

LTH

Lund 2014

Rapport nr.
9463



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Brandteknisk riskvärdering

Akademiska Barnsjukhuset i Uppsala

Joachim Ahlenbäck
Niklas Berg
Caroline Carlheim
Josefin Haglund

Brandteknisk riskvärdering

Akademiska Barnsjukhuset i Uppsala

Författare/Authors

Joachim Ahlenbäck

Niklas Berg

Caroline Carlheim

Josefin Haglund

Lund 2014

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.

Brandteknik
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund
brand@brand.lth.se

Department of Fire Safety Engineering
Institute of Technology
University of Lund
Box 118
221 00 Lund
brand@brand.lth.se

Titel

Brandteknisk riskvärdering, Akademiska Barnsjukhuset I Uppsala

Rapport/Report 9463

© Brandteknik och riskhantering, Lunds Tekniska Högskola 2014.

Title

Fire safety evaluation, Uppsala University Children's Hospital

Författare/Authors

Joachim Ahlenbäck
Niklas Berg
Caroline Carlheim
Josefin Haglund

Datum

140527

Handledare/Supervisors

Hanna Palmqvist
Daniel Edwartz

Nyckelord

Brandteknisk riskvärdering, Akademiska Barnsjukhuset, Uppsala, vårdanläggning, utrymning, kritiska förhållanden, CFAST, ERM, DETACT-T2, brandscenarier, brandskyddsvärdering

Keywords

Fire Safety evaluation, Uppsala University Children's hospital, evacuation, fire scenarios, risk, critical conditions, ERM, CFAST, DETACT, fire safety.

Abstract

This report is a fire safety evaluation of Uppsala University Children's hospital which is the largest part of the course Fire safety evaluation VBR054 at Lund University. The report is focused on identifying the current risks. This was accomplished by using various computer programs, experiments and hand calculations. Different measures were developed in order to minimize the risks.

Förord

Författarna vill rikta ett stort tack till följande personer för all värdefull hjälp.

Daniel Edwartz – För hjälp med att hitta information i alla möjliga frågor.

Håkan Frantzich – Speciellt för all hjälp med programmet ERM.

Daniel Nilsson – För hjälp med frågor angående sprinkler och CFAST.

Henrik Nyström – För all information om säkerhetsfrågor på sjukhuset.

Hanna Palmqvist – För utmanande och engagerad handledning genom hela processen.

Ann-Ida Pettersson – För all information om hur räddningstjänsten arbetar med sjukhuset.

Fredrik Sadjak – Mycket guidning då det kommer till detektionssystem- och elfrågor.

Jonathan Wahlqvist – För många svar angående CFAST, CFAST och CFAST.

Lennart Wallberg – För svar angående våra frågor om ventilationen på sjukhuset.

Personalen på Uppsalas Akademiska Barnsjukhus – För att de var så tillmötesgående och deras hjälpsamma svar på alla våra frågor.

Räddningstjänsten i Uppsala – För att de gav oss tak över huvudet en kall natt i februari.

Sammanfattning

Detta är en brandteknisk riskvärdering av Akademiska barnsjukhuset i Uppsala. Den utgör den största delen av kursen Brandteknisk riskvärdering VBR054 vid Lunds Tekniska Högskola. Rapporten avgränsas till att behandla personsäkerhet. Inga ekonomiska skador beaktas och den förhåller sig till värsta troliga fallet.

Det fastställdes att det finns brister i brandskyddet och barnsjukhuset lever inte upp till målet att alla kan utrymma utan att utsättas för kritiska förhållanden.

För att uppnå fastställt mål ges förslag på åtgärder, där dessa åtgärder delas upp i kategorierna ska och bör. Åtgärder som *ska* genomföras är

- Installera sprinklersystem
- Införa rutiner för kontroll av brandskydd
- Täta genomföringar i brandcellsgränser

För att förbättra möjligheterna till en lyckad utrymning, *bör* följande åtgärder genomföras enligt fallande prioriteringsordning.

- Införa extra brandcellsgräns
- Utveckla samarbete mellan avdelningarna
- Utveckla larmsystemet
- Minska mängden lösa föremål i allmänna utrymmen
- Använda brandklassade möbler och övrig inredning
- Genomföra utrymningsövningar

Vid starten av projektet genomfördes ett objektbesök för att få en uppfattning om verksamheten och kontrollera det aktuella brandskyddet. Enkäter för att få information om hur personalen kände angående brandskyddet delades också ut. Utifrån insamlad information diskuterades flera olika scenarier och slutligen valdes tre av dessa ut vilka ansågs representera de värsta troliga fallen. Dessa var

- Brand i ett matrum. Med en stor soffa och några bokhyllor ansågs det bli en betydande brandbelastning, och samtidigt som två utrymningsvägar antagligen blockeras. Därav var en vidare analys aktuell.
- Brand i ett linneförråd. Även i detta fall handlade det om en hög brandbelastning och i kombination med att brandgaserna från branden sprids ut i två korridorer var det ett scenario som blev aktuellt för vidare analys.
- Brand i ett patientrum. Med en geometri som gör branden svårupptäckt och där brandrummet ligger vägg i vägg med andra patientrum blev det ett scenario som behövdes analyseras vidare.

En rad kriterier sattes upp för att fastställa när det rådde kritiska förhållanden, vilket innebär då det föreligger en risk för att alla inte längre kan utrymma och alltså utsättas för fara. I programmet CFAST simulerades bränderna och tiderna till dess att kritiska förhållanden rådde. Resultaten togs fram dels genom simuleringarna men även via analyser och kunskap från föregående kurser. I utrymningsprogrammet ERM simulerades flera olika utrymningsscenarier. Tiderna för kritiska förhållanden och tiden för utrymning jämfördes sedan för att se om målet uppnåddes.

Innehåll

Nomenklatur	1
1. Inledning	3
2. Skadekriterier	5
3. Objektbeskrivning	7
4. Grovanalys av scenarier	19
5. Brandscenario	23
6. Brandsimuleringar	31
7. Utrymningssimuleringar	35
8. DETACT-T2	39
9. Riskvärdering	41
10. Känslighetsanalys	43
11. Ventilation	49
12. Åtgärder	51
13. Validering av åtgärder	53
14. Brandskyddsvärdering	57
15. Diskussion	59
16. Slutsats	65
17. Referenser	67
I. Bilaga 1 – Krav från BBR.	I
II. Bilaga 2 – Teori brandförlopp	II
III. Bilaga 3 – Enkät angående Brandsäkerhet	III
IV. Bilaga 4 – Ekvationer för scenarierna	V
V. Bilaga 5 – Antaganden	VII
VI. Bilaga 6 – Scenario 1, Brand i matrum	VIII
VII. Bilaga 7 – Scenario 2, Brand i patientrum	XIII
VIII. Bilaga 8 – Scenario 3, Brand i linneförråd	XVIII
IX. Bilaga 9 – Teori utrymning	XX
X. Bilaga 10 – Beräkningsteori CFAST	XXII
XI. Bilaga 11 – Utrymningssimuleringar	XXIV
XII. Bilaga 12 – CFAST	XXVIII
XIII. Bilaga 13 – DETACT-T2	XXXI
XIV. Bilaga 14 – Känslighetsanalys CFAST	XXXII
XV. Bilaga 15 – Siktberäkningar	XXXV
XVI. Bilaga 16 – Åtgärder	XXXVI
XVII. Bilaga 17 – Brandskyddsvärdering av vårdanläggning	XXXVIII
XVIII. Bilaga 18 – Larmstatistik	L
XIX. Bilaga 19 – Indatafil CFAST	LI
XX. Bilaga 20 – Indatafil ERM	LV

Nomenklatur

A_0	Area öppningar [m ²]
A_t	Total area av hela rums ytor, inklusive öppningar [m ²]
C	Volymsandel gas [-]
D_0	Rökpotential [m ² /g]
D_L	Optisk densitet per meter [m ⁻¹]
F_{skata}	Skalfaktor för att få produktionen rätt (25000 för CO ₂ 1000 för CO) [-]
H_0	Höjd öppningar [m]
m	Massan [g eller kg]
$m_{markör}$	Massa markör i det övre lagret [kg]
P	Absolut tryck i korridoren [Pa]
\dot{Q}	Effekt [kW]
\dot{Q}_{fo}	Effekt vid övertändning [kW]
\dot{Q}_r	Strålning från brand [kW]
\dot{q}_r''	Infallande strålning på yta [kW/m ²]
\dot{Q}_v	Brandeffekt [kW]
R	Avstånd [m]
t	Tid [s]
V	Volym [m ³]
X_r	Strålningsandel från brand [-]
α	Tillväxthastighet [kW/s ²]
ρ	Denistet [kg/m ³]

1. Inledning

Följande Kapitel innehåller bakgrund, syfte, mål, avgränsningar och metod. Denna rapport utgör den största delen av kursen Brandteknisk riskvärdering som ges vid Lunds Tekniska Högskola av avdelningen för brandteknik.

Objektet för riskvärderingen är Akademiska Barnsjukhuset i Uppsala.

1.1. Bakgrund

Uppaktan till denna rapport var den plan som presenterades år 2010 av Landstingsservice, förvaltare av Akademiska sjukhusets fastigheter. Planen tog upp hur brandskyddet på hela sjukhusets kärnområde skulle förbättras och var ett resultat av ett föreläggande från Uppsala Brandförsvaret efter tillsyn enligt lagen om skydd mot olyckor. Landstinget har sedan dess finansierat en mängd prioriterade brandskyddsåtgärder. Dock fortsätter arbetet då byggnaderna är gamla och uppförda enligt förlegade byggnormer.

Med bakgrund till detta, samt den pågående ombyggnationen och renovering av flera av Akademiska sjukhusets centrala byggnader kontaktades brandingenjörstudenter vid Lunds Tekniska Högskola för att utvärdera brandskyddet. För att hinna klart inom tidsramen för projektet valdes rapportens omfattning till barnsjukhuset.

1.2. Syfte

Syftet med rapporten är att göra en riskvärdering av barnsjukhuset på Akademiska sjukhuset i Uppsala. Detta genomförs med hjälp av att utvärdera befintligt brandskydd och utrymningsstrategi.

1.3. Mål

Målet med rapporten är att fastställa de risker som kan orsaka eller förvärra en brand och analysera utrymningsproblematik för att vid behov ge förslag på lämpliga åtgärder.

1.4. Avgränsningar

Rapporten avgränsas till akutintaget och akutmottagningen på Uppsala Akademiska barnsjukhus.

Rapporten fokuserar endast på personskador, inga ekonomiska skador eller byggnadens bärighet beaktas.

Antalet scenarier som analyseras avgränsas till ett hanterbart antal. I detta fall till tre stycken som anses täcka in många tänkbara scenarier.

1.5. Metod

För att uppnå syftet och målet med rapporten användes följande metodplan, se **Figur 1**.

Först genomfördes ett objektbesök för att få större förståelse för hur barnsjukhuset är uppbyggt och fungerar som organisation. Efter att ha fått kunskap kring de risker och problem som finns på avdelningen gjordes en avgränsning till de delar av sjukhuset som anses vara extra utsatta för svårigheter i samband med en utrymningsituation. Därefter ansattes rapportens skadekriterier, vilka främst åsyftar kritiska förhållanden för utrymning. Information om sjukhuset samlades i en objektbeskrivning, se Kapitel 3, där

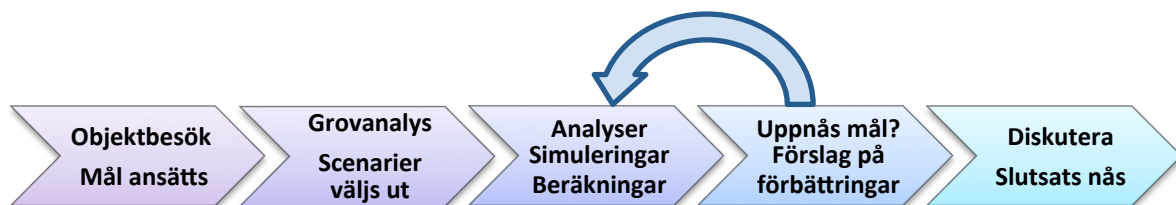
de delar av sjukhuset vilken rapporten avgränsas till uppmärksammas. Ett flertal tänkbara scenarier gällande brand- och utrymningssvårigheter diskuterades och analyserades i en analys, se Kapitel 4. För att gå vidare valdes de värsta troliga fallen, vilket innebar en riskanalys på nivå två utifrån Paté-Cornells skala (Paté-Cornell, 1996).

Paté Cornells metod är en skala bestående av sex olika nivåer av risk. Nivå noll i skalan utgår från om det finns en risk eller inte, en enkel ja eller nej fråga. Nivå ett utgår från värsta fallet, vilket är problematiskt att använda då det alltid finns ett värre fall. Nivå två utgår från värsta troliga fallet som ska stressa modellen men ändå vara troligt. Denna nivå diskuteras närmare i diskussionen, se Kapitel 15. Nivå tre utgår från medianer och medelvärde, vilket gör den känslig för extremvärden. Nivå fyra utgår från en probabilistisk riskanalys som tar hänsyn till osäkerheter. Nivå fem är som nivå fyra fast med andra ordningens osäkerheter. Användning av nivå två för rapporten medförde att vidare analys skedde för de scenarier som stressar modellen samtidigt som de är möjliga. Även vid utrymningssimuleringarna användes nivå två, vilket diskuterades närmare i diskussionen.

För att avgöra vilka parametrar som påverkade resultaten mest genomfördes initiala känslighetsanalyser innan simuleringarna utfördes. De valda scenarierna beskrevs närmare och en dimensionerande brand ansattes. Dessutom beräknades och resonades en effektkurva fram, se Kapitel 5. Effektkurvan tillsammans med den dimensionerande branden användes därefter i CFAST för att simulera tiden det tar till kritiska förhållanden uppnås. Effektkurvan användes dessutom i DETACT-T2 för att uppskatta detektionstiden, vilken anger varseblivningstiden gällande utrymning. Förberedelse- och förflyttningstiden ges av simuleringar i ERM (Escape and Rescue Model). Den totala tiden för utrymning (varseblivning + föreberedelse + förflyttning) jämfördes därefter med tiden till kritiska förhållanden för att avgöra om fullständig utrymning kan ske innan kritiska förhållanden uppnås, se Kapitel 9. Simuleringarnas resultat är endast fingervisningar om hur lång tid en utrymning kan ta och tiden till dess att kritiska förhållanden råder. Detta på grund av de osäkerheter i antaganden och modeller som föreligger.

En fullständig känslighetsanalys genomfördes därefter för att avgöra vilken parameter som har störst påverkan på resultatet, se Kapitel 10. Resultaten ger en bra helhetsbild gällande osäkerheter kring de fastställda resultaten.

Acceptabel utrymning uppnåddes inte enligt de uppsatta skadekriterierna, vilket resulterade i åtgärder, se Kapitel 12. Dessa validerades genom nya simuleringar, handberäkningar eller resonemang beroende på scenariernas problematik. Till slut diskuterades de resonemang och resultat som uppnått i rapporten tillsammans med osäkerheter kring dessa.



Figur 1. Metodplanen för rapporten.

2. Skadekriterier

Enligt Bilaga 2 måste utrymning ske under fasen "tidiga brandförloppet". För att utrymning ska kunna ske under acceptabla förhållanden måste den ske innan de kritiska nivåerna uppfylls. I Tabell 1 redovisas kriterier uppsatta enligt Boverket (2013). För att uppfylla acceptabla utrymningsförhållanden bör kriterierna 1 eller 2, samt 3-5 uppfyllas (BFS 2013:12). Dessa kriterier används då flera parametrar kan vara direkt skadliga, så som temperatur, strålning och toxicitet. De parametrar som inte är skadliga bör fortfarande uppfyllas för att bibehålla en god utrymningsmiljö. I vanliga fall kan personer antas krypa och ta sig ut. På ett sjukhus kan det med större sannolikhet finnas medicinska orsaker som försvårar utrymningen för personerna och därför krävs lite striktare kriterier. Hänsyn bör tas till personalen som inte kan förväntas återvända för att assistera ytterligare patienter då kritiska förhållanden råder.

Målet är att alla ska ha hunnit utrymma innan de angivna kriterierna inte längre uppfylls.

Tabell 1. Uppsatta kriterier enligt Boverkets Byggregler som krävs för att acceptabel utrymning ska uppfyllas.

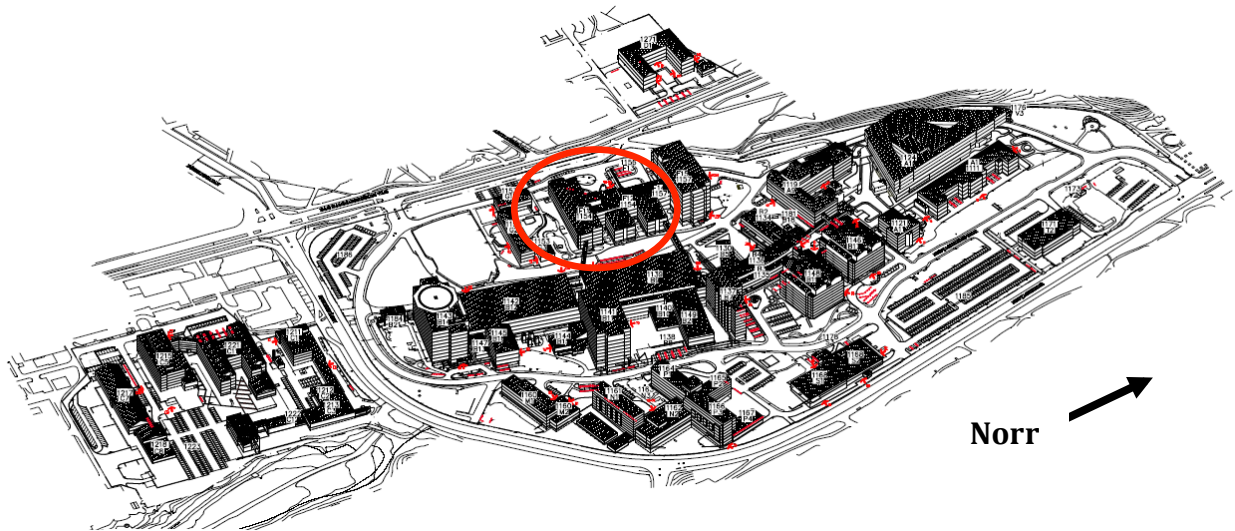
Kriterium	Nivå
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	Lägst 1,6 m + (rumshöjd i m · 0,1)
2. Siktbarheten 2,0 meter ovan golv	10 m i lokaler > 100 m ² 5 m i lokaler < 100 m ²
3. Värmestrålning/Värmedos	Max 2,5 kW/m ² eller kortvarig strålning på max 10 kW/m ² i kombination med max 60 kJ/m ² utöver en strålningsnivå på 1 kW/m ²
4. Temperatur	Max 80°C
5. Toxicitet 2,0 meter ovan golv	- Kolmonoxidkoncentration (CO) < 2000 ppm - Koldioxidkoncentrationen (CO ₂) < 5 % - Syrgaskoncentrationen (O ₂) > 15 %

3. Objektbeskrivning

Nedan följer först en allmän objektbeskrivning av Akademiska barnsjukhuset i Uppsala. Därefter görs en närmare beskrivning av akutintaget och akutmottagningen. Slutligen presenteras det befintliga brandskyddet samt ett antal observationer som gjordes vid objektbesöket.

3.1. Allmänt

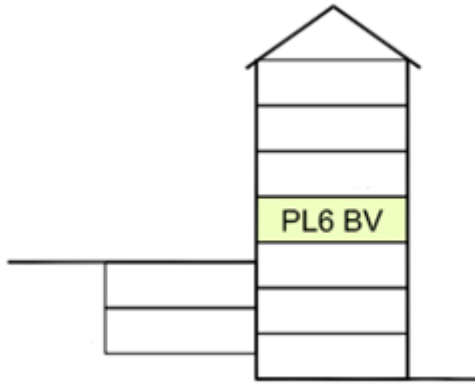
Uppsalas Akademiska sjukhus utgörs av ett flertal byggnader och avdelningar som ligger i stadens centrala delar, se Figur 2. Denna rapport inriktar sig på barnsjukhuset, vilken är lokaliserad på plan sex med ingång 95-96. Barnsjukhuset ligger i suterräng där östra änden ligger tre våningar ovan markplan och västra delen i markplan, se Figur 3 och Figur 6. Barnsjukhuset blev en egen division 1991, dock byggdes lokalerna där de håller till redan 1979. Till barnsjukhuset kommer barn som är mellan 0-18 år. Vid kirurgiska problem är dock den högsta åldern 15 år för patienterna.



Figur 2. Översiktbild över hela sjukhusområdet¹.

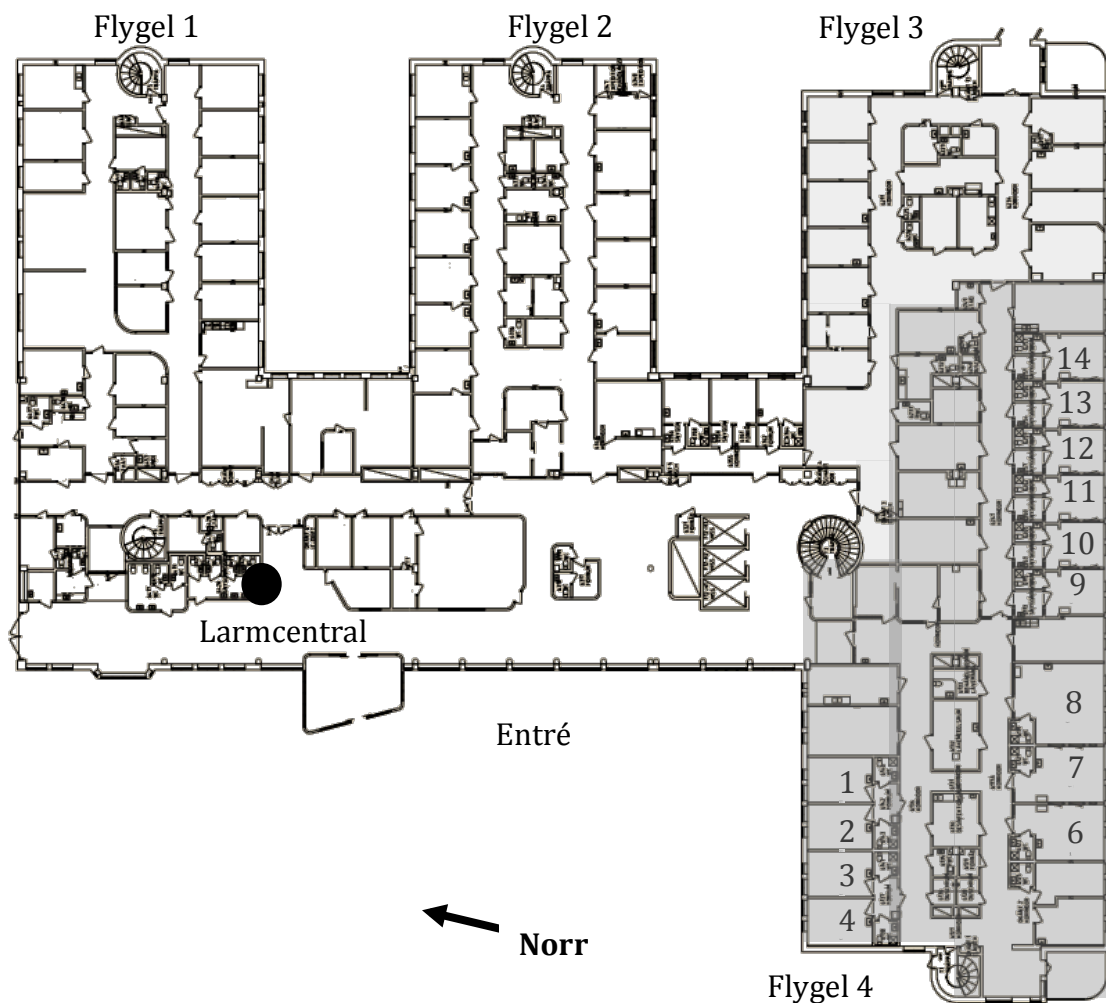
Barnsjukhuset utgörs av fyra stycken flyglar. Flygel 1 består av kontor och ett laboratorium. I flygel 2 finns en specialistmottagning och i flygel 3 och 4 ligger akutmottagningen respektive akutintaget. De fyra flyglarna kan ses i Figur 4.

