Karta_LiL_2007.pdf>(2013-03-11)

Staffansson, L. (2010). *Selecting design fires*. Lund: Institute of Technology, Department of Fire Safety Engineering.

Särdqvist, S. (1993) *Initial fires* Lund: Institute of Technology, Department of Fire Safety Engineering.

Bilaga A – Ekvationer

Ekvationer för beskrivning av tidsmarginal (Frantzich 2001)

$$t_{tillgänglig} > t_{utrymning} \quad \text{Ekvation 1}$$

$$t_{utrymning} = t_{varseblivning} + t_{förberedelse} + t_{förflyttning} \quad \text{Ekvation 2}$$

$$Tidsmarginal = t_{tillgänglig} - t_{utrymning} \quad \text{Ekvation 3}$$

Utvärdering gällande om branden blir ventilationskontrollerad (Staffansson, 2010)

$$\dot{Q}_v = 1500 * A_0 * \sqrt{H_0} \quad \text{Ekvation 4}$$

Brandgaslagrets kritiska höjd

$$Kritisk\ höjd = 1,6 + 0,1 * H \quad \text{Ekvation 5}$$

Där:

H Takhöjden [m]

Beräkning av infallande strålningseffekt (Drysdale, 2009).

$$\dot{q}'' = \Phi * \varepsilon * \sigma * T^4 \quad \text{Ekvation 6}$$

$$\dot{q}'' = \Phi * \frac{1}{2} * \left(\frac{\chi_r \cdot \dot{Q}}{L \cdot D} \right) \quad \text{Ekvation 7}$$

Där:

\dot{q}''	infallande strålningseffekt [kW/m ²]
Φ	synfaktor [-]
χ_r	strålningsandel av total effekt [-] ¹
\dot{Q}	total effekt [kW]
l	höjden på flamman [m]
D	diametern på branden [m]
σ	Stefan-Boltzmanns konstant [W/m ² k ⁴]

T	temperatur [K]
ε	andel av flammans effekt som avges i strålning [-]

¹ Då inget annat anges antas χ_r vara 0,3 (Staffansson, 2010)

Framtagning av synfaktorn, Φ , (Drysdale, 2009).

$$S = \frac{L_1}{L_2} \quad \text{Ekvation 8}$$

$$\alpha = \frac{L_1 * L_2}{d^2} \quad \text{Ekvation 9}$$

Där:

L_1	längden på rektangelns kortaste sida [m] (hälften av den framräknade diametern)
L_2	längden på rektangelns längsta sida [m]
d	avståndet från objektet till flammans centrum [m]

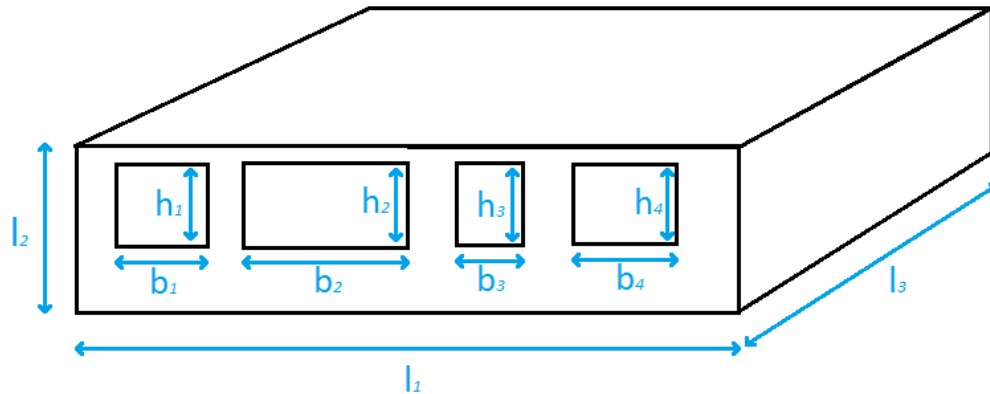
$$L = 0,235\dot{Q}^{2/5} - 1,02 \times D \quad \text{Ekvation 10}$$

Där:

\dot{Q}	total effekt [kW]
D	diametern på branden [m]

Beräkning av krävd effekt för övertändning (Staffansson, 2010).

$$\dot{Q}_{fo} = 7,8A_t + 378A_0 * \sqrt{H_0} \quad \text{Ekvation 11}$$



Figur A1. Ingående storheter vid beräkning av ventilationsöppningar, reproducerad av S. Ahmed från boken "Enclosure Fire Dynamics" (Karlsson & Quintiere, 2000).

$$A_t = 2(l_1l_2 + l_1l_3 + l_2l_3) \quad \text{Ekvation 12}$$

$$A_0 = \sum_{k=1}^n A_k \quad \text{Ekvation 13}$$

$$H_0 = \frac{\sum_{k=1}^n b_k h_k^2}{A_0} \quad \text{Ekvation 14}$$

Ekvation för att vikta sannolikheter

$$T_{utr} = (P_1 * f_1) + (P_2 * f_2) + (P_3 * f_3) + (P_4 * f_4) + (P_5 * f_5) \quad \text{Ekvation 15}$$

Bilaga B - Beräkning av effektkurvor

I detta avsnitt beskrivs hur respektive dimensionerande brandscenarios effektkurva har tagits fram, vilka förenklingar och antaganden som gjorts. Data för de olika objektens brandbelastning har tagits från empiriska försök på liknande objekt ur rapporten *Initial fires*, (Särdqvist, 1993). Då en deterministisk metodik använts för valet av brandscenarierna bör de konstruerade effektkurvorna representera ett värsta troliga scenario (Staffansson, 2010). Detta har tagits hänsyn till genom viss modifikation av kurvorna. Den huvudsakliga delen av modifikationen består i att förbrinntiden tagits bort för att få möjlighet att anpassa effektkurvorna enligt $\dot{Q} = \alpha * t^2$. Vid strålningsberäkningar antas brandspridning ske vid en infallande strålningseffekt på 10 kW/m² (Staffansson, 2010).

Till varje scenario genomförs en kontrollberäkning gällande om den maximala effekten i scenarierna är möjliga om branden blir ventilations- eller bränslekontrollerad. Ytterligare en beräkning görs för att undersöka om en övertändning kommer att ske i respektive scenario. Den maximala effekten för en eventuell övertändning beräknas med *Ekvation 11*. Endast arean på öppningen till korridoren används i ekvationen för att räkna konservativt med avseende på brandens tillgång på syre.

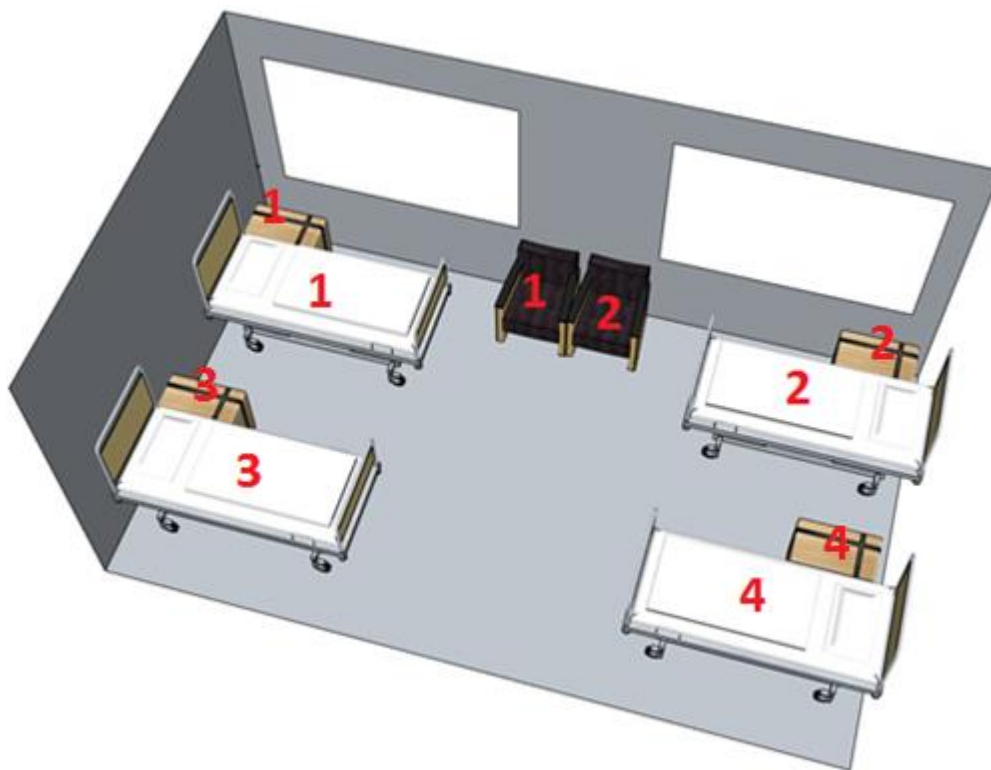
De föremål som används för att konstruera brandbelastningen i de olika scenarierna antas inte vara flamskyddad då dessa ska representera så många tänkbara bränder som möjligt.

B.1 Scenario A: Brand i fyrapatientrum.

Rummen är cirka 35 m² stora och består av en mindre hall som sedan öppnar upp sig till själva rummen. I anslutning till hallen finns det en toalett med en försumbar brandbelastning i jämförelse med patientrummet. Vid platsbesöket iaktogs att toalettdörrarna i de flesta rum var stängda. På grund av dessa faktorernas inte toaletterna med i vidare beräkningar för patientrummet.

I rummet finns fyra sängplatser med ett nattduksbord vardera samt två till tre stycken stoppade fåtöljer (se Figur B1). I rummet finns även gardiner och rörliga, avskärmande draperier men då dessa antas vara flamskyddade, enligt given information vid platsbesöket, och på grund av deras relativt låga brandbelastning tas dessa inte med i vidare beräkningar. Mindre lösa föremål, till exempel patienternas privata tillbehörigheter, försummas vid skapandet av effektkurvan.

Fåtöjlerna i rummet representeras av data från försöket Y5.2/78 (se Figur B7) som anses överensstämma bäst med verkligheten. Det är även i en av dessa som branden antas starta.



Figur B1. Översiktlig bild över patientrummet, Scenario A, samt numrering av inredningsdetaljer vilka refereras till i detta avsnitt.

B.1.1 Strålningsberäkning

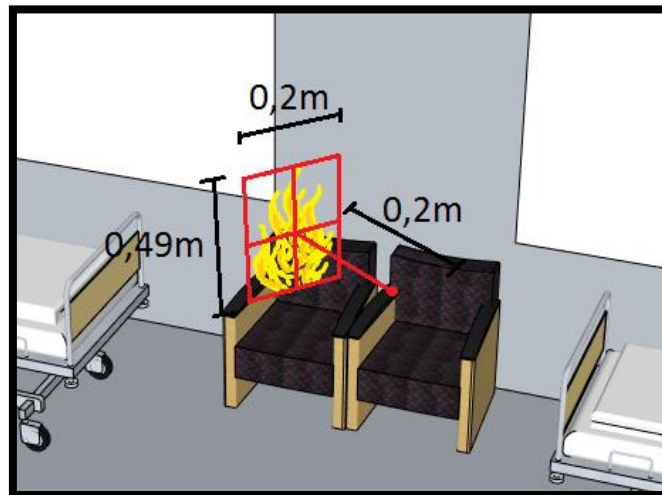
För beräkning av brandspridning mellan de olika inredningsdetaljerna i rummet via strålning har brandens bas antagits med relation till dess effektutveckling som tas från data för respektive objekt. De erhållna värdena för varje beräkning presenteras i *Tabell B1* i slutet av kapitlet. Då branden antas starta i fåtölj nummer 1, då rummets inredning är symmetriskt placerad, gör inte det någon större skillnad i brandförloppet vilken av fåtöljerna den startas i, men nu antas nummer 1. Strålningsberäkningarna visar i stort att branden först kommer att sprida sig vidare från den första fåtöljen till den andra och sedan stegvis vidare till alla sängarna. Det är det här som kommer redovisas i det här avsnittet.

Brandspridning nummer 1

Brandspridning nummer 1 innebär brandspridning från fåtölj 1 till fåtölj 2.

Figur B7 visar effektutvecklingskurvan för en stoppad stol som antagits representera en av stolarna i patientrummet. Det är i en sådan, placerad längst in i rummet mellan två fönster, som brandens startpunkt placerats. Vid tiden 300 sekunder efter brandens initiering antas en cirkulär brand med diametern 0,2 meter. För denna tidpunkt visar

beräkningar för brandspridning nummer 1 (se Tabell B1) att antändning av nästa fåtölj väntas ske (se Figur B2).



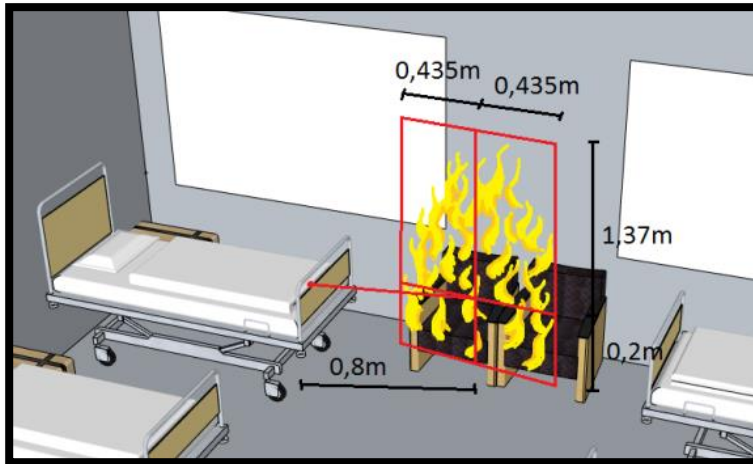
Figur B2. Beskrivande bild av brandens dimensioner vid brandspridning nummer 1, till nästa fåtölj.

Brandspridning nummer 2 – fåtölj 1 och 2 mot säng 1

Brandspridning nummer 2 innebär brandspridning från fåtölj 1 och 2 tillsäng 1.

Till effektutvecklingskurvan för en stoppad stol, som visas i *Figur B7*, adderas nu en likadan kurva tidsförskjuten med avseende på antändningstiden vilket ska representera att den andra fåtöljen antänts. För att ta hänsyn till den fortsatta infallande strålningen till stol nummer 2 har de inledande 120 sekunderna i ursprungskurvan kapats bort. Detta då den ursprungliga kurvan (se *Figur B7*) anger den orimliga effektutvecklingen på 0 kW avges under denna tid.

Vid tiden 480 sekunder efter brandens initiering antas en brandarea som ger en karakteristisk diameter på 0,87 meter för en cirkulär brand. För denna tidpunkt visar beräkningar för brandspridning nummer 2 (se Tabell B1) att antändning av den första sängen väntas ske (se *Figur B3*).

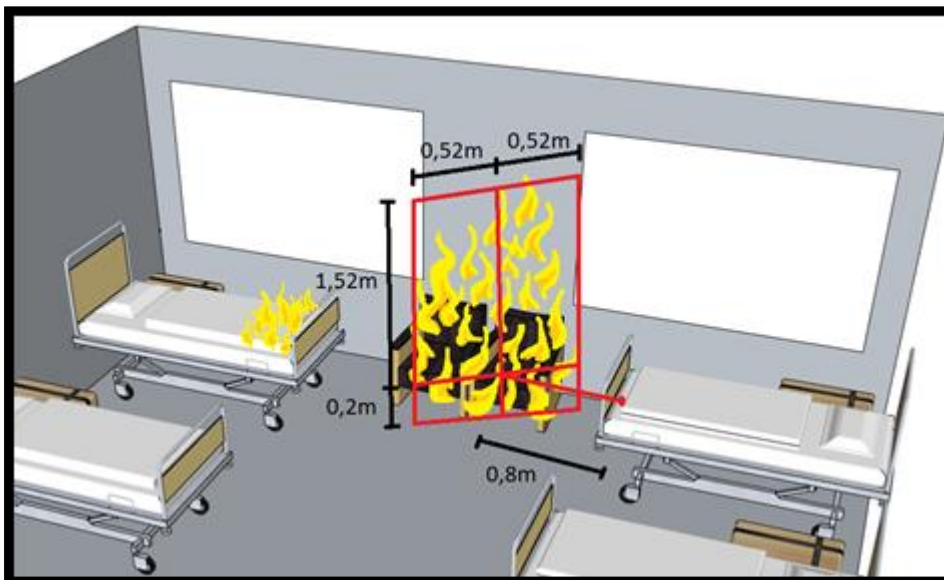


Figur B3. Beskrivande bild av brandens dimensioner vid brandspridning nummer 2, till första sängen.

Brandspridning nummer 3

Brandspridning nummer 3 innebär brandspridning från fåtölj 1 och 2 tillsäng 2.

Vid tiden 540 sekunder efter brandens initiering antas en brandarea som ger en karakteristisk diameter för en cirkulär brand på 1,03 meter. För denna tidpunkt visar beräkningar för brandspridning nummer 3 (se Tabell B1) att antändning av den andra sängen väntas ske (se Figur B4).



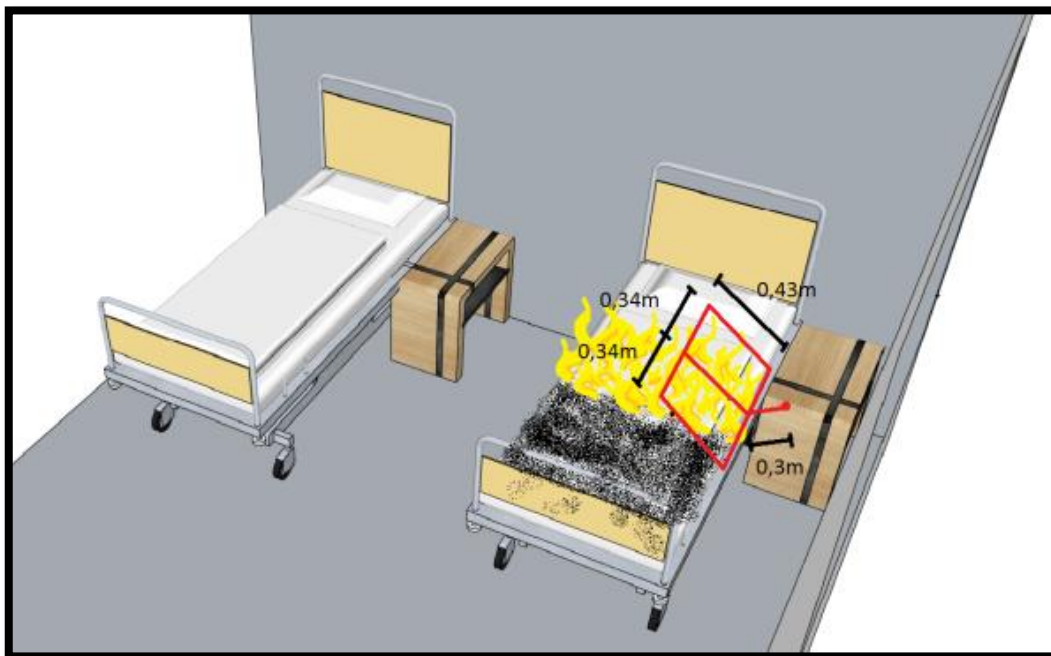
Figur B4. Beskrivande bild av brandens dimensioner vid brandspridning nummer 3, till andra sängen.

Brandspridning nummer 4

Brandspridning nummer 4 innebär brandspridning från säng 1 tillnattduksbord 1. Vilket antas ske vid samma brandskede för säng 2 och nattduksbord 2.

Figur B8 visar effektutvecklingskurvan för en sjukhussäng. För att ta hänsyn till den fortsatta infallande strålningen från fätöljerna har de inledande 210 sekunder från den ursprungliga effektkurvan kapats. Detta då enligt den ursprungliga kurvan (se Figur B8) anger den orimliga effektutvecklingen på 0 kW avges under denna tid.

Vid tiden 720 sekunder efter brandens initiering antas en brandarea som ger som ger en karakteristisk diameter för en cirkulär brand på 0,67 meter. För denna tidpunkt visar beräkningar för brandspridning nummer 4 (se Tabell B1) att antändning av det första nattduksbordet väntas ske (se Figur B5).

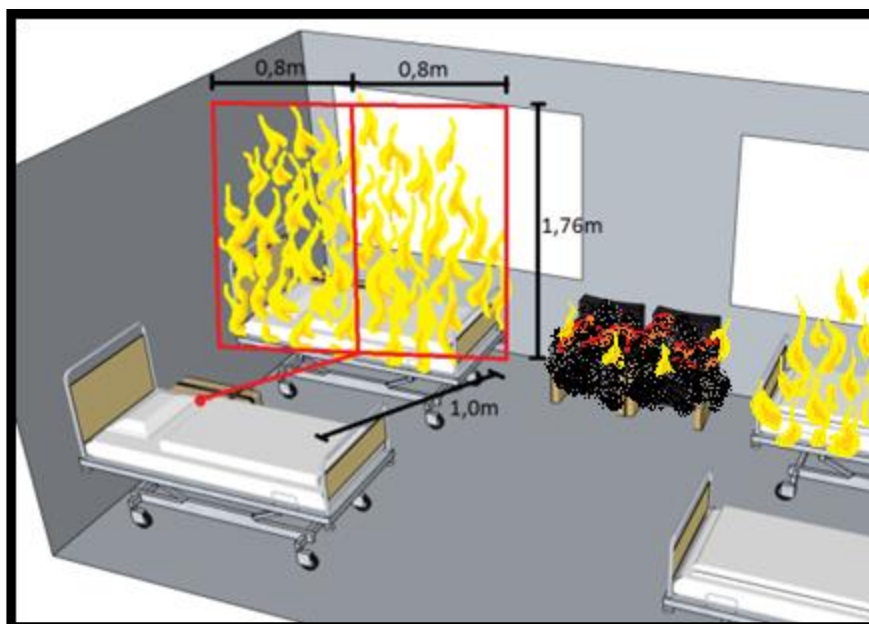


Figur B5. Beskrivande bild av brandens dimensioner vid brandspridning nummer 4, till första nattduksbordet.

Brandspridning nummer 5

Figur B9 visar effektutvecklingskurvan för ett nattduksbord. Denna har adderats till effektkurvan för en säng (se figur B8) med hänsyn tagen till dess tidsförskjutning för tidpunkten för dess antändning. Dessa tillsammans ger vid tiden 1140 sekunder efter ursprunglig brands initiering en brand med en karakteristisk diameter på 1,61 meter. För denna tidpunkt visar beräkningar för brandspridning nummer 5 (se Tabell B1) att antändning av säng och nattduksbord nummer 3 väntas ske (se Figur B6).

Den fjärde sängen antas antända under liknande förhållanden som för den tredje sängen (se Figur B6) men med en tidsförskjutning på 60 sekunder. Denna förskjutning gäller för hela den högra sidan av rummet eftersom branden initierades i den vänstra fåtöljen.



Figur B6. Beskrivande bild av brandens dimensioner vid brandspridning nummer 5, till tredje sängen och nattduksbordet.

Tabell B1. Värden för påvisad brandspridning enligt beräkningar med hjälp av strålningsmodell för patientrummet.

Brandspridning nr:	1	2	3	4	5
Effekt [kW]	20	355	480	50	800
Flamhöjd [m] ¹	0,575	1,57	1,72	0,43	0,59
S ₁ ²	0,35	0,32	0,34	0,77	0,67
S ₂ ²	0,35	0,46	0,39	-	-
α ₁ ³	0,7	0,93	1,23	1,60	0,17
α ₂ ³	0,7	0,136	0,17	-	-
Φ _{tot} ⁴	0,4	0,29	0,33	0,40	0,16
Infallande strålning [kW/m ²] ⁵	10,43	11,4	13,35	10,3	10,0
Tid till spridning [s]	300	480	540	720	1140

¹Flamhöjd beräknas med Ekvation 10

²Värdet för S beräknas med Ekvation 8

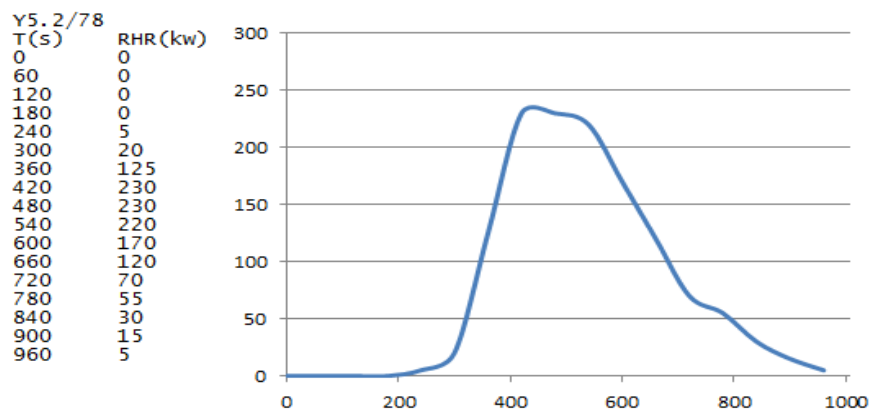
³Värdet för α beräknas med Ekvation 9

⁴Värdet för synfaktorn hämtas ur tabell (Drysdale, 2011)

⁵Den infallande strålningen beräknas med Ekvation 7

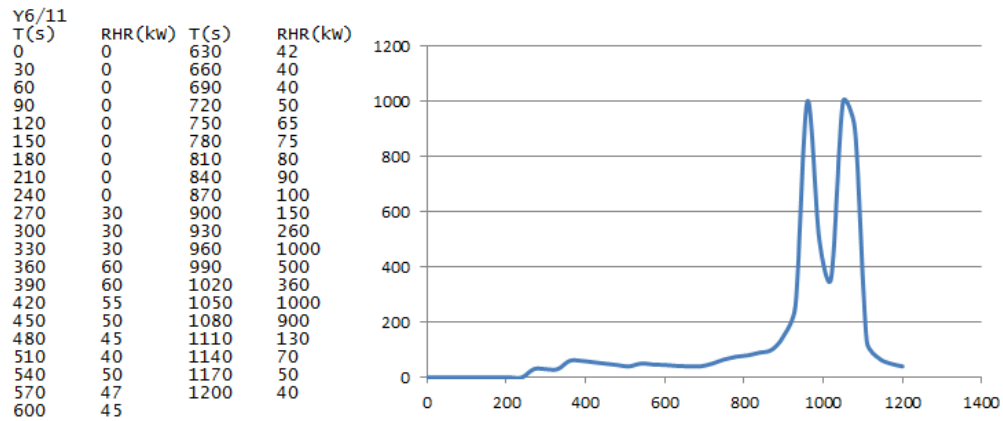
B.1.2 Konstruktion av total effektkuva

Den indata som använts för de olika objekternas effektutveckling samt konstruktionen av den totala effektutvecklingen för scenariot redovisas nedan.



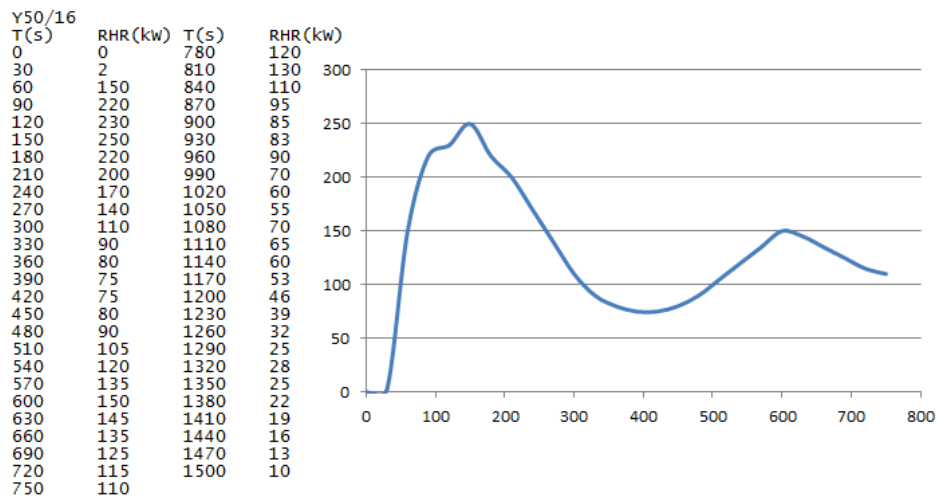
Figur B7. Illustrerar effektutvecklingskurvan tillsammans med dess data från försök Y5.2/78 (stoppad stol) (Särdqvist, 1993) som antas representera fåtöljerna i patientrummet (Scenario A).

Strålningsberäkningarna visar att branden först kommer att sprida sig vidare från den första fåtöljen till den andra och sedan vidare till två av sängarna. Sängarna antas representera av data från försöket Y6/11 (se Figur B8).



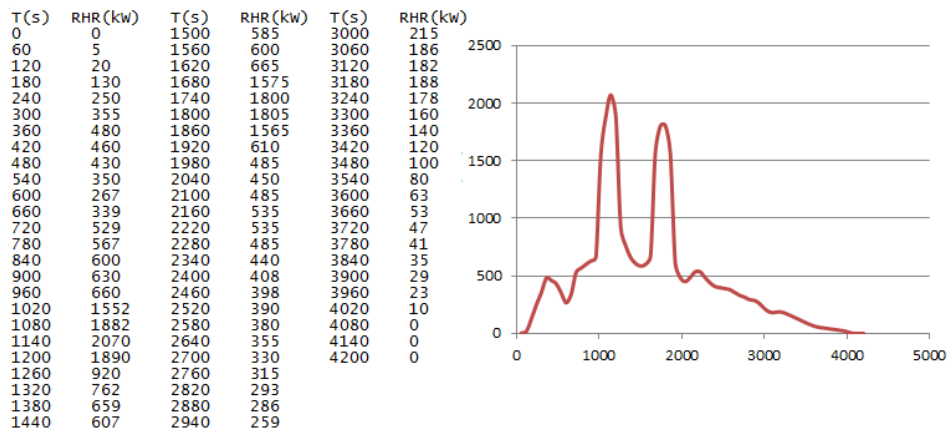
Figur B8. Illustrerar effektutvecklingskurvan tillsammans med dess data från försök Y6/11 (förbättrad sjukhussäng) (Särdqvist, 1993) som antas representera sjukhussängarna i patientrummet (Scenario A).

Beräkningar visar att branden kommer sprida sig vidare från sängarna till nattduksborden vilka representeras av data från försök Y5.0/16 (se Figur B9).



Figur B9. Illustrerar effektutvecklingskurvan tillsammans med dess data från försök Y5.0/16 (fyra stolar staplade på varandra) (Särdqvist, 1993) som ansåts representera nattduksbord i patientrummet (Scenario A).

Då alla olika föremåls förbränningsdata sätts samman med hänsyn tagen till deras olika antändningstidpunkter erhålls data för ett totalt brandförlopp för en brand i ett fyrapatientrum som illustreras i *Figur B10*. För att anpassa denna effektkurva till ett värsta troligt scenario enligt den använda deterministiska metodiken (Staffansson, 2010) har de inledande 180 sekunderna av kurvan kapats bort. Detta då en effektutveckling av 0 kW beskrevs ske under denna period.



Figur B10. Illustrerar effektutvecklingskurvan för det totala brandförloppet i patientrummet (Scenario A) tillsammans med dess data.

Bränsle- eller ventilationskontrollerad brand

En kontrollberäkning för att se om branden i scenariot kommer att vara ventilation- eller bränslekontrollerad ges nedan.

$$\dot{Q}_v = 1500 \times 2,4\sqrt{2} = 5091 \text{ kW}$$

Ekvation 4

$$A_0 = 1,2 \times 2 = 2,4$$

$$H_0 = 2$$

Vid effekten 5091 kW blir branden ventilationskontrollerad vilket är betydligt mer än den beräknade totala effekten i scenariot, 2070 kW. Detta medför att det är tillgången till bränsle som kommer att begränsa scenariot.

Övertändning

Beräkningar för kontroll om övertändning kan ske i rummet genomförs och redovisas nedan.

Tabell B2. Rumsdimensioner för Scenario A, fyrpatientsrum.
Rumsbredden är korrigerad med +0,5 meter för att ta hänsyn
Till volymen av hallen, som ingår i fyrpatientrummet.

Rumsdimensioner för fyrpatientrum

Längd [m]	Bredd [m]	Höjd [m]
7,0	4,8	3,0

Tabell B3. Använda värden för beräkning av den behövda
effektutveckling för övertändning, \dot{Q}_{fo} i fyrpatientrummet.

Fyrpatientrum	
$A_t [m^2]^1$	138
$A_0 [m^2]^2$	2,4
$H_0 [m]^3$	2,0
$\dot{Q}_{fo} [kW]^4$	2359

¹Beräknas med ekvation 10 och värden från Tabell B2

²Beräknas med ekvation 11 och värden från Tabell B2

³Beräknas med ekvation 12 och värden från Tabell B2

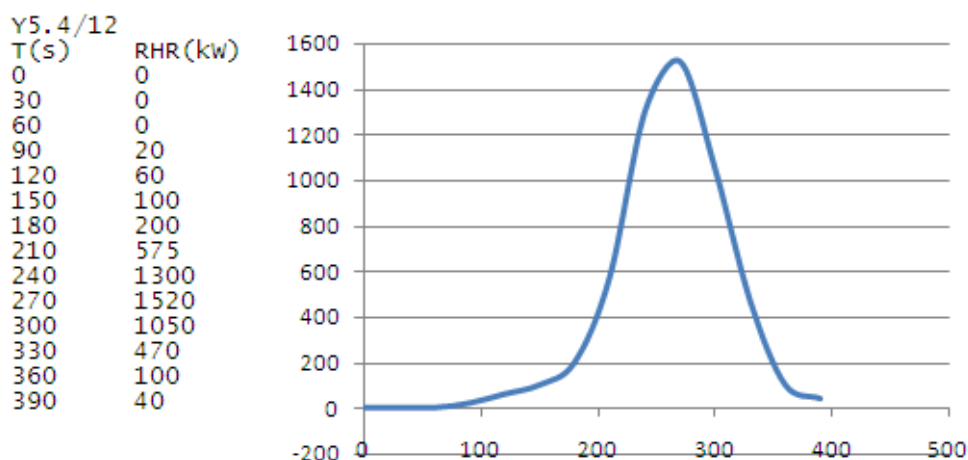
⁴Beräknas med ekvation 9

Jämförelse mellan beräkningar enligt *Tabell B3* och effektutvecklingen för fyrpatientrummet (se Figur B10) visar att en övertändning inte väntas ske i Scenario A, *Brand i fyrpatientrum*.

B.2 Scenario B: Brand i korridor.

Detta är ett relativt okomplicerat scenario med endast ett fåtal olika brännbara föremål i området. Scenariot beskriver en brand i ena änden av korridoren närmast hiss-hallen. I det här området finns det bland annat en soffa, ett litet bord, gardiner och andra lösa föremål (se Figur 5.4).

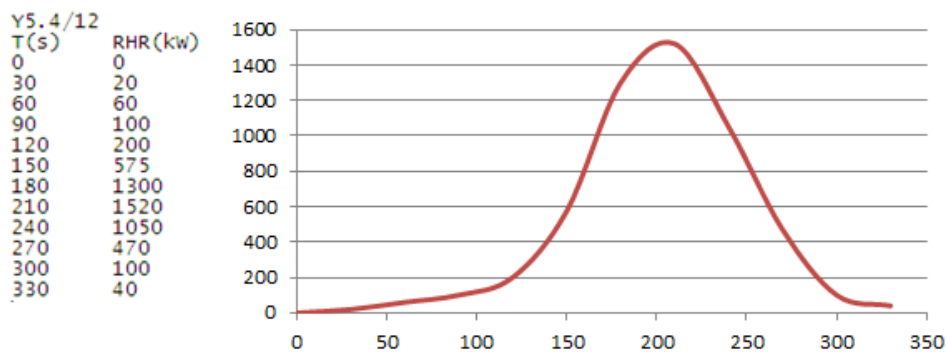
Första förenklingen som görs i detta scenario är att då soffan är den överlägset största brandbelastningen försummas resterande mindre föremåls belastning och endast soffan tas med i vidare beräkningar. Data ifrån försöket Y5.4/12 (se Figur B11) som motsvarar en stoppad soffa med polyuretanskumfyllning och en textilklädsel gjord av akryl antas representera soffan i korridoren.



Figur B11. Icke justerad data från försök Y5.4/12 (Särdqvist, 1993) vilket utgör basen för konstruktionen av effektkurvan för soffan i Scenario B.

Då ingen effektutveckling sker under de första 60 sekunderna bortser rapporten ifrån dessa (se Figur B11) för att anpassa kurvan till ett värsta troligt scenario enligt metodiken för en deterministisk analys (Staffansson, 2010).

Data som visas nedan i *Figur B12* representerar den färdiga effektkurvan för Scenario B som används för analys av brand- och utrymningssäkerhet.



Figur B12. Justerad data från försök Y5.4/12 (Särdqvist, 1993) vilket utgör den färdiga effektkurvan för en brand i soffan och således hela Scenario B.

Bränsle- eller ventilationskontrollerad brand

För detta scenario görs det en kvalitativ bedömning att det inte kan uppstå en ventilationskontrollerad brand på grund av korridorrens volym och syretillgång.

Övertändning

Genomförda beräkningar för kontroll om övertändning kan ske i rummet redovisas nedan.

Jämförelse mellan beräkningar enligt *Tabell B5* och effektutvecklingen för korridoren (se *Figur B12*) visar att en övertändning inte väntas ske i Scenario B, *Brand i korridor*.

Tabell B4. Rumsdimensioner för Scenario C, korridor.

Rumsdimensioner för korridor

Längd [m]	Bredd [m]	Höjd [m]
54,0	2,4	2,25

Tabell B5. Använda värden för beräkning av den behövda effektutveckling för övertändning, \dot{Q}_{fo} , i korridoren.

korridor	
$A_t [m^2]^1$	256,5
$A_0 [m^2]^2$	14,4
$H_0 [m]^3$	1,0
$\dot{Q}_{fo} [kW]^4$	14888

¹Beräknas med ekvation 10 och värden från Tabell B4

² Beräknas med ekvation 11, 16 stycken dörrar ($2 \cdot 0,9 m^2$) antas stå öppna till 50 procent.

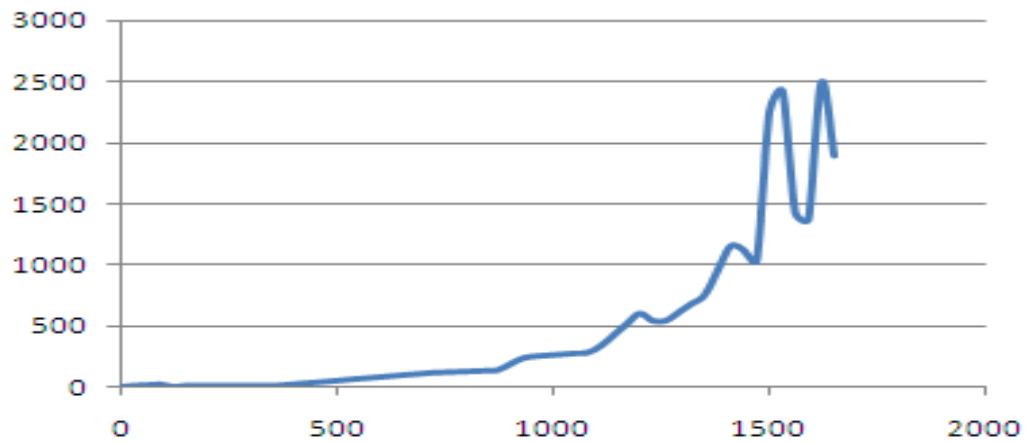
³Beräknas med ekvation 12 och värden från Tabell B4

⁴Beräknas med ekvation 9

B.3 Scenario C: Brand i reception.

Receptionen utgör ett rum med area på cirka $14 m^2$ och är öppet ut mot korridoren utan någon form av avskiljande dörr. Det finns även två mindre rum i anslutning till kontoret (se Figur 5.3). Det ena av dessa utgör ett mindre kontor, det andra består av ett enklare labb. Receptionen består av två arbetsplatser och en disk ut mot korridoren. Arbetsplatserna utgörs i stora drag av två stoppade kontorsstolar, två skrivbord i trä med varsin dator. Utöver detta finns det även ett par papperskorgar och två stycken bokhyllor med framförallt pärmar. De två arbetsplatserna skiljs åt av en träspaljé.

De två andra rummen som ligger i anslutning till receptionen kommer inte att tas med i beräkning för effektkurvan för detta scenario då de avskiljs med dörr från receptionen och således inte anses utgöra någon betydande del av effektutvecklingen för tidsperioden som är av intresse.



Y0/23					
T(s)	RHR(kw)	T(s)	RHR(kw)	T(s)	RHR(kw)
0	0	540	63	1110	335
30	10	570	71	1140	425
60	15	600	80	1170	515
90	20	630	89	1200	600
120	0	660	98	1230	540
150	10	690	106	1260	540
180	10	720	115	1290	610
210	10	750	119	1320	680
240	10	780	123	1350	750
270	10	810	127	1380	950
300	10	840	131	1410	1150
330	10	870	135	1440	1120
360	10	900	185	1470	1030
390	19	930	235	1500	2250
420	28	960	250	1530	2420
450	36	990	258	1560	1420
480	45	1020	265	1590	1370
510	54	1050	273	1620	2490
		1080	280	1650	1890

Figur B13. Illustrerar effektutvecklingskurvan tillsammans med dess data från försök Y0/23 (kontorsdel) (Särdqvist, 1993) som ansätts representera en arbetsplats i receptionen (Scenario C).

B.3.1 Strålningsberäkningar

Figur B13, ovan, visar en effektutveckling för en arbetsplats bestående av ett skrivbord, kontorsstol, dator samt en bokhylla. Detta har antagits representera en arbetsplats i receptionen. Branden antas starta på kontorsplatsen längst in i en papperskorg. När branden sprider sig till nästa kontorsdel beräknas med hjälp av en strålningsmodell.

Efter cirka 45 sekunder då branden har en effekt på 100 kW ger *Ekvation 8* en flamhöjd på 0,6 meter då branden antas vara cirkulär med en diameter på 0,4 meter. Vid denna tidpunkt antas branden befinna sig ovanpå bordet (se *Figur B14*) och den närmsta delen av den andra arbetsplatsen är kontorsstolen. Den uppskattas vara på ett avstånd av 0,6 meter från branden. Detta tillsammans med brandens dimensioner ger ett värde på $S = 0,667$ (*Ekvation 8*) och $\alpha = 0,1667$ (*Ekvation 9*) och som sedan ur en tabell (Drysdale, 2011) en total synfaktor på:

$$\Phi = 0,016$$

Med hjälp av synfaktorn och *Ekvation 7* beräknas den infallande strålningen från branden till stolen vara cirka 10 kW vid tiden 45 sekunder efter brandens start. Och således väntas även en brandspridning ske vid tiden 45 sekunder, se *Tabell B6*.

Tabell B6. Värden för påvisad brandspridning enligt beräkningar med hjälp av strålningsmodell för receptionen.

Effekt [kW]	Flamhöjd [m] ¹	S^2	α^3	Φ_{tot}^4	Infallande strålning [kW/m ²] ⁵	Tid till spridning [s]
100	0,6	0,667	0,1667	0,016	10	45

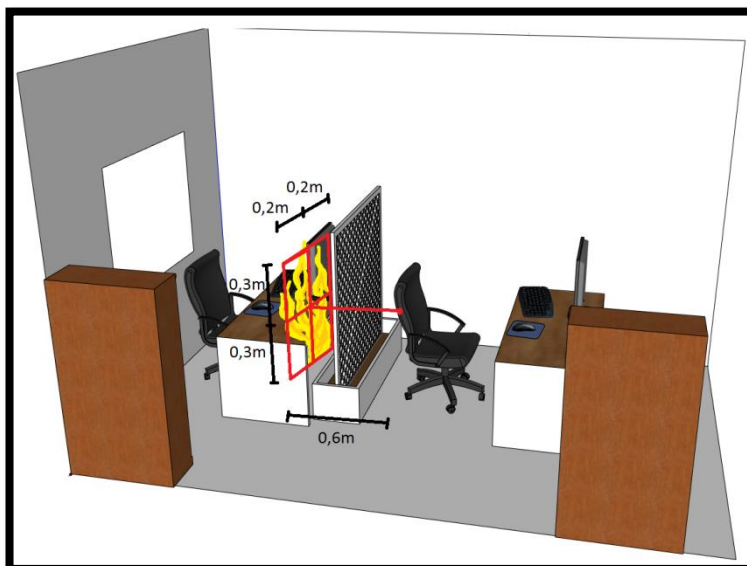
¹Flamhöjd beräknas med *Ekvation 10*

²Värdet för S beräknas med *Ekvation 8*

³Värdet för α beräknas med *Ekvation 9*

⁴Värdet för synfaktorn hämtas ur tabell (Drysdale, 2011)

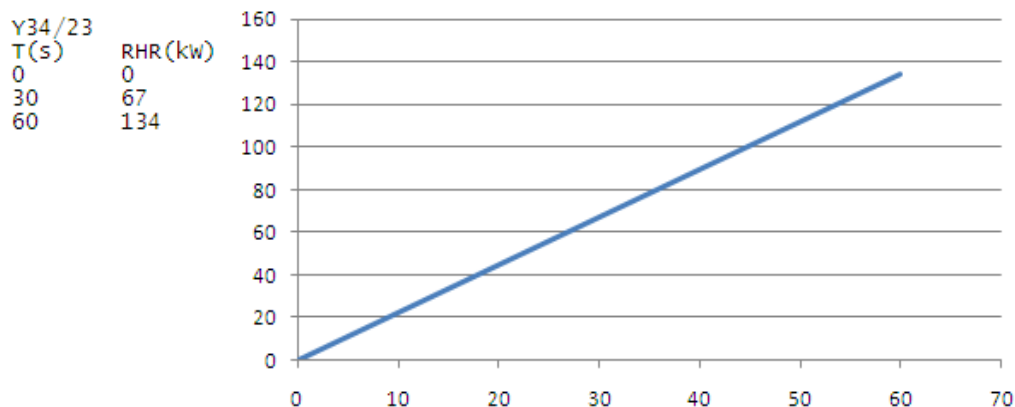
⁵Den infallande strålningen beräknas med *Ekvation 7*



Figur B14. Brandens placering och dimensioner vid förväntad spridning i receptionen.

B.3.2 Rummets totala effektkurva

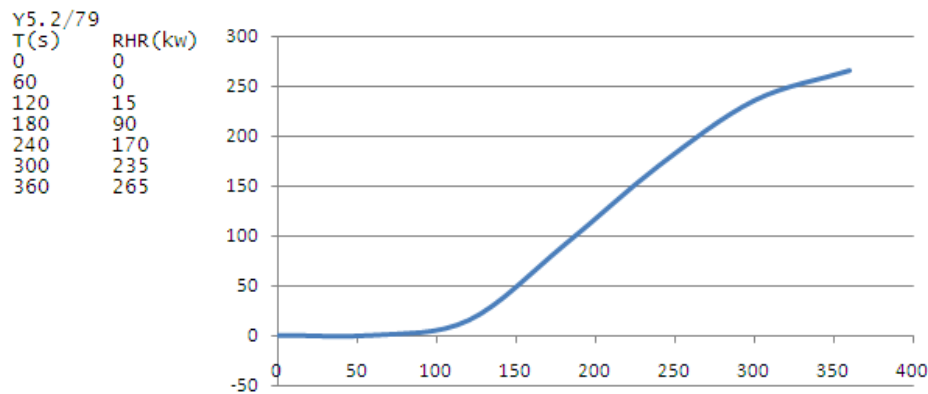
Då vetskapen om vid vilken effektutveckling som brandspridning väntas ske kan den totala effektkurvan för rummet konstrueras genom att addera respektive effektkurva till en total. Här nedan redovisas även modifikationer på de inledande faserna av branden för vardera kontors del för att representera det värsta troliga scenariot bättre.



Figur B15. Effektkurva för de inledande 60 sekunderna från försök Y34/23 (papperskorg) (Särdqvist, 1993) som används för att anpassa den inledande delen av den totala effektkurvan till branden på receptionen (Scenario C).

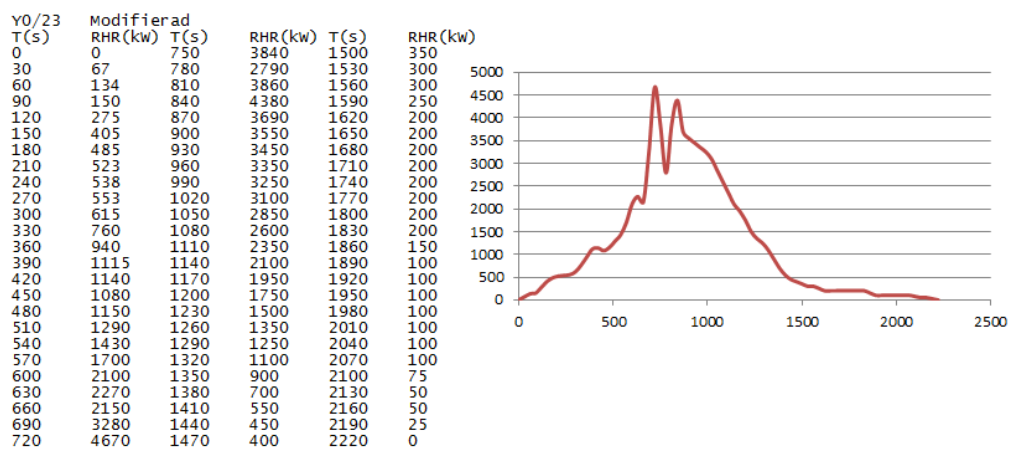
Försök Y0/23 (se Figur B13) som används för att representera en kontorsdel, som alltså kommer användas två gånger, en gång för vardera kontorsdel. Försökets data är inte helt tillämbart på det aktuella utrymmet där branden antas starta. Detta då ett värsta tänkbart scenario skulle kunna ha en betydligt mer intensiv initierande del ifall till exempel en papperskorg skulle fatta eld. Därför justeras effektkurvan till ett troligare värsta tänkbart scenario genom att använda data från Y34/23 (se Figur B15). Detta motsvarar en brinnande papperskorg vilket då utgör den inledande delen av effektkurvan enligt försök Y0/23.

Vidare används försöket Y5.2/79 (se Figur B16) som gjordes på en stoppad stol. För att brandförloppet vid brandspridningen mellan de två kontorssektionerna bättre ska överensstämma med den brandspridning som väntas ske från den ena till den andra arbetsplatsen.