¹ Översiktbild tillhandahållen av Landstinget i Uppsala.



Figur 3. Genomskäring av byggnaden där barnsjukhuset är beläget.

Vid tidpunkten för objektbesöket pågick en ny- och ombyggnation av stora delar av sjukhusområdet, där nästintill alla byggnader genomgår renovering. Renoveringen av barnsjukhuset hade inte påbörjats vid objektbesöket.



Figur 4. Planskiss över våningen där barnsjukhuset ligger. Det mörkgrå området visar akutintaget och det ljusgrå området visar akutmottagningen. Den svarta pricken visar larmcentralens placering.

3.2. Närmare beskrivning av akutintaget och akutmottagning.

Efter en rundvandring på barnsjukhuset diskuteras utrymningsproblematik för objektet. Störst problem anses finnas där ett stort antal patienter är inneliggande, och därav gjordes en avgränsning till akutintaget och akutmottagningen. I fortsättningen när de båda avdelningarna diskuteras som en enhet benämns de som barnakuten.

3.2.1. Akutintaget

Akutintaget, flygel 4, består av två parallella korridorer med patientrum, personalkök och personalrum längs med ytterväggarna. I mittendelen mellan korridorerna finns desinfektionsrum, läkemedelsförråd, föräldrakök och toaletter, se Figur 7. I föräldraköket finns en mikrovågsugn och en kyl/frys. Personalköket har liknande utrustning att tillgå, och här finns också en spis.

Objektbeskrivningen utgår från korridoren där patientrum 1-3 ligger och fortsätter därefter med en genomvandring av akutintaget och akutmottagningen. Exempel på patientrum kan ses i Figur 5. Patientrum 1-3 är icke-isoleringsrum, vilket innebär att barn som blir behandlade här kan röra sig fritt på avdelningen tillsammans med sin förälder. Rummen har en liten hall med ingång till toalett och en dörr in till rummet. I varje rum finns det plats för ett barn och en förälder. Alla patientrum är ungefär lika stora, 3,5 meter gånger 5 meter och med 2,5 meter i takhöjd.

Längst ner i korridoren, i västlig riktning, ligger rum 4 vilket är ett infektionsrum. Här läggs patienter in som har eller misstänks ha synnerligen smittsamma sjukdomar. Detta rum har liknande geometri som föregående rum men har även en utrymningsväg via markplan.

Längst västerut finns en passage som binder ihop korridorerna. I denna passage finns en utrymningsväg som via ett trapphus leder ut till det fria, vilken är markerad i Figur 7. I och runtomkring passagen finns ett flertal lösa föremål, som till exempel stolar, bord, bokhyllor och en patientsäng. På akutintaget finns ytterligare en passage som förbinder korridorerna. Här var två tunnor för pappersåtervinning och två barnvagnar placerade vid objektsbesöket.

I änden av korridoren med utrymningsvägen ligger matrummet. Här finns olika leksaker samt ett flertal möbler som till exempel bokhyllor och soffa. I matrummet finns även en utgång som leder direkt ut till en liten uteplats i markplan som är inhägnad med staket och en grind.

I andra korridoren på akutintaget, som ligger mer söderut, ligger rum 6-8. Här behandlas patienter som kommer in för undersökningar och behandlingar över dagen och sedan skickas hem. Vid behov kan rummen dock användas för övernattningsrum av två patienter med varsin förälder i varsitt rum. Rummen har plats för fler barn och är något större än patientrummen 1-3. Korridoren delas där en del går tillbaka till entrén förbi expeditionen, den andra delen fortsätter vidare till patientrum 9-14 vilka är isoleringsrum. Patientrummen har samma dimensioner som patientrum 1-3. Ingång till toan sker dock direkt från rummen. Istället för en hall finns en liten sluss där eventuella skyddskläder kan tas på innan man kommer in till patientrummet. Patienter som läggs in här saknar möjligheten att röra sig fritt på avdelningen. Antingen för att de har en smittsam sjukdom eller för att de är extra infektiösa. Mellan rummen sitter två fönster som inte är brandklassade. På andra sidan korridoren mitt emot

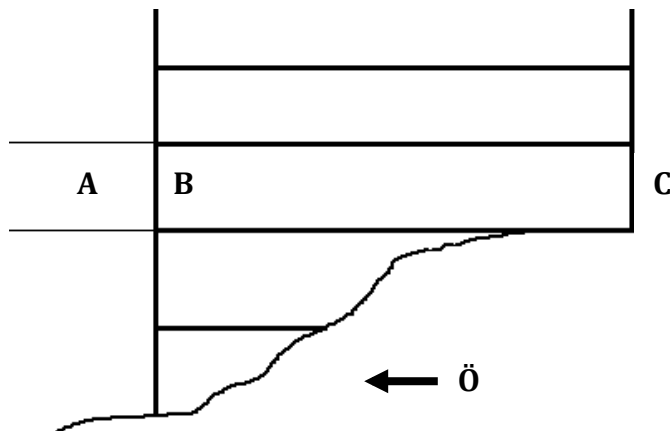
isoleringsrummen finns två förråd, toalett och dusch, ett beredningsrum och ytterligare ett undersökningsrum.



Figur 5. Så här såg de flesta patientrum ut på akutintaget.

I slutet av korridoren innan akutintaget övergår till akutmottagningen, flygel 3, ligger det andra personalrummet.

Figur 6 visar hur sjukhuset ser ut i genomskärning. Punkt A visar passagen över till nästa avdelning. Punkt B visar var akutmottagningen befinner sig, och punkt C visar var akutintaget befinner sig i förhållande till marknivån.



Figur 6. Genomskärning av sjukhuset med markering A som visar passagen över till nästa avdelning. Markering B visar akutmottagningen och markering C visar akutintaget. Förhållandet till markplan framgår också.



Figur 7. Planritning för barnakuten. Infällda bilden A visar beredningsrummet, bild B visar väntrummet på akutmottagningen, bild C visar västra passagen, bild D visar dörren ut mot kulverten i öster, bild E visar akutrummet, bild F visar linneförrådet, bild G översikt från en av korridorerna och bild H visar matrummet. Infällt ligger även teckenförklaring till planritningen.

3.2.2. Akutmottagning

Akutmottagningen består av undersökningsrum och ett akutrum längs ytterväggarna. Mellan de två parallella korridorerna finns desinfektionsrum, vilorum, beredningsrum och toaletter. Alla rum har ungefär samma takhöjd, 2,5 meter. I slutet av den ena korridoren, längst österut, finns en passage över till en annan avdelning. Här är både kryckor, rullstolar och barnvagnar placerade precis utanför dörren. Vid sidan om finns en utrymningsväg genom ett trapphus som leder ner till markplan. Denna del av byggnaden befinner sig två plan ovanför marknivå, se Figur 6.

I anknytning till korridoren på akutmottagningen finns det fler undersökningsrum och även kontor. På ritningen i Figur 7 syns en lite större fri golvyta, viken är markerad med en cirkel. Här finns två sängar som är avskilda med draperier där lättare undersökningar utförs. I andra änden av korridoren finns ett väntrum med lite leksaker, en mikrovågsugn och en TV. Hit kan man även komma direkt från stora entrén.

3.3. Generell information

På barnakuten råder förbud mot levande ljus. Detta är något som varje avdelning själv tar beslut om. I flera av korridorerna finns det mycket material utplacerat, både som tidigare nämnda bokhyllor och stolar, men även medicintekniska maskiner och annan elektronisk utrustning.

I flera rum på avdelningarna finns syrgas och luft inkopplat som kan stängas av från en huvudkran. Huvudkranarna finns i korridoren och här finns även information om vilka rum som berörs vid avstängning. Det finns dessutom flera rum som innehåller brandfarliga vätskor och gaser, och dessa är markerade med skyltar på dörrarna. De uppsatta målen på sjukhuset rekommenderar att endast förvara 50 liter brandfarlig vätska per brandcell. I dagsläget kan denna mängd vara den dubbla enligt information vid objektbesöket².

Ett barn får aldrig lämnas ensamt då det finns bestämmelser om att minst en förälder alltid ska vara med barnet. Måste föräldern gå iväg för en kort stund går en i personalstyrkan in till barnet. Även om barn mellan 0-18 år kan befinna sig på avdelningen är det oftast små barn som behandlas, speciellt vinter- och vårmånaderna. Avdelningarna är oftast fullbelagda och det kan maximalt finnas elva övernattande patienter.

3.4. Personal

Personalstyrkan inne på akutintaget är dagtid mellan 13-16 och nattetid 5-6 personer. Personalstyrka på akutmottagningen är 10 personer på dagen, 6 på eftermiddagen och 3-4 personer på natten. Personalstyrkan består av läkare, sjuksköterskor, undersköterskor och administrativ personal i olika formationer beroende på dag eller natt.

² Henrik Nyström, Säkerhetssamordnare, Uppsala 2014.

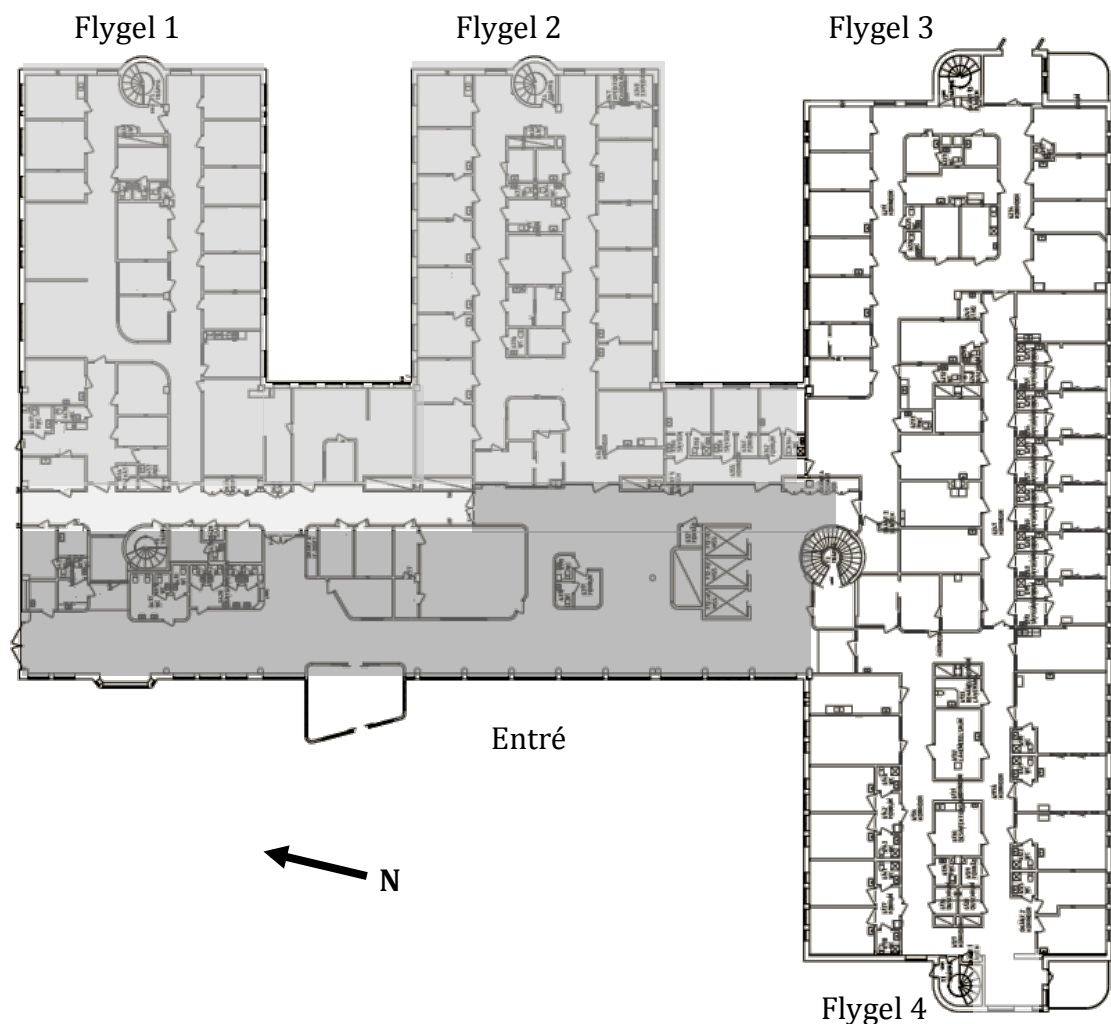
3.5. Befintligt brandskydd

I följande stycke behandlas nuvarande brandskydd.

3.5.1. Brandcellsgränser

Planet där barnsjukhuset befinner sig i byggnaden är indelat i fyra brandceller, se Figur 8:

- Barnakuten, flygel 3 och 4.
- Flygel 1 och 2, laboratorium, kontor och specialistklinik.
- Entréområde.
- Korridor mellan entréområde och flygel 3 och 4.



Figur 8. Planlösning över barnsjukhuset med de fyra brandcellsindelningarna representerade med olika färger.

Dessutom är varje trapphus i byggnaden en egen brandcell, vilken är tänkt att fungera som utrymningsväg. Trapphusets väggar består av betong i brandklass EI 60 och har dörrar till övriga delar av lokalen i brandklass E 15. Väggarna mellan barnakuten och övriga utrymmen, till exempel ut mot entrén, utgörs av betong eller gips, vilket innebär brandklass EI 30 – EI 60. De två dörrarna ut till entréområdet har brandklass E 15. Dock är brandcellsgränsen ovanför dörrarna bruten av genomförda kabeldragningar som inte tätats, se Figur 9.



Figur 9. Kabelldragning som bryter brandcellsgräns ovanför en av dörrarna på barnakuten..

Dörren i brandcellsgränsen mellan barnakuten och flygel 2 är inte brandklassad. Däremot finns brandklassade dörrar vid utrymningsvägen mot kulverten samt vid två andra ställen i på barnakuten, se Figur 7 för placering.

Dörren som skiljer akutintaget från akutmottagningen är uppställd med hjälp av ett rep, vilket hindrar stängning vid en eventuell brand.

3.5.2. Larmsystem

På barnakuten finns rökdetektorer installerade i samtliga korridorer, i merparten av alla rum samt i undertaket. Duschrummen är utrustade med värmedetektorer. De enda utrymmen som inte täcks av detektionssystemet är toaletterna i patientrummen. Detektorerna är kopplade till ett automatiskt brandlarm och ett utrymningslarm som ljuder på hela planet där aktivering sker.

Brandlarmet är direktkopplat till Räddningstjänsten, det interna patientkallelsesystemet och driftledningscentralen. Meningen är att personalen ska få information direkt på patientkallelsedisplayen, som är placerade i taket, om vilken detektor som har aktiverat och därmed lättare kunna lokalisera branden. I nuläget levereras enbart en otydbar kod. Detta innebär att personalen själva måste leta reda på vilken detektor som aktiverat genom att leta efter branden. Detektionssystemet är även kopplat till våningarna under och ovan det aktuella planet. Därmed får även personal på dessa våningsplan information via patientkallelsesystemet om att brandlarmet har aktiverat utan att utrymningslarmet ljuder.

Larmcentralen finns i dagsläget placerad i byggnadens entré, se Figur 4, och är kopplad till ytterligare två byggnader.

Vid aktivering av brandlarmet ska vissa dörrar låsas upp automatiskt för att underlätta utrymning. Systemet är dock gammalt och osäkerheter råder angående tillförlitligheten. Därför finns det ingen vetskap om vilka dörrar som kommer låsas upp vid ett utrymningslarm. Detta kan försvåra utrymningen då till exempel dörrarna ut till trapphuset är låsta utifrån och personal kan inte springa in samma väg igen för att hjälpa andra utrymma om de inte låses upp vid larm.

Förutom rök- och värmedetektorer finns ett antal brandvarnare installerade vilket kan underlätta för personalen att lokalisera en eventuell brand. Dessa är utspridda på avdelningen. Systematisk testning av brandlarmen utförs ej, man märker endast om larmet inte fungerar vid en faktisk brand.

Eftersom hela sjukvårdsområdet är under ombyggnation, händer det regelbundet att brandlarmet fränkopplas lokalt då till exempel heta arbeten ska utföras.

3.5.3. Utrymningsvägar

Från akutmottagningen och akutintaget finns sammanlagt tre dörrar till entréområdet, varav två används som utrymningsvägar. Dessa två dörröppningar är vardera 1,2 meter breda och återfinns vid expeditionen och väntrummet. Här förväntas de flesta utrymma igenom vid uppkomst av brand eftersom dörrarna är ordinarie in- och utgångar till barnakuten. Den tredje dörren leder in till flygel 2 från väntrummet.

I vardera ände av barnakuten, i den östra delen och den västra delen, finns två trapphus avsedda för utrymning med 0,9 och 1,0 meter breda dörröppningar. Bredvid det östra trapphuset finns en utrymningsväg genom en kulvert som leder till en annan byggnad inom sjukhusområdet. Dörrbredden är här 1,3 meter om båda dörrarna öppnas.

I matrummet finns en dörröppning som är 1,2 meter bred. Denna leder ut till en inhängande balkong i markplan som man sedan kan komma vidare ut ifrån via en grind.

3.5.4. Utrymningsskyltar och nödbelysning

Genomlysta utrymningsskyltar finns ovanför merparten av utrymningsvägarna. Skyltning saknas dock ovanför dörren ut till balkongen från matrummet. Här finns enbart egengjorda skyltar fastklistrade på fönsterrutan. Dessa informerar om att dörren tjänar som "X-tra Nödutgång" och inte får blockeras.

Nödbelysning finns i korridorerna för att underlätta utrymning vid strömavbrott.

3.5.5. Personal och säkerhet

Personalen som jobbar på avdelningen ska var tredje år få en praktisk brandutbildning, där de bland annat får öva på att släcka bränder. De ska dessutom vart tredje år få en teoretisk brandutbildning via datorer.

Utrymningsövningar ska genomföras på avdelningar där de anses vara nödvändiga. Om avdelningen har många ineliggande patienter ses utrymningsförhållandena som svåra och utrymningsövning bör då hållas. Beslut om utrymningsövningar tas av avdelningschefen tillsammans med ett ombud från avdelningen. På barnakuten har någon utrymningsövning aldrig genomförts. För att utrymma patienterna som inte kan gå ut själv finns madrasser i sängarna som är speciellt anpassade för att kunna dra patienterna ut längs med golvet vid utrymning.

I nuläget finns kort placerade vid brandsläckarna som ska delas ut då brandlarmet går. Dessa tilldelar personer olika uppdrag:

- 1. Varna**, sätt på dig utrymningsledarvästen, dela ut kort, möt upp räddningstjänst
- 2. Rädda**, organisera utrymning av rörelsehindrade, se till att alla förstår att de ska utrymma.
- 3. Larma**, ring 112, utlös brandlarm om detta inte gjorts
- 4. Släck**, gör ett släckförsök, stäng dörren till brandrummet efter släckförsöket
- 5. Utrym**, se till att alla utrymme är tömda, bege er till utrymningsplatsen

Flera sjuksköterskor tillfrågades om de visste vad de skulle göra när brandlarmet aktiverades. Samtliga svarade att de skulle bege sig till korten och börja dela ut dessa. Vid utrymning är strategin att utrymma patienter till intilliggande brandcell. Det finns även en återsamlingsplats utanför barnsjukhuset som ska användas vid behov. Denna återsamlingsplats är i dagsläget under ombyggnad och ej tillgänglig.

3.5.6. Svar från enkäter

Vid besöket delades enkäter ut. Frågorna gällde exempelvis om de varit med om någon utrymningsövning eller om de visste hur de skulle agera vid larm, se Bilaga 3 för hela enkäten. Det blev dock ett tunt underlag då de flesta enkäterna som skulle skickas till Lund försvann. Av de som faktiskt blev besvarade och insamlade, totalt tolv stycken, kan ändå vissa mönster ses. Elva av tolv i personalen vet var släckutrustning finns och tio av tolv vet hur den fungerar. Även tio av tolv vet vad de ska göra vid ett brandlarm. Detta stämmer väl överens med intrycket från objektbesöket, då de flesta verkade säkra på att de ska gå till korten vid brandsläckarna. Fem av åtta ansåg att det fokuseras tillräckligt på brandsäkerhet.

Eftersom det var så få som svarade på frågorna är det svårt att dra några direkta slutsatser. Den information som används i vissa senare resonemang kommer främst vara att många vet vad de ska göra vid ett brandlarm.

3.5.7. Släckutrustning

I avdelningens korridorer finns skumsläckare i klass AB utplacerade på flera ställen. Alla är inte utmarkerade på utrymningsplanen. I anslutning till vissa finns dessutom brandfilter och skyddshandskar.

3.5.8. Räddningstjänst

Uppsala brandförsvaret har fem heltidsstationer som är bemannade dygnet runt, varav tre ligger i centrala Uppsala. Dessutom finns tolv deltidstationer som kan rycka ut dygnet runt inom sex minuter (Uppsala kommun, 2014).

Vid aktivering av brandlarm på Akademiska sjukhuset tillkallas två stationer och en brandingenjör. Utryckningstiden uppskattas vara mellan fyra till tio minuter. Vid tidpunkten för objektbesöket var stora delar av sjukhusområdet under ombyggnation, vilket kan förlänga insatstiden på grund av begränsad framkomlighet.

3.6. Avsteg från BBR

I nuläget finns ett flertal punkter som inte uppfylls enligt Boverkets nuvarande byggregler (BFS 2013:14):

- Spiraltrappor bör inte användas som utrymningsväg, enligt §5:334.
- Genomföringar utförda i en brandcell är i nuläget inte tätade, enligt §5:535.
- Det finns inget släcksystem, enligt §5:547.

Dessa krav gäller dock inte för sjukhuset i dagsläget då kraven bara gäller nybyggnation eller ombyggnation. Men eftersom stora renoveringar pågår kan dessa krav vara något att eftersträva.

Analytisk dimensionering bör utföras om byggnaden är utförd i klass Br0 eller om fler än två krav inte uppfylls, vilket gäller i följande fall. För mer information om krav enligt BBR se Bilaga 1.

3.7. Särskilda observationer vid objektbesök

Vid objektbesöket gjordes flera upptäckter som kan försvåra en utrymning. Bland annat är flera dörrar mekaniska och kan inte öppnas utan att man först låser upp dem med en knapp. Till exempel var utrymningsdörrarna till entrén låsta. Dessa knappar var placerade på olika ställen i förhållande till dörren och i vissa fall svåra att hitta. Det är inte heller säkert att dessa mekaniska lås kopplas från då utrymningslarmet går. Om en person befinner sig i dörröppningen hålls dörrarna upp med hjälp av sensorer. Sensorernas känslighet gör så att det kan räcka med att brandgaser sipprar ut genom dörröppningen för att dörren ska hållas öppen. Detta innebär att risk föreligger att dörren inte stänger utifall brandgaser når dörren samtidigt som personer använder den som utrymningsväg. Brandgaserna kan därmed spridas vidare ut i intilliggande utrymmen. Även branden riskerar att kunna spridas genom dörröppningen, och därmed vidare till en annan brandcell.

I korridoren utanför isoleringsrum 9-14 saknas dörren som ska dela av korridoren från den övriga delen av akutintaget se Figur 7. I andra änden av samma korridor var dörren till akutmottagningen uppbunden. Om den är tänkt att stängas vid utrymningslarm, kommer detta inte ske.