Figur B16. Effektkurva för de inledande 360 sekunderna från försök Y5.2/79 (stoppad stol) (Särdqvist, 1993) som används för att anpassa spridningen mellan de två arbetsplatserna på receptionen (Scenario C).

Efter beräkning av tiden för brandspridning mellan de olika kontorsdelarna samt modifikation av de bådas inledande skede erhålls den totala effektutvecklingskurvan för receptionen (se Figur B17).



Figur B17. Illustrerar effektutvecklingskurvan för det totala brandförloppet på receptionen (Scenario C) tillsammans med dess data.

Bränsle- eller ventilationskontrollerad brand

En kontrollberäkning för att undersöka om branden i detta scenario kommer att vara ventilation- eller bränslekontrollerad visas nedan.

Den maximala effekten beräknas med *Ekvation 4*. Endast arean på öppningen till korridoren används i ekvationen för att räkna konservativmed avseende på brandens tillgång på syret.

$$\dot{Q}_v = 1500 \times 2,4\sqrt{2} = 8464 \text{ kW} \quad \text{Ekvation 4}$$

$$A_0 = 1,9 \times 2,1 = 3,99$$

$$H_0 = 2$$

Vid effekten 8464 kW blir branden ventilationskontrollerad vilket är betydligt mer än den beräknade totala effekten i scenariot, 4670 kW. Detta medför att det är tillgången till bränsle som kommer att begränsa scenariot

Övertändning

Nedan görs beräkningar för att avgöra om det kan komma att ske en övertändning i rummet.

Tabell B7. Rumsdimensioner för Scenario C, reception.

Rumsdimensioner för Reception		
Längd [m]	Bredd [m]	Höjd [m]
4,8	3,0	3,0

Tabell B8. Använda värden för beräkning av den behövda effekt-utveckling för övertändning, \dot{Q}_{fo} i receptionen.

Reception	
$A_t [\text{m}^2]^1$	75,6
$A_0 [\text{m}^2]^2$	4,0
$H_0 [\text{m}]^3$	2,0
$\dot{Q}_{fo} [\text{kW}]^4$	2727

¹Beräknas med Ekvation 7 och värden från Tabell B7

²Beräknas med Ekvation 8 och värden från Tabell B7

³Beräknas med Ekvation 9 och värden från Tabell B7

⁴Beräknas med Ekvation 6

Jämförelse mellan beräkningar enligt *Tabell B8* och effektutvecklingen för receptionen (se Figur B17) visar att en övertändning väntas ske i receptionen vid en effektutveckling på $\dot{Q}_{fo} = 2727 \text{ kW}$.

Med avseende på effektkurvans utseende för receptionen (se Figur B17) skulle ingen större förändring göras i dess tillväxt del. Endast någon mindre korrigerings under "steady state" för att sedan återgå till en identisk avsvagningsfas. Detta då den redan påvisar en snabb tillväxt i klass med en övertändning. Då effektkurvan enligt *Figur B17* enbart kommer användas som en grov mall för effektutvecklingen i datorsimuleringsprogrammet *CFAST* kommer denna mindre korrigerings inte att göras på effektkurvan för Scenario C, *Brand i reception*. Den kan däremot komma att kunna vara med i eventuella resonemang och diskussioner.

Bilaga C - Detektionstid i Detact-T2

I denna bilaga presenteras antaganden gjorda för Detact-T2 för beräkning av detektionstid.

C.1 Antaganden

Nedan i *Tabell C1* följer den indata som används i Detact-T2 för de olika scenarierna.

Tabell C1. Indata till DetactT2 för samtliga scenarier.

Parameter	Indata i Detact-T2
Starttemperatur	20 °C
Aktiveringstemperatur	33 °C
RTI	1
Höjd (Scenario A)	3 m
Deckaravstånd (Scenario A)	3 m
Höjd (Scenario B)	2,28 m
Deckaravstånd (Scenario B)	8 m
Höjd (Scenario C)	3 m
Deckaravstånd (Scenario C)	2 m

Enligt Nilsson & Holmstedt, 2008, ges riktmärket för rökdetektorer en aktivering vid temperaturskillnaden 13 °C samt vid ett mycket lågt RTI. Av den anledningen har aktiveringstemperaturen 33 °C valts samt ett RTI värde på $1 \sqrt{m \cdot s}$ för samtliga rökdetektorer.

Vad som inte nämnts i *Tabell C1* är de alfavärden som används vid varje simulering. Eftersom alfavärdena varierar mellan simuleringarna presenteras de i samband med resultaten för både Detact-T2 och CFAST i *Bilaga D*.

De höjder som används vid beräkning av detektionstiden motsvarar de höjder rummen i verkligheten har samt används i samtliga brandsimuleringar för kritiska förhållanden. Avståndet till en detektor i patientrummen och receptionen väljs till mitten av den längsta längddimensionen. Till exempel är receptionen fyra meter djup (djupet är den längsta dimensionen i detta rum) och detektorn placeras därför på avståndet två meter. I korridoren sitter detektorerna med 16 meters mellanrum och därför väljs avståndet åtta meter då detta är det längsta avstånd en brand skulle kunna befinna sig i förhållande med den ena detektorn.

Bilaga D – CFAST

I denna bilaga beskrivs de förenklingar och materialdata som använts i simuleringarna samt resultaten. En beskrivning av hur de kritiska värden som används i analysen tagits fram bifogas samt en indatafil som beskriver hur geometrin har byggts upp. Avslutningsvis finns en indatafil för simuleringen med brandcellsgräns samt resultaten från simuleringarna.

D.1 Förenklingar i CFAST simulering

CFAST kan enbart hantera rektangulära utrymmen vilket medför att varken varierande takhöjd eller delar av utrymmen som avviker från att vara ett rätblock kan simuleras. Av denna anledning delas patientrummen upp i en rumsdel samt en halldel med en helt öppen ventilationsöppning mellan. Även takhöjden i hallen är i två olika nivåer och i simuleringen väljs den högre av dessa.

Programmet har begränsningen att maximalt 30 rum kan finnas med i simuleringen vilket medför att förenklingar genom sammanslagna och borttagna rum har genomförts. De tre rum som är egna brandceller försummas då de inte antas påverkas under de första 30 minuterna av ett brandförlopp. Matsalen, trapphallen samt trapphuset är de utrymmen som är egna brandceller. Samtliga toaletter som finns i anslutning till patientrummen saknas i simuleringen vilket motsvarar att dörrarna till dessa utrymmen är stängd. De utrymmen som har slagits ihop är markerade gråa i *Figur D1* och de som saknas är svarta. Inget av rummen utgör brandrum i de scenarion som har valt att analyseras. Dörrarna till respektive rum har de slagits samman till en då programmet endast kan hantera en öppning per rum.



Figur D1 Förenklingar gjorda i geometrin för att ta hänsyn till begränsningar i det använda programmet CFAST.

Rummens dimensioner varierar något mellan de mätningar som genomfördes under platsbesöket i jämförelse med de mått som anges i de ritningar som finns tillgängliga. Detta medför att dimensionerna som används i simuleringen antas ha en felmarginal på upp till 0,2 meter. Programmet kan inte hantera att väggarna har en tjocklek vilket medför att korridoren inte får sin fullständiga längd då väggen har placerats i nivå med korridorens sista rum. Korridoren i simuleringen är drygt en meter kortare än den är i verkligheten.

För att skapa en brand i CFAST med en specifik tillväxthastighet, α_{gr} , krävs information gällande tiden till 1 MW, maximal effekt, tiden med konstant effekt samt av-svalningsfasens längd. För samtliga scenarier genomförs ett antal simuleringar med varierande tillväxthastighet. För varje effektutvecklingskurva som har tagits fram till vardera scenario anpassas ytterligare en kurva som används för att ta fram de uppgifter som behövs i CFAST. I kurvan antas de höga effekttopparna ta ut de delar av kurvan som påvisar sänkningar av effekten vilket ger en konstant effekt mellan extremvärdena.

De tillväxthastigheter som simuleras varierar utifrån den kurva som tagits fram för att stämma överens med det aktuella scenariot. Förutom den ursprungliga effektutvecklingskurvan genomförs fyra simuleringar där två långsammare samt två snabbare tillväxthastigheter används. Ytterligare fyra simuleringar genomförs med de tillväxthastigheter som omnämns av Karlsson & Quintiere, 2000. I *Tabell D1* redovisas de olika data som använts i CFAST gällande de bränder som har skapats.

När en brand konstrueras i CFAST avges även materialegenskaper för det bränsle som är aktuellt i scenariot. I de scenarion som analyseras antas receptionens inredning av cellulosa och soffan samt fåtöljerna representeras av polystyren.

De materialdata som använts vid simuleringarna anges i *Tabell D1* och är hämtade ur Drysdale, 2009, förutom molmassan. Cellulosa antas ha den kemiska formeln $C_6H_{10}O_5$ ⁵, vilket exempelvis motsvarar dietylkarbonat, där molmassan bestäms till 0,106 kg/mol (NIST2). För polystyren används molmassan 0,104 kg/mol (NIST3). Värdet gällande "heat of gasification" för cellulosa är ett genomsnitt av värden som anges för olika träslag. Även värdet gällande "radiative fraction" för polystyren är ett genomsnitt av de värden som anges (Drysdale, 2009).

Tabell D1. De materialdata som har använts för att skapa bränderna i CFAST.

	Molmassa [kg/mol]	Heat of combustion [kJ/kg]	Heat of gas- ification [kJ/kg]	Volatilization temperature [°C]	Radiative fraction [-]
Patientrum	0,104	41600	1760	348	0,286
Reception	0,106	16100	2896	291	0,365
Korridor	0,104	41600	1760	348	0,286

⁵ Patrick Van Hees, Professor vid avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola. (2013-03-13)

D.2 Kritiska förhållanden, simuleradeeffekter och resultat

Inledningsvis beskrivs i detta avsnitt hur de kritiska förhållandena som definieras i denna analys har tagits fram. Sedan följer en redovisning av de αt^2 -kurvor som används i simuleringen av respektive scenario. Vidare redovisas även resultaten avseende tiden till kritiska förhållanden för respektive scenario samt tiden till detektion som tagits fram med Detact-T2.

D.2.1 Värden för kritiska förhållanden

Den höjd på brandgaslagret som anses vara acceptabel, se *avsnitt 4.3.3*, beräknas med *Ekvation 5*. Höjden är beroende på rumshöjden vilket medför att det kritiska värdet är olika för korridoren och patientrum/reception. Patientrummets höjd på 3 meter ger vid insättning i *Ekvation 5* en kritisk höjd på ca 1,9 meter. I korridoren blir motsvarande nivå virka 1,8 meter då takhöjden är 2,25 meter.

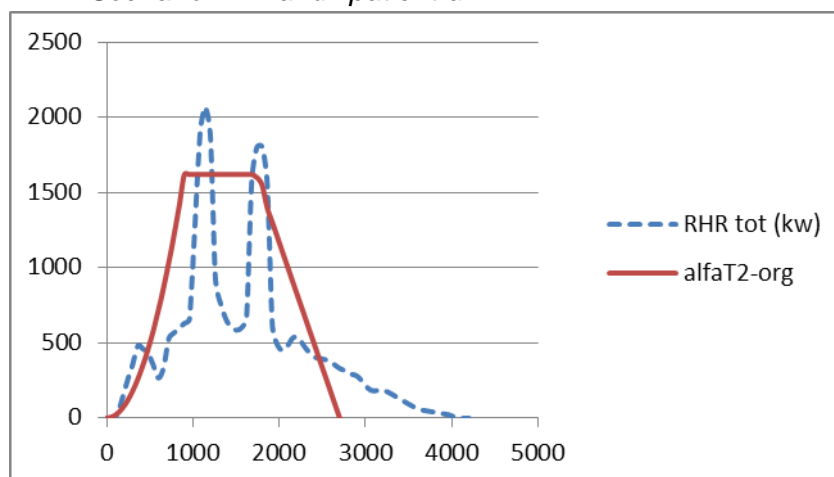
$$\text{Kritisk höjd} = 1,6 + 0,1 * H$$

Ekvation 5

Tiden till att brandgaslagret avger en kritisk mängd strålning har bestämts genom att beräkna den temperatur som krävs för att nivån $2,5 \text{ kW/m}^2$, se *avsnitt 4.3.2*, skall nås. Temperaturen löses ut ur *Ekvation 6* och denna jämförs med resultaten från CFAST.

Synfaktorn i strålningsbräkningen antas vara 1 då arean på den strålade ytan (brandgaslagrets undersida) bedöms vara stor i förhållande till avståndet mellan ytan och en person. Detta ger antagandet att i stort sett all strålning som avges träffar en person i rummet (jämför *Ekvation 8* och *9*) detta ger också ett konservativt värde på temperaturen. ϵ antas vara 0,7 vilket är värdet för sotande bränslen (Drysdale, 2011). Insättning av dessa värden i *Ekvation 6* ger en kritisk temperatur på cirka $230 \text{ }^\circ\text{C}$.

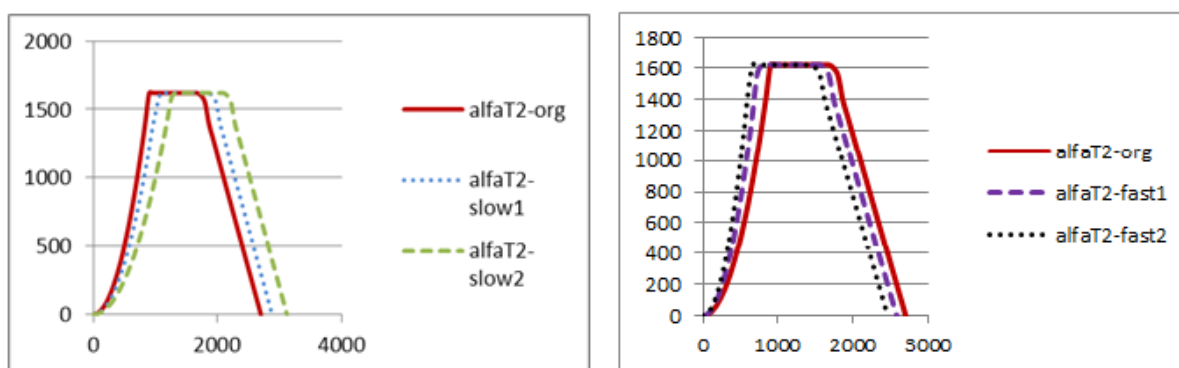
D.2.2 Scenario A: Brand i patientrum



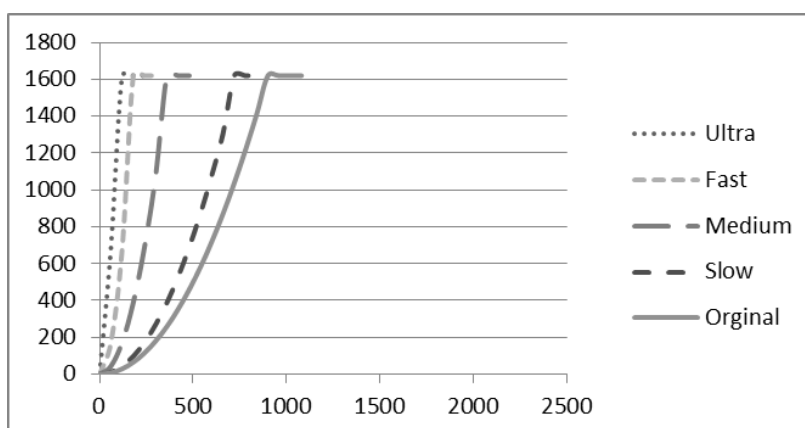
Figur D2 Anpassning av effektkurvan till en αt^2 -kurva.

Den framtagna effektutvecklingen approximeras till en motsvarande αt^2 -kurva för simulering i CFAST (se Figur D2) och kurvan kommer att benämnas som alfaT2-org. Förutom alfaT2-org kommer två långsammare och två snabbare tillväxthastigheter (se

Figur D3) att simuleras vilket ger en känslighetsanalys av resultaten. De fyra standardkurvor som omnämns av Karlsson & Quintiere, 2000, simuleras (se Figur D4).



Figur D3 Visar de två snabbare och de två långsammare kurvorna som blivit framtagna till simuleringarna i CFAST.



Figur D4 Standard kurvor som omnämns av Karlsson & Quintiere, 2000, samt original kurvan alfaT2-org.

I *Tabell D2* och *D3* redovisas tiden till kritiska förhållanden för respektive tillväxthastighet för patientrummet och korridoren. I dessa fall är det kriteriet för brandgaslagrets höjd som uppnås först. I *Tabell C.2* finns även tiden till detektion med.

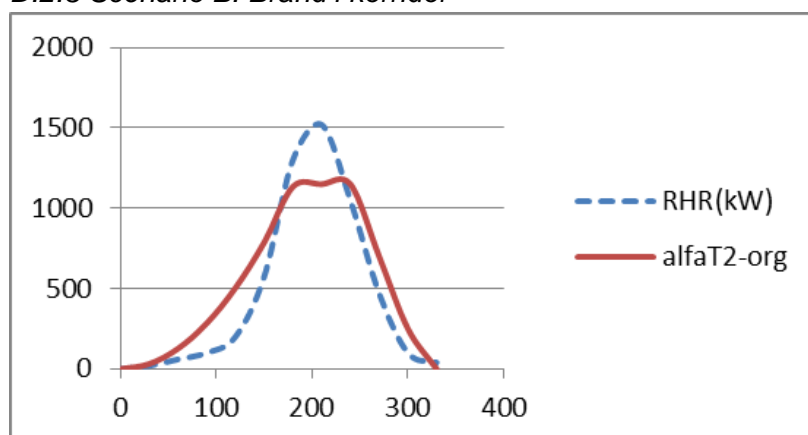
Tabell D2. Tiden till kritiska förhållanden för brand i patientrummet samt tid till detektion.

Patientrum				
α	Tid till kritiska förhållanden [s]	Brandgaslagrets höjd [m]	Brandgaslagrets temperatur [C°]	Detektionstid [s]
0,001	90	1,9	28,03	227
0,0015	90	1,9	28,03	193
0,002	90	1,83	30,65	172
0,003	80	1,88	31,31	146
0,003	80	1,88	31,32	146
0,004	80	1,88	31,31	131
0,012	70	1,78	44,32	87
0,047	50	1,86	44,32	54
0,19	40	1,75	95,86	35

Tabell D3. Tiden till att kritiska förhållanden uppstår i korridoren vid brand i patientrum.

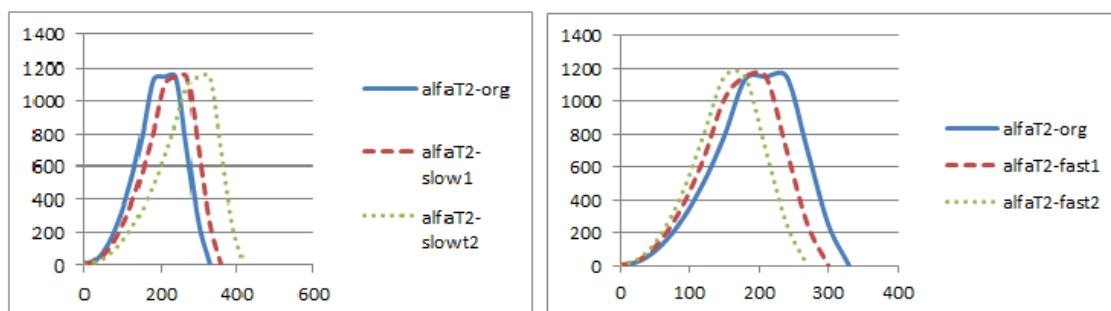
Korridor					
α	Tid till kritiska förhållanden [s]	Brandgaslagrets höjd [m]	Brandgaslagrets temperatur [C°]		
0,003	250	1,78	26,26		
0,0045	250	1,78	26,26		
0,0055	220	1,78	28,96		
0,0065	200	1,79	30,59		
0,0075	200	1,79	30,57		
0,0085	200	1,79	30,57		
0,012	150	1,79	40,3		
0,047	110	1,77	55,75		
0,19	80	1,71	82,09		

D.2.3 Scenario B: Brand i korridor

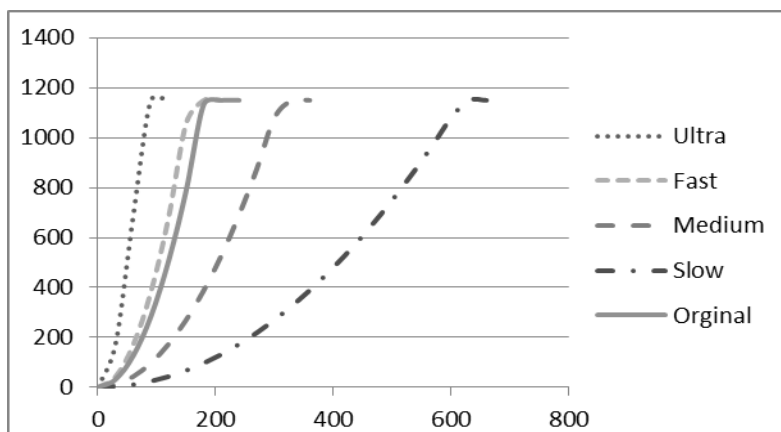


Figur D5 Anpassning av effektkurvan till en α^2 -kurva.

Den framtagna effektutvecklingen approximeras till en motsvarande α^2 -kurva för simulering i CFAST (se Figur D5) och kurvan kommer att benämnas som alfaT2-org. Förutom alfaT2-org kommer två långsammare och två snabbare tillväxthastigheter (se Figur D6) att simuleras för att ge en känslighetsanalys av resultaten. De fyra standardkurvor som omnämns av Karlsson & Quintiere, 2000, simuleras (se Figur D7).



Figur D6 Visar de två snabbare och de två långsammare kurvorna som blivit framtagna till simuleringarna i CFAST.



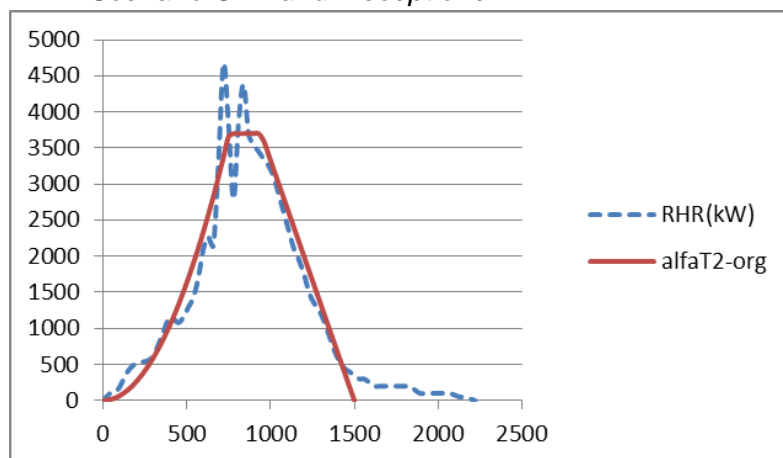
Figur D7 Standard kurvor som omnämns av Karlsson & Quintiere, 2000, samt original kurvan αT^2 -org.

I *Tabell D4* redovisas tiden till att kritiska förhållanden uppkommer vid brand i korridoren. Enbart i fallet med den lägsta tillväxthastigheten uppfylls kriteriet gällande en låg höjd på brandgaslagret först och i övriga fall gäller att temperaturen blir så hög att kritisk strålning avges. Även tiden till detektion anges.

Tabell D4 Tiden till kritiska förhållanden för brand i korridoren samt tid till detektion.

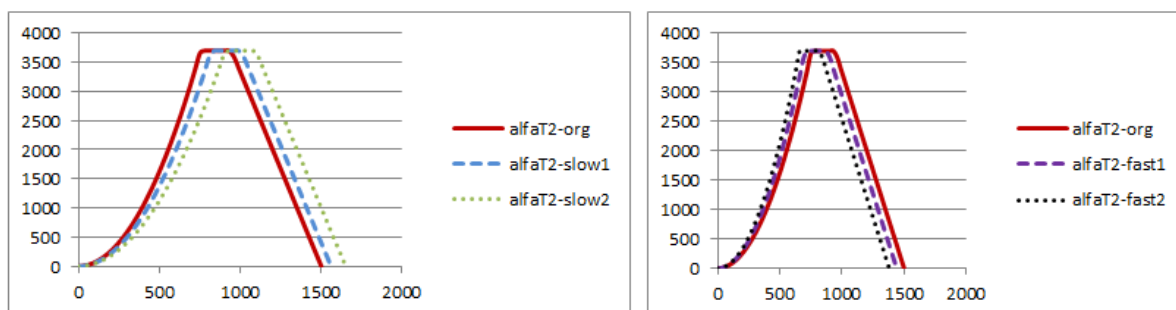
α	Tid till kritiska förhållanden [s]	Brandgaslagrets höjd [m]	Brandgaslagrets temperatur [C°]	Detektionstid [s]
0,003	450	1,79	131,94	241
0,012	280	1,9	230,32	143
0,015	250	1,9	230,47	132
0,025	200	1,9	239,08	110
0,035	170	1,89	239,41	98
0,045	140	1,88	228,6	91
0,047	140	1,88	228,62	88
0,055	130	1,88	229,06	85
0,19	80	1,83	249,72	58

D.2.4 Scenario C: Brand i receptionen

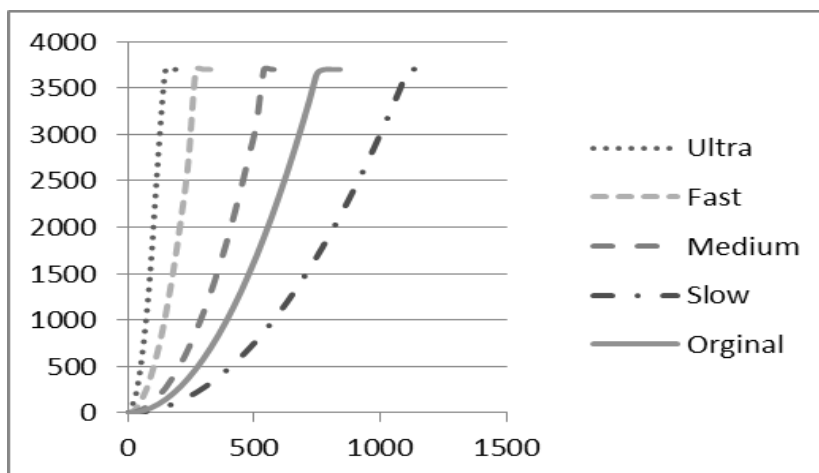


Figur D8 Anpassning av effektkurvan till en α^2 -kurva.