En del utrymningsvägar har tunga dörrar. Detta kan leda till problem om en vårdare ska utrymma en patient som behöver bäras eller släpas ut på madrass.

Om trapphuset på akutmottagningen används som utrymningsväg, måste man gå ner två våningsplan eftersom dörren till våningsplan under är låst utifrån trapphuset.

Utrymningsplanen som finns uppsatt på flertalet ställen på barnakuten saknar viss information. Ett antal handbrandsläckare och brandlarmsknappar som finns i lokalens korridorer finns inte utmarkerade på utrymningsplanen.

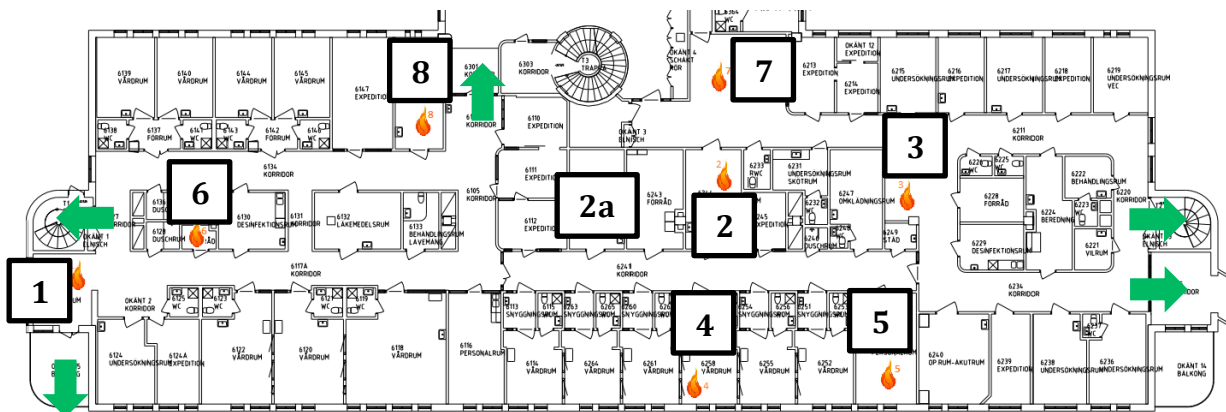
Det uppmärksammades även att utrymningsskylten mot entrén är dold då man står i korridoren mellan linneförrådet och patientrummen.

4. Grovanalys av scenarier

Nedan presenteras och värderas möjliga scenarier som kan inträffa på avdelningen. Position för de olika scenarierna kan utläsas i Figur 10. Utifrån bedömd utrymningsproblematik väljs sedan de värsta troliga scenarierna ut, enligt Paté-Cornells metod (1996). Resonemang och analys av de värsta troliga scenarierna genomförs senare i rapporten för att avgöra om acceptabel utrymning uppfylls i nuläget.

Fokus då scenarierna valts har främst varit kring utrymningsproblematik och hur en brand kan påverka detta. Hur stor brandbelastning som i dagsläget finns på de olika platserna har inte påverkat valet i lika stor utsträckning, då det inte kan säkerställas att det ser likadant ut om några år. Dock används den befintliga brandbelastningen som en utgångspunkt för hur stor brandbelastning som skulle kunna vara trolig även i framtiden. Därför följer en beskrivning av brandbelastningen med varje scenario. För att utvärdera objektet utifrån olika problem som kan uppstå, väljs scenarier som skiljer sig från varandra och kan representera flera olika scenarier. Dessa scenarier används därefter för att värdera om fullgod utrymning uppfylls i dagsläget.

I de scenarierna utan uppenbar antändningskälla anses en anlagd brand kunna uppstå efter statistik (MSB, 2014). Utifrån analysmodell värsta troliga kan en anlagd brand ge snabbare brandförlopp jämfört med tekniska fel.



Figur 10. Planskiss över barnsjukhuset. Siffrorna visar placering för de åtta scenarierna i grovanalysen, de gröna pilarna visar utgångar.

4.1. Scenario 1 – Brand i matrum

Längst bort på akutintaget finns ett uppehållsrum/matrum, se markering 1 i Figur 10, vilket i rapporten benämns som matrum. Här finns ett flertal möbler i vilka antändning kan tänkas ske, till exempel soffa, bord, stolar. Möblerna tros ge upphov till en hög effektutveckling och ett snabbt brandförlopp. Dessutom stod det en patientsäng, ytterligare en soffa och en bokhylla i anslutning till rummet. Med tanke på den mängd möbler som finns i närheten anses brandbelastningen kunna bli hög.

Utrymningsvägar finns placerade både i rummet och i anslutning till rummet. Båda dessa skulle kunna blockeras om en brand uppstår i matrummet. Taket är högre i rummet jämfört med anslutande korridor vilket skulle fördröja brandgasspridning och därmed detektion. Detta ger sceneriet en förvännande omständighet jämfört med om det börjat brinna i en annan del av akuten. Då branden förväntas kunna bli stor och utveckla mycket rök förväntas denna kunna spridas över i stort sett hela avdelningen.

Rummet ligger i en del av korridoren där personalen inte rör sig lika ofta, vilket minskar möjligheterna för upptäckt av brand innan detektorerna aktiverar. Det finns dessutom en skyddad del som inte kan ses från korridoren.

Antändning antas främst ske genom anlagd brand eller elektriska anordningar.

4.2. Scenario 2 – Brand i linneförråd

I dagsläget är linneförrådet placerat i förrådet vid markering 2a, se Figur 10. Här förvaras ett flertal olika textilier såsom handdukar, lakan och arbetskläder. Dessa material förväntas kunna ge ett relativt snabbt brandförlopp och en hög effektutveckling.

Dörren in till rummet stod under hela objektsbesöket öppen och röken skulle därför inte begränsas till endast det rummet. De isolerade patientrummen ligger i samma korridor som förrådet och brandgaser skulle därför enkelt kunna spridas till dessa. Då utrymningsproblematiken i dessa sex rum anses stor skulle en brand i förrådet kunna leda till stor skada och förödelse. Det finns dessutom stor risk för spridning till hela avdelningen då detta förråd är förhållandevis centralt placerat. Då det inte kan säkerställas att organisationen på avdelningen ser likadan ut om några år, väljs istället rum vid siffra 2 till linneförråd se Figur 10. Detta är i nuläget ett undersökningsrum med ingång från vardera korridor. Utrymningsproblematiken kan därför anses värre eftersom en eventuell brand och brandgaser då kan spridas åt två håll, vilket skulle öka utrymningsproblematiken.

Förrådet är placerat nära kontoret där personalen sitter och i samma korridor som ett flertal patientrum, därför anses möjligheterna att upptäcka en brand vara relativt goda under dagtid. Då förrådet står öppet anses anlagd brand vara främsta orsaken till antändning.

4.3. Scenario 3 – Brand i undersökningssängar

På akutmottagningen finns två stycken sängar med draperi runt om där patienter tas in för undersökning, se korridor vid markering 3 i Figur 10. Dessa sängar står centralt placerade på akutmottagningen. Därför skulle en brand där kunna påverka stora delar av mottagningen. I värsta fall skulle båda korridorerna kunna blockeras av brandgaser. Detta skulle i sin tur också kunna blockera akutrummet där de mest akuta fallen behandlas.

I nuläget finns inte mycket material på platsen, och brandbelastningen anses därför bli relativt låg. Dock stod generellt sett mycket lösa föremål i korridorerna på hela avdelningen. Detta skulle kunna bidra till en tillfällig höjning av brandbelastningen på platsen. Då dessa sängar står öppet med endast draperi runt om är möjligheterna att upptäcka branden stor under dagtid. Antändning anses främst kunna ske via anlagd brand eller elektrisk utrustning.

4.4. Scenario 4 – Brand i patientrum

På avdelningen finns ett flertal olika typer av patientrum, vilka beskrivs i objektbeskrivningen. Det valda patientrummet för scenariot är ett isoleringsrum vid siffra 4, se Figur 10. Rummet väljs eftersom det ligger i mitten av flyglarna 3 och 4, och brandgaserna kan därmed sprida sig åt både akutintag och akutmottagning. Det ligger dessutom mellan två patientrum, vilket betyder att brandgaser kan sprida sig mellan rummen utifall fönstren går sönder. I rummet finns i nuläget en patientsäng, en föräldrasäng och ett bord. Dessutom finns medicinsk utrustning med tillhörande slangar. Dessa material kan förväntas ha snabbt brandförlopp och utveckla mycket sot.

Dörren in till rummet var under besöket stängd, vilket försenar spridning ut i korridoren. Rummet står dock i direkt anslutning till korridoren via ventilationsventiler.

Om patienter är uppkopplade till maskiner och därmed kan ta lång tid att få ut vid en utrymning, förutsätts de ligga i något av isoleringsrummen. Detta leder till att utrymningsproblematiken anses vara störst i dessa rum.

Vid eventuell vidare analys av scenariot antas ingen patient vara ineliggande i detta rum, och dessutom är insynen till rummet begränsad. Möjligheterna att upptäcka en brand i ett patientrum anses därför vara relativt små.

4.5. Scenario 5 – Brand i personalrum

På avdelningen finns ett personalrum vid markering 5, se Figur 10. I rummet finns det en kyl, en frys och en kaffemaskin. Rummet är placerat i slutet av korridoren där även de sex isoleringsrummen ligger. Skulle antändning ske i detta rum, skulle spridning kunna ske till isoleringsrummen där den största utrymningsproblematiken finns. Dörren in till detta rum hålls delvis stängd och det finns inte några angränsande fönster in till isoleringsrummet bredvid. Sammantaget anses därför detta scenario inte kunna bli lika omfattande som scenario 4.

4.6. Scenario 6 – Brand i föräldrarkök

I förrådet vid markering 6 i Figur 10 finns ett kök för föräldrar till patienter. I köket finns ett flertal olika elektriska apparater, såsom kyl, frys, mikrovågsugnar, brödrost och vattenkokare. I detta utrymme fanns ingen timer på de elektriska apparaterna. Rummet är relativt litet. De mest kritiska närliggande rummen är patientrum där patienter som endast läggs in över dagen behandlas samt korridoren. Scenariot kan jämföras med scenario 1, vilket anses kunna orsaka större skada och problem.

4.7. Scenario 7 – Brand i väntrum/korridor

Ingången från entrén leder in till akutmottagningens väntrum se markering 7 i Figur 10. Här finns soffor, bord, stolar och diverse olika apparater, bland annat tv och mikrovågsugn. Mottagningen har under delar av året kraftig beläggning, därför kan mycket människor förväntas befinna sig i detta rum. Skulle antändning ske här finns en risk att en nödutgång blockeras. Dessutom skulle spridning kunna ske till större delen av akutmottagningen då det inte finns några avgränsande dörrar.

Då receptionen är placerad precis intill väntrummet finns stora möjligheter för tidig upptäckt. Antändning antas främst kunna ske genom anlagd brand eller mikrovågsugnen som står placerad ovanpå källsorteringsbackarna. Detta scenario kan jämföras med scenario 2, där spridning förväntas kunna ske till väntrummet.

4.8. Scenario 8 – Brand i personalkök

Personalköket återfinns vid markering 8, se Figur 10, på akutintaget. Här finns spis, kyl, frys och diverse andra apparater som alla har timer. Köket är placerat intill receptionen och expeditionen. Dessutom ligger kontoret där personalen sitter snett över korridoren, vilket gör att möjligheterna att upptäcka en eventuell brand anses som relativt goda.

I samma korridor finns dessutom två patientrum där patienterna får röra sig fritt och ett rum där patienter med smittsamma sjukdomar behandlas. Detta scenario förväntas inte kunna ge någon ytterligare problematik i jämförelse med scenario 1. Därför utförs ingen vidare analys.

4.9. Sammanfattning av grovanalys

I Tabell 2 presenteras de olika scenarierna. Huruvida en analys av scenariot ska genomföras, bedöms med hjälp av de kvalitativa resonemang som förts ovan kring utrymningsproblematik och konsekvens av brand. Utrymningsproblematik innebär att det kan ta lång tid att utrymma på grund av organisationen och brandens placering. Konsekvens av brand åsyftar själva branden, den står bland annat för om det lätt blir brandgasspridning eller om branden kan växa utan att upptäckas. Dessa två faktorer bedöms enligt nivåerna låg, mellan eller hög. Scenarierna väljs enligt Paté-Cornells metod (1996) utifrån värsta troliga fall.

Tabell 2. Sammanfattning av grovanalys. Scenarierna bedöms enligt utrymningsproblematik och konsekvens av brand, vilket avgör om vidare analys ska genomföras.

Grovanalys	Utrymningsproblematik	Konsekvens av brand	Analys
Scenario 1	Mellan	Hög	Ja
Scenario 2	Hög	Hög	Ja
Scenario 3	Mellan	Låg	Nej
Scenario 4	Hög	Mellan	Ja
Scenario 5	Låg	Mellan	Nej
Scenario 6	Låg	Låg	Nej
Scenario 7	Mellan	Låg	Nej
Scenario 8	Låg	Låg	Nej

Scenario 1 och 2 kommer alltså båda få en hög brandbelastning. Vid dessa scenarier kommer dessutom en brand stänga av flera utrymningsvägar. Med anledning av detta analyseras de vidare. De skiljer sig dock åt genom att matrummet ligger i slutet på en korridor med en skillnad i takhöjd, medan linneförrådet placeras i ett rum med dörrar åt två korridorer. Scenario 4 väljs främst på grund av problematik kring rökgasspridning till korridoren och eventuellt till intilliggande patientrum. De scenarier som inte analyseras vidare har likheter med och anses täckas in av de valda scenarierna.

5. Brandscenario

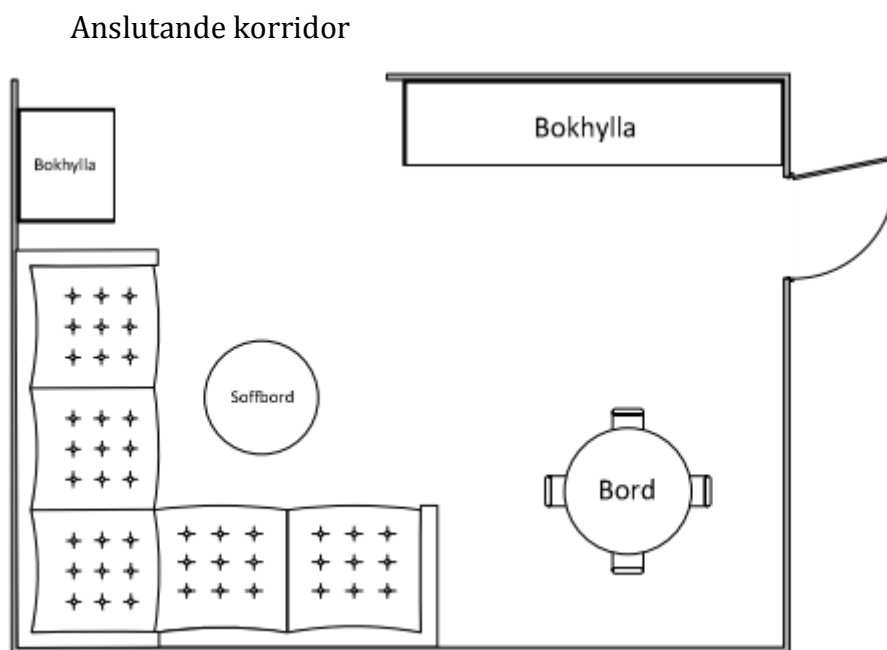
Nedan följer analysen av de tre valda brandscenarierna, vilka är framtagna enligt värsta troliga fall (Paté-Cornell, 1996). Varje scenario beskrivs först och en lämplig dimensionerande brand väljs. Därefter tas effektutvecklingskurvorna fram genom att beräkna och resonera fram en at^2 -kurva. Den dimensionerande branden tillsammans med effektutvecklingskurvorna behövs i Kapitel 6 där simuleringar för varje scenario genomförs. Dessutom används effektkurvorna vid framtagning av detektionstiden, vilket sker i Kapitel 8. Effektkurvorna används endast fram till övertändning, eftersom utrymning inte kan ske då övertändning inträffat. Anledningen till detta är att de kritiska nivåerna då utrymning inte längre anses acceptabel uppnås långt innan övertändning sker, se Bilaga 2.

Eftersom effektutvecklingen är den parameter som påverkar resultatet mest enligt den initiala känslighetsanalysen är det viktigt att den är korrekt. Detta är ett stort problem då det är en parameter som är svår att mäta (Chow, 2012).

För antaganden, resonemang och beräkningar se Bilaga 5 och 6.

5.1. Scenario 1 – Brand i matrum

Nedan följer en analys av scenariot i matrummet, se Figur 10 för placering av matrummet på barnakuten.



Figur 11. Planskiss för matrummet.

5.1.1. Beskrivning

På akutintaget finns längst bort i ena korridoren, längst västerut, ett matrum. Här finns i nuläget en skinnssoffa, soffbord, bord med fyra stolar och två olika stora bokhyllor, se Figur 11. I den ena bokhyllan står ett flertal olika leksaker i plast. Rummets dimensioner är 3,3 meter gånger 4,5 meter och 2,7 meters takhöjd. I den anslutande korridoren är

takhöjden 2,5 meter. I utrymmet finns det fyra fönster, en dörr med fönster och en stor öppning ut mot korridoren. Golvet är belagt med en plastmatta och väggarnas ytskikt består av målad väv på gipsvägg.

Ett ventilationsdon från matrummet till utrymmet mellan taket och undertaket i korridoren är placerad i mitten på övre karmen av öppningen, se Figur 25. En rökdetektor är placerad i korridoren utanför matrummet, ungefär 3 meter bort.

5.1.2. Dimensionerande brand

Det som i nuläget finns i rummet som kan medföra höga risker vid en brand är soffan och de båda bokhyllorna. Detta eftersom de bidrar med mycket högre effektutveckling än övrigt möblemang. Resterande föremål i rummet så som tv, bord med tillhörande stolar och gardiner tas inte med i resonemanget kring effektkurvorna. Då värsta troliga fall används i rapporten hade det varit mer realistiskt att även räkna med dessa föremål. Men på grund av deras låga bidrag till den totala effektutvecklingen gjordes bedömningen att dessa inte skulle beaktas vid resonemang kring effektkurvan. Då verksamheten inte med säkerhet kan sägas vara samma om några år, dimensioneras branden inte exakt utifrån hur matrummet ser ut i nuläget. Då det på hela akutmottagningen förekom stora mängder med lösa föremål, kan det dessutom tänkas finnas mer brännbara föremål som en eventuell brand kan spridas till. Vid besökstillfället noterades bland annat en patientsäng som stod placerad utanför matrummet och en städvagn som flyttades runt på avdelningen under dagen. Då rapporten utgår från Paté-Cornells nivå 2, värsta troliga fall, ska den värsta troliga branden väljas som dimensionerande brand. Därför antas städvagnen stå intill den ena bokhyllan då den dimensionerande branden analyseras.

Scenariot utgår från att en person anlägger en brand i soffan som sedan sprider sig till den lilla bokhyllan och sopvagnen. Branden antas starta i det hörnet av soffan som är närmast den lilla bokhyllan. Brandens centrum antas därför vara 1,5 m från den lilla bokhyllan, vilken benämns bokhylla 1.

Då branden väl har startat antas personen lämna rummet, och därför kan det antas att det inte finns någon person i själva matrummet. Ingen antas upptäcka branden innan detektion. Brandgasspridning kan förväntas ske direkt ut till den anslutande korridoren. Dock kan en viss fördröjning förekomma då taket i matrummet är 0,2 m högre.

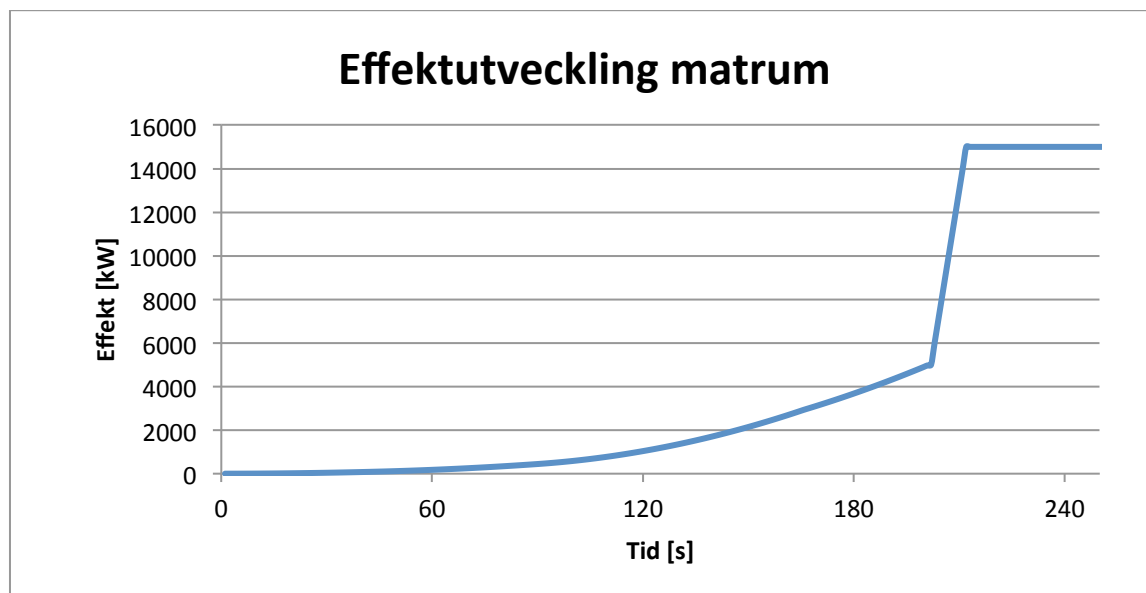
5.1.3. Effektkurva

Det är svårt att säga vad som exakt kommer att finnas i rummet vid brandtillfället, men det som i dagsläget befinner sig i matrummet används som utgångspunkt för den dimensionerande branden. Nedan redovisas resultaten från beräkningar och resonemang av effektkurvan som är framtagna för matrummet. I Tabell 3 redovisas möblemanget som används i beräkningarna och respektive tillväxthastighet och maxeffekt. Beräkningar och resonemang redovisas i Bilaga 6.

Tabell 3. Tillväxthastighet och maxeffekt för de föremål som antas kunna medverka vid en brand i matrummet.

	Tillväxthastighet [kW/s ²]	Maxeffekt [kW]
Soffa	0,047	10800
Bokhylla 1	0,0066	1000
Städvagn	0,024	350
Bokhylla 2	0,21	3000

Resultatet visar att övertändning sker då effektutvecklingen överstiger 5 MW, vilket enligt effektkurvan i Figur 12 sker efter ungefär tre minuter.

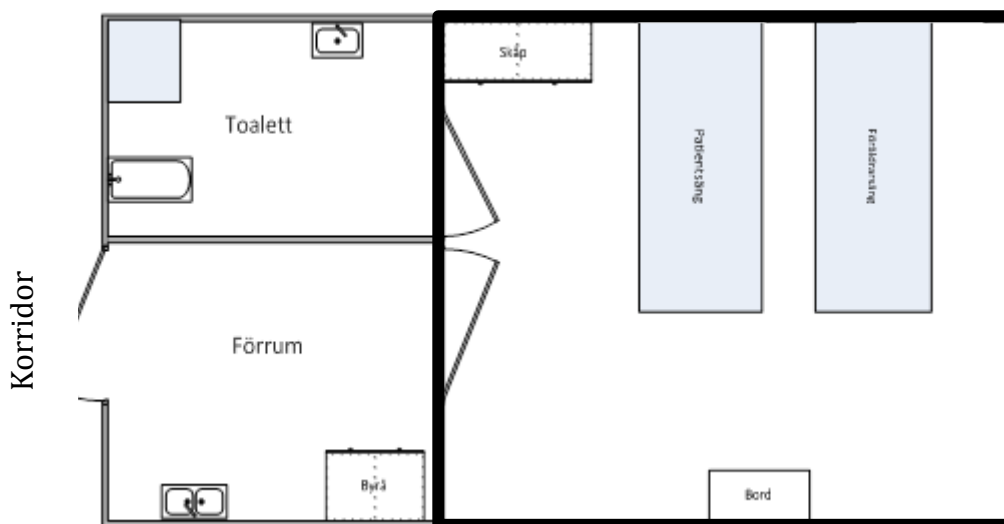


Figur 12. Effektutvecklingskurvan för matrummet.

Rapporter hänvisar till att om det finns flera testdata ska de i den högre regionen väljas, bland annat Staffansson (2010). CFAST används endast fram till övertändning då de kritiska förhållandena antas ha uppnåtts efter detta.

5.2. Scenario 2 – Brand i patientrum

Nedan följer en analys av scenariot i patientrummet, se Figur 10 för att se linneförrådets placering på barnakuten.



Figur 13. Planskiss över patientrummet. Den tjocka markeringen visar den yta som antas medverka vid en brand. Övriga utrymmen tas inte hänsyn till.

5.2.1. Beskrivning

På avdelningen finns sex isoleringsrum för patienter, se Figur 13. I varje rum vårdas en patient i taget, och dessutom måste en vuxen alltid vara i rummet med patienten. Därför finns alltid minst två sängar stående i dessa rum. Öppningar, som det kan ske ventilation igenom, är endast dörren ut till förrummet, de två fönstren ut mot det fria och ventilationen. Madrasserna har en kärna av kallsaum (50 kg/m³) och är brandklassade enligt EN 597-1,-2.

Patientrummets dimensioner är 4,5 meter gånger 3,3 meter och 2,5 meters takhöjd. Golvet är belagt med en plastmatta och väggarnas ytskikt består av målad väv som sitter på en gipsvägg. Ventilationen i rummet består av två stycken frånluftsuttag och ett tilluftsintag. För detektion av brand finns en rökdetektor som är placerad cirka en meter in i patientrummet från dörröppningen.

5.2.2. Dimensionerande brand

I nuläget finns brännbart material i form av två sängar med tillhörande madrass, täcke, ett litet bord med stol, ett dubbelskåp och gardiner. Dessutom finns medicinsk utrustning med tillhörande kablar, och syrgas finns i ledningar in till rummet. Då verksamheten inte med säkerhet kan sägas vara samma om några år, dimensioneras branden inte exakt utifrån hur isoleringsrummen ser ut i nuläget. Då rapporten utgår från Paté-Cornells (1996) nivå 2, värsta troliga fall, ska den värsta troliga branden väljas som dimensionerande brand.

Scenariot utgår från att en person anlägger en brand så att en av madrasserna börjar brinna. Då linneförrådet ligger mittemot patientrummet kan personen till exempel ha hämtat en hög med handdukar och tänt på. Då avdelningen är öppen för allmänheten kan i princip vem som helst komma in på avdelningen och anlägga en brand. Då branden väl har startat antas personen lämna rummet, och därför kan det antas att det inte finns någon person i rummet. Ingen antas upptäcka branden innan detektion sker. De båda dörrarna in till patientrummet antas vara öppna genom hela förloppet då detta visades sig vara det värsta troliga i den initiala känslighetsanalysen. Hur detta påverkar resultaten utreds närmare i känslighetsanalysen. Spridning förväntas endast ske via de båda dörrarna.

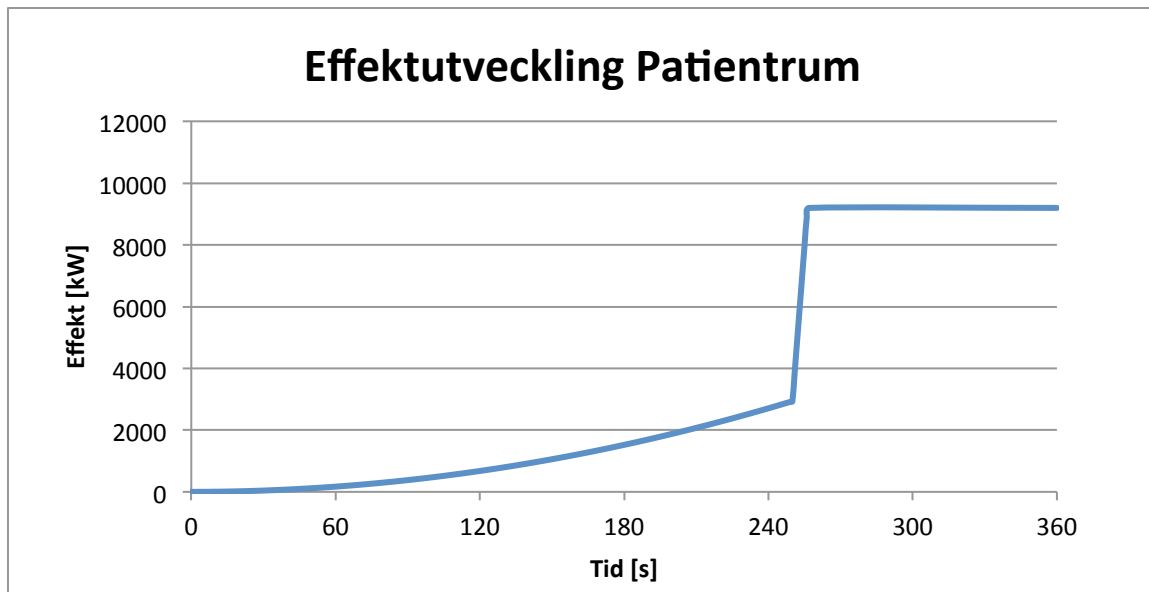
5.2.3. Effektkurva

Nedan redovisas resultaten från beräkningar och resonemang av effektkurvan för patientrummet. Beräkningar och resonemang redovisas i Bilaga 7.

För att få fram en effektkurva för ett rum som detta kan ett flertal olika metoder användas, som till exempel experiment, standarder, tabellerade värden. Svårigheterna med att resonera fram en effektkurva för isoleringsrummet beror främst på att rapporten syftar till att använda värsta troliga fall. Det är svårt att säga exakt vad som kommer att finnas i rummet vid brandtillfället. Därför kommer en effektkurva att resoneras fram utifrån ett flertal olika informationskällor.

Enligt beräkningar kan övertändning förväntas ske då effekten överstiger 2,9 MW. Tillväxthastigheten anses vara 0,047 kW/s² då detta är standard för sjukhusrum (BFS 2013:12). Beräkningar och resonemang redovisas i Bilaga 7.

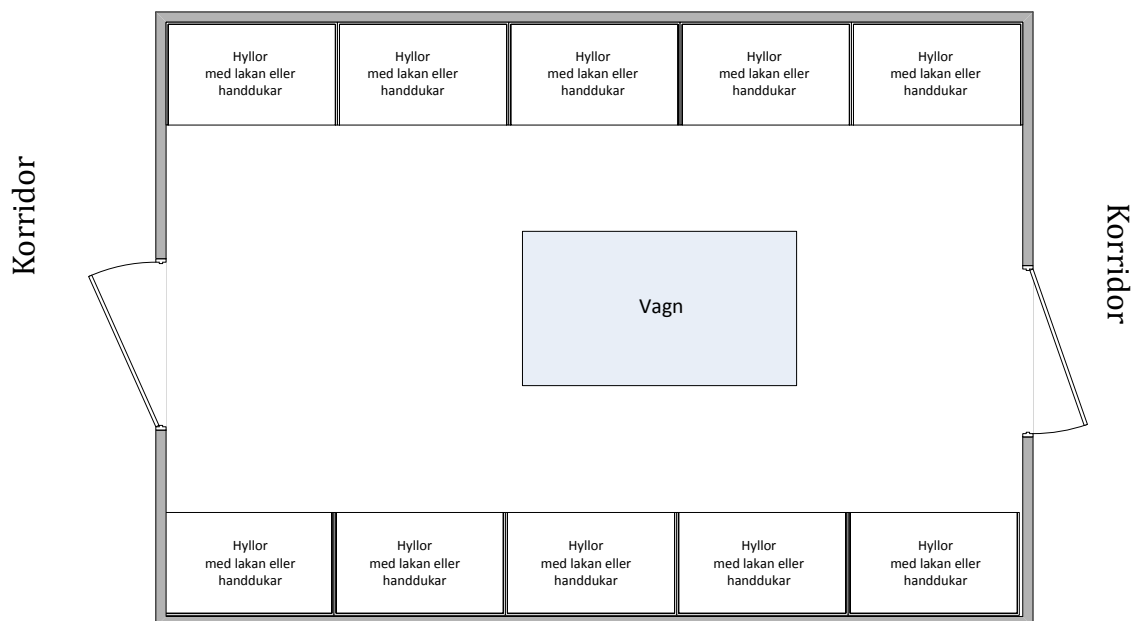
Enligt effektkurvan i Figur 14 kan övertändning förväntas ske efter ungefär fyra minuter.



Figur 14. Effektutvecklingskurva för patientrummet.

5.3. Scenario 3 – Brand i Linneförråd

Nedan följer en analys av scenariot i linneförrådet, se Figur 10 för att se patientrummens placering barnakuten.



Figur 15. Planskiss över linneförrådet.

5.3.1. Beskrivning

På avdelningen finns ett linneförråd där olika typer av textilier förvaras, se Figur 15. I nuläget är detta rum placerat mitt emot isoleringsrummen och det finns endast en dörr in till förrådet. I analysen flyttas linneförrådet till undersökningsrummet, se Figur 10, ett

rum bort från det rum linneförrådet är placerat i nuläget. Detta för att beakta att verksamheten kan se annorlunda ut i framtiden. Flytten försvårar nämligen omständigheterna då rök kan spridas i två korridorer om dörrarna står öppna. Detta är inte helt osannolikt då dörren till linneförrådet vid tillfället för objektsbesöket stod öppen för enkelt tillträde.

De öppningar, där det sker ventilation igenom, är de två dörrarna. Den ena dörren ansluter till väntrummet i akutmottagningen och den andra till korridoren där isoleringsrummen finns. Rummet är även kopplat till ventilationssystemet. I rummet finns en rökdetektor placerad mitt i rummet.

Linneförrådets dimensioner är 6,3 gånger 3,3 meter och 2,5 meters takhöjd. Golvet är belagt med en plastmatta och väggarnas ytskikt består av målad väv som sitter på en gipsvägg.

5.3.2. Dimensionerande brand

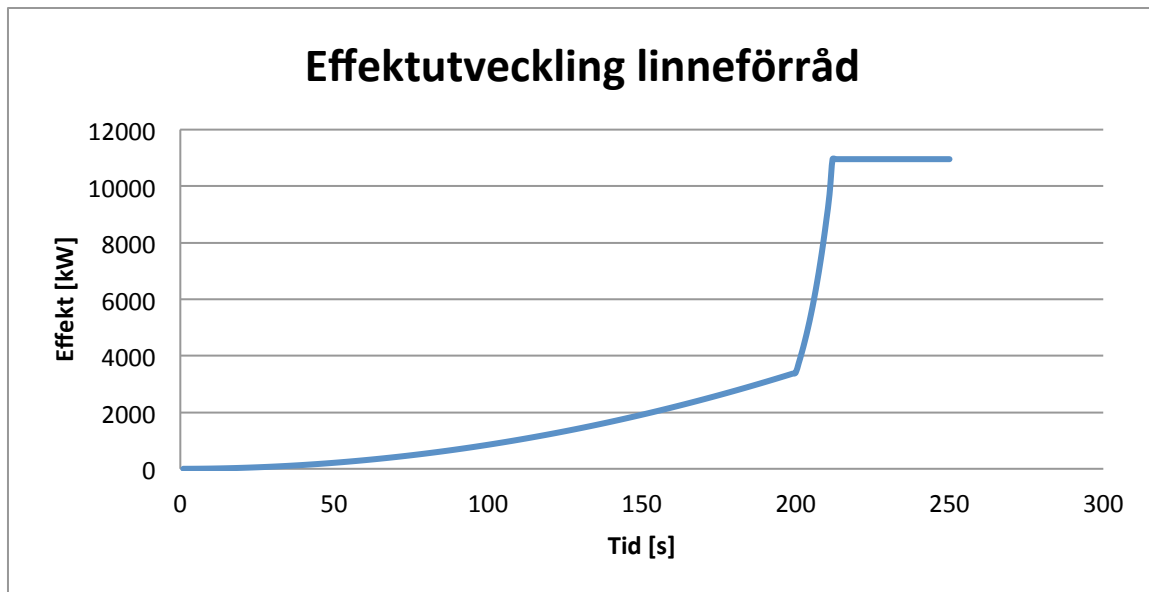
I linneförrådet finns brännbart material i form av handdukar, lakan, örngott, täcken och diverse olika plaster. Dessa är placerade i hyllorna förutom täckena som är placerade i mitten av rummet i en vagn. Förrådet antas vid brandtillfället vara nyligen påfyllt. Brandbelastningen bedöms således som mycket hög och risken för snabb övertändning är överhängande då rummet är litet och har relativt få/små öppningar.

Scenariot utgår från att en person anlägger en brand i vagnen med täcken och med hjälp av en brännbar vätska för att skynda på brandförloppet. Då avdelningen är öppen för allmänheten kan i princip vem som helst komma in på avdelningen och anlägga en brand. Då branden väl har startat antas personen lämna rummet, och därför kan det antas att det inte finns någon person i rummet. Dock antas dörrarna vara öppna under hela förloppet vilket ökar möjligheterna för någon att upptäcka branden. Spridning förväntas endast ske via de båda dörrarna.

5.3.3. Effektkurva

Nedan redovisas resultaten från resonemang och beräkningar för effektkurvan gällande linneförrådet. Holborn, Golt och Nolan (2004) redovisar analyserad data från trettio anlagda bränder i engelska hem där antingen en brännbar vätska eller gas använts för antändning. Denna rapport används för att uppskatta ett α -värde. Rapporten visar att 95:e percentilen för en lognormalfördelning över tillväxthastigheten för bränderna var 0,085 kW/s². Beräkningar och resonemang redovisas i Bilaga 8.

Enligt simuleringar kan övertändning förväntas ske efter ungefär tre minuter, vilket motsvarar en brandeffekt på 3,4 MW. Se Figur 16 för resulterande effektkurva för linneförrådet.



Figur 16. Effektutvecklingskurva för linneförrådet

6. Brandsimuleringar

Nedan följer en kort beskrivning av programmet CFAST och de särskilda begränsningar som behövs tas i beaktning för de aktuella scenarierna. Dessutom presenteras indata för brandscenarierna. Resultatet från dessa simuleringar används sedan för att bedöma när kritiska förhållanden uppkommer i de olika scenarierna. Dessa jämförs därefter med totala tiden för utrymning.

6.1. Programmet och dess begränsningar

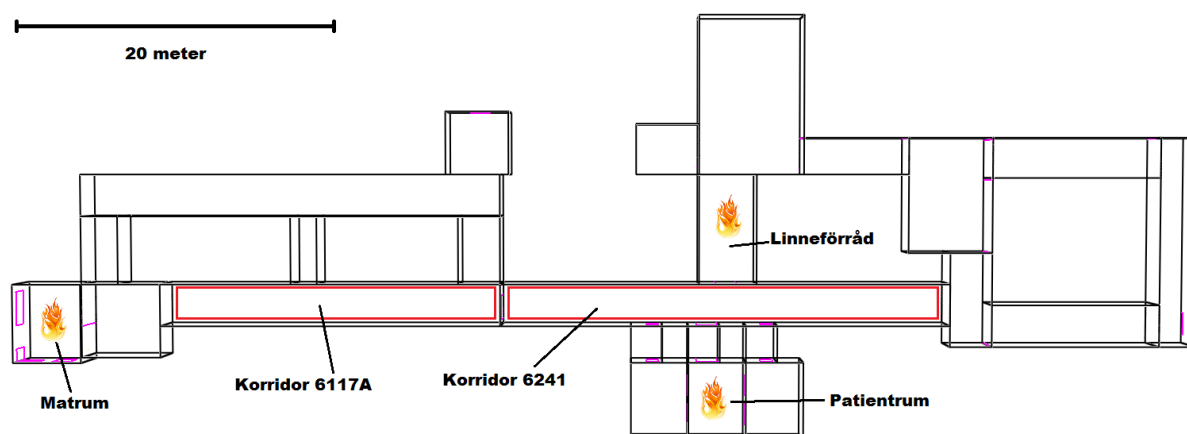
CFAST är ett program som används för att simulera brandgasspridning vid bränder i byggnader. Användaren definierar rumsdimensioner, materialegenskaper samt brandegenskaper och programmet räknar utifrån dessa ut bland annat temperatur, strålning och rökgaslagrets höjd i olika rum. Programmet gör detta genom att lösa ett system av ordinära differentialekvationer. Dessa kan härledas ur ekvationerna som utgör termodynamikens första huvudsats om energin och massans bevarande, allmänna gaslagen samt samband mellan densitet och inre energi (Forney, Jones, Peacock och Reneke, 2005).

CFAST är en så kallad tvåzonsmodell vilket innebär att rum delas in i två lager, ett varmare övre brandgaslager och ett kallare undre lager. Endast flöden i öppningar simuleras, det vill säga gaser har ingen rörelse i rummen utan när öppningen passerar bildas de två lagren momentant (Forney, Peacock och Reneke, 2011). Detta antagande stämmer väl överens för brandrummet och rum i nära anslutning till detta. Problem uppstår för avlånga rum som korridorer där stratifiering tar lite längre tid, men programmet löser detta genom att en undermodell fördröjer flödet något i öppningar till sådana geometrier. Enligt Forney, Peacock och Reneke (2011) ska undermodellen användas när längd-breddförhållandet är större än fem, vilket det är i beskrivna scenarier. Modellen stämmer dock dåligt överens med det verkliga fallet i rum långt ifrån branden. Temperaturen i brandgaserna har då sjunkit och det undre och övre lagret blandas om och tvåzonsantagandet stämmer inte längre.

6.2. Indata

- Utifrån ritningar och mätningar från objektsbesöket konstrueras en geometri i CFAST enligt Figur 17 nedan.
- I modellen väljs vägg- och takmaterial till gips och golvmaterial till lättbetong, liknande de som observerades vid objektsbesöket.
- För varje brand används respektive tillväxthastighet och effekt presenterade i Kapitel 5.
- Utifrån Boverkets råd om analytisk dimensionering (BBRAD) sätts förbränningsvärmen till 20 MJ/kg för bränslet (BFS 2013:12, 2013).
- För att undersöka sikt- och toxicitetsförhållanden sätts produktionen av en så kallad "trace species" som fungerar som en markör till 0,0001 kilogram producerad per kilogram pyrolyserat bränsle.
- Korridorsundermodellen, förklarad i stycket ovan, används i utrymmen där längd/bredd-förhållandet överstiger fem i enlighet med CFAST användarmanual (Forney, Jones, Peacock och Reneke, 2005).

- Efter vissa övervägande används programmets referensvärden för andra indataparametrar.



Figur 17. Geometri konstruerad i CFAST efter ritningar och objektbesök på barnsjukhuset.

6.3. Hur resultatet tagits fram

För att få en uppfattning om när utrymning inte längre kan ske på ett säkert sätt används de kriterier som presenteras i BBRAD, se Kapitel 2. Korridor 6117A för branden i matrummet och Korridor 6241 för brand i linneförråd och patientrum undersöktes i CFAST då det var i dessa korridorer kritiska förhållanden uppstod snabbast. Se Figur 17 för placering av brandrummen i förhållande till korridorerna.

För dessa två korridorer tas för varje scenario värden på (med avseende på tiden):

- Övre lagrets temperatur, volym, syrenivå, massa markör och höjd från golvet
- Tryck i korridoren
- Strålning mot en kropp vid golvet med temperaturen 20 °C

Temperatur, syrenivå, höjden på brandgaslagret samt strålningen jämförs direkt mot de kriterier som anges i BBRAD. För beräkningar på hur sikt och toxicitetsvärden tagits fram, se Bilaga 10.

6.4. Resultat

Nedan följer resultaten från de genomförda simuleringarna för varje scenario. Tidigare beräknade tider till övertändning måste fortfarande tas i beaktning, se Kapitel 5. Om kriterierna för godtagbar utrymning inte bryts i simuleringarna innan den beräknade övertändningen antas kritiska förhållanden råda vid tidpunkten för övertändning. Nedan redovisas dock tiderna till kritiska förhållanden för varje parameter som beräknats i simuleringarna. Då det uppstår kritiska förhållanden i korridoren innan övertändning i samtliga scenarier har vi inte redovisat de beräknade tiderna till övertändning i detta kapitel.

6.2.1. Scenario 1 – Brand i matrum

Enligt simuleringar genomförda i CFAST tar det 85 sekunder innan de kritiska förhållandena är sådana att acceptabel utrymning inte längre kan säkerställas. Det

kriterium som bryts först är sikten tillsammans med brandgaslagrets höjd. Kritiska förhållanden kan ses i Kapitel 2.

Tabell 4. Tid till kriterierna inte längre uppfylls i matrummet.

Kriterium	Tid till kriterium inte längre uppfylls [s]
Sikt	30
Temperatur	115
Brandgaslagrets höjd	85
Strålningsintensitet	260
Syre	200
CO ₂	200
CO	170

6.2.2. Scenario 2 – Brand i patientrum

Enligt simuleringar genomförda i CFAST tar det 70 sekunder innan de kritiska förhållandena är sådana att acceptabel utrymning inte längre kan säkerställas. Det kriterium som bryts först är sikten tillsammans med brandgaslagrets höjd. Kritiska förhållanden kan ses i Kapitel 2.

Tabell 5. Tid till kriterierna inte längre uppfylls i patientrummet.

Kriterium	Tid till kriterium inte längre uppfylls [s]
Sikt	55
Temperatur	115
Brandgaslagrets höjd	70
Strålningsintensitet	Uppfylls hela
Syre	195
CO ₂	195
CO	160

6.2.3. Scenario 3 – Brand i linneförråd

Enligt simuleringar genomförda i CFAST tar det 80 sekunder innan de kritiska förhållandena är sådana att acceptabel utrymning inte längre kan säkerställas. Det kriterium som bryts först är sikten tillsammans med brandgaslagrets höjd. Kritiska förhållanden kan ses i Kapitel 2.

Tabell 6. Tid till kriterierna inte längre uppfylls i linneförrådet.

Kriterium	Tid till kriterium inte längre uppfylls [s]
Sikt	25
Temperatur	90
Brandgaslagrets höjd	80
Strålningsintensitet	310
Syre	220
CO ₂	220
CO	150

7. Utrymningssimuleringar

I följande kapitel tas utrymning upp. Här beskrivs utrymningsmodell, nuvarande strategi och utrymningssimuleringar. Under kapitlet beskrivs det program (ERM) som används vid simuleringarna för utrymning, gällande både utformning, begränsningar och antaganden. Simuleringarna utgår från de värsta troliga scenarierna, enligt Paté Cornell nivå två (1996).

Simuleringarna används för att kontrollera hur lång tid det tar att utrymma barnakuten, enligt rådande förhållanden. Resultatet jämförs därefter med resultaten från CFAST för att avgöra om acceptabel utrymning kan ske innan kritiska förhållanden uppnås.

7.1. Utrymningsmodell

För att utvärdera förutsättningarna för en säker utrymning, jämförs tiden det tar för personerna i bygganden att ta sig ut med tiden det tar för branden att uppnå kritiska förhållanden. För att en säker utrymning ska kunna ske måste personerna uppfatta att det är något som har hänt (varseblivning), förstå att det brinner och fatta beslut om att utrymma (förberedelsetid), för att slutligen ta sig ut (förflyttning). För mer information se Bilaga 9. Modellen brukar beskrivas med följande uttryck

$$t_{krit} > t_{varse} + t_{förberedelse} + t_{förflyttning}$$

(Frantzich, 2001).