Den framtagna effektutvecklingen approximeras till en motsvarande α^2 -kurva för simulering i CFAST (se Figur D8) och kurvan kommer att benämnas som alfaT2-org. Förutom alfaT2-org kommer två långsammare och två snabbare tillväxthastigheter (se Figur D9) att simuleras, detta ger en känslighetsanalys av resultaten. De fyra standardkurvor som omnämns av Karlsson & Quintiere, 2000, simuleras (se Figur D10).



Figur D9 Visar de två snabbare och de två långsammare kurvorna som blivit framtagna till simuleringarna i CFAST.



Figur D10 Standard kurvor som omnämns av Karlsson & Quintiere, 2000, samt original kurvan alfaT2-org.

I *Tabell D5* och *6* redovisas tiden till kritiska förhållanden för respektive tillväxthastighet för receptionen och korridoren. I dessa fall är det kriteriet för brandgaslagrets höjd som uppnås först. I *Tabell D5* finns även tiden till detektion med.

Tabell D5 Tid till kritiska förhållanden uppkommer i receptionen samt tiden till detektion.

Reception				
α	Tid till kritiska förhållanden [s]	Brandgaslagrets höjd [m]	Brandgaslagrets temperatur [C°]	Detektionstid [s]
0,003	50	1,78	31,31	122
0,0045	50	1,75	33,37	104
0,0055	40	1,89	31,27	97
0,0065	40	1,87	32,05	91
0,0075	40	1,86	32,77	56
0,0085	40	1,84	33,43	82
0,012	40	1,81	35,47	73
0,047	30	1,9	39,83	46
0,19	30	1,67	74,74	30

Tabell D6 Tid till att kritiska förhållanden uppkommer i korridoren vid brand i receptionen.

Korridor			
α	Tid till kritiska förhållanden [s]	Brandgaslagrets höjd [m]	Brandgaslagrets temperatur [C°]
0,003	170	1,77	35,52
0,0045	150	1,8	37,03
0,0055	150	1,77	40,13
0,0065	140	1,8	40,13
0,0075	140	1,78	42,55
0,0085	140	1,77	44,96
0,012	130	1,77	48,9
0,047	100	1,73	75,08
0,19	70	1,73	108,32

D.3 Osäkerheter

Osäkerheter gällande simuleringarna i CFAST bygger främst på de tillväxthastigheter som valts att simuleras. Den anpassningen som har genomförts av de konstruerade effektutvecklingskurvorna är ett approximativt medelvärde och antas inte ge stora variationer gällande resultaten.

I övrigt medför den valda geometrin ett antal förenklingar när det gäller både dimensioner och rum som har plockats bort. Att rum har plockats bort medför att ingen brandgasspridning kan ske till dessa utrymmen. Dock handlar det om små utrymmen som toaletter samt egna brandceller och därför bör detta ha mindre betydelse för rök-fyllnaden i korridoren.

Många antaganden har gjorts gällande materialens egenskaper både när det gäller rummets väggar och golv men även de material som utgör brandbelastningarna. Exempelvis antas cellulosa motsvara trä då det i verkligheten endast utgör en del av materialets innehåll. Samtliga bränder som innefattar någon form av stoppad möbel har representerats av polystyren vilket är en grov förenkling av verkligheten. Dessa antaganden påverkar tiden till kritiska förhållanden då mängden avgiven brandgas påverkas. Det är svårt att veta om detta under- eller överskattar resultatet då inte tillräckliga data finns för att exakt efterlikna de verkliga scenarierna.

Ingen hänsyn till den befintliga ventilationen har tagits i simuleringarna. Om branden i simuleringen tillförs mer syre än i verkligheten kan resultatet förvärras då branden förblir bränslekontrollerad i simuleringen. Detta är aktuellt för fallet där brandcellsgränsen simuleras eftersom ingen beräkning gällande bränslekontroll har genomförts. Ingen undersökning har genomförts gällande ventilationens kapacitet att evakuera brandgaser vilket skulle kunna påverka tiden till kritiska förhållanden till det bättre.

D.4 Simulering av brandcellsgräns

Vid simuleringen av åtgärden att skapa en brandcellgräns simulerades enbart halva avdelningen, och då den delen som är större eftersom fler patienter befinner sig här. I simuleringen stängs samtliga dörrar till de rum som ansluter till korridoren när detektion sker. Vad gäller indata för material och brandens effektutveckling är det samma som i de tidigare simuleringarna. Nedan finns indatafilen för simuleringen av brand i korridoren med en brandcellsgräns installerad. Det kriteriet som uppstår först är ett lågt brandgaslager.

Tabell D7 Tid till kritiska förhållanden vid brand i korridoren när en brandcellsgräns har installerats.

Korridor			
α	Tid till kritiska förhållanden [s]	Brandgaslagrets höjd [m]	Brandgaslagrets temperatur [C°]
0,003	250	1,73	89,75
0,035	110	1,67	141,67
0,19	70	1,56	213,1

D.5 Indatafil

I detta avsnitt återfinns indatafilerna för den geometri som har använts i simuleringarna med och utan installerad brandvägg.

Indatafil för geometri.

```
VERSN,6,CFAST Simulation
!!
!!Environmental Keywords
!!
TIMES,2700,-50,0,10,10
EAMB,293.15,101300,0
TAMB,293.15,101300,0,50
CJET,WALLS
CHEMI,10,393.15
WIND,0,10,0.16
!!
!!Compartment keywords
!!
COMPA,2 Patientrum 031,4.9,4.3,3,4.4,9.9,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPA,2 Patientrum 033,4.4,3,3,9.3,9.9,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPA,4 Patientrum 035,7.4,3,3,13.3,9.9,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPA,4 Patientrum 038,7.4,3,3,20.3,9.9,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPA,4 Patientrum 040,7.4,3,3,27.3,9.9,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPA,4 Patientrum 043,7.4,3,3,34.3,9.9,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPA,4 Patientrum 045,4.4,3,3,41.3,9.9,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPA,2 Patientrum 031 Hall,1.9,2.3,2,7.4,7.6,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPA,2 Patientrum 033 Hall,2.2,3,2,11.3,7.6,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPA,Personalrum,4.4,6.6,3,45.3,7.6,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
```

COMPACT,4 Patientrum 035 Hall,2.5,2.3,2,15.85,7.6,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPACT,4 Patientrum 038 Hall,2.5,2.3,2,22.3,7.6,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPACT,4 Patientrum 040 Hall,2.5,2.3,2,29.9,7.6,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPACT,4 Patientrum 043 Hall,2.4,2.3,2,36.3,7.6,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPACT,2 Patientrum 045 Hall,2,2.3,2,43.3,7.6,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPACT,Kök 027+28,5.4,4.8,3,5.9,0.4,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPACT,23+22,6.6,4.8,3,18.3,0.4,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPACT,Sköljrum/soprum 018+019,5.6,4.8,3,24.9,0.4,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPACT,017 Exp ,2.75,4.8,3,30.5,0.4,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPACT,016 Akutrum,3.65,4.8,3,33.25,0.4,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPACT,013 Reception,3.4,8,3,36.9,0.4,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPACT,015,3.2,2.5,3,39.9,0.4,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPACT,011 Exp,3.2,4.8,3,43.1,0.4,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPACT,009 Sekr,3.2,3.2,3,46.3,0.4,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPACT,009B korridor,1.45,1.6,2.25,46.3,3.6,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPACT,007 Exp,3.2,4.8,3,49.5,0.4,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPACT,006 Avd.förest,2.65,4.8,3,52.7,0.4,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPACT,005 Konf,2.8,4.8,3,55.35,0.4,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
COMPACT,Korridor,53.75,2.4,2.25,4.4,5.2,0,PARTBDLD,CONCRETE,CONCRETE
HALL,29,-1,-1,-1

!!

!!vent keywords

!!

HVENT,10,29,1,1,2,2,0,1,0.5,0,1,1
HVENT,1,8,1,1,9,2,0,1,3,0,1,1
HVENT,3,11,1,2,5,2,0,1,2.55,0,1,1
HVENT,4,12,1,2,5,2,0,1,2,0,1,1
HVENT,5,13,1,2,5,2,0,1,2.6,0,1,1
HVENT,6,14,1,2,4,2,0,1,2,0,1,1
HVENT,7,15,1,2,2,0,1,2,0,1,1
HVENT,2,9,1,2,2,0,1,2,0,1,1
HVENT,9,29,1,1,2,2,0,1,0.61,0,1,1
HVENT,12,29,1,1,2,2,0,1,0.1,0,1,1
HVENT,13,29,1,1,2,2,0,1,1,2,0,1,1
HVENT,14,29,1,1,2,2,0,1,0.1,0,1,1
HVENT,15,29,1,1,2,2,0,1,1,0,1,1
HVENT,8,29,1,1,2,2,0,1,0.7,0,1,1
HVENT,11,29,1,1,2,2,0,1,0.1,0,1,1
HVENT,25,29,1,1,45,2.25,0,1,0,0,3,1
HVENT,23,22,1,0,9,2,0,1,1,4,0,4,1
HVENT,21,29,1,1,9,2,1,0,1,1,1,0,3,1
HVENT,16,29,1,1,3,2,0,1,0.5,0,3,1
HVENT,17,29,1,0,95,2,0,1,0,9,0,3,1
HVENT,18,29,1,1,2,2,0,1,0.85,0,3,1
HVENT,19,29,1,0,9,2,0,1,1,0,3,1
HVENT,20,29,1,1,2,2,0,1,2,3,0,3,1
HVENT,24,25,1,1,2,0,1,0,0,3,1
HVENT,26,29,1,1,2,2,0,1,2,0,3,1
HVENT,27,29,1,1,2,0,1,1,0,3,1
HVENT,28,29,1,1,2,0,1,1,0,3,1
HVENT,16,29,2,0,9,2,0,1,4,4,0,3,1
HVENT,17,29,2,1,2,2,0,1,3,7,0,3,1
HVENT,18,29,2,1,2,0,1,4,2,0,3,1

Indatafil med brandvägg

Date stamp from CFAST initialization 2013/04/18

The project files are based on the root: Brandcellgräns Backup

Version 6.2.0 Created 2011/11/01

Opening a version 6 file in normal mode

Key word TIMES parameter(s) = 900 -50 0 10 10

Key word EAMB parameter(s) = 293.15 101300 0

Key word TAMB parameter(s) = 293.15 101300 0 50

Key word CJET parameter(s) = WALLS

Ceiling jet calculation has been set: T F T F T

Key word CHEMI parameter(s) = 10 393.15

Key word WIND parameter(s) = 0 10 0.16

Key word COMPA parameter(s) = Korridor 30.55 2.4 2.25 0 4.8 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 1 Korridor 30.6 2.4 2.2 0.0 4.8 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 018 Soprum2.9 4.8 3 0 0 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 2 018 Sopr 2.9 4.8 3.0 0.0 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 017 exp 2.75 4.8 3 2.9 0 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 3 017 exp 2.8 4.8 3.0 2.9 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 016 akut 3.65 4.8 3 5.65 0 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 4 016 akut 3.6 4.8 3.0 5.7 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 013 Recept3 4.8 3 9.3 0 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 5 013 Rece 3.0 4.8 3.0 9.3 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 014 3.2 2.5 3 12.3 0 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 6 014 3.2 2.5 3.0 12.3 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 015 3.2 2.3 3 12.3 2.5 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 7 015 3.2 2.3 3.0 12.3 2.5 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 011 3.2 4.8 3 15.5 0 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 8 011 3.2 4.8 3.0 15.5 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 009 Sek 3.2 3.2 3 18.7 0 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 9 009 Sek 3.2 3.2 3.0 18.7 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 09B korrid1.45 1.6 2.25 18.7 3.2 0 PART-
BDLD CONCRETE CONCRETE

Compartment 10 09B korr 1.4 1.6 2.2 18.7 3.2 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 007 3.2 4.8 3 21.9 0 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 11 007 3.2 4.8 3.0 21.9 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 006 2.65 4.8 3 25.1 0 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 12 006 2.6 4.8 3.0 25.1 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 005 konf 2.8 4.8 3 27.75 0 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 13 005 konf 2.8 4.8 3.0 27.8 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 40 7 4.3 3 0.8 9.5 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 14 40 7.0 4.3 3.0 0.8 9.5 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 40 hall 2.5 2.3 2 3.5 7.2 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 15 40 hall 2.5 2.3 2.0 3.5 7.2 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 43 hall 2.4 2.3 2 11.5 7.2 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 16 43 hall 2.4 2.3 2.0 11.5 7.2 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 43 7 4.3 3 7.8 9.5 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 17 43 7.0 4.3 3.0 7.8 9.5 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 45 2 patie4 4.3 3 14.8 9.5 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 18 45 2 pat 4.0 4.3 3.0 14.8 9.5 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 049 Person4.4 6.6 3 18.8 7.2 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 19 049 Pers 4.4 6.6 3.0 18.8 7.2 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 45 hall 2 2.3 2 16.8 7.2 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 20 45 hall 2.0 2.3 2.0 16.8 7.2 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word HALL parameter(s) = 1 -1 -1 -1
 Key word HVENT parameter(s) = 14 15 1 2.5 2 0 1 2.7 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 16 17 1 2.4 2 0 1 0 0 3
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 20 18 1 2 2 0 1 2 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 19 1 1 1.2 2 0 1 20 0 3
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 15 1 1 1.2 2 0 1 4.7 0 3
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 16 1 1 1.2 2 0 1 12.5 0 3
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 20 1 1 1.2 2 0 1 17.5 0 3
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 2 1 1 1 2 0 1 0.9 0 1
 1

Key word HVENT parameter(s) = 3	1	1	0.9	2	0	1	3.9	0	1
1									
Key word HVENT parameter(s) = 4	1	1	1.2	2	0	1	7.95	0	1
1									
Key word HVENT parameter(s) = 5	1	1	1.9	2.1	0	1	10.4	0	1
1									
Key word HVENT parameter(s) = 8	1	1	0.9	2	0	1	16.9	0	1
1									
Key word HVENT parameter(s) = 11	1	1	1.2	2	0	1	23.8	0	1
1									
Key word HVENT parameter(s) = 12	1	1	1	2	0	1	26	0	1
1									
Key word HVENT parameter(s) = 13	1	1	1	2	0	1	28.75	0	1
1									
Key word HVENT parameter(s) = 9	1	1	1.45	2.25	0	1	18.7	0	1
1									
Key word HVENT parameter(s) = 21	1	1	1.3	2	0	1	27	0	3
1									
Key word HVENT parameter(s) = 21	1	2	1.2	2	0	1	0.6	0	4
1									

Open the output file C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\CFAST LiL\Brandcellsgräns\Brandcellgräns Backup.out

Open the smokeview files - C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\CFAST LiL\Brandcellsgräns\Brandcellgräns Backup.smv

C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\CFAST LiL\Brandcellsgräns\Brandcellgräns Backup.plt

Open the spreadsheet files - C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\CFAST LiL\Brandcellsgräns\Brandcellgräns Backup_n.csv

C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\CFAST LiL\Brandcellsgräns\Brandcellgräns Backup_f.csv C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\CFAST LiL\Brandcellsgräns\Brandcellgräns Backup_s.csv

C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\CFAST LiL\Brandcellsgräns\Brandcellgräns Backup_w.csv

Open the thermophysical properties file C:\Program Files (x86)\CFAST6\thermal.csv

Initialize only

Total execution time = 3.125E-02 seconds

Normal exit from CFAST

Brandgasventilation med brandcellsvägg och dörrstängare

Date stamp from CFAST initialization 2013/05/07

The project files are based on the root: VEnt horisont 5 m3 10sek tidigare

Version 6.2.0 Created 2011/11/01

Opening a version 6 file in normal mode

Key word TIMES parameter(s) = 300 -50 0 10 10

Key word EAMB parameter(s) = 293.15 101300 0

Key word TAMB parameter(s) = 293.15 101300 0 50

Key word CJET parameter(s) = WALLS

Ceiling jet calculation has been set: T F T F T

Key word CHEMI parameter(s) = 10 393.15

Key word WIND parameter(s) = 0 10 0.16

Key word COMPA parameter(s) = Korridor 30.55 2.4 2.25 0 4.8 0 PARTBDLD

CONCRETE CONCRETE

Compartment 1 Korridor 30.6 2.4 2.2 0.0 4.8 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 018 Soprum2.9 4.8 3 0 0 0 PARTBDLD

CONCRETE CONCRETE

Compartment 2 018 Sopr 2.9 4.8 3.0 0.0 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 017 exp 2.75 4.8 3 2.9 0 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 3 017 exp 2.8 4.8 3.0 2.9 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 016 akut 3.65 4.8 3 5.65 0 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 4 016 akut 3.6 4.8 3.0 5.7 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 013 Recept3 4.8 3 9.3 0 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 5 013 Rece 3.0 4.8 3.0 9.3 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 014 3.2 2.5 3 12.3 0 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 6 014 3.2 2.5 3.0 12.3 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 015 3.2 2.3 3 12.3 2.5 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 7 015 3.2 2.3 3.0 12.3 2.5 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 011 3.2 4.8 3 15.5 0 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 8 011 3.2 4.8 3.0 15.5 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 009 Sek 3.2 3.2 3 18.7 0 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 9 009 Sek 3.2 3.2 3.0 18.7 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 09B korrid1.45 1.6 2.25 18.7 3.2 0 PART-
 BDLD CONCRETE CONCRETE
 Compartment 10 09B korr 1.4 1.6 2.2 18.7 3.2 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 007 3.2 4.8 3 21.9 0 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 11 007 3.2 4.8 3.0 21.9 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 006 2.65 4.8 3 25.1 0 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 12 006 2.6 4.8 3.0 25.1 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 005 konf 2.8 4.8 3 27.75 0 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 13 005 konf 2.8 4.8 3.0 27.8 0.0 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 40 7 4.3 3 0.8 9.5 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 14 40 7.0 4.3 3.0 0.8 9.5 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 40 hall 2.5 2.3 2 3.5 7.2 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 15 40 hall 2.5 2.3 2.0 3.5 7.2 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 43 hall 2.4 2.3 2 11.5 7.2 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 16 43 hall 2.4 2.3 2.0 11.5 7.2 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 43 7 4.3 3 7.8 9.5 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 17 43 7.0 4.3 3.0 7.8 9.5 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 45 2 patie4 4.3 3 14.8 9.5 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 18 45 2 pat 4.0 4.3 3.0 14.8 9.5 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 049 Person4.4 6.6 3 18.8 7.2 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 19 049 Pers 4.4 6.6 3.0 18.8 7.2 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 45 hall 2 2.3 2 16.8 7.2 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 20 45 hall 2.0 2.3 2.0 16.8 7.2 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word HALL parameter(s) = 1 -1 -1 -1
 Key word HVENT parameter(s) = 14 15 1 2.5 2 0 1 2.7 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 16 17 1 2.4 2 0 1 0 0 3
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 20 18 1 2 2 0 1 2 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 19 1 1 1.2 2 0 1 20 0 3
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 15 1 1 1.2 2 0 1 4.7 0 3
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 16 1 1 1.2 2 0 1 12.5 0 3
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 20 1 1 1.2 2 0 1 17.5 0 3
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 2 1 1 1 2 0 1 0.9 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 3 1 1 0.9 2 0 1 3.9 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 4 1 1 1.2 2 0 1 7.95 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 5 1 1 1.9 2.1 0 1 10.4 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 8 1 1 0.9 2 0 1 16.9 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 11 1 1 1.2 2 0 1 23.8 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 12 1 1 1 2 0 1 26 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 13 1 1 1 2 0 1 28.75 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 9 1 1 1.45 2.25 0 1 18.7 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 21 1 1 1.3 2 0 1 27 0 3
 0

Key word HVENT parameter(s) = 21	1	2	1.2	2	0	1	0.6	0	4
1									
Key word HVENT parameter(s) = 1	21	3	0.4	0.7	0.3	1	0.6	0	2
1									
Key word MVENT parameter(s) = 1	21	1	H	2.25	0.5	H	2.25	0.5	5
250 1200 0									
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	19	1	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	19	1	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	15	1	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	15	1	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	16	1	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	16	1	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	20	1	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	20	1	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	2	1	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	2	1	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	3	1	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	3	1	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	4	1	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	4	1	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	5	1	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	5	1	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	8	1	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	8	1	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	11	1	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	11	1	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	12	1	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	12	1	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	13	1	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	13	1	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	9	1	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	9	1	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	21	1	2	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	21	1	2	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = M	1	21	1	48	1	1			
Key word EVENT parameter(s) = M	1	21	1	48	1	1			
Key word OBJEC parameter(s) = gräns 019	1	29	1	0.2	2	1	0	0	0

Plume model for this fire: Heskestad

Open the output file C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\Åtgärd\Brandcellsgräns\VEnt horisont 5 m3 10sek tidigare.out

Open the smokeview files - C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\Åtgärd\Brandcellsgräns\VEnt horisont 5 m3 10sek tidigare.smv

C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\Åtgärd\Brandcellsgräns\VEnt horisont 5 m3 10sek tidigare.plt

Open the spreadsheet files - C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\Åtgärd\Brandcellsgräns\VEnt horisont 5 m3 10sek tidigare_n.csv

C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\Åtgärd\Brandcellsgräns\VEnt horisont 5 m3 10sek tidigare_f.csv

C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\Åtgärd\Brandcellsgräns\VEnt horisont 5 m3 10sek tidigare_s.csv

C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\Åtgärd\Brandcellsgräns\VEnt horisont 5 m3 10sek tidigare_w.csv

Open the object fire file C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\Åtgärd\Brandcellsgräns\gräns 019.o

Object gräns 019 position set to 29.000 1.000 0.200; Maximum HRR per m³ is 2.678E+05

Open the thermophysical properties file C:\Program Files (x86)\CFAST6\thermal.csv
Total execution time = 10.3 seconds
Normal exit from CFAST

Hela korridoren 10 sekunder tidigare detektion

Date stamp from CFAST initialization 2013/05/07

The project files are based on the root: Ventilations hela korridoren 2 horisontellt 10 sek tidigare

Version 6.2.0 Created 2011/11/01

Opening a version 6 file in normal mode

Key word TIMES parameter(s) = 300 -50 0 10 10

Key word EAMB parameter(s) = 293.15 101300 0

Key word TAMB parameter(s) = 293.15 101300 0 50

Key word CJET parameter(s) = WALLS

Ceiling jet calculation has been set: T F T F T

Key word CHEMI parameter(s) = 10 393.15

Key word WIND parameter(s) = 0 10 0.16

Key word COMPA parameter(s) = 2 Patientr4.9 4.3 3 4.4 9.9 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 1 2 Patien 4.9 4.3 3.0 4.4 9.9 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 2 Patientr4 4.3 3 9.3 9.9 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 2 2 Patien 4.0 4.3 3.0 9.3 9.9 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 4 Patientr7 4.3 3 13.3 9.9 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 3 4 Patien 7.0 4.3 3.0 13.3 9.9 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 4 Patientr7 4.3 3 20.3 9.9 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 4 4 Patien 7.0 4.3 3.0 20.3 9.9 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 4 Patientr7 4.3 3 27.3 9.9 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 5 4 Patien 7.0 4.3 3.0 27.3 9.9 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 4 Patientr7 4.3 3 34.3 9.9 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 6 4 Patien 7.0 4.3 3.0 34.3 9.9 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 4 Patientr4 4.3 3 41.3 9.9 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 7 4 Patien 4.0 4.3 3.0 41.3 9.9 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 2 Patientr1.9 2.3 2 7.4 7.6 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 8 2 Patien 1.9 2.3 2.0 7.4 7.6 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 2 Patientr2 2.3 2 11.3 7.6 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 9 2 Patien 2.0 2.3 2.0 11.3 7.6 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = Personalru4.4 6.6 3 45.3 7.6 0 PARTBDLD
CONCRETE CONCRETE

Compartment 10 Personal 4.4 6.6 3.0 45.3 7.6 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 4 Patientr2.5 2.3 2 15.85 7.6 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 11 4 Patien 2.5 2.3 2.0 15.8 7.6 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 4 Patientr2.5 2.3 2 22.3 7.6 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 12 4 Patien 2.5 2.3 2.0 22.3 7.6 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 4 Patientr2.5 2.3 2 29.9 7.6 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 13 4 Patien 2.5 2.3 2.0 29.9 7.6 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 4 Patientr2.4 2.3 2 36.3 7.6 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 14 4 Patien 2.4 2.3 2.0 36.3 7.6 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 2 Patientr2 2.3 2 43.3 7.6 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 15 2 Patien 2.0 2.3 2.0 43.3 7.6 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = Kök 027+285.4 4.8 3 5.9 0.4 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 16 Kök 027+ 5.4 4.8 3.0 5.9 0.4 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 23+22 6.6 4.8 3 18.3 0.4 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 17 23+22 6.6 4.8 3.0 18.3 0.4 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = Sköljrum/s5.6 4.8 3 24.9 0.4 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 18 Sköljrum 5.6 4.8 3.0 24.9 0.4 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 017 Exp 2.75 4.8 3 30.5 0.4 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 19 017 Exp 2.8 4.8 3.0 30.5 0.4 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 016 Akutru3.65 4.8 3 33.25 0.4 0 PART-
 BDLD CONCRETE CONCRETE
 Compartment 20 016 Akut 3.6 4.8 3.0 33.2 0.4 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 013 Recept3 4.8 3 36.9 0.4 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 21 013 Rece 3.0 4.8 3.0 36.9 0.4 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 015 3.2 2.5 3 39.9 0.4 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 22 015 3.2 2.5 3.0 39.9 0.4 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 011 Exp 3.2 4.8 3 43.1 0.4 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 23 011 Exp 3.2 4.8 3.0 43.1 0.4 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE

Key word COMPA parameter(s) = 009 Sekr 3.2 3.2 3 46.3 0.4 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 24 009 Sekr 3.2 3.2 3.0 46.3 0.4 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 009B korri1.45 1.6 2.25 46.3 3.6 0 PART-
 BDL D CONCRETE CONCRETE
 Compartment 25 009B kor 1.4 1.6 2.2 46.3 3.6 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 007 Exp 3.2 4.8 3 49.5 0.4 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 26 007 Exp 3.2 4.8 3.0 49.5 0.4 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 006 Avd.fö2.65 4.8 3 52.7 0.4 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 27 006 Avd. 2.6 4.8 3.0 52.7 0.4 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = 005 Konf 2.8 4.8 3 55.35 0.4 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 28 005 Konf 2.8 4.8 3.0 55.4 0.4 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word COMPA parameter(s) = Korridor 53.75 2.4 2.25 4.4 5.2 0 PARTBDLD
 CONCRETE CONCRETE
 Compartment 29 Korridor 53.8 2.4 2.2 4.4 5.2 0.0 T T T T PARTBDLD CONCRETE CON-
 CRETE CONCRETE
 Key word HALL parameter(s) = 29 -1 -1 -1
 Key word HVENT parameter(s) = 10 29 1 1.2 2 0 1 0.5 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 1 8 1 1.9 2 0 1 3 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 3 11 1 2.5 2 0 1 2.55 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 4 12 1 2.5 2 0 1 2 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 5 13 1 2.5 2 0 1 2.6 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 6 14 1 2.4 2 0 1 2 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 7 15 1 2 2 0 1 2 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 2 9 1 2 2 0 1 2 0 1 1
 Key word HVENT parameter(s) = 9 29 1 1.2 2 0 1 0.61 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 12 29 1 1.2 2 0 1 0.1 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 13 29 1 1.2 2 0 1 1.2 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 14 29 1 1.2 2 0 1 0.1 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 15 29 1 1.2 2 0 1 1 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 8 29 1 1.2 2 0 1 0.7 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 11 29 1 1.2 2 0 1 0.1 0 1
 1
 Key word HVENT parameter(s) = 25 29 1 1.45 2.25 0 1 0 0 3
 1

Key word HVENT parameter(s) = 23	22	1	0.9	2	0	1	1.4	0	4
1									
Key word HVENT parameter(s) = 21	29	1	1.9	2.1	0	1	1.1	0	3
1									
Key word HVENT parameter(s) = 16	29	1	1.3	2	0	1	0.5	0	3
1									
Key word HVENT parameter(s) = 17	29	1	0.95	2	0	1	0.9	0	3
1									
Key word HVENT parameter(s) = 18	29	1	1.2	2	0	1	0.85	0	3
1									
Key word HVENT parameter(s) = 19	29	1	0.9	2	0	1	1	0	3
1									
Key word HVENT parameter(s) = 20	29	1	1.2	2	0	1	2.3	0	3
1									
Key word HVENT parameter(s) = 24	25	1	1	2	0	1	0	0	3
1									
Key word HVENT parameter(s) = 26	29	1	1.2	2	0	1	2	0	3
1									
Key word HVENT parameter(s) = 27	29	1	1	2	0	1	1	0	3
1									
Key word HVENT parameter(s) = 28	29	1	1	2	0	1	1	0	3
1									
Key word HVENT parameter(s) = 16	29	2	0.9	2	0	1	4.4	0	3
1									
Key word HVENT parameter(s) = 17	29	2	1.2	2	0	1	3.7	0	3
1									
Key word HVENT parameter(s) = 18	29	2	1	2	0	1	4.2	0	3
1									
Key word HVENT parameter(s) = 29	30	1	0.4	0.7	0.3	1	0.6	0	2
1									
Key word MVENT parameter(s) = 29	30	1	H	2.25	0.5	H	2.25	0.5	3
250 1200 0									
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	10	29	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	10	29	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	9	29	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	9	29	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	12	29	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	12	29	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	13	29	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	13	29	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	14	29	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	14	29	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	15	29	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	15	29	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	8	29	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	8	29	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	11	29	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	11	29	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	21	29	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	21	29	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	16	29	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	16	29	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = H	17	29	1	48	0	1			
Key word EVENT parameter(s) = H	17	29	1	48	0	1			
Key word (ext) EVENT parameter(s) = M	29	30	1	48	1	1			

Key word EVENT parameter(s) = M 29 30 1 48 1 1
Key word OBJEC parameter(s) = gräns 019 29 1 1 0.2 2 1 0 0 0
1
Plume model for this fire: Heskestad
Open the output file C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\Åtgärd\Brandcellsgräns\Ventilations hela korridoren 2 horisontellt 10 sek tidigare.out
Open the smokeview files - C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\Åtgärd\Brandcellsgräns\Ventilations hela korridoren 2 horisontellt 10 sek tidigare.smv C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\Åtgärd\Brandcellsgräns\Ventilations hela korridoren 2 horisontellt 10 sek tidigare.plt
Open the spreadsheet files - C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\Åtgärd\Brandcellsgräns\Ventilations hela korridoren 2 horisontellt 10 sek tidigare_n.csv C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\Åtgärd\Brandcellsgräns\Ventilations hela korridoren 2 horisontellt 10 sek tidigare_f.csv C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\Åtgärd\Brandcellsgräns\Ventilations hela korridoren 2 horisontellt 10 sek tidigare_s.csv C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\Åtgärd\Brandcellsgräns\Ventilations hela korridoren 2 horisontellt 10 sek tidigare_w.csv
Open the object fire file C:\Users\Moa\Dropbox\BTR-Landskrona Lasarett\Simuleringar\Cfast\Åtgärd\Brandcellsgräns\gräns 019.o
Object gräns 019 position set to 1.000 1.000 0.200; Maximum HRR per m³ is 2.678E+05
Open the thermophysical properties file C:\Program Files (x86)\CFAST6\thermal.csv
Total execution time = 17.7 seconds
Normal exit from CFAST

Bilaga E – Utrymningssimuleringar i ERM

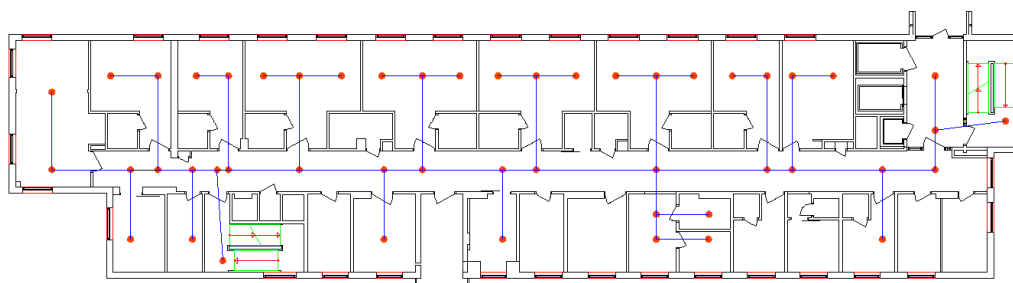
Nedan beskrivs antaganden och all indata som gäller för ERM simuleringarna.

E.1 Antaganden

Nedan beskrivs alla övergripande antaganden rörande geometri, personal och patienter som är gjorda för utrymningssimuleringarna i ERM. Geometriska undantag beroende på scenario ses i samband med presentation av dess resultat.

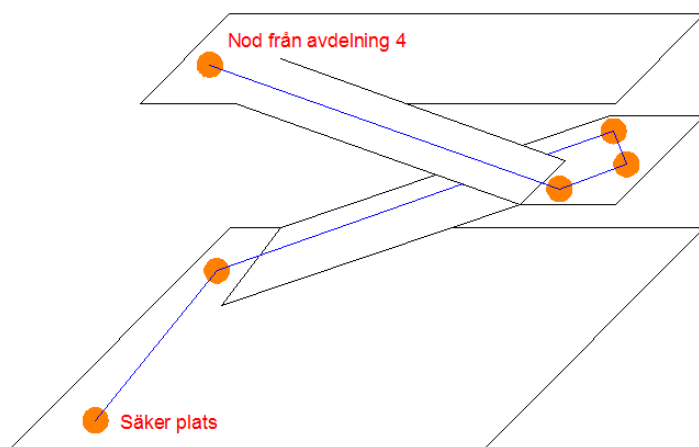
E.1.1 Geometri

Vid simulering i ERM byggs geometrin upp med noder genom *Figur E1*. På grund av programmets begränsningar antas därför att personal och patienter i simuleringen bara kan befinna sig på dessa noder/platser och färdas där emellan genom förbindelserna, (se *Figur E1*). Eftersom både personal och patienter antas röra sig i ett relativt förutbestämt mönster mellan rum och sängplatser medför detta att inga fler noder anses nödvändiga och geometrin blir således enkel.



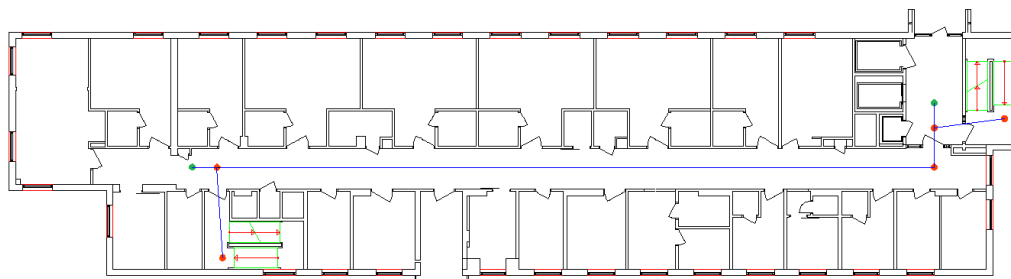
Figur E1. Visar samtliga noder på avdelning 4 (orange punkt) och deras förbindelser (blå linjer) som förekommer i indata till utrymningsprogrammet ERM.

I simuleringen tas det hänsyn till att utrymning måste ske ner till våningen under med hjälp av trappor för att personen ska kunna anses vara på en säker plats. Det finns sammanlagt två säkra noder inprogrammerade dit patienter och personal måste ta sig vid utrymning. Beroende på scenario kommer dessa säkra noder variera mellan en till två stycken eftersom följderna blir sådana när en utrymningsväg är blockerad av en brand. Hur noderna är placerade i trapphusen visas i *Figur E2*. Den säkra platsen är således nedanför trappan och in till nästa brandcell (se *Figur E2*).



Figur E2. Principskiss för nodplacering i de två trapphusen från avdelning 4.

I Scenario C då korridoren delas av vid receptionen antas det att personalen kan ta sig till andra sidan av avdelning 4 genom en nodförbildelse på avdelning 3. Nodernas placering på avdelning 3 presenteras i *Figur E3*, där de säkra noderna visas som gröna punkter. Dessa säkra platser gäller för samtliga scenarier men förbindelsen genom avdelningen är bara tillgänglig i Scenario C då denna anses vara nödvändig.



Figur E3. Visar placering av noder på avdelning 3 (orange och gröna punkter) samt deras förbindelser (blå linjer) som förekommer i utrymningsprogrammet ERM i Scenario C. Gröna punkter visar placering av säker plats.

E.1.2 Patienttyper

Patientantalet som används i utrymningsmodellerna antas vara 20 stycken, med andra ord en fullbelagd avdelning. Antalet patienter är konservativt då en fullbelagd avdelning kommer utgöra det värsta scenariot i utrymningssyfte. Dock kan överbeläggning till 23 patienter förekomma vilket undersöks vidare om de 20 patienterna med personal lyckas utrymma innan kritiska förhållanden uppstår.

Två patienttyper har valts att representeras i simuleringarna där andelen av dessa varierar för att kunna uppskatta hur mycket denna parameter påverkar utrymningstiden. De valda patienttyperna är sängliggande samt ej sängliggande. De sängliggande patienterna väljs i programmet som ”en patient som behöver mycket hjälp från två vårdare under hela utrymningen”, då denna är närmaste motsvarigheten till en patient som utryms på en madrass. Den ej sängliggande patienten väljs i programmet som ”en patient som klarar av att utrymma själv men behöver hjälp i trappor” och skulle kunna ses som en gammal men relativt frisk människa. De nämnda patienttyperna ska motsvara extremvärdena i spannet av hjälpbehov på avdelning 4, där sängliggande är det allvarligaste fallet och ej sängliggande det mildaste. Det har därför gjorts ett antagande att den minst sjuka patienten som kan förekomma på avdelning 4 kommer behöva hjälp i trappor av en ur personalen. För information om placering av patienter beroende av andel sängliggande och scenario se avsnitt *E.2 Patienttytfördelning*.

Patienterna antas ha en förberedelsestid på 30 sekunder oavsett om de är sängliggande eller inte. Denna förberedelsestid innebär att en sängliggande behöver 30 sekunder från då personal anländer innan den är redo att utrymmas. Tiden antas motsvara den tid det tar att spänna fast och lyfta ner en patient från sängen ner på golvet, eller motsvarande problematiska förberedelser som måste göras innan en patient kan utrymmas. Antagandet är gjort efter utfrågning av personal vid platsbesöket på Lasarettet i Landskrona. För en icke sängliggande antas samma förberedelsestid och ska motsvara den tid det tar för patienten att ta sig ur sängen och få en uppfattning om var och vilket håll den ska utrymma.

Patienternas varseblivningstid som specificeras i ERM antas vara obefintlig, då denna istället kommer räknas in separat som en egen fördelning enligt *Bilaga G*. Denna åtgärd kommer ge ett mindre osäkert resultat för utrymningsmarginalen då denna tid måste punkt specificeras i ERM, för varje patient på avdelningen.

E.1.3 Personal

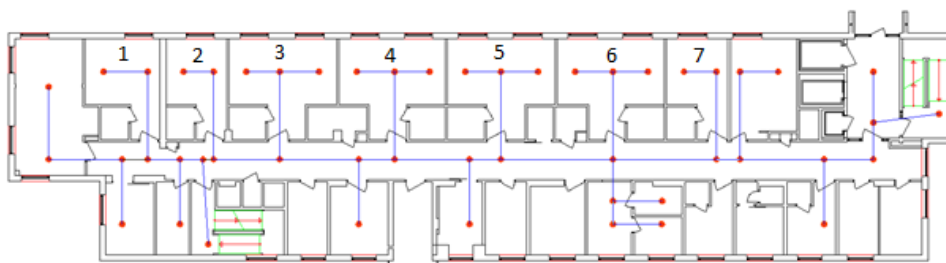
Personalantalen i simuleringarna varierar (15, 12, 9, 6 och 2 stycken) för att ge en bild av hur viktig denna parameter är beroende av vilken patienttyp som dominerar på avdelningen. Antalen 15, 12 och 9 ska motsvara bemanningen under dagtid på avdelningen. Det högst nämnda personalantalet är tänkt att motsvara full bemanning med hjälp från annan avdelnings personal. På grund av begränsningen i programmet kan ingen högre siffra väljas än 15, vilket kommer begränsa utrymningssimuleringarna då mer personal skulle kunna vara tillgängliga från exempelvis en annan avdelning. Personalantalet 6 motsvarar kvällsbemanningen på avdelningen och 2 stycken motsvarar antalet personal på natten. Spannet på personal kommer täcka in alla personalantal mellan 15 och 2, oavsett om de finns på avdelningen eller kommer för att hjälpa till vid brand.

Personalens varseblivningstid som specificeras i ERM antas vara obefintlig, då denna istället kommer räknas in separat som en egen fördelning enligt *Bilaga G*. Denna åtgärd kommer ge ett mindre osäkert resultat för utrymningsmarginalen då denna tid måste punkt specificeras i ERM, för varje person ur personalstyrkan.

Placeringen av personalen varierar något beroende på antal som simuleras. Då platsbesöket gav uppfattningen av att personalen under dagtid befann sig ute i patientrummen, korridoren och personalrummet är det också vad som kommer antas i indata till ERM. Personalantalet är jämnt fördelat mellan patientrummen, ett antal ute i korridoren och i personalrummet. Då personalantalet minskat kommer även andelen personal i korridor och patientrum minska för att på natten bara finnas i personalrummet. För placering av personal beroende av scenario redovisas se avsnitt *E.3 Personalfördelning*.

E.2 Patienttypsfördelning

Det finns, som innan nämnts, två patienttyper i simuleringarna, sängliggandes och de som inte är sängliggandes. *Figur E4* visar vilket rum som patienterna placeras ut i och *Tabell E1* förklarar förändringen i patienttypsfördelning som är gjorda mellan simuleringarna.



Figur E4. Patientrummens placering med tilldelat nummer på avdelning 4.

Den informationen som *Figur E4* ger är i vilket rum som patienterna ligger i. Patienterna är sedan jämt fördelade på rummens slutnoder[#] som visas i *Figur E4*. Tillsammans med *Tabell E1* nedan fås den indata (patienttypsfördelning) till ERM som används i samtliga simuleringar och scenarion.

Tabell E1. Patienttypsfördelningen mellan rummen på avdelning 4. Den siffra som presenteras är antal sängliggande i respektive rum. Totala antalet patienter för varje rum är konstant, sängliggandes byts bara ut mot icke sängliggande.

Antalet sängliggande	Rum 1 (1)*	Rum 2 (2)*	Rum 3 (4)*	Rum 4 (4)*	Rum 5 (4)*	Rum 6 (3)*	Rum 7 (2)*
20	1	2	4	4	4	3	2
15	1	1	3	3	3	2	2
10	0	1	2	2	2	2	1
5	0	0	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0

* Totala antalet patienter i rummet, sängliggandes och icke sängliggandes.

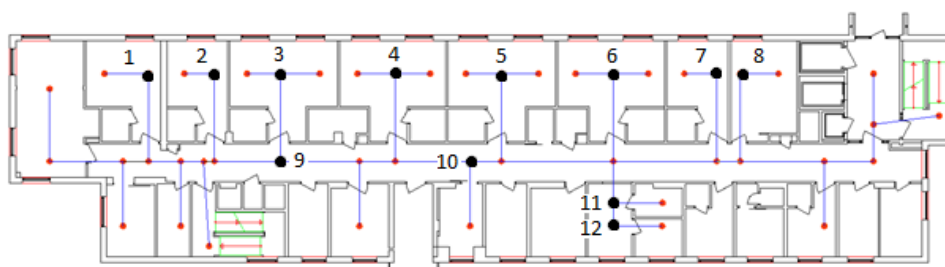
Slutnoder är de noder i patientrummen som endast har en förbindelse i *Figur E4*. I verkligheten motsvarar en sådan nod platsen mellan två sängar på avdelning 4.

E.3 Personalfördelning

Personalens placering i ERM är antaget efter vad som är troligt beroende av tiden på dygnet. Vid personalantalen 15, 12 och 9 stycken antas dagtid och personalen är därför mer utplacerad bland patienter. Vid antalet 6 stycken antas kvällstid då mindre personal är ute bland patienterna med en större andel vid position 8 (personalrummet), (se *Figur E5*). Under nattetid råder två stycken i personalen och placeringen på båda är i personalrummet. För exakt position av personal beroende på det totala personalantalet på avdelningen kombineras *Tabell E2* tillsammans med *Figur E5*.

Tabell E2. Möjlig position och antal personal vid denna punkt, som används för indata i ERM simuleringarna. ”Antalet vid (15st)” ska tolkas som ”Antalet personal vid den givna positionen vid det totala arbetande personalantalet 15 stycken”. För position se *Figur E5*.

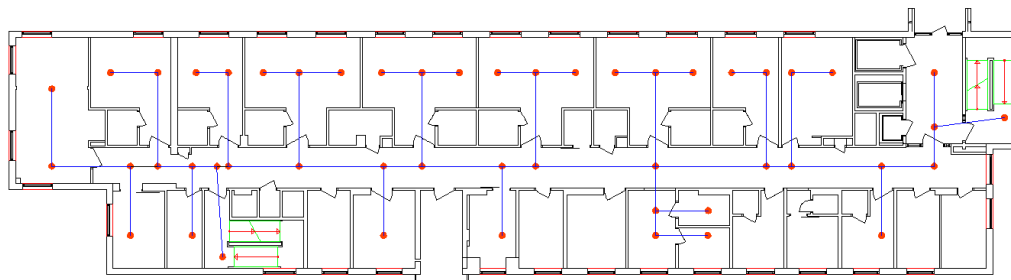
Position	Antal vid (15st)	Antal vid (12st)	Antal vid (9st)	Antal vid (6st)	Antal vid (2st)
1	1	1	1	-	-
2	1	1	-	-	-
3	1	1	1	-	-
4	1	1	1	1	-
5	1	1	-	-	-
6	1	1	1	-	-
7	1	1	1	1	-
8	4	4	3	3	2
9	1	-	-	-	-
10	1	-	-	-	-
11	1	1	1	1	-
12	1	-	-	-	-



Figur E5. Möjlig position för personal i ERM. De stora numrerade punkterna motsvarar en möjlig position och siffran kombineras i *Tabell E2* för exakta antalet personal vid den noden.

E.3 Resultat för Scenario A

Resultat från ERM efter simulering av Scenario A presenteras nedan. Vad som simuleringsprogrammet ger är en utrymningstid vid en viss indata. Den geometri som råder är presenterat i *Figur E6* under. Placering av säkra noderna och trappornas utformning är presenterat i avsnitt *E.1.1 Geometri*.

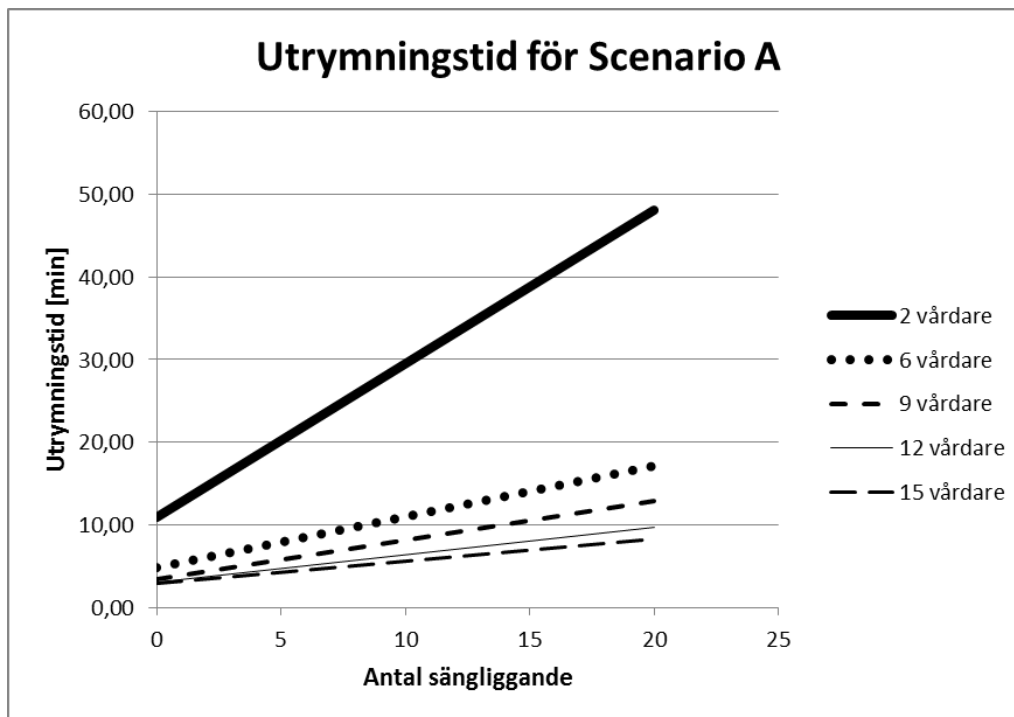


Figur E6. Den geometriska utformningen av noder i Scenario A.

Tabell E3. Utdata i form av utrymningstid från ERM för Scenario A.