De faktorer som kan påverka de utrymmande personerna är strålning från flammor och brandgaslager, temperatur, heta ytor, toxiska gaser och sotpartiklar. Dessutom kan både det psykiska och fysiska tillståndet hos personerna påverka deras utrymningsförmåga.

Den tid som är enklast att beräkna är förflyttningstiden. Varseblivningstiden och förberedelsetiden beror på många faktorer som till exempel förståelse för situationen eller kännedom om lokal.

För att få fram tiden det tar tills dess att kritiska förhållanden uppstår (t_{krit}), genomförs simuleringar i CFAST. Detta görs med hjälp av den dimensionerande branden och effektkurvan för varje scenario. Varseblivningstiden fås genom simuleringar i DETACT-T2, vilket förklaras närmare i Bilaga 13. Förberedelsetiden och förflyttningen simuleras i ERM.

7.2. Nuvarande strategi

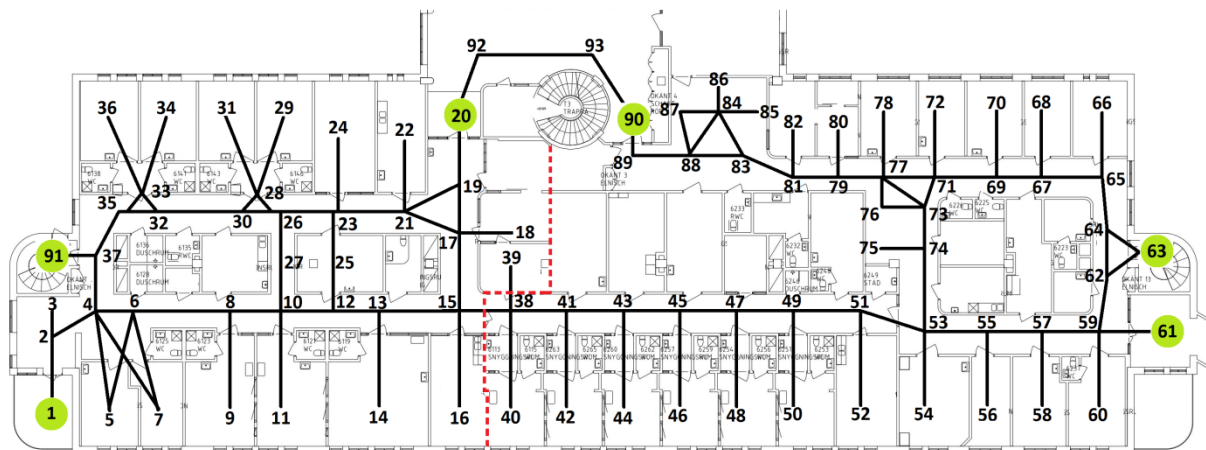
Vid aktivering av utrymningslarmet ska personalen ta sig till ett av de två förutbestämda områden som finns på akutintaget och akutmottagningen. Här finns fem inplastade kort som beskriver olika åtgärder som ska vidtas vid händelse av brand eller annan olycka. Åtgärds korten instruerar om att rädda, larma, släcka eller utrymma och på baksidorna finns en utrymningsplan. På detta sätt fördelas uppgifterna till personalen, som i sin tur får ta hjälp av ytterligare personal vid behov. Det finns i nuläget inga fastlagda rutiner för samarbete mellan barnakuten och andra avdelningar.

Vid utrymning finns ingen bestämd prioriteringslista gällande vilka patienter som ska evakueras först. Det saknas även rutiner för hur eventuellt skadade och smittbärande patienter ska tas hand om när de väl utrymt brandcellen.

Vid utrymning är varje patient olika tidskrävande att evakuera för personalen. En patient som inte är samarbetsvillig och har mycket medicinsk utrustning kopplad till sig, kan enligt personalen ta upp till fem minuter att förbereda inför transport. Yngre patienter kan bäras ut direkt medan äldre samt sängburna patienter kan behöva släpas ut direkt på sin madrass. Vanligtvis räcker det med en till två personer för att klara av detta. Vid utrymning kan patienter vara i behov av portabla syrgastuber, dessa tar runt 30 sekunder att koppla om till enligt personal på barnakuten.

7.3. Simuleringar

För att uppskatta utrymningstiderna för samtliga personer på barnakuten vid de olika brandscenarierna, används Escape and Rescue Model (ERM). För information om programmet se Bilaga 9. I utrymningstiden ingår förberedelsetiden som personalen och patienter behöver för att inleda utrymning samt tiden för förflyttningen till en säker brandcell. Utrymningssimuleringar görs för varje scenario med antagna nuvarande förhållanden. För nodkartan som används i simuleringarna se Figur 18.



Figur 18. Nodkarta över ERM-simuleringarna, den streckade röda linjen visar föreslagen brandcellsgräns.

De viktigaste antagandena i simuleringarna är enligt följande:

- Förberedelsetiden för personalen anges till 180 sekunder.
- Förberedelsetiden för varje patient anses vara 60 sekunder.
- Elva ineliggande patienter antas finnas på akutintaget. Samtliga antas behöva hjälp av en vårdare genom hela utrymningen.
- Sju stycken patienter antas bli undersökta på akutmottagningen. Samtliga antas behöva hjälp av en vårdare genom hela utrymningen.
- I väntrummet placeras en 6A-typpatient, vilket innebär att det räcker för vårdarna att upplysa patienten att utrymma. Denna är tänkt motsvara ett antal patienter som utrymmer på uppmaning från en vårdare.
- Då rapporten utgår från värsta troliga fall, antas brandscenarierna inträffa nattetid då personalstyrkan är som st. Då finns risken att endast sju personer finns tillgängliga för att utrymma patienter.
- Prioriteringsordningen för patienterna skiljer sig mellan de olika brandscenarierna. I samtliga fall har patienter högre prioritering ju närmare branden de befinner sig.
- Ingen antas utrymma via utrymningvägar belägna i närheten av branden.

- Patienter och personal antas vara i säkerhet så fort de har passerat en brandcellsgräns.

För ytterligare antaganden, och mer ingående förklaringar och resultat se Bilaga 11.

7.4. Resultat

Nedan i Tabell 7 redovisas resultaten från utrymningssimuleringarna för varje scenario. För att beräkna utrymningstiden användes programmet ERM, se Bilaga 11.

Tabell 7. Sammanfattning av resultaten från utrymningssimuleringarna i ERM.

Scenarier	Matrum	Patientrum	Linneförråd
Resultat simuleringar [minut]	9,5	9,5	10,5

8. DETACT-T2

I detta kapitel tas simuleringsprogrammet DETACT-T2 upp. Här beskrivs programmet, dess krav och begränsningar. Dessutom anges vilken indata som använts i simuleringarna. Simulering av detektionstiden genomförs för varje scenario. Vid simuleringarna användes de framtagna effektkurvorna, se Kapitel 5, vilka utgår från det värsta troliga fallet enligt Paté Corenell nivå två (1996).

Detektionstiden är den faktor som beskriver varseblivningstiden vid beräkning av den totala utrymningstiden för barnakuten. Denna tid tillsammans med den simulerade utrymningstiden (förberedelse- och förflyttningstid) jämförs därefter med tiden det tar innan acceptabel utrymning inte längre kan säkerställas.

Enligt Frantzich (2001) får experterna i studien göra en uppskattning om hur ofta branden upptäcks av personal jämfört med när ett automatiskt brandlarm aktiverar på en vårdanläggning. De framtagna procentsatserna anses vara beroende av antalet i personalstyrkan samt om planlösningen utgörs av en korridor eller två parallella korridorer. För förhållanden som liknar dem som råder på Uppsala Akademiska sjukhus, uppskattas sannolikheten för att personalen ska upptäcka brandlarmet före det automatiska brandlarmet aktiverar till 14 %. Sannolikheten att personalen upptäcker det samtidigt samt efter det automatiska brandlarmet aktiverat bedöms till 53 % respektive 33 %. Sannolikheten att personalen kommer upptäcka branden på barnakuten innan det automatiska brandlarmet aktiverar och därmed minska förberedelsetiden, bedöms därför vara låg. Detta gör att varseblivningstiden antas motsvara den simulerade detektionstiden.

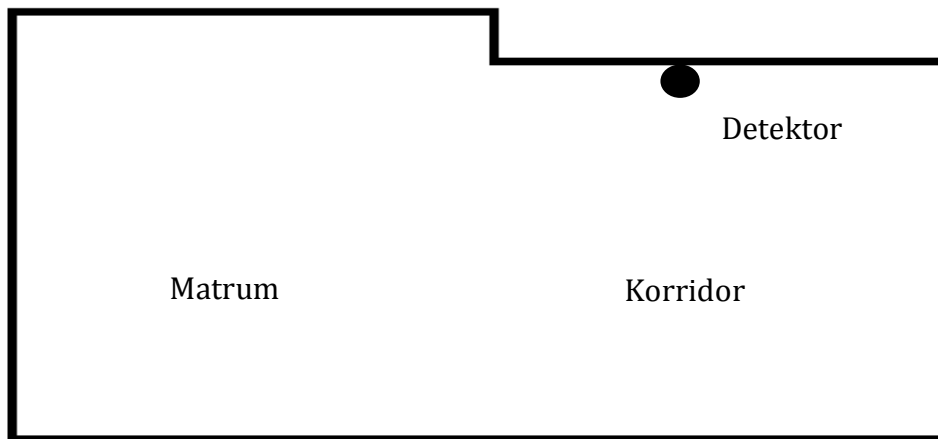
Indata och resultat från simuleringarna kan ses i Bilaga 13.

8.1. Allmänt

DETECT-T2 används för att simulera hur lång tid det tar tills branden detekteras. Programmet fungerar för tak som inte har några hinder och för en relativt stor lokal. Programmet använder sig av en brand med en tillväxt enligt αt^2 . Det är endast flödena från branden som värmer detektorn. Alltså tas ingen hänsyn till uppvärmning via eventuella ansamlade brandgaser i utrymmet.

DETECT-T2 används främst för att kontrollera aktiveringstid vid värmedetektorer men kan även användas vid kontroll av aktiveringstid för rökdetektorer. En vanlig temperaturökning för aktivering av detektorn brukar ansättas till 13 °C. För nyare detektorer anses detta vara ett konservativt värde. Aktiveringstemperaturen är temperaturökningen adderat med omgivningens ursprungliga temperatur. Det inställda RTI-värdet ska vara lågt, runt 0,5 ms^{1/2}. Detta ger att känselementets temperatur kommer vara nära de omgivande brandgasernas temperatur (Nilsson och Holmstedt, 2008).

Tillväxthastigheten för matrummet utgår från soffans tillväxthastighet, patientrummet utgår från allmänt värde för sjukhus och linneförrådet utgår från Golt et al (2004). I Figur 19 ses en genomskärning av matrum och korridor. Skillnaden i takhöjd kan påverka detektionstiden då gaserna antagligen först kommer ansamlas i matrummet innan de sprids vidare till korridoren där detektorn sitter.



Figur 19. Skiss över höjdskillnaden mellan taket i matrummet och taket i anslutande korridor.

8.2. Resultat

Nedan redovisas resultaten från simuleringarna i DETACT-T2 för varje scenario.

8.2.1. Scenario 1 – Brand i matrum

För att beräkna tiden till detektion användes programmet DETACT-T2, se Bilaga 13. I matrummet finns ingen detektor, däremot finns en i angränsande korridoren. Resultatet blev att detektorn aktiverar efter 68 sekunder. Eftersom matrummet och korridoren har olika takhöjder, kommer en del brandgaser hinna ansamlas i matrummet innan de läcker ut till korridoren och därmed når detektorn. I DETACT-T2 kan endast en rumshöjd matas in och därmed fås inte den fördröjning av brandgastransport som kan förväntas.

8.2.2. Scenario 2 – Brand i patientrum

För att beräkna tiden till detektion användes programmet DETACT-T2, se Bilaga 13. Resultatet blev att detektorn aktiverar efter 49 sekunder.

8.2.3. Scenario 3 – Brand i linneförråd

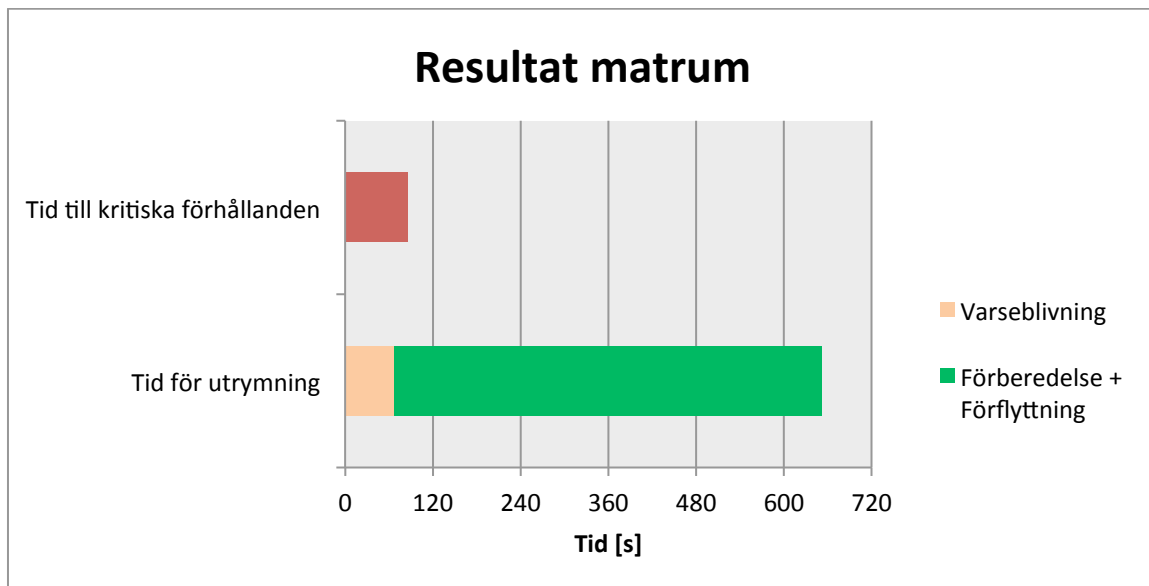
För att beräkna tiden till detektion användes programmet DETACT-T2, se Bilaga 13. Resultatet blev att detektorn aktiverar efter 41 sekunder.

9. Riskvärdering

I detta kapitel redovisas den slutliga riskvärderingen för varje scenario. Tiden till kritiska förhållanden, vilka togs fram med hjälp av CFAST, jämförs med den framtagna totala tiden det tar att utrymma barnakuten, framtaget med hjälp av ERM och DETACT-T2. Acceptabel utrymning kan endast ske om tiden till kritiska förhållanden är längre än tiden för utrymning. Utgångspunkten för samtliga scenarion har varit värsta troliga fall, enligt Paté Corenell nivå två (1996).

9.1. Scenario 1 – Brand i matrum

Resultaten för scenariot i matrummet redovisas i figuren nedan.

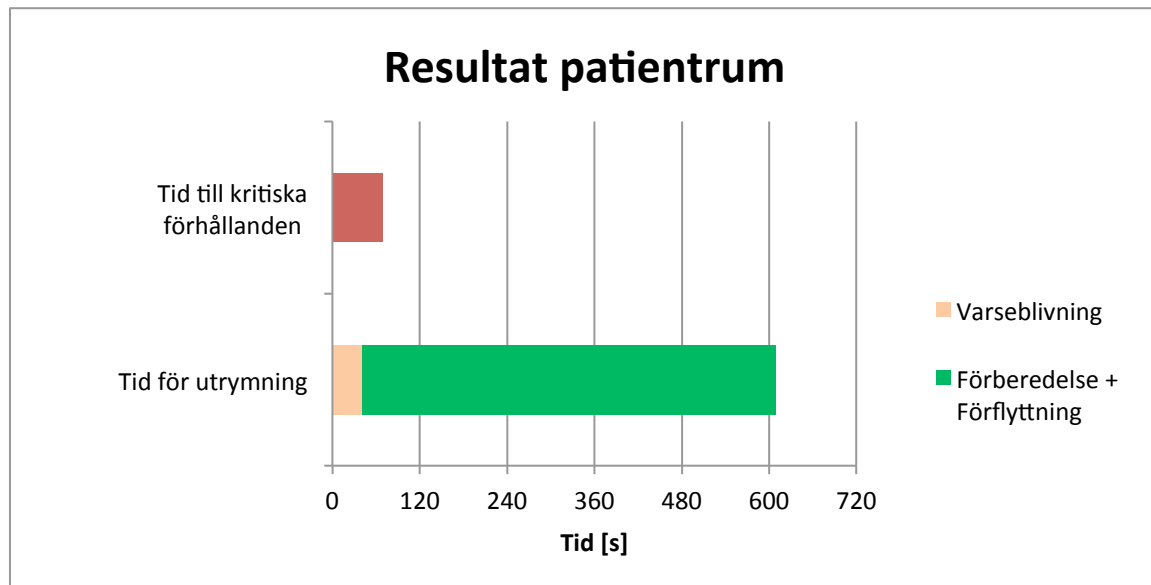


Figur 20. Grafen visar tiden tills acceptabel utrymning inte längre uppnås, vilken jämförs med den totala utrymningstiden för matrummet.

Som kan utläsas i figuren hinner kritiska förhållanden uppstå långt innan alla har hunnit utrymma. Kritiska förhållanden uppnås efter ungefär en och en halv minut jämfört med ungefär tio minuter för total utrymningstid.

9.2. Scenario 2 – Brand i patientrum

Resultaten för scenariot i patientrummet redovisas i figuren nedan.

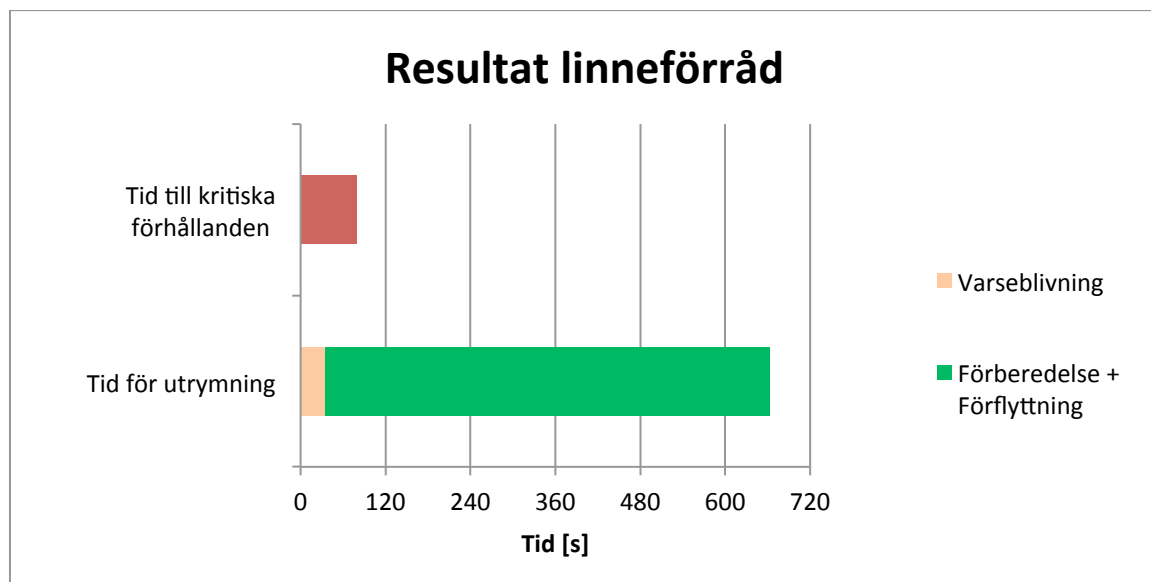


Figur 21. Grafen visar tiden tills acceptabel utrymning inte längre uppnås, vilken jämförs med den totala utrymningstiden för patientrummet.

Som kan utläsas i figuren hinner kritiska förhållanden uppstå långt innan alla har hunnit utrymma. Kritiska förhållanden uppnås efter ungefär en minut jämfört med ungefär tio minuter för total utrymningstid.

9.3. Scenario 3 – Brand i linneförråd

Resultaten för scenariot i linneförrådet redovisas i figuren nedan.



Figur 22. Grafen visar tiden tills acceptabel utrymning inte längre uppnås, vilken jämförs med den totala utrymningstiden för linneförrådet.

Som kan utläsas i figuren hinner kritiska förhållanden uppstå långt innan alla har hunnit utrymma. Kritiska förhållanden uppnås efter ungefär en minut jämfört med ungefär elva minuter för total utrymningstid.

10. Känslighetsanalys

Nedan följer känslighetsanalyser för att undersöka parametrarnas inverkan på slutresultatet. Känslighetsanalyser utförs på CFAST och ERM.

10.1. CFAST

Innan känslighetsanalysen görs genomförs en initial känslighetsanalys. I denna undersökts indataparametrar som tros utifrån litteratur samt logiska resonemang ha stor påverkan på resultatet. Dessa parametrar undersöks vidare genom att testköra CFAST med olika värden. Arbetet sker inte helt systematiskt och stora mängder data genereras som utvärderas endast kvalitativt, de redovisas inte i helhet i rapporten. Syftet med den initiala känslighetsanalysen är att sälla ut de indataparametrar som är viktigast för resultatet.

I modellen sattes alla vägg- och takmaterial till gips och golvet till lättbetong då detta antas representera verkligheten någorlunda. Valet av material påverkar hur stora värmeförlusterna blir till omgivningen. Enligt genomförd initiala känslighetsanalys hade valet av material liten påverkan på resultatet, varför ingen närmare analys av de faktiska materialegenskaperna görs. Geometrin för väggar, golv och tak hade dock betydelse, särskilt ändringar som påverkade totalvolymen mycket för ett rum.

Något som ses ha stor påverkan på tiden till kritiska förhållanden i den initiala känslighetsanalysen är tillväxthastigheten för branden. Tillväxthastigheten styr effektutvecklingskurvan som i sin tur påverkar hur snabbt sot, värme, toxiska gaser och markören ska produceras och följaktligen styr den i mångt och mycket tidpunkten till kritiska förhållanden. Detta stämmer väl överens med känslighetsanalyser utföra av NIST som utvecklat CFAST. De slår också fast att variabler som rumsmått och storleken på öppningar spelar mindre roll för resultatet än effektutveckling (Forney, Peacock och Reneke, 2011). Osäkerheten i värdet för tillväxthastigheten bedöms också som mycket större än för andra indata.

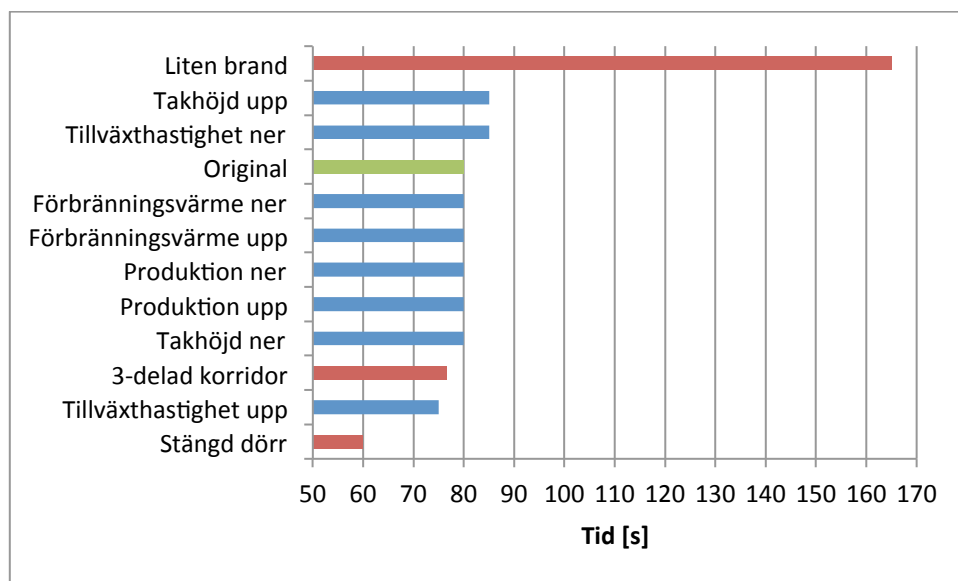
Effektutveckling och tillväxthastighet används synonymt i stycket ovan. Detta för att endast tillväxtfasen för branden är av intresse i denna analys och övertändning antas alltid ske i det värsta troliga fallet. Att flytta gränsen för övertändning eller ändra maxeffekten för en brand med samma tillväxthastighet påverkar inte resultatet då tidpunkten för kritiska förhållanden logiskt sett alltid kommer inträffa innan tidpunkten för övertändning. Kort sagt kan man inte utrymma efter övertändning och kritiska förhållanden inträffar alltid innan övertändning. Tillväxthastigheten blir således en mycket viktig indataparameter.