Simulering	Antal vårdare	Antal sängliggande	Tid [min]	Tid [sek]
1	15	20	8,33	500
2	15	15	6,99	419
3	15	10	5,56	334
4	15	5	3,98	239
5	15	0	3,14	188
6	12	20	9,84	590
7	12	15	8,34	500
8	12	10	6,00	360
9	12	5	4,33	260
10	12	0	3,45	207
11	9	20	13,04	782
12	9	15	10,11	607
13	9	10	8,69	521
14	9	5	5,55	330
15	9	0	3,50	210
16	6	20	17,02	1021
17	6	15	13,87	832
18	6	10	11,23	674
19	6	5	7,88	473
20	6	0	4,74	284
21	2	20	48,11	2887
22	2	15	39,09	2345
23	2	10	29,71	1783
24	2	5	18,72	1123
25	2	0	11,76	706

Ur *Tabell E3* beräknas en regressionslinje för varje givet personalantal i Scenario A. Linjär regression väljs eftersom residualen är tillräckligt nära talet ett för att få anpassas som en linje. Residualen visar med hur stor andel mätpunkterna stämmer överens med framtagen linje. För att se förhållandet mellan de linjära ekvationerna se *Figur E7*.



Figur E7. Förhållandet mellan de linjära regressioner som är framtagna från resultatet för Scenario A.

De ekvationer av linjerna i *Figur E7*, som tagits fram för att representera utrymningstiden för antalet sängliggande vid ett givet personalantal redovisas nedan i *Tabell E4* med varje linjes residual.

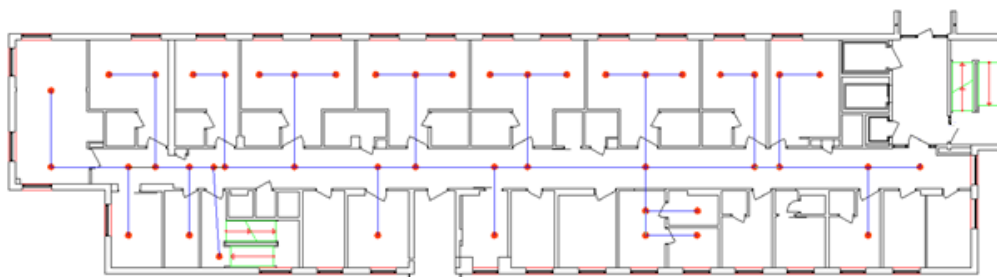
Tabell E4. Utrymningstiden [$t_{\text{förflyttning}}$] som en funktion av antal sängliggande [$x_{\text{säng}}$] vid ett givet personalantal för Scenario A.

Antal vårdare	Utrymningstiden [$t_{\text{förflyttning}}$]	Residual
15	$t_{\text{förflyttning}} = 16,08x_{\text{säng}} + 175,2$	0,99
12	$t_{\text{förflyttning}} = 20,12x_{\text{säng}} + 182,2$	0,98
9	$t_{\text{förflyttning}} = 28,42x_{\text{säng}} + 205,8$	0,99
6	$t_{\text{förflyttning}} = 36,66x_{\text{säng}} + 290,2$	0,99
2	$t_{\text{förflyttning}} = 111,68x_{\text{säng}} + 652$	0,99

Vidare används dessa ekvationer vid beräkning av utrymningsmarginalen, för vidare detaljer se *Bilaga G*.

E.4 Resultat för Scenario B

Resultat från ERM efter simulering av Scenario B presenteras nedan. De geometriska undantag som gjorts jämfört med beskrivningen i Scenario A är att utrymningssvägen närmast branden är utslagen och går därför inte att använda. Det finns bara en utrymningssväg och den är nedför trappan i nedre delen av *Figur E8*.

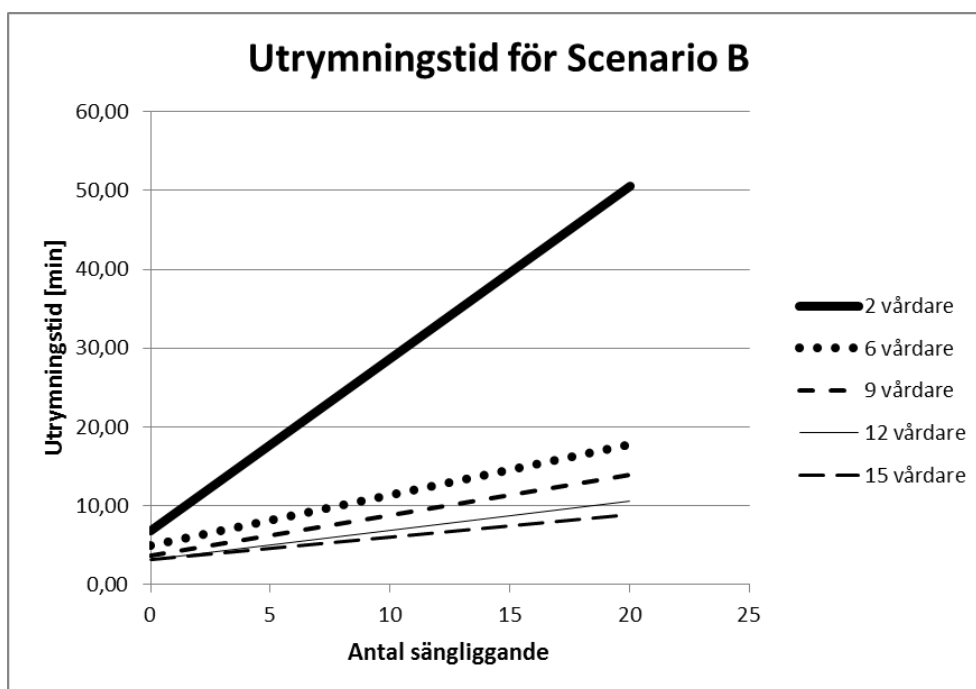


Figur E8. Geometriska undantag i ERM för Scenario B.

Tabell E5. Utdata i form av utrymningstid från ERM för Scenario B.

Simulering	Antal vårdare	Antal sängliggande	Tid [min]	Tid [sek]
1	15	20	9,18	551
2	15	15	6,99	419
3	15	10	6,49	389
4	15	5	4,07	244
5	15	0	3,59	215
6	12	20	10,69	614
7	12	15	9,04	542
8	12	10	6,69	401
9	12	5	4,55	273
10	12	0	3,70	222
11	9	20	13,93	836
12	9	15	11,36	682
13	9	10	9,33	560
14	9	5	5,64	338
15	9	0	3,82	229
16	6	20	17,73	1064
17	6	15	14,00	840
18	6	10	12,26	736
19	6	5	8,43	506
20	6	0	4,47	268
21	2	20	50,42	3025
22	2	15	39,72	2383
23	2	10	28,65	1719
24	2	5	17,91	1075
25	2	0	6,65	399

Ur *Tabell E5* beräknas en regressionslinje för varje givet personalantal i Scenario A. Linjär regression väljs eftersom residualen är tillräckligt nära talet ett för att få anpassas som en linje. Residualen visar med hur stor andel mätpunkterna stämmer överens med framtagen linje. För att se förhållandet mellan de linjära ekvationerna se *Figur E9*.



Figur D9. Förhållandet mellan de linjära regressioner som är framtagna från resultatet för Scenario B.

De ekvationer av linjerna i *Figur E9*, som tagits fram för att representera utrymningstiden för antalet sängliggande vid ett givet personalantal redovisas nedan i *Tabell E6* med varje linjes residual.

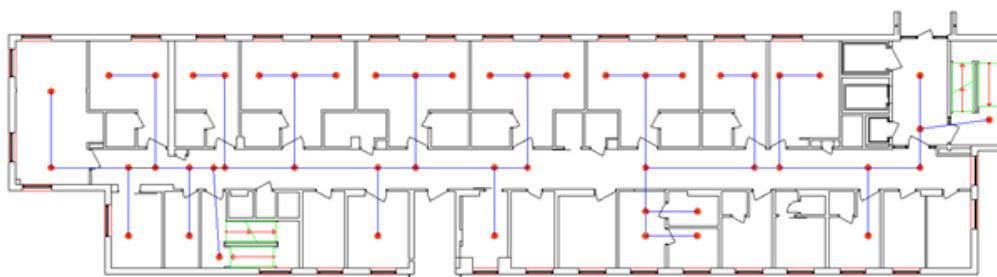
Tabell E6. Utrymningstiden [$t_{\text{förflyttning}}$] som en funktion av antal sängliggande [$x_{\text{säng}}$] vid ett givet personalantal för Scenario B.

Antal vårdare	Utrymningstiden [$t_{\text{förflyttning}}$]	Residual
15	$t_{\text{förflyttning}} = 16,94x_{\text{säng}} + 194,2$	0,95
12	$t_{\text{förflyttning}} = 22,14x_{\text{säng}} + 194,4$	0,98
9	$t_{\text{förflyttning}} = 31,16x_{\text{säng}} + 217,4$	0,99
6	$t_{\text{förflyttning}} = 38,52x_{\text{säng}} + 297,6$	0,98
2	$t_{\text{förflyttning}} = 131,2x_{\text{säng}} + 408,2$	0,99

Vidare används dessa ekvationer vid beräkning av utrymningsmarginalen, för vidare detaljer se *Bilaga G*.

E5 Resultat för Scenario C

Resultat från ERM efter simulering av Scenario C presenteras nedan. De geometriska undantag som gjorts jämfört med beskrivningen i Scenario A är att ingen utrymning kan ske förbi receptionen på grund av den brand som föregår där, (se Figur E10). Om personal ska ta sig till andra sidan av receptionen måste detta ske via våningen under (se Figur E3) i avsnitt *E.1.1 Geometri*.

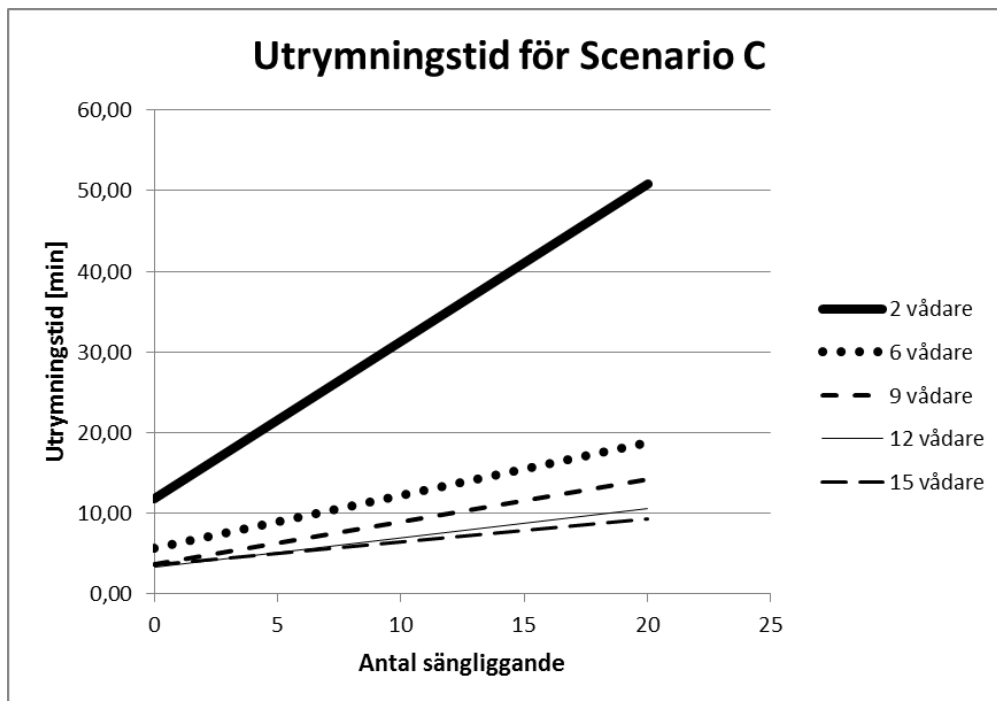


Figur E10. Geometriska undantag för Scenario C för indata till ERM.

Tabell E7. Utdata i form av utrymningstid från ERM för Scenario C.

Simulering	Antal vårdare	Antal sängliggande	Tid [min]	Tid [sek]
1	15	20	9,31	559
2	15	15	7,49	449
3	15	10	7,14	428
4	15	5	4,36	262
5	15	0	3,73	224
6	12	20	10,35	621
7	12	15	9,03	542
8	12	10	7,50	450
9	12	5	4,46	268
10	12	0	3,46	208
11	9	20	14,34	860
12	9	15	11,38	683
13	9	10	9,47	568
14	9	5	5,81	349
15	9	0	3,89	233
16	6	20	19,02	1141
17	6	15	14,81	889
18	6	10	12,70	762
19	6	5	9,19	551
20	6	0	5,40	324
21	2	20	50,26	3016
22	2	15	42,02	2521
23	2	10	31,57	1894
24	2	5	20,18	1211
25	2	0	12,43	746

Ur *Tabell E7* beräknas en regressionslinje för varje givet personalantal i Scenario A. Linjär regression väljs eftersom residualen är tillräckligt nära talet ett för att få anpassas som en linje. Residualen visar med hur stor andel mätpunkterna stämmer överens med framtagen linje. För att se förhållandet mellan de linjära ekvationerna (se *Figur E11*).



Figur E11. Förhållandet mellan de linjära regressioner som är framtagna från resultatet för Scenario A.

De ekvationer av linjerna i *Figur E11*, som tagits fram för att representera utrymningstiden för antalet sängliggande vid ett givet personalantal redovisas nedan i *Tabell E8* med varje linjes residual.

Tabell E8. Utrymningstiden [$t_{\text{förflyttning}}$] som en funktion av antal sängliggande [$x_{\text{säng}}$] vid ett givet personalantal för Scenario C.

Antal vårdare	Utrymningstiden [$t_{\text{förflyttning}}$]	Residual
15	$t_{\text{förflyttning}} = 17,14x_{\text{säng}} + 213$	0,95
12	$t_{\text{förflyttning}} = 22x_{\text{säng}} + 197,8$	0,97
9	$t_{\text{förflyttning}} = 31,76x_{\text{säng}} + 221$	0,99
6	$t_{\text{förflyttning}} = 39,44x_{\text{säng}} + 339$	0,99
2	$t_{\text{förflyttning}} = 117x_{\text{säng}} + 707,6$	0,99

Vidare används dessa ekvationer vid beräkning av utrymningsmarginalen, för vidare detaljer se Bilaga G.

Bilaga F – Utrymningssimuleringar med åtgärd

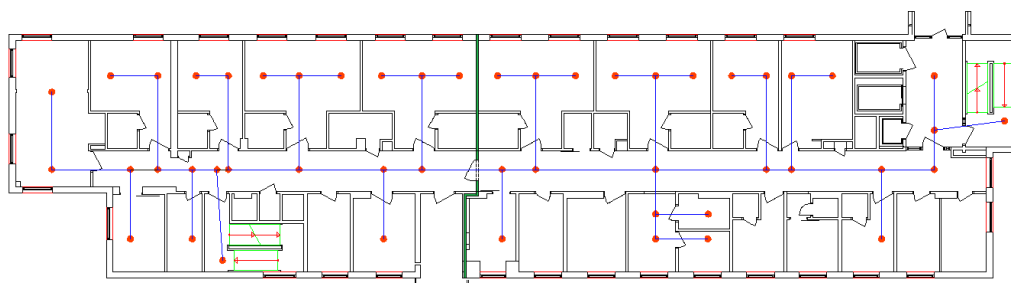
Nedan presenteras antaganden och förklaringar för ändringar gällande geometri, patientfördelning samt personalfördelningen för de tre scenarierna med en ny brandcellsgräns som åtgärd. Scenariospecifika förändringar i geometri beskrivs i samband med dess resultat.

F.1 Geometri

Vad som visade sig i föregående utrymningssimuleringar är att utrymningstiden ökar kraftigt då lite personal är närvarande. En annan faktor som förlänger utrymningstiden är att patienter måste utrymmas via trapporna för att anses vara på en säker plats samt antalet sängliggande. Om den ena trappan skulle vara utslagen (som i Scenario B) kommer detta sedan medföra större komplikationer, som till exempel trängsel i den andra trappan vilket skulle kunna förlänga utrymningstiden markant.

Ett åtgärdsförslag är att sätta in en ny brandcellsgräns i mitten av korridoren som enligt *Figur F1*. Med denna åtgärd är tanken att bara hälften av alla patienter ska behöva utrymma till en ny brandcell. Patienterna ska också med denna åtgärd inte behöva utrymma via trapporna i första hand, utan bara över till den nya brandcellen. Icke sängliggande patienter kommer kunna utrymma helt själva med undantag för i Scenario C, att medan sängliggande inte i första hand behöver släpas i trappor.

Beroende på vilket scenario som åtgärdsförslaget simuleras för kommer olika säkra noder samt sidor av korridoren att vara aktiva i simuleringen. Samma utformning av trappor och säkra noder på avdelning 3 råder enligt avsnitt *17.1.1 Geometri*. Det som kommer presenteras härnäst i åtgärdsförslaget med en ny brandcell är bara nya förändringar och antaganden.

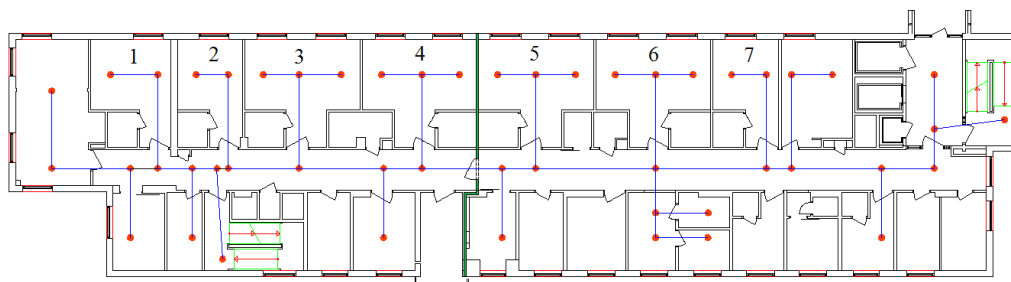


Figur F1. Beskrivning av geometri och noder på avdelning 4 efter inställning av en ny brandcellsgräns.

F.2 Patienttypfördelning

Scenario A med en ny brandcellsgräns kommer att simuleras på vänstra sidan i *Figur F1*, till skillnad från Scenario B och C som är på högra sidan. Förklaringen är den att en brand i ett patientrum skulle medföra längst utrymningstid om flera patienter är medverkande. På vänstra sidan av korridoren finns det plats för tolv stycken patienter medan på högra bara plats för tio stycken. Eftersom Scenario B och C utspelar sig på högra halvan av korridoren kommer de också att simuleras där med tio patienter. Scenario A går att simulera på båda sidor men då patientantalet är högre på vänstersidan anses detta mer konservativt vid simulering av utrymningstiden. Ett annat viktigt antagande är att den sidan som simuleras alltid är fullbelagd, detta för att resultatet ska bli mer konservativt.

Det finns, som innan nämnts, två patienttyper i simuleringarna, sängliggandes och de som inte är sängliggandes. *Figur F2* visar vilket rum som patienterna placeras ut i och i *Tabellerna F1 och F2* syns skillnaden i patientfördelningen för de olika simuleringarna.



Figur E2. Patientrummens placering med tilldelat nummer på avdelning 4.

Den informationen som *Figur F2* ger är i vilket rum som patienterna ligger i. Patienterna är sedan jämnt fördelade på rummens slutnoder[#] som visas i *Figur F2*. Tillsammans med *Tabell F1* och *F2* nedan fås den indata (patienttypsfördelning) till ERM som används i samtliga simuleringar. *Tabell F1* och *F2* motsvarar patienttypfördelningen för Scenario A samt Scenario B och C med en ny brandcellsgräns. Scenario B och C har således samma patienttypfördelning.

Tabell F1 nedan visar Patienttypsfördelningen mellan rummen på avdelning 4 för Scenario A med en ny brandcellsgräns. Den siffra som presenteras är antal sängliggande i respektive rum. Totala antalet patienter för varje rum är konstant, sängliggande byts bara ut mot icke sängliggande.

Tabell F1. Patienttypsfördelningen mellan olika patientrum för Scenario A med en ny Brandcellsgräns.

Antalet sängliggandes	Rum 1 (1)*	Rum 2 (2)*	Rum 3 (4)*	Rum 4 (4)*	Rum 5 (4)*	Rum 6 (3)*	Rum 7 (2)*
12	2	2	4	4	-	-	-
9	2	1	3	3	-	-	-
6	1	1	2	2	-	-	-
3	0	1	1	1	-	-	-
0	0	0	0	0	-	-	-

* Totala antalet patienter i rummet, sängliggandes och icke sängliggandes.

Slutnoder är de noder i patientrummen som endast har en förbindelse i Figur F1. I verkligheten motsvarar en sådan nod platsen mellan två sängar på avdelning 4.

I Tabell F2 nedan visas Patienttypsfördelningen mellan rummen på avdelning 4 för Scenario B och C med en ny brandcellsgräns. Den siffra som presenteras är antal sängliggande i respektive rum. Totala antalet patienter för varje rum är konstant, sängliggande byts bara ut mot icke sängliggande.

Tabell F2. Patienttypsfördelningen mellan olika patientrum för Scenario B och C med en ny Brandcellsgräns.

Antalet sängliggandes	Rum 1 (1)*	Rum 2 (2)*	Rum 3 (4)*	Rum 4 (4)*	Rum 5 (4)*	Rum 6 (3)*	Rum 7 (2)*
10	-	-	-	-	4	4	2
8	-	-	-	-	3	3	2
5	-	-	-	-	1	2	1
3	-	-	-	-	1	2	0
0	-	-	-	-	0	0	0

* Totala antalet patienter i rummet, sängliggandes och icke sängliggandes.

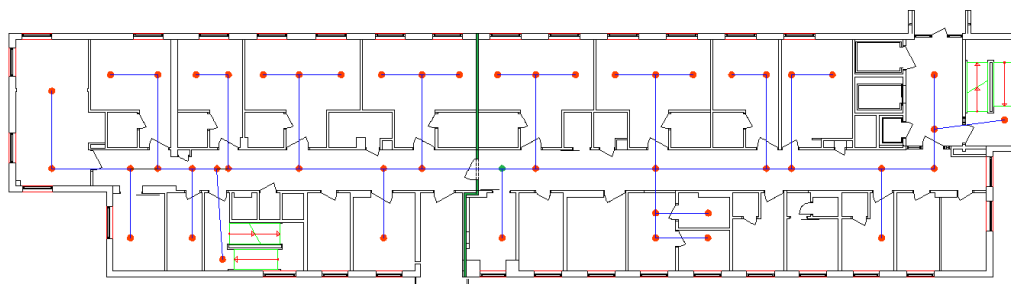
* Slutnoder är de noder i patientrummen som endast har en förbindelse i Figur F1. I verkligheten motsvarar en sådan nod platsen mellan två sängar på avdelning 4.

F.3 Personalfördelning

Personalfördelningen på avdelningen är i stort sett den samma som presenteras i avsnitt 17.3 *Personalfördelning*. Den enda justering som gjorts är på grund av en begränsning i ERM som gör att en patient eller personal inte kan placeras ut på en säker nod. En ny brandcellsgräns innebär för Scenario B och C att en säker nod hamnar på samma position som en i personalen är placerad på. Denna person kommer helt enkelt bara flyttas till noden på andra sidan av den nya brandcellsgränsen och motsvarar ett avstånd i verkligheten på cirka tvåmeter.

F.4 Resultat för Scenario A med en ny brandcellsgräns

Vid insättning av en ny brandcellsgräns kommer det som står beskrivet i avsnitt 18.1 *Geometri* att simuleras på vänstra sidan av *Figur F3*. Brandcellsgränsen ger upphov till en ny säker nod i geometrin eftersom alla människor på högra sidan av korridoren nu anses vara på en säker plats. All utrymning ska således ske över till högra sidan av den nya brandcellsgränsen.



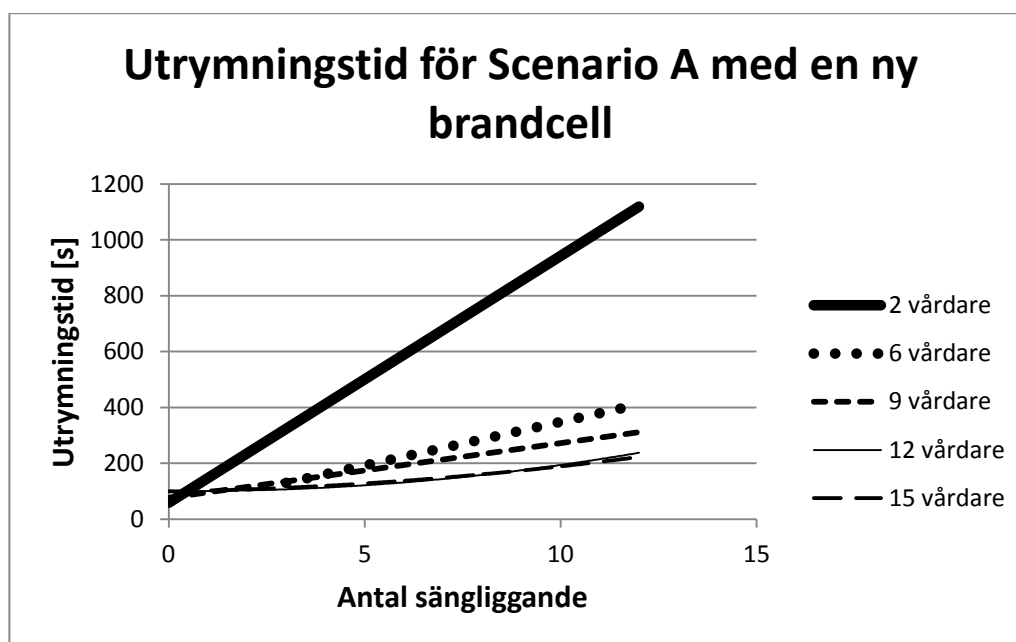
Figur F3. Geometri och noder på avdelning 4 efter inställning av en ny brandcellsgräns vid simulering av Scenario A i ERM. Den gröna punkten anger en ny säker nod i indata till simuleringssprogrammet.

Liknande struktur gällande fördelning och placering av patienter samt personal har försökts att efterliknats i jämförelse med simuleringarna för Scenario A utan en brandcellsvägg som åtgärd. För mer detaljerad information om patientfördelning och placering samt personalens placering presenteras i avsnitt *E.2 Patienttypfördelning och E.3 Personalfördelning*.

Tabell F3. Utdata i form av utrymningstid från ERM för Scenario A med en brandcellsgräns som åtgärd.

Simulering	Antal vårdare	Antal sängliggande	Tid [min]	Tid [sek]
1	15	12	3,74	224
2	15	9	2,89	173
3	15	6	2,23	134
4	15	3	1,97	118
5	15	0	1,61	97
6	12	12	4,00	240
7	12	9	2,89	173
8	12	6	2,08	125
9	12	3	1,97	118
10	12	0	1,61	97
11	9	12	5,32	319
12	9	9	4,35	261
13	9	6	2,89	173
14	9	3	1,97	118
15	9	0	1,61	97
16	6	12	6,78	407
17	6	9	5,32	319
18	6	6	3,82	229
19	6	3	2,08	125
20	6	0	1,47	88
21	2	12	18,84	1130
22	2	9	14,31	589
23	2	6	9,59	575
24	2	3	4,86	292
25	2	0	1,47	88

Ur *Tabell F3* beräknas en regressionslinje för varje givet personalantal i Scenario A. Resultaten som fås utförs en regression på, antingen linjärt eller som ett polynom av varierande grad. Detta då en linjär regression inte alltid är tillräcklig för att uppnå en god residual, och därmed stämmer framtagna ekvationer inte överens med simuleringarnas resultat. Alla kurvor är anpassade så att residualen ligger mellan 0,9 – 1,0 för samtliga personalantal. Residualen visar med hur stor säkerhet som mätpunkterna inte avviker från framtagna kurva. För att se förhållandet mellan utrymningstiderna vid olika personalantal se *Figur F4*.



Figur F4. Förhållandet mellan de kurvor som representerar utrymningstiderna som funktion av antal sängliggande vid ett givet personalantal i Scenario A med en ny brandcell.

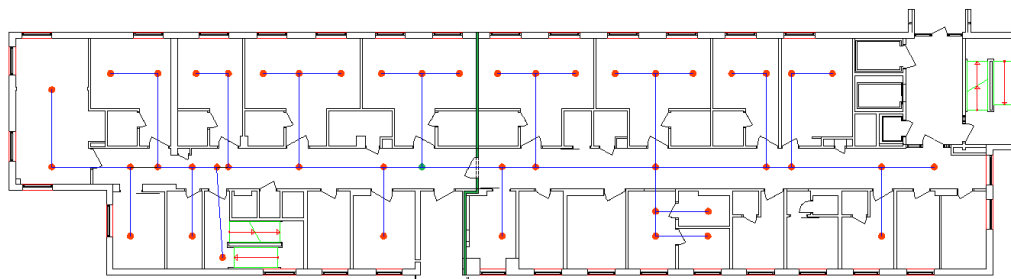
De ekvationer som kurvorna i *Figur F4* bygger på redovisas nedan i *Tabell F4* tillsammans med dess enskilda residual. Ekvationerna kan skilja sig åt eftersom de anpassats till olika grader av polynom och linjära förhållanden.

Tabell F4. Utrymningstiden [$t_{\text{förflyttning}}$] som en funktion av antal sängliggande [$x_{\text{säng}}$] vid ett givet personalantal för scenario a med ny brandcellsgräns.

Antalet vårdare	Utrymningstiden [$t_{\text{förflyttning}}$]	Residual
15	$t_{\text{förflyttning}} = 0,6587x_{\text{säng}}^2 + 2,3952x_{\text{säng}} + 99,25$	0,99
12	$t_{\text{förflyttning}} = 1,0556x_{\text{säng}}^2 + 1,3x_{\text{säng}} + 101,4$	0,99
9	$t_{\text{förflyttning}} = 19,567x_{\text{säng}} + 76,2$	0,96
6	$t_{\text{förflyttning}} = 31,2x_{\text{säng}} + 36$	0,99
2	$t_{\text{förflyttning}} = 88,367x_{\text{säng}} + 58,6$	0,99

F.5 Resultat för Scenario B med en ny brandcellsgräns

I detta scenario kommer trappan på högersidan att var utslagen på grund av brand, vilket visas i *Figur F5*. Utrymningen måste därför ske över till den andra sidan av brandcellsgränsen för att människor ska anses vara på säker plats.



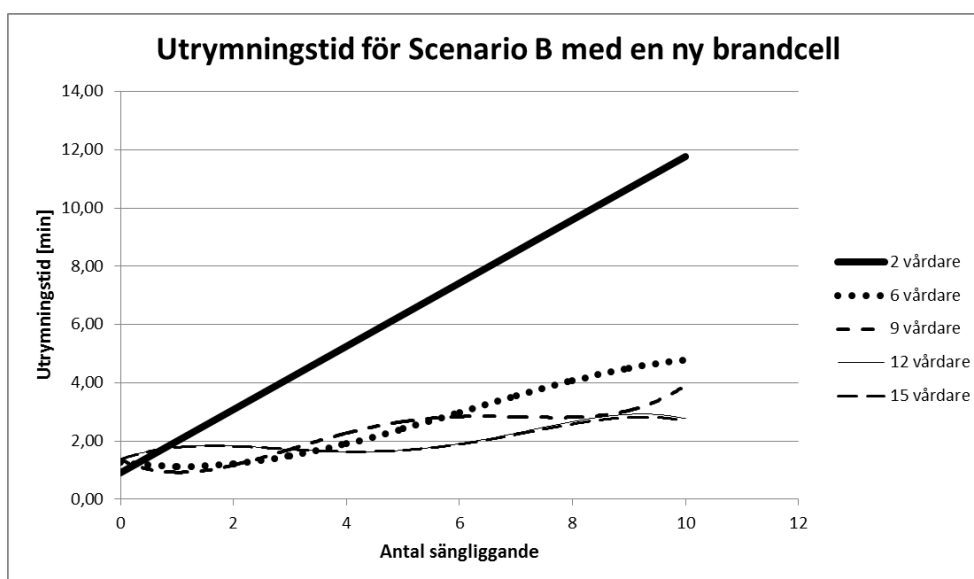
Figur F5. Geometri och noder på avdelning 4 efter installering av en ny brandcellsgräns vid simulering av Scenario B i ERM. Den gröna punkten anger en ny säker nod i indata till simuleringssprogrammet.

Liknande struktur gällande fördelning och placering av patienter samt personal har försökts att efterliknats i jämförelse med simuleringarna för Scenario B utan en brandcellsvägg som åtgärd. För mer detaljerad information om patientfördelning och placering samt personalens placering precenters i avsnitt *E.2 Patienttypfördelning och E.3 Personalfördelning*.

Tabell F5. Utdata i form av utrymningstid från ERM för Scenario B med en brandcellsgräns som åtgärd.

Simulering	Antal vårdare	Antal sängliggande	Tid [min]	Tid [sek]
1	15	10	2,69	161
2	15	8	2,59	155
3	15	5	1,69	101
4	15	3	1,72	103
5	15	0	1,36	82
6	12	10	2,76	166
7	12	8	2,67	160
8	12	5	1,69	101
9	12	3	1,72	103
10	12	0	1,36	82
11	9	10	3,92	235
12	9	8	2,82	169
13	9	5	2,67	160
14	9	3	1,72	103
15	9	0	1,36	82
16	6	10	4,85	291
17	6	8	3,92	235
18	6	5	2,67	160
19	6	3	1,32	79
20	6	0	1,32	79
21	2	10	11,92	715
22	2	8	9,75	585
23	2	5	6,07	364
24	2	3	3,63	218
25	2	0	1,36	82

Ur *Tabell F5* beräknas en regressionslinje för varje givet personalantal i Scenario B. Resultaten som fås utförs en regression på, antingen linjärt eller som ett polynom av varierande grad. Detta då en linjär regression inte alltid är tillräcklig för att uppnå en god residual, och därmed stämmer framtagna ekvationer inte överens med simuleringarnas resultat. Alla kurvor är anpassade så att residualen ligger mellan 0,9 – 1,0 för samtliga personalantal. Residualen visar med hur stor säkerhet som mätpunkterna inte avviker från framtagna kurva. För att se förhållandet mellan utrymningstiderna vid olika personalantal se *Figur F6*.



Figur F6. Förhållandet mellan de kurvor som representerar utrymningstiderna som funktion av antal sängliggande vid ett givet personalantal i Scenario B med en ny brandcell.

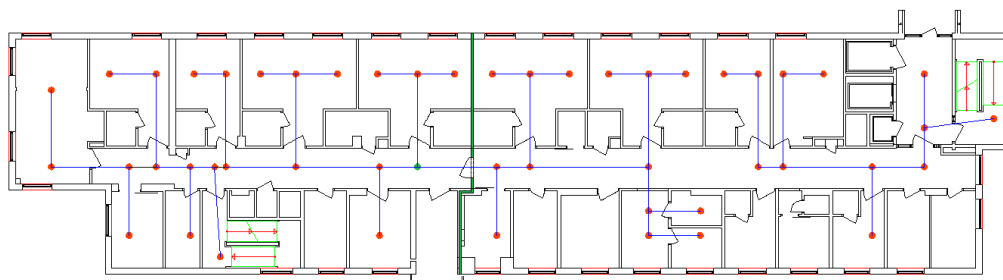
De ekvationer som kurvorna i *Figur F6* bygger på redovisas nedan i *Tabell F6* tillsammans med dess enskilda residual. Ekvationerna kan skilja sig åt eftersom de anpassats till olika grader av polynom och linjära förhållanden.

Tabell F6. Utrymningstiden [$t_{\text{förflyttning}}$] som en funktion av antal sängliggande [$x_{\text{säng}}$] vid ett givet personalantal för Scenario B med ny brandcellsgräns.

Antalet vårdare	Utrymningstiden [$t_{\text{förflyttning}}$]	Residual
15	$t_{\text{förflyttning}} = -0,164x_{\text{säng}}^4 + 3,3093x_{\text{säng}}^3 - 20,007x_{\text{säng}}^2 - 41,682x_{\text{säng}} + 82$	1,0
12	$t_{\text{förflyttning}} = -0,1783x_{\text{säng}}^4 + 3,57x_{\text{säng}}^3 - 21,422x_{\text{säng}}^2 - 43,95x_{\text{säng}} + 82$	1,0
9	$t_{\text{förflyttning}} = 0,2761x_{\text{säng}}^4 - 5,5921x_{\text{säng}}^3 + 35,51x_{\text{säng}}^2 - 56,654x_{\text{säng}} + 82$	1,0
6	$t_{\text{förflyttning}} = -0,4655x_{\text{säng}}^3 + 8,4719x_{\text{säng}}^2 - 17,102x_{\text{säng}} + 77,157$	0,99
2	$t_{\text{förflyttning}} = 65,146x_{\text{säng}} + 54,038$	0,99

F.6 Resultat för Scenario C med en ny brandcellsgräns

Då korridoren anses bli uppdelad på grund av brandgaser i Scenario C kommer detta medföra att utrymningen blir forcerad till den utrymningsväg som är tillgänglig. I Scenario C utan åtgärder skiljer sig denna uppdelning av korridoren något jämfört i detta fall med åtgärder. Studeras *Figur F7* så är förbindelsen mellan två noder kapade till höger om receptionen, medan i Scenario C utan åtgärder är förbindelsen kapad på vänstersidan av receptionen. Detta är medvetet arrangerat med antagandet att om det brinner och en person måste utrymma genom brandgaser, väljs den väg som denna person är van att använda. Samma antagande har egentligen gjorts i Scenario C utan åtgärder där den närmaste vägen är genom trapphuset på högersidan av *Figur F7*.



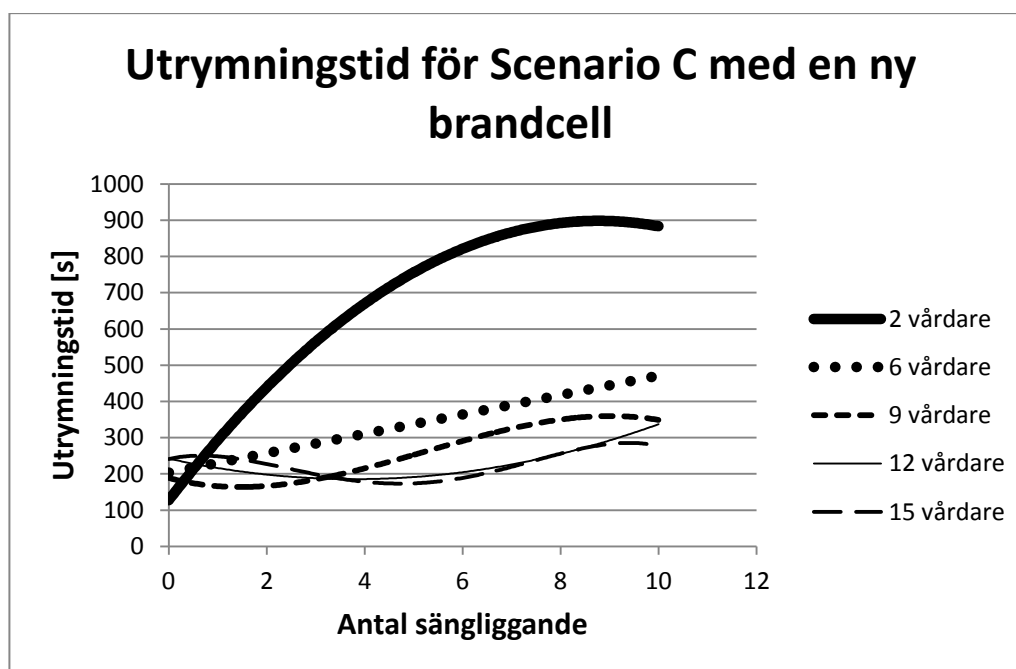
Figur F7. Geometri och noder på avdelning 4 efter inställning av en ny brandcellsgräns vid simulering av Scenario C i ERM. Den gröna punkten anger en ny säker nod i indata till simuleringens programmet.

Liknande struktur gällande fördelning och placering av patienter samt personal har försökts att efterliknats i jämförelse med simuleringarna för Scenario C utan en brandcellsvägg som åtgärd. För mer detaljerad information om patientfördelning och placering samt personalens placering precenters i avsnitt *E.2 Patienttypfördelning* och *E.3 Personalfördelning*.

Tabell F7. Utdata i form av utrymningstid från ERM för Scenario C med en brandcellsgräns som åtgärd.

Simulering	Antal dare	vår-	Antal gande	sänglig-	Tid [min]	Tid [sek]
1	15		10		4,62	277
2	15		8		4,26	256
3	15		5		2,90	174
4	15		3		3,31	199
5	15		0		4,04	241
6	12		10		5,52	331
7	12		8		4,52	271
8	12		5		2,86	172
9	12		3		3,31	199
10	12		0		4,02	241
11	9		10		5,85	351
12	9		8		5,74	344
13	9		5		4,37	262
14	9		3		2,97	178
15	9		0		3,16	190
16	6		10		7,68	461
17	6		8		6,92	418
18	6		5		5,82	350
19	6		3		5,06	304
20	6		0		3,07	184
21	2		10		15,48	929
22	2		8		13,31	799
23	2		5		13,48	809
24	2		3		9,53	572
25	2		0		1,90	114

Ur *Tabell F7* beräknas en regressionslinje för varje givet personalantal i Scenario B. Resultaten som fås utförs en regression på, antingen linjärt eller som ett polynom av varierande grad. Detta då en linjär regression inte alltid är tillräcklig för att uppnå en god residual, och därmed stämmer framtagna ekvationer inte överens med simuleringarnas resultat. Alla kurvor är anpassade så att residualen ligger mellan 0,9 – 1,0 för samtliga personalantal. Residualen visar med hur stor säkerhet som mätpunkterna inte avviker från framtigen kurva. För att se förhållandet mellan utrymningstiderna vid olika personalantal se *Figur F8*.



Figur F8. Förhållandet mellan de kurvor som representerar utrymningstiderna som funktion av antal sängliggande vid ett givet personalantal i Scenario C med en ny brandcell.

De ekvationer som kurvorna i *Figur F8* bygger på redovisas nedan i *Tabell F8* tillsammans med dess enskilda residual. Ekvationerna kan skilja sig åt eftersom de anpassats till olika grader av polynom och linjära förhållanden.

Tabell E8. Utrymningstiden [$t_{\text{förflyttning}}$] som en funktion av antal sängliggande [$x_{\text{säng}}$] vid ett givet personalantal för Scenario C med ny brandcellsgräns.

Antalet vårdare	Utrymningstiden [y]	Residual
15	$t_{\text{förflyttning}} = -0,2577x_{\text{säng}}^4 + 5,0821x_{\text{säng}}^3 - 27,728x_{\text{säng}}^2 - 30,404x_{\text{säng}} + 241$	1,0
12	$t_{\text{förflyttning}} = 3,9367x_{\text{säng}}^2 - 29,86x_{\text{säng}} + 242,18$	0,95
9	$t_{\text{förflyttning}} = -0,9087x_{\text{säng}}^3 + 14,288x_{\text{säng}}^2 - 36,004x_{\text{säng}} + 188,8$	0,99
6	$t_{\text{förflyttning}} = 26,739x_{\text{säng}} + 203,76$	0,98
2	$t_{\text{förflyttning}} = -10,014x_{\text{säng}}^2 + 175,73x_{\text{säng}} + 127,33$	0,97

Bilaga G - @RISK-simuleringar

I detta avsnitt redovisas samtliga använda värden och antaganden gjorda i programmet @RISK för att ta fram tidsmarginalen mellan en total utrymning och tiden för kritiska förhållanden, både med och utan åtgärdsförslag. Samtliga simuleringar gjordes vardera med 1000 iterationer som visats ge tillfredställande resultat efter en känslighetsanalys.

G1 Riskvalidering av befintliga förhållanden

Nedan beskrivs använda värden och ansatta fördelningar för valideringen av möjlighet till utrymning av undersökt sjukhusavdelning innan kritiska förhållanden uppstår i händelse av brand vid befintliga förhållanden för Scenario A, B och C.

G.1.1 Tiden för utrymning

I den här delen redovisas och förklaras metodiken och antagandena gjorda för att ta fram tiden för utrymning i Scenario A, B och C. Här nedan i *Tabell G1-G3* visas den statistik och data som använts för att ta hänsyn till fördelning av antal personal vid brandtillbud som beror på tiden på dygnet.

Tabell G1. Visar statistik över fördelningen av antal insatser på sjukhus under de olika tiderna på dygnet (MSB, 2013).

Byggnad: Sjukhus	
Timme	Antal insatser
17 - 18	73
18 - 19	71
15 - 16	67
10 - 11	65
14 - 15	64
13 - 14	64
12 - 13	64
16 - 17	62
22 - 23	62
19 - 20	62
11 - 12	59
21 - 22	58
08 - 09	58
09 - 10	56
23 - 00	55
07 - 08	51
20 - 21	45
01 - 02	40
00 - 01	34
02 - 03	33
06 - 07	29
04 - 05	28
03 - 04	25
05 - 06	18
Total	1243

Tabell G2. Visar statistik på antalet insatser gjorda på sjukhus med fördelning över de olika veckodagarna (MSB, 2013).

Veckodag	Antal insatser
Tisdag	202
Fredag	192
Torsdag	184
Onsdag	180
Söndag	175
Måndag	168
Lördag	142
Total	1243

Tabell G3. Visar summering av insatser över de olika dygns-skiften med avseende på skillnad i antal tillgänglig personal. Och således erhållen sannolikhet för brandtillbud för de olika tidsskiften visas i kolumnen längst till höger.

tillbud dagtid	(07-14):	417	0.335479
tillbud kvällstid	(14-21):	444	0.3572
tillbud nattid	(21-07):	382	0.307321

tid antal andel

Som nämns i avsnitt 2, *Objektsbeskrivning* är normal bemanning dagtid under helgen, densamma som under veckodag kvällstid. Detta tas det hänsyn till genom att korta ner antalet timmar som utgör full dagtidbemanning samt öka motsvarande andel kvällstidsbemanning enligt *Tabell G1 och G3*.

För att beräkna utrymningstiden med hänsyn till de olika scenarierna som kan ske har statistik tagen från databasen IDA (MSB, 2013) använts för att vikta de olika funktionerna för antalet personal framtagna med avseende på antalet sängliggande patienter enligt *Bilaga D*. Då antalet personal per avdelning kan variera dagtid mellan 10-15 stycken har funktionen för denna bemanning delats upp i tre olika funktioner för 10, 12 och 15 personal och sannolikheten för brandtillbud dagtid har fördelats jämnt över dessa enligt *Tabell G4, G5 och G6*.

Tabell G4. Sannolikhet för funktion för tiden för utrymningen framtagna enligt *Bilaga D* för *Scenario A*.

Scenario A	Funktion	Viktande sannolikhet
15 vårdare	$t_{\text{förflyttning}} = 16,08x_{\text{säng}} + 175,2$	0,111826
12 vårdare	$t_{\text{förflyttning}} = 20,12x_{\text{säng}} + 182,2$	0,111826
10 vårdare	$t_{\text{förflyttning}} = 28,42x_{\text{säng}} + 205,8$	0,111826
6 vårdare	$t_{\text{förflyttning}} = 36,66x_{\text{säng}} + 290,2$	0,3572
2 vårdare	$t_{\text{förflyttning}} = 111,68x_{\text{säng}} + 652$	0,307321

Tabell G5. Sannolikhet för funktion för tiden för utrymningen framtagna enligt *Bilaga D* för *Scenario B*.

Scenario B	Funktion	Viktande sannolikhet
15 vårdare	$t_{\text{förflyttning}} = 16,94x_{\text{säng}} + 194,2$	0,111826
12 vårdare	$t_{\text{förflyttning}} = 22,14x_{\text{säng}} + 194,4$	0,111826
10 vårdare	$t_{\text{förflyttning}} = 31,16x_{\text{säng}} + 217,4$	0,111826
6 vårdare	$t_{\text{förflyttning}} = 38,52x_{\text{säng}} + 297,6$	0,3572
2 vårdare	$t_{\text{förflyttning}} = 131,2x_{\text{säng}} + 408,2$	0,307321

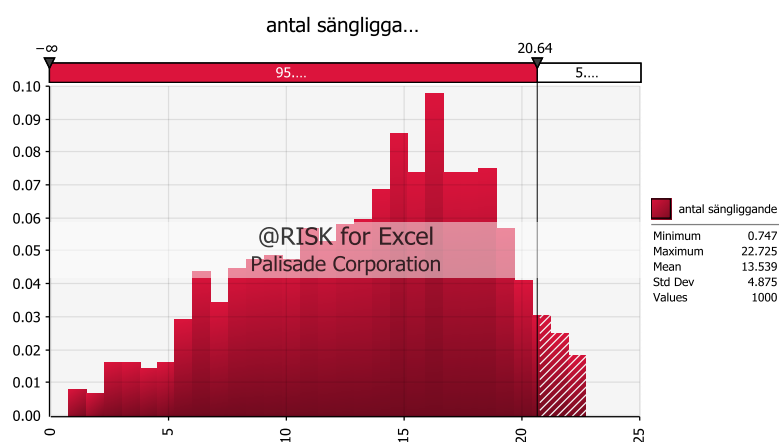
Tabell G6. Sannolikhet för funktion för tiden för utrymningen framtagen enligt *Bilaga D* för *Scenario C*.

Scenario C	Funktion	Viktande sannolikhet
15 vårdare	$t_{\text{förflyttning}} = 17,14x_{\text{säng}} + 213$	0,111826
12 vårdare	$t_{\text{förflyttning}} = 22x_{\text{säng}} + 197,8$	0,111826
10 vårdare	$t_{\text{förflyttning}} = 31,76 x_{\text{säng}} + 221$	0,111826
6 vårdare	$t_{\text{förflyttning}} = 39,44x_{\text{säng}} + 339$	0,3572
2 vårdare	$t_{\text{förflyttning}} = 117x_{\text{säng}} + 707,6$	0,307321

Antalet sängliggande patienter som är den inbegripna variabeln i samtliga funktioner listade i *Tabell G4-G6* har det sats en triangulär fördelning på enligt:

$$=RiskTriang(0;18;23)$$

Där 0 är minsta antalet sängliggande, 23 är högsta antal sängliggande och 18 motsvarar det förväntade antalet sängliggande baserat på den information samt observation som gjordes under platsbesöket.



Figur G1. Grafisk illustration av fördelningen över antalet sängliggande patienter som använts som för framtagning av tiden för utrymning för *Scenario A, B* och *C*.