Andra indata som sågs ha påverkan på resultatet var specifikationerna för bränslet i CFAST. Exempelvis anges kvoter mellan förbränningsprodukter och kolinnehållet för tänkt bränsle. Detta påverkar den interna regleringen av produktionen av toxiska gaser och sot som i sin tur påverkar stålningberäkningarna och sålunda temperaturer (Forney, Peacock och Reneke, 2011). Denna påverkan var dock begränsad i den initiala känslighetsanalysen, således används programmets standardvärden och ingen ytterligare analys genomförs på dessa parametrar. Förbränningsvärmens var dock en bränsleparameter som hade betydelse då den bestämmer massavbrinningen vid en given effekt.

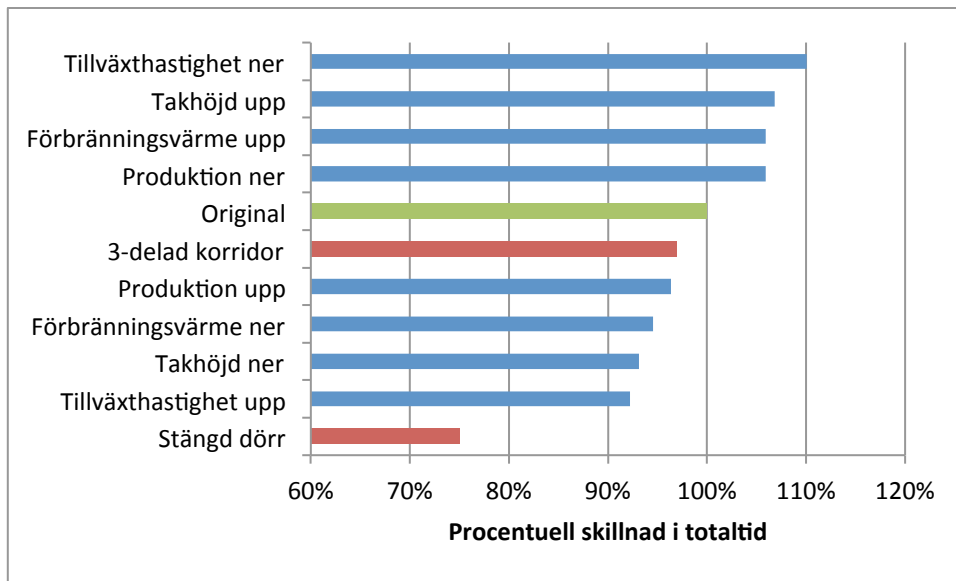
Utifrån den initiala känslighetsanalysen valdes indataparametrarna tillväxthastighet, takhöjd, markörproduktion samt förbränningsvärme att ingå i känslighetsanalysen av slutresultatet. Endast branden i linneförrådet har simulerats för att ta fram resultatet, men slutsatserna utifrån dessa förväntas vara samma för alla scenarier på grund av likheterna mellan scenarierna (brand i rum i anslutning till korridor).

Känslighetsanalysen genomförs med one-way metoden, där en variabel varieras i ett bestämt intervall (i detta fall 20 %) både upp och ner medan de andra hålls konstanta. Resultatet redovisas på två sätt i två olika diagram. Det ena jämför tiden till kritiska förhållanden enligt Kapitel 2, det vill säga det som används som resultat i rapporten. Det andra sättet jämför procentuella andelar av summan av alla tider för att nå kritisk nivå för alla kriterier av originalsimuleringen. De två sätten väljs eftersom det ena visar på känsligheten för tiden till kritiska förhållanden medan det andra visar på modellens totala känslighet.

Tre andra saker redovisas också i diagrammen nedan (staplarna för dessa har färgats röda för tydlighetens skull). En är effekten av att dela upp korridoren i flera (tre i vårt fall) rum i CFAST, något som ofta påstås förbättra simuleringsresultat i korridorer. Den andra effekten som undersöks är hur modellen påverkas om dörren till väntrummet varit stängd. Det tredje och sista som undersöks är hur en brand med tillväxthastigheten "slow" påverkar simuleringsresultatet, denna tillväxthastighet är cirka trettio gånger lägre än den som använts. Den lilla branden redovisas inte i Figur 24 eftersom inte alla utdataparametrar blev kritiska under simuleringstiden, sålunda skulle resultatet bli skevt eftersom vissa tider saknas.



Figur 23. Tid till kritiska förhållanden för olika scenarion.



Figur 24. Summan av tiden för att bryta alla kriterier delad med originalsimuleringens summa för att bryta alla kriterier.

Utifrån ovanstående figurer kan man dra slutsatsen att det absolut viktigast för resultatet är hur man väljer sitt scenario! En öppen eller stängd dörr påverkar betydligt mer än vad relativt stora förändringar i indataparametrarna gör. Det framgår även att modellen är robust, i Figur 23 ses att för fem olika indataparametrar påverkas inte resultatet alls i simuleringen och i Figur 24 är förändringen i totalttiden till alla kriterier blir kritiska maximalt tio procent. Att dela upp korridoren i tre olika delar påverkar inte heller resultatet nämnvärt utan anses ligga långt innanför felmarginalen. I båda diagrammen ses att tillväxthastigheten är en viktigt (om inte viktigaste) parametern, vilket är föga förvånande enligt ovan förda resonemang. Trots detta får en mycket stor förändring, en sänkning med över 3000 % i tillväxthastigheten en relativt blygsam effekt på tiden till kritiska förhållanden, se Figur 23. Varför det är så avhandlas mer i diskussionen i denna rapport.

10.2. ERM

För att undersöka hur olika indataparametrar påverkar de simulerade utrymningstiderna i ERM görs en känslighetsanalys. Här studeras hur utrymningstiderna påverkas när indata varierar för personalens förberedelsetid, förberedelsetid för patienter, antal tillgängliga vårdare, patienttyp samt den tid som vårdarna behöver mellan varje utrymd patient. Känslighetsanalysen genomförs med one-way metoden, vilket innebär att enbart en parameter varierar i varje simulering medans övriga hålls konstanta. De undersökta indataparametrarna varierar med $\pm 10\%$ av ursprungsvärdet. Patienttyperna ändras genom att ange tre patienter som patienttyp 40, vilket innebär att assistans från två vårdare behövs genom hela utrymningen till en SAFE-zon. I känslighetsanalysen används tio vårdare, detta med anledning av att kunna addera eller subtrahera ett helt antal vårdare när antalet ändras med $\pm 10\%$. Alla utrymningsvägar och kopplingar mellan noder används för att täcka in samtliga scenarier. För övriga ursprungsvärden se Bilaga 11.

10.3.1. Resultat

Nedan i Tabell 8 redovisas känslighetsanalysen från ERM gällande variation kring olika indataparametrar. I den första simuleringen för känslighetsanalysen då alla parametrar har sitt ursprungsvärde, blir utrymningstiden 467 sekunder.

Tabell 8. Resultaten från känslighetsanalysen i ERM där de olika indataparametrarna varierades med en faktor $\pm 10\%$. Differensen visar skillnaden mellan den ursprungliga utrymningstiden (467 sekunder) och den totala utrymningstiden då en parameter varierats.

Indataparameter	Utrymningstid [s] (-10%)	Differens [s] (-10%)	Utrymningstid [s] (+10%)	Differens [s] (+10%)
Förberedelsetid personal	449	-18	485	18
Förberedelsetid patienter	455	-12	479	12
Personalstyrka	475	8	457	-10
Patienttyp	-	-	545	78
Tid för vårdare mellan utrymning	465	-2	469	2

10.3.2. Förberedelsetid för personal

I den initiala känslighetsanalysen varierar utrymningstiden med sammanlagt 36 sekunder då förberedelsetiden för personalen ändras från 162 till 198 sekunder. Värdet anses vara relativt högt, vilket betyder att förberedelsetiden innan personalen inleder utrymning har stor betydelse för den totala utrymningstiden. Känslighetsanalysen visar att den totala utrymningstiden kommer ändras med exakt samma tid som förberedelsetiden för personalen ändras. Detta eftersom indata för personalens förberedelsetid adderas direkt till den totala utrymningstiden.

10.3.3. Förberedelsetid för patienter

När indataparametrarna för patienternas förberedelsetid undersöks, ökar utrymningstiden med 12 sekunder när förberedelsetiden ökar med 10 %. Samma minskning i utrymningstid fås då förberedelsetiden minskar med 10 %. Detta visar att indataparametern har relativt stor betydelse för den totala utrymningstiden. Under objektsbesöket berättade personalen att denna förberedelsetid kunde variera allt från 0 till 300 sekunder, beroende på hur samarbetsvillig patienten var och hur mycket medicinsk utrustning denna var inkopplad till. Alltså kommer ett värsta tänkbart fall där samtliga patienter behöver 300 sekunder innan de kan påbörja utrymning innebära att kritiska förhållanden nåts innan en enda patient hunnit påbörja utrymning. Med dagens verksamhet i lokalen är detta inte troligt, men om verksamheten ändras i framtiden bör detta tas i åtanke. Något som kan förkorta förberedelsetiden för patienter är utrymningsövningar för personalen. Träning i hur man på ett lugnt men effektivt förbereder patienter för transport och hur man bäst hanterar icke samarbetsvilliga patienter förkortar inte bara förberedelsetiden för patienterna. Dessutom innebär det troligtvis att patienterna inte blir lika uppstressade över situationen.

10.3.4. Antal tillgängliga vårdare

När antalet tillgängliga vårdare varierar med $\pm 10\%$, dvs. mellan 9-11 vårdare, varierar utrymningstiden med sammanlagt 18 sekunder. Detta kan verka som ett relativt lågt värde i förhållande till de andra undersökta indataparametrarna. Men eftersom

personalstyrkan antas variera en hel del under dygnet samtidigt som extra personal från andra avdelningar bör kunna bistå vid utrymning, kommer antalet tillgängliga vårdare vara en viktig faktor för huruvida utrymningen blir lyckad eller ej.

I ERM finns en begränsning där vårdare som inte längre har någon patient att utrymma kommer stå passiv inne i lokalerna utan att assistera andra. Detta kommer leda till att de simulerade utrymningstider kommer skilja sig mer och mer från verkliga utrymningstider ju mer personal som finns används. Detta eftersom i ett verkligt utrymningsscenario kommer personal som inte längre har någon att utrymma troligtvis assistera annan personal som fortfarande utrymmer med patienter.

Antalet tillgängliga vårdare kommer inte ha ett linjärt samband med den simulerade utrymningstiden. Utredningstiden kommer variera till stor del beroende på förhållandet mellan antal patienter och antal tillgängliga i personalen. Om till exempel sju patienter och sju i personalen finns med i simuleringarna, kommer utrymningstiden bli densamma oavsett hur många fler i personalen som sätts in. Om istället en vårdare tas bort, vilket innebär att fler patienter finns i förhållande till personal kommer istället en markant ökning i utrymningstiden fås.

10.3.5. Patienttyp

Känslighetsanalysen för vald patienttyp visar att utrymningstiden varierar med 79 sekunder när tre patienter ändras från patienttyp 20 (patient som behöver mycket assistans eller bli buren till säker plats) till 40 (patient som behöver mycket hjälp från två personal under hela evakueringen). Detta visar på att utrymningstiden är starkt beroende av hur många vårdare som krävs för att assistera varje patient. I och med att det i dagsläget till stor del är mindre barn som vårdas på barnakuten, antas det att det kommer vara få patienter som behöver assistans av två vårdare. Om verksamheten i framtiden ändras finns dock möjlighet att lokalerna kan inhysa patienter som behöver assistans av två vårdare.

10.3.6. Tid för vårdare mellan varje utrymd patient

Här skiljer utrymningstiderna knappt fyra sekunder. Alltså har denna indataparameter ingen större betydelse för utrymningstiden.

11. Ventilation

I följande kapitel ges en beskrivning av brandgasspridning via ventilation och objektets befintliga ventilationssystem.

11.1. Brandgasspridning

Vanligtvis är brandgasspridning inte ett problem i system med mekaniska ventilationssystem. Så länge systemet är i drift ska brandgasspridning hindras av tryckskillnader vid donet. Dock försvinner tryckskillnaden om ventilationssystemet stängs vilket leder till att gaserna kan spridas fritt via ventilationskanalerna, både mellan brandceller och mellan olika utrymmen i byggnaden (Svensson, 2006). En annan metod för att förhindra brandgasspridning är att installera spjäll i kanalerna, vilka stängs vid detektion av brand.

11.2. Befintligt ventilationssystem

Ventilationssystemet består i nuläget av ett FT-system med både från- och tilluftsfläktar. Tilluftsaggregaten som hör till barnsjukhuset återfinns på plan tre och sju, se Figur 25. Dessa aggregat förser även andra plan och andra delar av byggnaden.

Brandskyddet vid ventilationssystemet är konstruerat så att aggregaten stoppas vid detektoraktivering. Brandspjäll och uteluftspjäll stängs via fjäderåtergång.

Tilluften strömmar in i varje patientrum vid takhöjd, frånluftsdonen sitter både inne på toaletten och i slussen eller hallen mellan patientrum och korridor. I matrummet strömmar tilluften in via taket och ett spjäll leder frånluften in i kanaler i undertaket. I Figur 25 ses båda varianterna.



Figur 25. Från- och tilluftsdon.

11.3. Risk för brandgasspridning

Eftersom aggregaten stängs av vid detektion av brand försvinner tryckskillnader som förhindrar brandgasspridning. Hur väl spjällen hindrar brandgasspridning beror mest på placering. I dagsläget är brandspjäll endast placerade vid brandcellsgränser, som är bristfälliga. Alltså finns en risk för brandgasspridning på avdelningen via ventilationen vid samtliga scenarier.

12. Åtgärder

Nedan följer förslag på åtgärder vilka presenteras utefter ska/bör. Åtgärderna listas efter prioritering i fallande ordning.

En heltäckande sprinkleranläggning *ska* installeras. Främst med utgångspunkt av de tidigare slutsatser i rapporter som visar att en fullgod utrymning inte kan ske efter hur avdelningen är utformad i dagsläget. Införandet av sprinkler på avdelningen skulle öka chanserna för personalen att hinna utrymma alla patienter innan kritiska förhållanden uppnås, främst genom att begränsa branden och därmed minska dess påverkan.

Wandrell (2013) skriver om en brand på Åbo sjukhus där det även fastslås att alla sjukhus borde ha ett sprinklersystem. Dessutom står det som krav i Boverkets Byggregler (2013) att sprinklersystem ska finnas vid nydimensionering av sjukhus, vilket styrker vikten av den föreslagna åtgärden.

Rutinerna för kontroll av brandskydd och utrymning *ska* införas/utvecklas. I nuläget gavs uppfattningen att det inte fanns någon direkt kontroll av brandskyddet, är det någon detektor som är trasig upptäcks detta först då en brand inträffar. Rutinerna gäller till exempel testning av brandlarm, eventuellt framtida sprinklersystem, dörröppnare, brandsläckare, utrymningsskyltar, nödbelysning etcetera. Detta *ska* åtgärdas då andra skyddsanordningar, så som sprinkler eller detektorer, kan bli ineffektiva om inte denna kontroll införs.

Eftersom barnsjukhuset använder sig av horisontell utrymning är det extra viktigt att brandcellsgränser är intakta. Därför *ska* befintliga brandcellsgränser tätas. Detta kommer i framtiden ingå under kontroll av brandskydd.

För djupare motivering av alla nämnda åtgärder, se Bilaga 16. Vidare validering sker i Kapitel 13.

För att uppnå målet om att ingen ska utsättas för kritiska förhållanden, *ska* följande åtgärder vidtas:

- Installera sprinklersystem
- Införa rutiner för kontroll av brandskydd
- Tätta genomföringar i brandcellsgränser

För att förbättra möjligheterna till en lyckad utrymning, *bör* följande åtgärder genomföras enligt fallande prioriteringsordning

- Införa extra brandcellsgräns
- Utveckla samarbete mellan avdelningarna
- Utveckla larmsystemet
- Minska mängden lösa föremål i allmänna utrymmen
- Använda brandklassade möbler och övrig inredning
- Genomföra utrymningsövningar

Övriga åtgärder som kan förbättra utrymning men som är svårt att jämföra med varandra anges nedan:

- Ta bort rep som håller upp dörren mellan akutmottagning och akutintaget

- Utvärdera utrymningsvägar och utrymningsplan
- Se över ventilationen
- Öka säkerheten på avdelningen
- Utveckla personalens åtgärdskort
- Införa information om åtgärd vid brand i pärmar i varje patientrum
- Införa timer i köken
- Stänga alla dörrar in till förråden på avdelningen.
- Flytta linneförrådet från avdelningen.

13. Validering av åtgärder

Nedan valideras föreslagna åtgärder från ovanstående kapitel. Validering genomförs för sprinkler, samarbete mellan avdelningar, extra brandcellsgräns, utvecklat larmsystem och utbildning. För åtgärden kontroll av brandskydd och tätning av brandcellsgränser görs ingen validering, då detta är en åtgärd för att de andra ska fungera. Även för åtgärderna minska mängden lösa föremål i allmänna utrymmen och använd brandklassade möbler och övrig inredning görs ingen vidare validering då det framkommit i brandsimuleringarna att mängden brandfarligt material har betydelse. För de övriga åtgärderna är det endast ventilation som valideras vidare. Detta då det fastslogs att det förligger risk för brandgasspridning via ventilationen för samtliga scenarier.

13.1. Sprinkler

För att avgöra hur sprinkler skulle kunna förbättra förhållandena vid en brand genomförs nya simuleringar i CFAST där sprinkler sätts in enligt SBF 120:7 (2011). Dessa simuleringar visar att montering av sprinkler skulle öka tiden till kritiska förhållanden uppnås. De parametrar som i alla tre scenarierna fortfarande uppnår kritiska förhållanden är sikten och brandgaslagrets höjd. För de resterande parametrarna uppnås aldrig kritiska förhållanden, vilket tyder på en klar förbättring. Osäkerheten i den faktiska sikten och brandgaslagrets höjd är också mycket stora då det enda CFAST gör när sprinklern aktiveras är att sänka effektutvecklingen enligt ekvation 3.121 i CFAST *Technical Reference Manual* (Forney, Peacock och Reneke, 2011). Således tas ingen hänsyn till vattenånga som bildas eller den omblandning sprinkleraktiveringen leder till. Dessa tider ska således tas med en stor nypa salt. Slutsatsen blir att sprinkler blir ett skall-krav utifrån de resultat som framkommit via CFAST även om dessa kriterier ser ut att brytas. Antagligen kommer det inte bildas ett brandgaslager då sprinklern kommer sänka temperaturen på brandgaserna så de blandas ut över hela korridorens höjd. Sprinkler är generellt bra i stora lokaler eller byggnader med öppen planlösning, så som Akademiska barnsjukhuset, där brand och rök snabbt kan spridas (MSB, 2014). För resultat, se Tabell 9.

Tabell 9. Jämförelse mellan tid till kriterium inte längre uppfylls i dagsläget och då sprinkler införts.

	Tid till kriterium inte längre uppfylls [s]		
	Matrum	Patientrum	Linneförråd
I dagsläget	85	70	80
Sprinkler	90	195	85
Differens	15	125	5

För resultat från simuleringarna i CFAST se Bilaga 12.

13.2. Simuleringar med tillgång till extrapersonal

För att se hur utrymningstiden påverkas när extra personal från andra avdelningar kommer för att assistera, körs utrymningssimuleringarna med 14 vårdare i samtliga brandscenarier. De sju extra vårdarna har nod 93 som startnod. De antas ha samma förberedelsetid som de övriga vårdare. För resultat se Tabell 10.

Tabell 10. Förändring i utrymningstid vid införandet av extra personal.

Brandscenario	Minskning av utrymningstid
Matrum	2 min 24 sek
Patientrum	1 min 29 sek
Linneförråd	3 min 2 sek

13.3. Extra brandcellsgräns

För att undersöka betydelsen av en brandcellsgräns som delar barnakuten i två delar, se Figur 18, körs simuleringar där denna är tänkt att existera. För att detta ska vara möjligt görs några justeringar i indatakoden för simuleringarna för nuvarande förhållanden. Vid branden i matrummet görs nod 38 till en SAFE-zon, se Figur 18. Dessutom tas alla patienter som redan befinner sig på andra sida av brandcellsgränsen bort, eftersom de redan befinner sig i en säker brandcell och därmed inte behöver utrymma direkt. Liknande åtgärds gör för simuleringarna där en brand startar i patientrummet eller linneförrådet. Här är det istället nod 15 som görs till en SAFE-zon se Figur 18, samtidigt som patienterna som befinner sig i den säkra brandcellen tas bort från simuleringen. Resultat kan ses i Bilaga 11. För resultat, se Tabell 11.

Tabell 11. Förändring av utrymningstid då extra brandcellsgräns införts.

Brandscenario	Minskning av utrymningstid
Matrum	4 min 13 sek
Patientrum	1 min 50 sek
Linneförråd	2 min 50 sek

13.4. Simuleringar med korrekt installerat brandlarm

För att undersöka hur utrymningstiden påverkas av larmsystemets funktionalitet, antas att larmsystemet kan leverera textmeddelanden till personalen med tydbar information om vilket detektor som aktiverats. Larmsystemet kan då ses som ett larmsystem med ljudsignal och textmeddelande, vilket innebär att förberedelsetiden endast blir 90 sekunder (Frantzich, 2001). Som tidigare används medianvärdet för förberedelsetiden. Detta innebär att totala utrymningstiden minskar med 90 sekunder i samtliga brandscenarier. Resultat kan ses i Bilaga 11.

13.5. Simuleringar med extra brandcellsgräns och korrekt installerat larmsystem

För att undersöka hur utrymningstiden påverkas då både en extra brandcellsgräns och ett korrekt installerat larmsystem finns, görs simuleringar där båda åtgärderna antas ha genomförts. Resultat kan ses i Bilaga 11.

Tabell 12 visar med hur mycket utrymningstiden minskar för varje fall med en extra brandcellsgräns.

Tabell 12. Förändring av utrymningstid då extra brandcellsgräns och korrekt installerat larmsystem införts.

Brandscenario	Minskning av utrymningstid
Matrum	5 min 30 sek
Patientrum	3 min 20 sek
Linneförråd	4 min 20 sek

13.6. Utbildning

Kunskapen hos personalen kan ha stor påverkan för hur stora konsekvenserna av en brand blir, gällande utrymning och brandförlopp. Speciellt i detta fall då patienterna inte antas kunna utrymma själva. De flesta bränder detekteras redan under förbrinningsfasen, ska branden kunna släckas manuellt är det under denna fas detta kan ske. Därför är det viktigt att personalen kan agera fort för att få så sätt kunna påverka branden innan räddningstjänsten kommer. Även tiden för utrymning kan minskas med hjälp av utbildning, främst med avseende på förberedelsetiden.