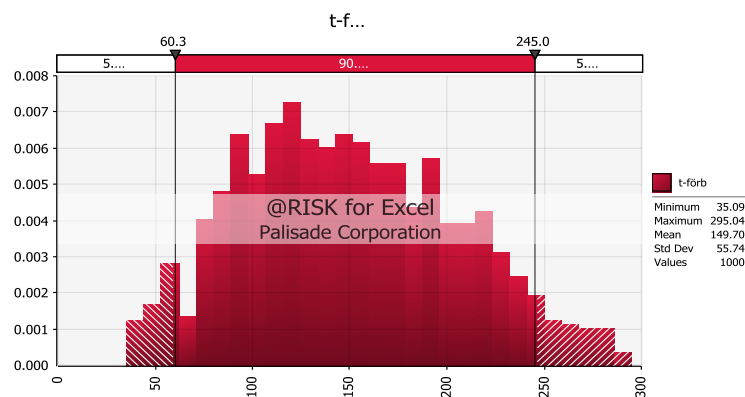
Vid beräkningen av tiden för utrymning används *Ekvation 15* för att ta hänsyn till sannolikheten för respektive utfall. Detta görs för varje scenario med alla dess egna specifika värden.

G.1.2 Förberedelsetiden

I denna del kommer motivationer för de olika fördelningarna av förberedelsetiderna att motiveras och redovisas. Samtliga tider har tagits fram genom kvalitativa resonemang utifrån den information som erhöles från platsbesöket. Förberedelsetiderna för de olika undersökta scenarierna skiljer sig från varandra då de innefattar en fysisk lokalisering av om och exakt var branden befinner sig på avdelningen. Olika placeringar av en brand kan innebära olika tider till lokalisering av den för personalen. Exempelvis en dold brand i ett patientrum jämfört med en brand i korridoren.

I Scenario A, *Brand i fyrpatientsrum*, kommer samtliga rum att behöva genomsökas på avdelningen vid händelse av larm för att lokalisera branden. Detta tillsammans med den tid det tar för reaktion av larm samt för att minnas hur utrymning av sjukhusavdelning ska utföras uppskattas till en minsta tid av 30 sekunder och en längsta tid av 300 sekunder med en bedömd mest sannolik tid på 120 sekunder (se Figur G2). Således ansetts fördelningen triangulär enligt nedan:

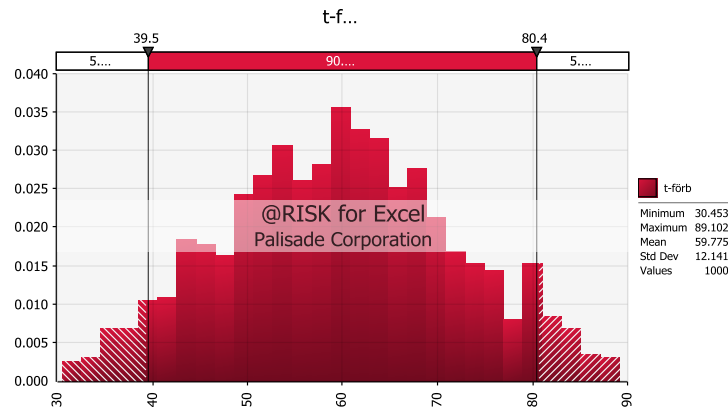
$$= \text{RiskTriang}(30;120;300)$$



Figur G2. Fördelningen över förberedelsetiden för Scenario A.

I Scenario B, *Brand i korridor*, kommer branden snabbt att lokaliseras på grund av dess placering. Detta tillsammans med den tid det tar för reaktion av larm samt för att minnas hur utrymning av sjukhusavdelning ska utföras uppskattas till en minsta tid av 30 sekunder och en längsta tid av 90 sekunder med en bedömd mest sannolik tid på 60 sekunder (se Figur G3). Således ansetts fördelningen triangulär enligt nedan:

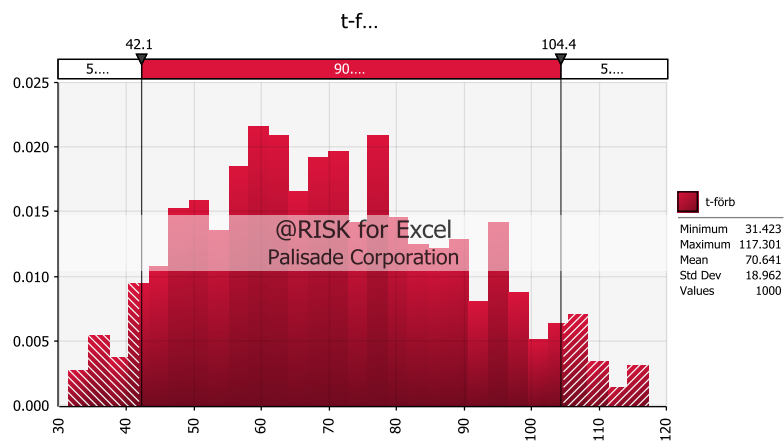
$$= \text{RiskTriang}(30;60;90)$$



Figur G3. Fördelningen över förberedelseiden för *Scenario B*.

I *Scenario C, Brand i reception*, bör branden lokaliseras relativt snabbt på grund av receptionens öppna och centrala placering. Detta tillsammans med den tid det tar för reaktion av larm samt för att minnas hur utrymning av sjukhusavdelning ska utföras uppskattas till en minsta tid av 30 sekunder och en längsta tid av 120 sekunder med en bedömd mest sannolik tid på 60 sekunder (se Figur G4). Således ansåts fördelningen triangulär enligt nedan:

$$= \text{RiskTriang}(30;60;120)$$



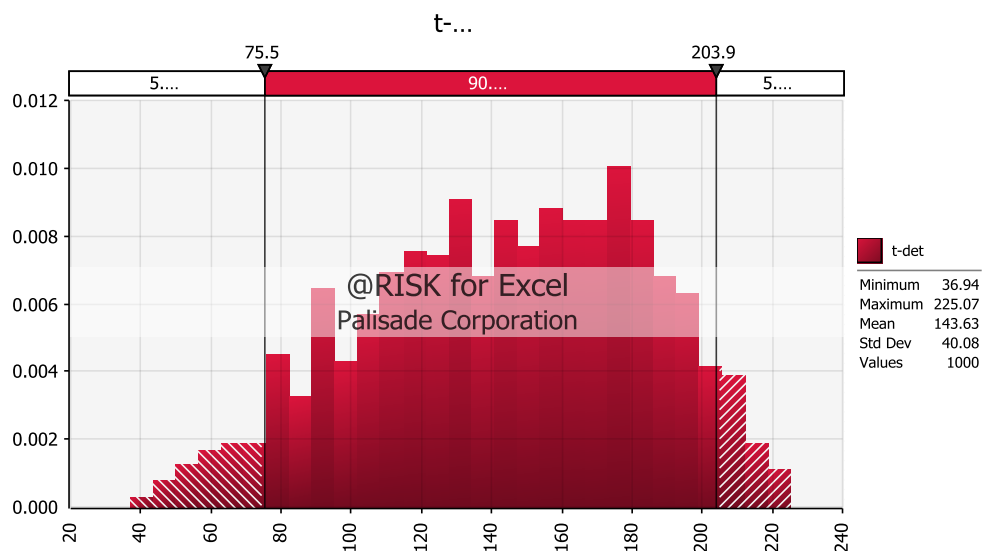
Figur G4. Fördelningen över förberedelseiden för *Scenario C*.

G.1.3 Detektionstiden

I detta avsnitt redovisas tidsfördelningen av detektionstiderna för de olika scenarierna som använts i validering med hjälp av programmet @RISK. Detektionstiden likställs med varseblivningstiden i denna rapport.

Tabell G7 visar det framtagna alfa-värdet för Scenario A samt det största respektive minsta använda alfa-värdet, utöver det framtagna. Dessa har använts för att få med den potentiella variation i brandtillväxt beroende på vad som fattar eld och vad tändkällan är. Den möjliga variationen tas med genom en triangulär fördelning enligt nedan och illustreras i Figur G5:

=RiskTriang(35;172;227)



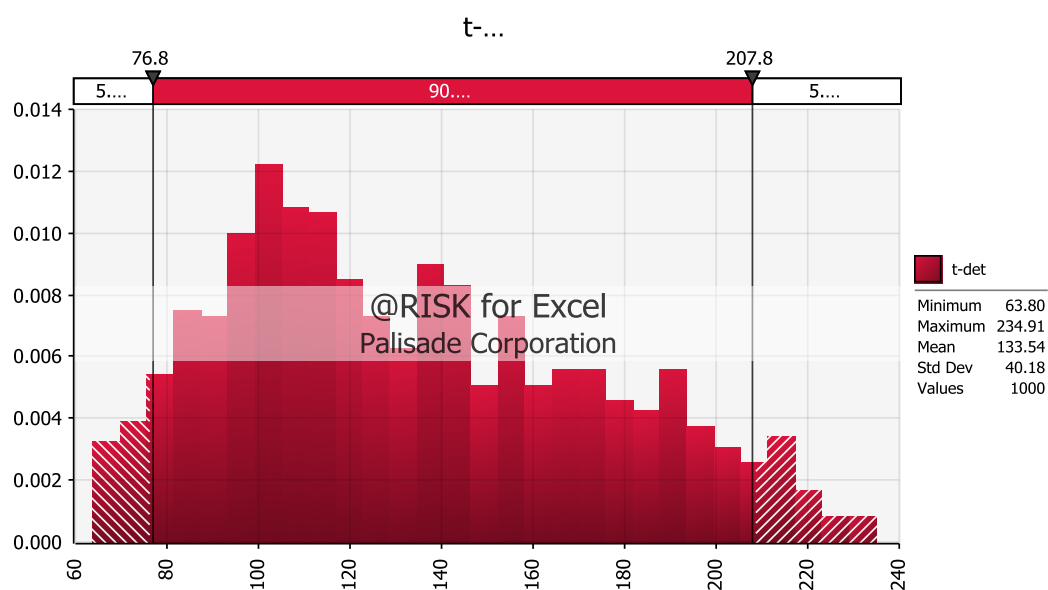
Figur G5. Fördelningen över detektionstiden för Scenario A.

Tabell G7. Här redovisas den erhållna tiden till detektion, för de olika alfa-värdena gällande för Scenario A, framtagna med hjälp av programmet Detact-T2.

α	Detektionstid [s]
0,001	227
0,002	172
0,19	35

Tabell G8 visar det framtagna alfa-värdet för Scenario B samt det största respektive minsta använda alfa-värdet, utöver det framtagna. Dessa har använts för att få med den potentiella variation i brandtillväxt beroende på vad som fattar eld och vad tändkällan är. Den möjliga variationen tas med genom en triangulär fördelning enligt nedan och illustreras i Figur G6:

=RiskTriang(58;98;241)



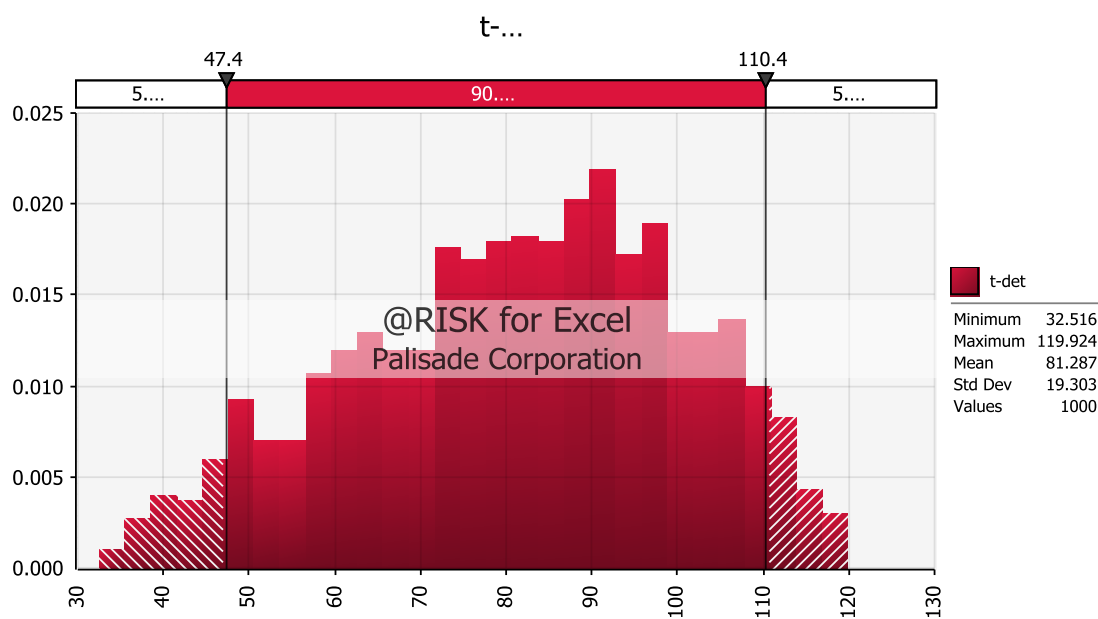
Figur G6. Fördelningen över detektionstiden för Scenario B.

Tabell G8. Här redovisas den erhållna tiden till detektion, för de olika alfa-värdena gällande för Scenario B, framtagna med hjälp av programmet Detact-T2.

α	Detektionstid [s]
0,003	241
0,035	98
0,19	58

Tabell G9 visar det framtagna alfa-värdet för Scenario C samt det största respektive minsta använda alfa-värdet, utöver det framtagna. Dessa har använts för att få med den potentiella variation i brandtillväxt beroende på vad som fattar eld och vad tändkällan är. Den möjliga variationen tas med genom en triangulär fördelning enligt nedan och illustreras i Figur G7:

=RiskTriang(30;91;122)



Figur G7. Fördelningen över detektionstiden för Scenario C.

Tabell G9. Här redovisas den erhållna tiden till detektion, för de olika alfa-värdena gällande för Scenario C, framtagna med hjälp av programmet Detact-T2.

α	Detektionstid [s]
0,003	122
0,0065	91
0,19	30

G.1.4 Tiden till kritiska förhållanden

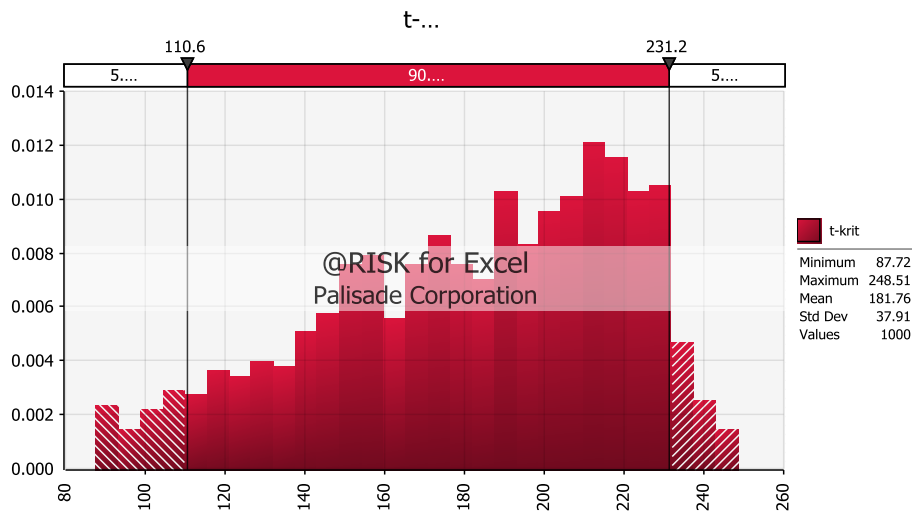
Tider till kritiska förhållanden tas fram med hjälp av datorsimuleringsprogrammet CFAST. Detta kan granskas ingående i *Bilaga C*, som behandlar det mer i detalj. De variationer i tiderna till kritiska förhållanden som finns bygger på samma grund som tiderna till detektion, möjliga variationer i brandens antändning och tillväxt.

Tiderna som står redovisade i *Tabell G10* används för att skapa en triangulär fördelning där viktningen ligger på det framtagna alfa-värdet för den representerande branden från *Bilaga A*. *Figur G8* illustrerar fördelningen i form av en graf från programmet @RISK.

Tabell G10. Visar de givna tiderna till kritiska förhållanden för tre olika alfa-värden som representerar det undersökta spannet av alfa-värden för Scenario A.

α	Tid till kritiska förhållanden [s]
0,19	80
0,002	220
0,001	250

=RiskTriang(80;220;250)

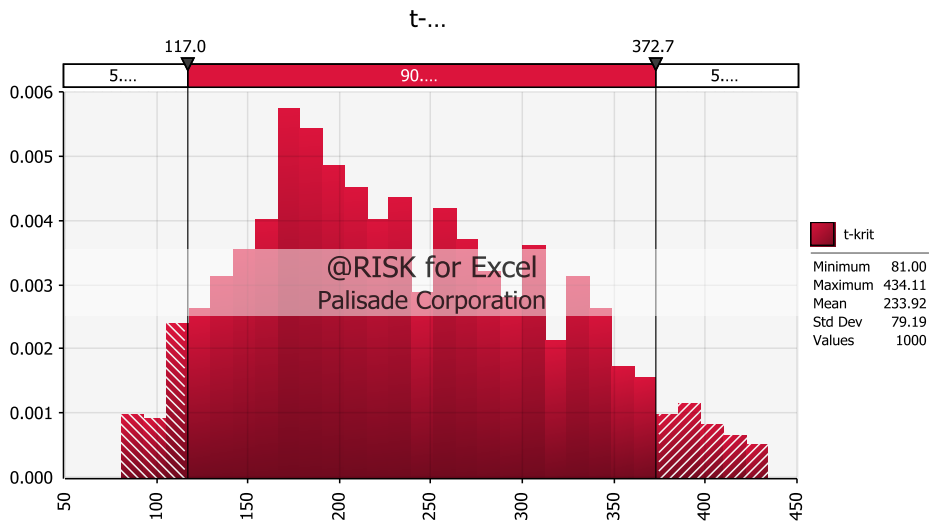


Figur G8. Illustrerar fördelningen satt för tiden till kritiska förhållanden för Scenario A.

Tiderna som står redovisade i *Tabell G11* används för att skapa en triangulär fördelning. Viktningen på fördelningen ligger på det framtagna alfa-värdet för den representerande branden från Bilaga A. *Figur G9* illustrerar fördelningen i form av en graf från programmet @RISK.

Tabell G11. Visar de givna tiderna till kritiska förhållanden för tre olika alfa-värden som representerar det undersökta spannet av alfa-värden för Scenario B.

α	Tid till kritiska förhållanden [s]
0,19	80
0,035	170
0,003	450



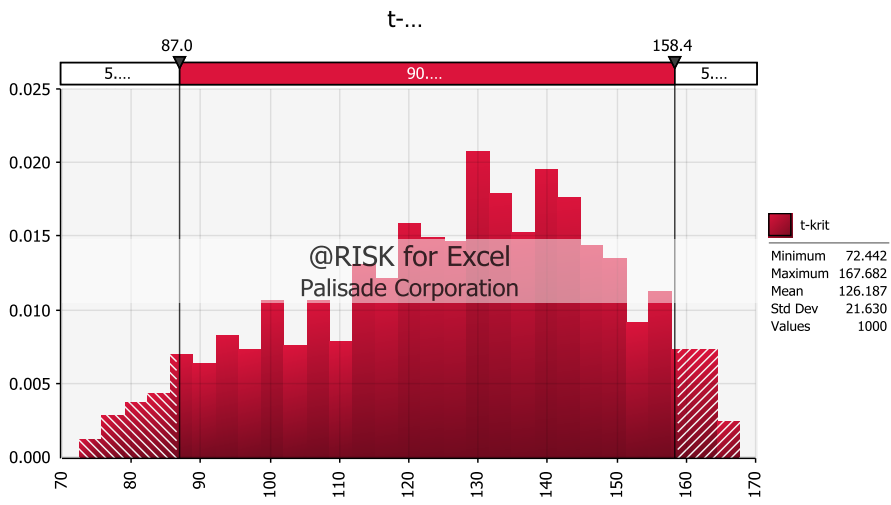
Figur G9. Illustrerar fördelningen satt för tiden till kritiska förhållanden för Scenario B.
 $=RiskTriang(80;170;450)$

Tiderna som står redovisade i *Tabell G12* används för att skapa en triangulär fördelning. Viktningen på fördelningen ligger på det framtagna alfa-värdet för den representerande branden från Bilaga A. *Figur G10* illustrerar fördelningen i form av en graf från programmet @RISK.

Tabell G12. Visar de givna tiderna till kritiska förhållanden för tre olika alfa-värden som representerar det undersökta spannet av alfa-värden för Scenario C.

α	Tid till kritiska förhållanden [s]
0,003	70
0,0065	140
0,19	170

$=RiskTriang(70;140;170)$



Figur G10. Illustrerar fördelningen satt för tiden till kritiska förhållanden för Scenario C.

G.2 Riskvalidering med åtgärdsförslag

Nedan beskrivs de skillnader som gjorts i värden och fördelningar för validering av möjlighet till utrymning innan kritiska förhållanden uppstår i händelse av brand. I detta scenario har det nya åtgärdsförslaget uppdelning av avdelning genom en centrerad brandvägg samt dörrstängare för samtliga dörrar ut mot korridoren tagits med. Validering med åtgärdsförslag med hjälp av programmet @RISK görs enbart för Scenario B då de andra två scenarierna valideras med kvalitativa metoder istället. Således gäller all nedanstående förändringar strikt för validering av Scenario B med åtgärdsförslagen brandvägg och dörrstängare.

G.2.1 Tiden för utrymning med åtgärdsförslag

För att beskriva tiden för utrymningen av en avdelning som funktion av antalet sängliggande patienter med åtgärdsförslagen brandvägg och dörrstängare har nya funktioner tagits fram via utrymningssimuleringsprogrammet *ERM* (för detaljer se Bilaga D) enligt *Tabell G13*. Utöver dessa funktioner är samtliga värden och antaganden samma som beskrivet för Scenario B utan åtgärdsförslag tidigare i detta avsnitt.

Tabell G13. Sannolikhet för funktion för tiden för utrymningen, framtagen enligt *Bilaga D* för Scenario B med åtgärdande brandvägg och dörrstängare.

Scenario B	Funktion	Viktad sannolikhet
15	$t_{\text{förflyttning}} = -0,164x_{\text{säng}}^4 + 3,3093x_{\text{säng}}^3 - 20,007x_{\text{säng}}^2 - 41,682x_{\text{säng}} + 82$	0,111826
12	$t_{\text{förflyttning}} = -0,1783x_{\text{säng}}^4 + 3,57x_{\text{säng}}^3 - 21,422x_{\text{säng}}^2 - 43,95x_{\text{säng}} + 82$	0,111826
9	$t_{\text{förflyttning}} = 0,2761x_{\text{säng}}^4 - 5,5921x_{\text{säng}}^3 + 35,51x_{\text{säng}}^2 - 56,654x_{\text{säng}} + 82$	0,111826
6	$t_{\text{förflyttning}} = -0,4655x_{\text{säng}}^3 + 8,4719x_{\text{säng}}^2 - 17,102x_{\text{säng}} + 77,157$	0,3572
2	$t_{\text{förflyttning}} = 65,146x_{\text{säng}} + 54,038$	0,307321

G.2.2 Förberedelsetiden med åtgärdsförslag

Förberedelsetiden för personalen och patienterna på sjukhuset anses vara oförändrad med de undersökta åtgärdsförslagen brandvägg och dörrstängare

G.2.3 Detektionstiden med åtgärdsförslag

Detektionstiden för en brand enligt Scenario Bär oförändrad från resultaten utan åtgärdsförslag. Således används de redan presenterade resultaten angivna tidigare i detta avsnitt.

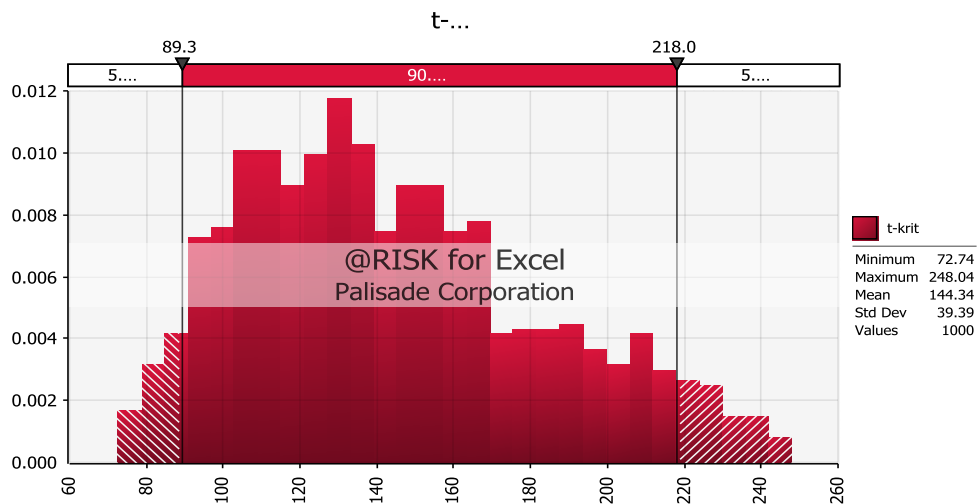
G.2.4 Tiden till kritiska förhållanden

Tiderna för kritiska förhållanden i Scenario B med åtgärdsförslag står presenterade nedan i *Tabell G14* och den satta fördelningen enligt dessa värden visas i *Figur G11*.

Tabell G14. Visar de givna tiderna till kritiska förhållanden för tre olika alfa-värden som representerar det undersökta spannet av alfa-värden för Scenario B med åtgärdsförslag.

α	Tid till kritiska förhållanden [s]
0,19	70
0,035	110
0,003	250

=RiskTriang(70;110;250)



Figur G11. Illustrerar fördelningen satt för tiden till kritiska förhållanden för *Scenario B* med åtgärdsförslag.