13.7. Ventilation

Det finns ett flertal olika skyddssystem för att hindra brandspridning via ventilation.

- Separata system
- Spjäll
- Fläkt i drift
- Brandbackspjäll
- Rökavluftning
- Konverterat system

Utav dessa är spjäll och fläkt i drift de vanligaste skyddssystemen.

I dagsläget är ventilationssystemet uppbyggt som separata system med spjäll. Brandspjäll finns, dock endast mellan våningar. Då de flesta dödsfall som sker vid en brand sker på grund av de giftiga gaserna (Bengtsson, 2001) är det viktigt att hindra att röken från branden sprider sig via ventilationssystemet till intilliggande rum. I nuläget kan detta inte garanteras då ventilationssystemet stängs av vid detektion av brand.

13.7.1. Beskrivning av de olika skyddssystemen - ventilation

Separata ventilationssystem är en bra åtgärd för att hindra brandgasspridning mellan olika brandceller. Detta skyddssystem finns redan i nuläget, men för att detta ska fungera på bäst sätt krävs dock att åtgärder för brandcellsgränserna vidtas. Främst i form av tätning av genomföringar.

Spjäll som används för att förhindra brandgasspridning ska antingen sitta direkt mot väggen eller utrustas med isolering. Spjällen stänger ventilationskanalen vid brand och även fläkten stängs av. Detta skyddssystem är vanligt där det finns få brandceller.

Fläkt i drift fortsätter att fungera då brand har uppstått för att kunna evakuera brandgaserna. Dock måste kanalerna i ventilationssystemet klara av det ökade flödet av gaser och dessutom den ökade temperaturen som brandgaserna genererar. Denna typ är vanligare i system med fler brandceller.

Brandbackspjäll används vanligen på tilluften i från- och tilluftsystem där frånluft drivs av fläkt-i-drift. Denna typ kräver ingen detektering, dock måste systemet kontrolleras vart annat år. Ännu en nackdel är att det är känsligt för höga temperaturer. En fördel med systemet är att det är billigare än brandgasspjäll.

Rökavluftning uppfyller endast skyddsklass 2 vilket innebär att detta inte får användas vid utrymningsvägar eller där det kan finnas sovande människor. Detta system är därför inte lämpligt att använda på avdelningen. Det konverterade skyddssystemet är inte aktuellt på grund av den problematik som föreligger.

13.7.2. Slutsats - ventilation

De åtgärder som anses vara bäst gällande för ventilationssystemet på barnakuten är brandspjäll och fläkt i drift. På barnakuten bör som minst brandspjäll mellan alla brandceller (dessa finns i nuläget endast mellan våningar) införas. Finns resurser för att genomföra större åtgärder är vidare alternativ installation av fler brandspjäll inom varje brandcell och/eller införandet av fläkt i drift. Att införa fläkt i drift skulle innebära större ändringar, som till exempel ny dimensionering och byte av fläkt. Vilket innebär högre kostnader och mer underhållsarbete.

14.Brandskyddsvärdering

Brandskyddsvärdering av vårdanläggning (BSV-vård) är en metod som har tagits fram för att kunna bestämma risken och den relativa säkerheten för vårdanläggningar med avseende på brand. Metoden används främst för att göra jämförelser gällande säkerhet för olika vårdanläggningar enligt Frantzich (2000).

Viktigt att påpeka är dock att resultatet inte ger någon som helst garanti att brandskyddet på avdelningen är tillräckligt. I rapporten används metoden endast för att värdera säkerheten i nuläget jämfört med efter vidtagna åtgärder.

14.1. Tillvägagångssätt

Metoden består av 26 olika komponenter, där vissa är uppdelade i underkomponenter. Komponenterna påverkar alla säkerheten på olika sätt som till exempel: utbildning, ventilationssystem, ytskikt, räddningstjänst. Varje komponent/underkomponent tilldelas en gradering enligt den mall metoden utgår ifrån, vilket ger ett totalt komponentvärde. Dessa värden viktas därefter för att ge ett index för varje komponent. Viktningsstalets storlek beror av hur mycket komponenten antas påverka säkerheten, högt tal innebär stor påverkan. Indexen för varje komponent summeras därefter vilket ger vårdanläggningens slutliga index.

Index över 2,8 visar på att anläggningen har en tillfredställande säkerhet. Dock som nämnt ovan kan detta värdet endast användas för att avgöra om säkerheten på avdelningen är hög eller låg.

Detta tillvägagångssätt görs både för hur anläggningen är utformad i nuläget och då föreslagna åtgärder har vidtagits. Total beräkningsgång och resultat kan ses i Bilaga 17.

14.2. Resultat

Brandskyddsindexet är i nuläget 2,037 vilket ligger under gränsvärdet för tillfredställande säkerhet (2,8). Då föreslagna åtgärder vidtagits värderas brandskyddsindex till 4,053 vilket ligger över gränsvärdet. Resultatet ger en antydning om att säkerhetsnivån är i nuläget låg.

15. Diskussion

Uppsala Akademiska barnsjukhus har i dagsläget en del problem med sitt brandskydd. Eftersom det på sjukhus vistas människor vars psykiska och fysiska tillstånd kan försvåra en utrymning, blir det extra viktigt att ha ett väl fungerande brandskydd.

I rapporten har scenarier ur ett värsta troliga fall perspektiv tagits fram, vilket motsvarar nivå två på Paté Cornells skala (1996). Detta valdes då det ansågs vara mest lämpligt för rapportens målsättning. Nivå 1 skulle vara svårt att använda i praktiken, då ett värre fall än det analyserade alltid kan inträffa. Nivå 3 lämpar sig inte då brandskydd kräver mer än att enbart skydda från till exempel medelbranden. Nivå 4 och 5 innefattar olika former av osäkerheter och sannolikheter, vilket inte ryms inom tidsramen för denna rapport. Användning av nivå 2 på Paté Cornells skala, ett värsta troliga fall perspektiv, medför dock vissa begränsningar. Med nivå 2 går det inte att bedöma hur konservativa resultaten är. Det är heller inte möjligt att jämföra riskerna för att komma fram till vilken risk som är störst. Rankingen av riskerna med övre gränsvärde så som värsta troliga kan skilja sig från rankingen av medelrisken.

En sak som diskuterats mycket under arbetets gång är gränsen för värsta troliga fall. Just nu är det ett barnsjukhus och i de flesta fall kommer antagligen föräldrarna ta barnet i sin famn och gå ut. Men inom en snar framtid kanske det är en annan avdelning. I de flesta fall är förberedelse tiden högst en minut, men vid värsta troliga så kan det finnas patienter som det tar upp till fem minuter. Och vad händer om det är ett hjärtstopp samtidigt som en utrymning? Gränsen för värsta och värsta troliga scenariet är suddigt och samtidigt som det är bättre att vara konservativ måste det finnas en balans. Då vi använder anlagd brand i scenarierna hade det varit möjligt med flera olika startpunkter för branden, till exempel att branden anläggs i båda ändarna av soffan. Det kan också vara så att antändning sker både i linneförrådet och i patientrummet samtidigt. Bränderna som analyserats uppnår dock redan kritiska förhållanden fort och känslighetsanalyser för CFAST visar att kraftiga ändringar krävs för påverkan av slutresultatet. Ett fall där det ansågs passera gränsen för värsta troliga är om en patient befinner sig i brandrummet och inte upptäcker branden, inte lyckas släcka den eller lyckas utrymma. Det scenariot har därför inte analyserats vidare.

Kriterierna för en lyckad utrymning som användes i rapporten kan anses vara väl konservativa. Redan innan simuleringar genomfördes var vi alla införstådda med att kriteriet för brandgaslagrets höjd inte skulle uppfyllas särskilt länge. Huruvida det då är aktuellt att använda detta som kriterium för rapporten kan ifrågasättas. Enligt simuleringarna så bryts vissa kriterier även när åtgärden sprinkler är installerad. Är detta då ett tecken på att det fortfarande inte är en god utrymningsmiljö? Kriterierna sattes för att ha en måttstock att gå efter och resultaten kan därför tas med en nypa salt. Då vi befinner oss på ett sjukhus kommer personal behöva återvända in för att bistå andra med utrymning, och då måste deras säkerhet på något sätt säkerställas.

Huruvida dörrarna låses upp då larm går är i dagsläget oklart. Det håller på att installeras lås som ska öppnas vid larm. I rapporten har det antagits att dörrarna öppnas och ingen tid ska behöva gå åt till att leta efter låsknappar eller nyckelkort.

De åtgärder som ges som förslag tas fram genom att jämföra vilka som har störst effekt på branden och utrymningstiderna. I resultaten för CFAST med sprinkler redovisas

tiderna till dess att kriterierna inte längre uppfylls och de som bryts är endast sikt och brandgaslagrets höjd. Dessa bryts ungefär samtidigt som de gjorde innan åtgärden sprinkler sattes in, ändå väljs detta som en av de viktigaste åtgärderna. En av anledningarna är att CFAST inte är giltigt att beräkna sikten och brandgaslagrets höjd då sprinkler finns med i simuleringarna. Den andra anledningen är att även om dessa kriterier bryts så är det inte direkt farligt för människor. Då sprinklersystemet är installerat förväntas brandförloppet begränsas och i bästa fall släcks branden. Detta till skillnad från de fall där sprinkler inte är installerat då brandförloppet endast kommer att fortsätta accelerera.

15.1. CFAST

För att simulera bränderna användes CFAST. Programmet valdes för att det går snabbt att genomföra simuleringar samtidigt som det levererar sökt information. Efterhand som simuleringarna körs kan småfel rättas till utan att vara alltför tidskrävande. Känslighetsanalyser går därmed snabbt att genomföra, vilket möjliggör en djupare förståelse för olika indataparametrars inverkan på slutresultatet. De parametrar som det fanns stor kunskapsbrist i, till exempel sotproduktionen, kunde ges mer tid för kontroll och eftersökningar. Ett alternativ till CFAST som diskuterades var FDS. Beslut togs dock att programmet inte skulle användas på grund av sin komplexitet. Dessutom är simuleringarna tidskrävande, vi skulle därför inte hinna åtgärda eventuella fel eller ändrade förhållanden i arbetets slutskede.

I ett skede diskuterades det huruvida vi skulle jämföra resultat från CFAST och FDS för att kunna validera resultaten. Dock blev slutsatsen att detta skulle resultera i en jämförelse mellan två program med olika osäkerheter och olika styrkor. Hade vi haft tur hade resultaten stämt väl överens, hade vi haft otur hade de inte stämt väl överens, men vi skulle inte förstå varför i något av fallen. Vi koncentrerade oss på att förstå osäkerheterna och minimera dem istället för att dra in fler. Dessutom insågs det redan vid objektbesöket via kvalitativ bedömning att kritiska förhållanden skulle inträffa innan utrymningen var fullbordad. Därför ansågs FDS onödigt tidskrävande.

Samtliga simuleringar i CFAST visar att kritiska förhållanden uppstår fort. Detta beror inte endast på att vi använder oss av värsta troliga fall, utan även för den lilla branden blir förhållande kritiska långt innan alla har hunnit utrymma. Detta pekar på att i dagsläget skulle en brand på barnakuten kunna få allvarliga konsekvenser, även om den inte är särskilt kraftig.

CFAST lämpar sig mindre väl för korridorer eftersom ingen tid går åt för takstrålen att färdas genom korridoren (utöver den tiden brandgaserna fördröjs i öppningen). Resultatet som fås förväntas vara konservativt sett över hela korridoren eftersom fördröjningen ändå är liten, dock borde kritiska förhållanden uppstå snabbare än uppmätt där brandgaserna strömmar in.

15.2. ERM

Utrymnings simuleringarna gjordes med hjälp av ERM då programmet är anpassat för att användas vid vårdanläggningar. Redan i ett tidigt skede av arbetet insåg vi att den simulerade utrymningstiden kunde variera från enstaka minuter till ett antal timmar beroende på vilka antaganden som gjordes. Därför användes befintlig data i största möjlig mån. Förberedelsetiden för patienterna grundar sig i tidigare utrymningsövningar samt intervju med personal på barnakuten och förberedelsetiden

för personalen hämtades från expertbedömningar. Gällande antal patienter och tillgängliga vårdare, antogs att scenarierna utspelade sig nattetid då akutintaget är fullbelagt och ett högt patienttryck råder på akutmottagningen. Detta antas motsvara ett värsta troligt fall där förhållandet mellan antal patienter och vårdare antas ge ett konservativt värde.

För att visa på hur valet av indata kan påverka resultatet, gjordes två simuleringar där patienterna egenskaper ändrades. I första fallet sattes alla patienter som typ 0, vilket innebär att de kan gå ut själva med normal gånghastighet och med en förberedelsestid på 10 sekunder. Utrymningstiden simulerades då till att ta knappt en minut. När alla patienter istället sattes som typ 40 med en förberedelsestid på fem minuter vardera, blev den simulerade utrymningstiden nästan 30 minuter. Båda dessa patienttyper kan antas befinna sig på barnakuten i varierande omfattning. Detta visar på hur de simulerade utrymningstiderna är starkt beroende av antaganden som gjorts om framförallt patienterna. I simuleringarna blir utrymningstiderna längre beroende på det konservativa antagandet om att barnsjukhuset har många patienter. Samtidigt hade det kunna gjorts betydligt mer konservativare genom att sätta att alla patienter dessutom behöver assistans av två vårdare och har en förberedelsestid på fem minuter. Huruvida detta är ett troligt scenario kan ifrågasättas, men helt omöjligt är det inte.

I simuleringarna antas föräldrarna inte assistera något i själva utrymningen. Det är dock troligt att många föräldrar skulle ta initiativet att utrymma på egen hand med sitt barn om brandlarmet aktiverar, och därmed sänka utrymningstiden. Föräldrarnas insats ska dock inte vara avgörande för huruvida utrymningen blir lyckade eller ej. Att utrymma alla ur sina rum ansågs också vara nödvändigt då det är stora brandceller med brister i ventilationsbrandskydd. Detta kan ge kritiska förhållanden över stora områden.

ERMs begränsningar bedöms ge små skillnader i de simulerade utrymningstiderna jämfört med hur mycket osäkerheterna för indataparametrarna påverkar resultatet. ERM:s begränsningar anses därför inte påverka utrymningstiden i sådan grad att resultaten blir otillförlitliga. I och med att många patienter antas bli brända ut utan madrasser samtidigt som tillgången till utrymningsvägar är god, förväntas inga i ERM osimuleringsbara flaskhalsar uppstå i trånga utrymmen som kan leda till en förlängd utrymningstid. Dock har trapphusen använts som en säker zon, personerna anses vara i säkerhet när de kommer dit. De måste i verkligheten ta sig ut genom ännu en dörr för att komma ut till det fria. Att släpa en person på en madrass samtidigt som man håller upp två dörrar kan vara både ansträngande och tidskrävande. Då de båda trapphusen befinner sig så pass nära andra utrymningsvägar ansågs det inte troligt att folk skulle gå dit och inte se de andra vägarna ut om köbildning skulle uppstå.

I ERM kommer personalen som blir lediga samtidigt som alla patienter redan har assistans att bli kvar i byggnaden tills alla patienter är utrymda. I ett verkligt utrymningsscenario kommer troligtvis denna personal komma och tillföra ytterligare assistans för de patienter som håller på att utrymma. Detta kan komma att sänka utrymningstiden, framförallt då patienter som behöver mycket assistans befinner sig i byggnaden.

I utrymningssimuleringar i ERM antas patienterna prioriteras av personalen efter hur nära branden som de befinner sig. Detta innebär att ingen hänsyn tas till den individuella förberedelsestiden som varje patient har. Detta leder till att en patient med en hög förberedelsestid och en låg prioritering kan vara avgörande för om en utrymning

blir lyckade eller ej. För en effektiv utrymning bör därför patienternas förväntade förberedelsetid också vara av betydelse när prioriteringsordningen bestäms. Såklart ska de patienter som befinner sig i direkt fara för branden eller brandgaser alltid prioriteras först.

”Det finns anledning att tro att besluts och reaktionstiden för personal inom vårdsektorn är kort. De är ofta vana vid att reagera på signaler från patienter som behöver uppmärksamhet.” (Frantzich, 2001)

Ovanstående citat kommer från Frantzich (2001). Samma bok ger samtidigt ett värde på besluts och reaktionstiden för personalen på barnakuten som uppgår till hela 180 sekunder. Detta är tiden som experter uppskattat förflyta från det att larmsystemet aktiverar till det att personalen inleder utrymningen av patienter. Den uppskattade tiden har bestämts utifrån vilken typ av larmsystem som används samt om planlösningen utgörs av en eller två parallella korridorer. Enligt Frantzichs (2001) rapport ges en beskrivning av planlösningen som experterna gått efter när de uppskattat besluts- och reaktionstiderna. Denna planlösning liknar barnsjukhusets planlösning i sådan grad att den uppskattade tiden antas vara giltig att använda i denna rapport. Även vilken typ av larmsystem som används anser experterna vara viktigt för besluts- och reaktionstiden. Här passar de två alternativen som finns att välja mellan bra in i rapporten. Detta eftersom det i dagsläget finns ett larmsystem som har möjlighet att leverera ett textmeddelande med information om vilket detektor som aktiverar. Dock fungerar inte denna funktion för tillfället, vilket innebär att besluts- och reaktionstiden uppgår till 180 sekunder istället för möjliga 90 sekunder. Alltså bedöms det ta 90 sekunder för personalen att lokalisera branden efter att larmsystemet aktiverar, följt av ytterligare 90 sekunder för personalen att inleda utrymningen. I båda fallen kan 90 sekunder tyckas vara en lång tid. Framförallt kan det tyckas konstigt att det tar hela 90 sekunder innan personalen inleder utrymningen. Dock får man tänka på att det i tiden ingår viss gångtid samt en viss förberedelsetid för patienter, dock är det oklart hur mycket. Dessutom kommer det ta en viss tid för personalen att organisera utrymningen för att den ska gå effektivt till. Vid ett scenario där en snabb effektutveckling sker samtidigt som större mängder brandgaser bildas, är det dock möjligt att besluts- och reaktionstiden sänks betydligt för personalen. Detta eftersom det då både blir lättare att lokalisera branden samtidigt som personalen agerar snabbare för att inleda utrymningen snabbt.

Vid jämförelse av simuleringarna vid nuvarande förhållanden respektive vid genomförda åtgärder, visa det sig att en extra brandcellsgräns sänkte utrymningstiderna mer än ett vad extra personal och ett korrekt installera larmsystem gjorde, se Tabell 11. Detta beror först och främst på att många patienter då redan kommer befina sig i en annan brandcell än den som är utsatt för branden, och därmed inte är i behov av att utrymma direkt. Vid branden i matrummet är det endast fem patienter som befinner sig i samma brandcell som branden och därmed behöver utrymma. Eftersom det då finns mer tillgängliga vårdare än patienter, blir det ingen skillnad i simulerad utrymningstid med sju vårdare respektive 14 vårdare. Brandcellsgränsen innebär dessutom att en extra utrymningsväg finns tillgänglig.

I Bilaga 11 presenteras simulerade utrymningstider efter ett antal åtgärder. Tre av dem, installation av extra brandcellsgräns, användning av korrekt installerat larmsystem och tillgång till extrapersonal simuleras tillsammans i ERM se Tabell 18 och Tabell 22.

Utrymningstiderna kan då minska med upp till sex och en halv minut från nu antagna rådande förhållanden på Akademiska Barnsjukhuset. Samtliga scenarier får då en utrymningstid som slutar på fyra till fyra och en halv minut. Trots att åtgärderna är effektiva och kan minska utrymningstiderna rejält, kommer fortfarande kritiska förhållanden nås innan alla hunnit utrymma. Detta innebär att ytterligare åtgärder måste vidtas för att säkerställa en god utrymningsmiljö för personal och patienter.

15.3. DETACT T2

För att komma fram till varseblivningstiden användes programmet DETACT T2 via deras mobil-app. Att använda detektionstiden är ett vanligt sätt att uppskatta varseblivningstiden på, dessutom har sjukhuset ett nyinstallerat detektionssystem vilket gör det än mer trovärdigt att de varseblir branden via detta.

För matrummet finns det en höjdskillnad mellan matrummet och angränsande korridoren där detektorn sitter. Detta ger anledning att misstänka att detektionen i DETACT T2 är kortare än i verkligheten. Då resultaten visade att kritiska förhållanden uppstod betydligt tidigare än alla utrymt ansågs de sekunderna som detta kunde påverka den totala utrymningstiden inte vara värt att undersöka närmare. Även om varseblivningstiden sänktes till noll sekunder skulle de fastlagda målen ändå inte uppnås och åtgärder skulle ändå behöva sättas in. Dock sattes åtgärden att de bör installera en detektor i matrummet, men än viktigare är ett sprinklersystem.

För linneförrådet blev detektionstiden kort, endast runt en halv minut. Det är i direkt angränsning till väntrummet och i scenariot antas dörren stå öppen, ändå anses ingen upptäcka branden. Då detektionstiden är så kort anses de sekunder som kan variera i detektion huruvida någon upptäcker branden genom att titta in i förrådet och varnar eller via detektorn åsido ses, via liknande resonemang som i matrummet.

16. Slutsats

Slutsatsen blir att det finns en risk att Akademiska barnsjukhuset i Uppsala inte når upp till det fastställda målet vid nuvarande förhållanden. Detta innebär att det kan finnas personer som inte hinner utrymma innan kritiska förhållanden nås. För att uppnå fastställt mål ges förslag på åtgärder. Dessa åtgärder delas upp i kategorierna ska och bör. Åtgärder som *ska* genomföras är

- Installera sprinklersystem
- Införa rutiner för kontroll och åtgärda eventuella brister i brandskyddet av brandskydd
- Täta genomföringar i brandcellsgränser

För att förbättra möjligheterna till en lyckad utrymning, *bör* följande åtgärder genomföras enligt fallande prioriteringsordning.

- Installera extra brandcellsgräns
- Utveckla samarbete mellan avdelningarna
- Utveckla larmsystemet
- Minska mängden lösa föremål i allmänna utrymmen
- Använda brandklassade möbler och övrig inredning
- Utföra utrymningsövningar

17. Referenser

- Alvord, D. M., 1985. *Status report on the Escape and Rescue Model and the fire emergency evacuation simulation for multifamily buildings*. U.S Department of Commerce, National Bureau of Standards, Centre for fire research, Gaithersburg, M. D. 20899, USA.
- Bengtsson, Lars-Göran, 2001. *Inomhusbrand*. Räddningsverket, Sverige
- Bengtson, Staffan, Frantzich, Håkan, Jönsson, Robert & Marberg, Per-Anders (red.) 2012. *Brandskyddshandboken: en handbok för projektering av brandskydd i byggnader*. Lunds Universitet, Sverige.
- Boverket, 2006. *Utrymningsdimensionering*. Boverket, Sverige
- BFS 2013:12, 2013. *Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd*. Boverket, Sverige.
- BFS 2013:14, 2013. *Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler (2011:6) - föreskrifter och allmänna råd*. Boverket, Sverige.
- Chow, W.K., 2012. *Concerns on estimating heat release rate of design fires in fire engineering approach*. Research Centre for Fire Engineering, Department of Building Services Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China.
- Forney, G., Peacock, R., Reneke, P., 2011. *CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6) Technical Reference Guide*. NIST, USA.
- Forney, G., Jones, W., Peacock, R., Reneke, P., 2005. *CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6) User's Guide*. NIST, USA.
- Frantzich, Håkan, 2000. *Brandskyddsvärdering av vårdavdelningar - ett riskanalysverktyg*. Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Sverige.
- Frantzich, Håkan, 2001. *Tid för utrymning vid brand*. Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Sverige.
- Golt, J., Holborn, P.G., Nolan, P.F., 2004. *An analysis of fire sizes, fire growth rates and times between events using data from fire investigations*. Explosions and Fire Research Unit, Chemical Engineering Research Centre, London South Bank University, London, UK, Fire Safety Department, London Fire Brigade, Hampton House, London, Storbritannien.
- Gustavsson, M., Hultman, P., Jansson, C., Larsson, M., 2004. *Brandteknisk riskvärdering av ortopedavdelningen på Blekingesjukhuset i Karlskrona Nr 9240*. Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Sverige.
- Holmstedt, Göran, Nilsson, Daniel, 2008. *Kompendium i Aktiva system – Detektion*. Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Sverige.
- Husted, Bjarne, 2004. *Optical smoke units and smoke potential of different products*. DIFT REPORT 2004:01, Danmark.

IDA, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2014. *MSB:s analys och statistik verktyg*. <http://ida.msb.se/ida2#page=a0109>. Hämtad 140409

Jensen, Lars, 2007. *Installationstekniska beräkningar med PFS*. Avdelningen för installationsteknik, Institutionen för bygg- och miljöteknologi, Lunds Tekniska Högskola, Sverige.

Karlsson, Björn, Quintiere, James G., 2000. *Enclosure fire dynamics*. CRC Press LLC, Florida, USA.

LancashireFire, 2012. *Front room fire. VOB*. <http://www.youtube.com/watch?v=Xyyb9Mlgbos>. Hämtad 140409.

Mulholland, G.W., Croarkin, C., 2000. *Specific Extinction Coefficient of Flame Generated Smoke*, Fire and Materials 24, s. 227-230.

Paté-Cornell, M. Elisabeth, 1996. *Uncertainties in risk analysis: Six levels of Treatment*. Department of Industrial Engineering and Engineering Management, Stanford University, Stanford, CA 94305, USA.

Svenska brandskyddsföreningen, 2011. *SBF 120:7, Regler för automatiskt vattensprinklersystem*. Sverige.

Staffansson, Leif, 2010. *Selecting design fires*. Lund: Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Sverige.

Svensson, Stefan, 2006. *Brandgasventilation*. Räddningsverket, Sverige.

Särdqvist, Stefan, 1993. Initial fires: RHR, smoke production and CO generation from single items and room fire tests. Dept. of Fire Safety Engineering, Institute of Technology

University of Lund, Sverige. Uppsala kommun, 2014. Brandstationer. <http://www.uppsala.se/sv/Kommunpolitik/Kommunens-organisation/Kontor--forvaltningar/Brandforsvaret1/Brandforsvarets-verksamhet/Raddningstjanst/>. Hämtad 140403.

I. Bilaga 1 – Krav från BBR.

Vid dimensionering av brandskydd finns vissa krav som bör/ska efterföljas. Dessa anpassas efter typ av verksamhet och byggnadsklass. Utgångspunkten är att göra en förenklad dimensionering av brandskyddet, dock är detta inte möjligt om fler än två av de uppsatta kraven ej uppfylls. Om så är fallet genomförs istället en analytisk dimensionering. Analytisk dimensionering gäller dock endast bara för nybyggnation, därför används endast dessa krav som riktlinjer vid utveckling av brandskydd. Dessutom är det värt att nämna att byggnadens brandskydd är utvecklad efter en äldre version av Boverkets Byggregler vilket kan innebära att vissa krav som nu finns inte fanns tillgängliga då. Till exempel så fanns inte byggnadsklass 0 tidigare.

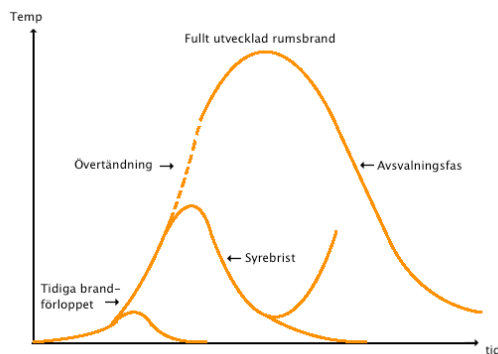
Enligt BBR, Boverkets Byggregler (2013), klassas verksamheten som 5C, byggnadsklass 0. Då en byggnad utförs i Br0 krävs att en analytisk dimensionering genomförs.

En byggnad utformad enligt verksamhetsklass 5C och Br0 ställer följande krav:

- Anordningar för tidig upptäckt av brand ska finnas.
- Det ska finnas två av varandra oberoende utrymningsvägar där personer vistas mer än tillfälligt.
- Utrymningsvägarna kan vara tillgängliga via en horisontell passage till intilliggande lokaler. Tillhör dessa lokaler en annan brandcell måste denna vara utförd i samma verksamhetsklass.
- Det maximala avståndet till närmsta utrymningsväg bör inte överstiga 30 meter.
- I lokaler där personer som har svårt att gå i trappor vistas bör spiraltrappor inte användas.
- Dörrar avsedda för utrymning ska vara utåtgående i utrymningsriktningen och de ska vara lätta att identifiera.
- Dörrar i utrymningsvägar bör vara utförda så att det är möjligt för personer att återvända efter utrymning.
- Utrymningsvägar ska vara försedda med nödbelysning. Vid strömavbrott ska denna kunna ge avsedd belysning under minst 60 minuter.
- Brandceller ska utföras så att tillfredställande skydd mot brand- och brandgasspridning uppfylls.
- Dörrar placerade i brandcell bör vara upprättade enligt EI 60 och dörrstängare.
- Luftbehandlingsinstallationer ska utformas så att alla delar som krävs för att upprätthålla skyddet klarar den temperaturökning som de kan förväntas utsättas för.
- Automatiskt släcksystem ska finnas.
- Avståndet mellan trapphus och motsvarande angreppspunkt och den mest avlägsna delen i ett utrymme bör inte överstiga 50 m för att beakta räddningspersonalens möjlighet till insats.

II. Bilaga 2 – Teori brandförlopp

Ett brandförlopp kan delas upp i ett flertal olika faser, se Figur 26.



Figur 26. Grafen visar de olika faserna för ett brandförlopp.

Brandförloppet inleds då en *antändning* sker, vilket efterföljs av en *förbrinningsfas* där bränslet värms upp. Under denna fas kan branden lätt släckas och rökdetektorer känner oftast av branden redan i detta stadi. Förbrinntiden är vanligen den svåraste fasen att uppskatta då den beror av ett flertal olika faktorer. Är förhållandena gynnsamma fortsätter branden vidare till nästa stadi, det *tidiga brandförloppet*. Denna fas kännetecknas av en markerad skiktning av röken. Under detta stadi är branden bränslekontrollerad vilket innebär att tillväxten beror av hur mycket bränsle som finns tillgängligt. Saknas tillgång av bränsle dör branden. Ska utrymning och tidig släckinsats vara möjlig måste detta ske under denna fas.

Vanligtvis upptäcks en brand under tillväxtfasen av rök- eller värmedetektorer, den kan dessutom kontrolleras av släcksystem, brandgasventilation eller räddningstjänst.

Släcks branden inte under det tidiga brandförloppet sker en *övertändning*, vilken endast kan ske om tillgången av syre är tillräcklig. Vid en övertändning brinner allt i rummet som kan brinna och den varma gasmassan har en temperatur på omkring 500-600°C, vilket innebär en strålningsnivå mot golvet på 20 kW/m². Utrymning måste vara avslutad långt innan denna fas uppnås.

Den sista fasen som sker innan branden börjar avta är den *fullt utvecklade branden*. Under denna fas sker en fullständig förbränning och temperaturer uppåt 800-900 °C är vanligt förekommande. Denna fas är intressant för byggnadens bärande förmåga och upphör antingen då det inte längre finns något som kan förbrännas, syret har tagit slut eller en lyckad släckinsats. Den sista fasen under brandförloppet är *avslutningsfasen*.

III. Bilaga 3 – Enkät angående Brandsäkerhet

Vi är fyra studenter som just nu studerar till Brandingenjör på Lunds Tekniska Högskola. I kursen Brandteknisk Riskvärdering som vi just nu läser är syftet att göra en värdering av ett objekt. Vi ska utvärdera er avdelning i vårt projekt och ber er därför besvara några frågor angående brandsäkerheten på er avdelning. Era svar kommer att hjälpa oss i vårt arbete.

Det kommer aldrig framgå vad någon enskild person har svarat. Vid eventuella frågor eller synpunkter är ni varmt välkomna att kontakta oss på:

bra11cca@student.lu.se

Med vänlig hälsning

Caroline, Josefin, Niklas och Joachim, Brandingenjörsstudenter, Lunds Tekniska Högskola

1. Hur länge har du varit anställd på denna avdelning? _____

2. Vad är dina arbetsuppgifter? _____

3. Vet du var släckutrustningen finns på avdelningen?

Nej Ja

4. Vet du hur släckutrustningen på avdelningen fungerar?

Nej Ja

5. Vet du vad du ska göra vid ett utrymningslarm?

Nej Ja

6. Har du deltagit i någon utrymningsövning? Om ja, när skedde det senast?

Nej Ja

7. Har du deltagit i någon form av brandutbildning? Om ja, när skedde det senast?

Nej Ja

8. Tycker du att det läggs tillräckligt med tid kring brandsäkerheten på avdelningen?

Nej Ja

Tack för din medverkan!

Sammanställning av enkäter

Vid objektbesöket delades ett antal enkäter ut. De som inte hann bli besvarade vid besöket skulle senare skickas till Lund, men dessa kom bort någonstans på vägen, därav lågt antal svar, se sammanställda i Tabell 13.

Tabell 13. Sammanställning av enkäter.

1 (år)	2	3	4	5	6	7	8
19	ssk	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja (2011)	Nej
8	ssk	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja (2011)	Ja
10	bssk	Ja	Ja	-	Nej	Ja (2013)	Ja
8	ssk	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja
36	sekr	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja (2012)	Ja
31	busk	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja (2012)	Ja
1	usk	Ja	Nej	Ja	Nej	Nej	Nej
1 mån	usk	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja	-
17	sekr	Ja	Ja	Ja	Ja (2013)	-	-
6	Läkare	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
7	sp.läk	Ja	Ja	Ja	Nej	-	-
10	Läkare	Ja	Ja	Ja	Ja (2013)	-	-

usk = undersköterska

busk = barnundersköterska

ssk = sjuksköterska

bssk = barnsjuksköterska

sekr = sekreterare

sp.läk = specialistläkare

1. Hur länge har du varit anställd på denna avdelning?
2. Vad är dina arbetsuppgifter?
3. Vet du var släckutrustningen finns på avdelningen?
4. Vet du hur släckutrustningen på avdelningen fungerar?
5. Vet du vad du ska göra vid ett utrymningslarm
6. Har du deltagit i någon utrymningsövning? Om ja, när skedde det senast?
7. Har du deltagit i någon form av brandutbildning? Om ja, när skedde det senast?
8. Tycker du att det läggs tillräckligt med tid kring brandsäkerheten på avdelningen?

IV. Bilaga 4 – Ekvationer för scenarierna

Nedan anges de ekvationer vilka används vid arbetsprocessen med att ta fram effektkurvorna för de tre värsta troliga scenarierna.

Effekt vid övertändning

Effektutvecklingen som krävs för övertändning beräknas enligt ekvation 1. Ekvationen ska användas med försiktighet vid fler än en öppning (Staffansson, 2010).

$$\dot{Q}_{fo} = 7.8A_t + 378A_0\sqrt{H_0} \quad \text{Ekvation 1}$$

\dot{Q}_{fo}	Effekt vid övertändning [kW]
A_t	Total area av hela rummets ytor, inklusive öppningar [m ²]
A_0	Öppningarnas area [m ²]
H_0	Öppningarnas höjd [m]

Strålning

För att beräkna om föremål som är placerade i närheten av branden kommer att antändas används ekvation 2 (Staffansson, 2010).

$$\dot{Q} = \frac{\dot{q}_r'' 4\pi R^2}{X_r} \quad \text{Ekvation 2}$$

\dot{Q}_r	Strålning från brand [kW]
\dot{q}_r''	Infallande strålning vid ytan på föremål nr 2 [kW/m ²]
R	Avstånd från centrum av flamman till ytan på föremål nr 2 [m]
X_r	Strålningsandel från brand [-]

Maximal Brandeffekt

För att beräkna fram den maximala brandeffekt som kan uppnås används ekvation 3. Ekvation antar att varje kilogram syre som används vid förbränning producerar cirka 13,1 MJ energi och att andelen syre i luft vara 23 %. Dessutom antas all syre som kommer in i rummet förbrännas fullständigt, vilket inte är troligt i ett verkligt fall (Staffansson, 2010).

$$\dot{Q}_v = 1500 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} \quad \text{Ekvation 3}$$

\dot{Q}_v	Brandeffekt [kW]
A_0	Arean för ventilationsöppningarna [m ²]
H_0	Höjden för ventilationsöppningarna [m].

Brandeffekt

För att beräkna brandeffekt för given tid och tillväxthastighet används ekvation 4 (Karlsson och Quintiere, 2000).

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2 \quad \text{Ekvation 4}$$

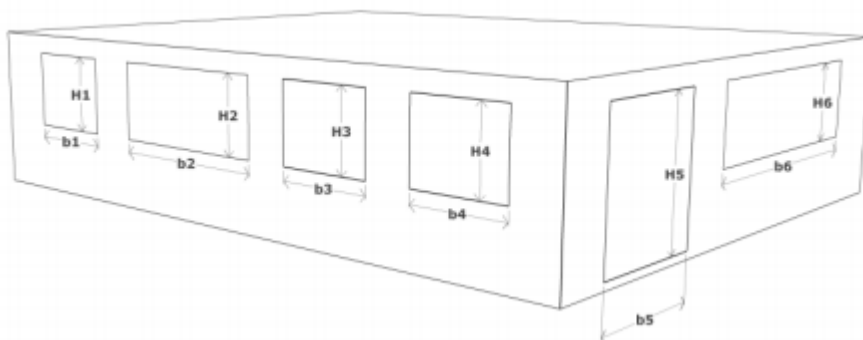
\dot{Q}	Effekt [kW]
α	Tillväxthastighet [kW/s ²]
t	Tid [s]

Öppningar

För rum med fler än en öppning ska nedanstående ekvationer, 25 och 26, användas för att beräkna den maximala brandeffekten och effektutvecklingen som krävs för övertändning, se även Figur 27 (Staffansson, 2010).

$$A_0 = A_1 + A_2 \dots + A_n = b_1 H_1 + b_2 H_2 \dots + b_n H_n \quad \text{Ekvation 5}$$

$$H_0 = \frac{(A_1 H_1 + A_2 H_2 + \dots + A_n H_n)}{A_0} \quad \text{Ekvation 6}$$



Figur 27. Skiss över hur öppningar ska beräknas (Staffansson, 2010).

V. Bilaga 5 – Antaganden

Nedan anges de antaganden som används för de tre värsta troliga scenarierna, både vid resonemang och vid beräkningar.

- Andelen syre i luft ansätts till 23 massprocent för normalfallet. Då denna andel minskat till 10 massprocent antas branden självslockna på grund av syrebrist (Staffansson, 2010).
- Luftens densitet ansätts till $1,2 \text{ kg/m}^3$ vid 20°C och antas vara konstant under hela brandförloppet (Staffansson, 2010).
- Syrets densitet ansätts till $1,32 \text{ kg/m}^3$ vid 20°C och antas vara konstant under hela brandförloppet (Staffansson, 2010).
- De flesta tester som data tas ifrån för att beräkna α -värdet är gjorda som free-burning tester. Detta måste beaktas både vid beräkning av effektkurvor och vid användning av CFAST, då föremålen i scenarierna är placerade i rum.
- CFAST används endast fram till övertändning, eftersom kritiska förhållanden antas uppstå innan branden når övertändning.
- Varje kilogram syre som används vid förbränning antas producera 13,1 MJ energi. (Staffansson, 2010).
- Alla rum på barnakuten antas vara stängda om inget annat anges.
- Alla bränder antas vara anlagda. Detta antagande baseras på statistik från tidigare bränder (IDA, 2014). Denna statistik representerar flera olika inriktningar inom vården, där risken för anlagd brand kan variera inom olika vårdområden. För en obehörig är det lätt att ta sig in på barnsjukhuset, vilket styrker antagandet om anlagd brand. Anlagd brand anses dessutom kunna leda till det värsta troliga scenariet, då det ger ett snabbt brandförlopp.

VI. Bilaga 6 – Scenario 1, Brand i matrum

Nedan redovisas resonemang och beräkningar för Scenario 1.

En första kontrollberäkning görs för att få en uppskattning om en övertändning skulle vara möjlig i utrymmet, vilket görs med hjälp av ekvation 1. Ekvationen ska användas med försiktighet vid fler än en öppning och då flera möbler står intill väggarna (inblandning av luft tenderar att begränsas för bränder som sker i hörn eller vid väggar). Vid denna beräkning tas ingen hänsyn till den spjälade ventilationsöppningen mot korridoren. Se beräkningsgång nedan. Resultatet visar att övertändning sker då effektutvecklingen överstiger 5 MW. Om brandbelastningen når detta värde kommer effektkurvan omedelbart nå sin maxeffekt som styrs av mängden bränsle eller lufttillförseln.

Soffan som finns i matrummet är en hörnsoffa med totalt cirka 7 sittplatser. Då det inte finns några direkta testdata för den, används istället data från Karlsson och Quintierre (2000). Här anges att "Furniture with untreated or lightly treated foam plastic padding and nylon or other melting fabric" har tillväxthastigheten fast, 0,047 och brinner med effekten 2500 kW/m². Soffans area beräknas och därefter beräknas soffans maxeffekt med hjälp av ekvation enligt nedan:

$$A = 0.9 \cdot 2.4 \cdot 2 = 4.32 \text{ m}^2 \rightarrow \dot{Q}_{max} = 4.32 \cdot 2500 \approx 10.8 \text{ MW.}$$

För att beräkna om bokhyllan antänds används ekvation 2. Då bokhyllan befinner sig cirka en halv meter från flammans centrum krävs en strålning på 105 kW. För att beräkna tiden till denna effektutveckling uppnås används ekvation 4. Beräkningsgången följer senare i denna Bilaga.

Soffans α -värde ansätts som tidigare nämnts till 0.047 vilket resulterar i att brandspridning till bokhyllan sker efter ungefär 45 sekunder. Enligt försök genomförda på bokhyllor med måtten 0.64, 0.38 och 1.22 meter i bredd, djup respektive höjd är maxeffekten 1000 kW efter ungefär 400 sekunder, se Figur 30 (Staffansson, 2010). Detta ger ett α -värde på 0.00657 enligt ekvation 4.

Städvagnen antas kunna befinna sig på samma avstånd som bokhyllan, vilket leder till att branden även kan spridas till städvagnen, vilket beräknas ske efter 45 sekunder enligt samma princip. Städvagnen kan därefter sprida branden vidare till leksaker och bokhylla nr två som är fylld med ännu fler leksaker. Detta kan förväntas ske om effekten för städvagnen överstiger 105 kW. Enligt försök gjorda av Babrauskas (Karlsson, Quintierre, 2000) brinner soppåsar som väger 4.1 kg med en effekt på 350 kW, vilket skulle kunna resultera i att sopvagnen för branden vidare. Ekvation 2 och 1,5 meters avstånd till flaman resulterar i en minsta effekt på 10 kW för antändning av leksaker och bokhylla nr 2 ska kunna ske, vilket beräknas inträffa efter ytterligare 45 sekunder. Bokhylla nr 2 är större och det finns gosedjur och annat som antagligen kommer öka effektutvecklingens tillväxthastighet. Därför ansätts denna istället till garderoben i test Y3.1/11 (Särdqvist, 1993). Den når en maxeffekt på 3000 kW efter ungefär 120 sekunder, vilket resulterar i ett α -värde på 0.208.

Tabell 14. Tillväxthastighet och maxeffekt för de föremål som antas medverka vid brand i matrumet.

	Tillväxthastighet [kW/s ²]	Maxeffekt [kW]
Soffa	0,047	10800
Bokhylla 1	0,00657	1000
Städvagn	0,0243	350
Bokhylla 2	0,208	3000

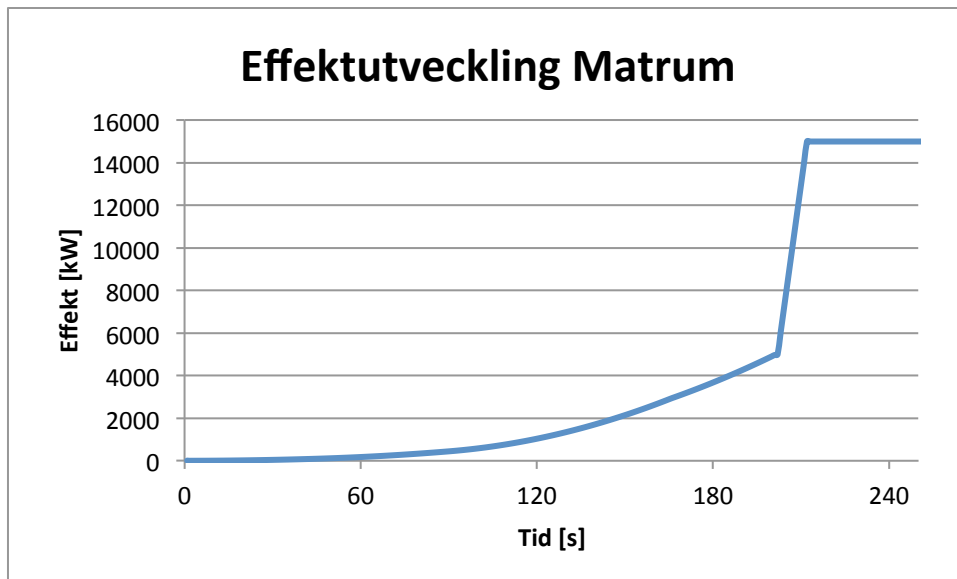
I Tabell 15 nedan redovisas hur effekten i rummet utvecklas från att branden startar i soffan tills dess att den andra bokhyllan brinner med sin maxeffekt. Möblerna i tabellen är de föremål som anses bidra till effektutvecklingen.

Tabell 15. Sammanställning av effektutveckling för matrummet.

Tid [s]	Soffa [kW]	Bokhylla 1 [kW]	Städvagn [kW]	Bokhylla 2 [kW]	Total Effekt [kW]
1	0,047	0	0	0	0,047
20	19	0	0	0	19
40	75	0	0	0	75
60	170	1,5	5,4	0	176,9
80	300	8	29	0	337
100	470	20	73	20	583
120	680	37	140	190	1047
140	920	59	220	520	1719
160	1200	87	320	1000	2607
180	1500	120	350	1600	3570
200	1900	160	350	2500	4910
220	2300	200	350	3000	5850

Enligt ovan kan övertändning förväntas ske då effekten överstiger 5 MW, vilket enligt tabellen ovan sker efter ungefär tre minuter. Detta antas ske även om sopvagnen nått sin maxeffekt och möjligtvis börjat avta vid denna tidpunkt. Tester utförda på rumsbränder för att se hur snabbt en brand sprider sig stödjer resultatet att tre minuter är en möjlig tid till övertändning i ett liknande utrymme (LancashireFire, 2012).

Effektutvecklingens maxeffekt avgörs beroende på lufttillförsel eller tillgängligt bränsle. Är branden ventilationskontrollerad beräknas effekten enligt ekvation 3, vilket resulterar i en maxeffekt på ungefär 17 MW, beräkningsgång följer senare i denna Bilaga. Om allt i Tabell 14 ovan brinner med sin maxeffekt samtidigt blir $\dot{Q}_{bränsle}$ ungefär 15 MW, vilket leder till att branden blir bränslekontrollerad. Alla föremål kommer antagligen inte brinna med full effekt samtidigt men eftersom övertändning sker efter redan tre minuter anses den avtagande effekten från till exempel städvagnen vara så liten att den bortses från. Resultatet av effektutvecklingen ses i Figur 28.



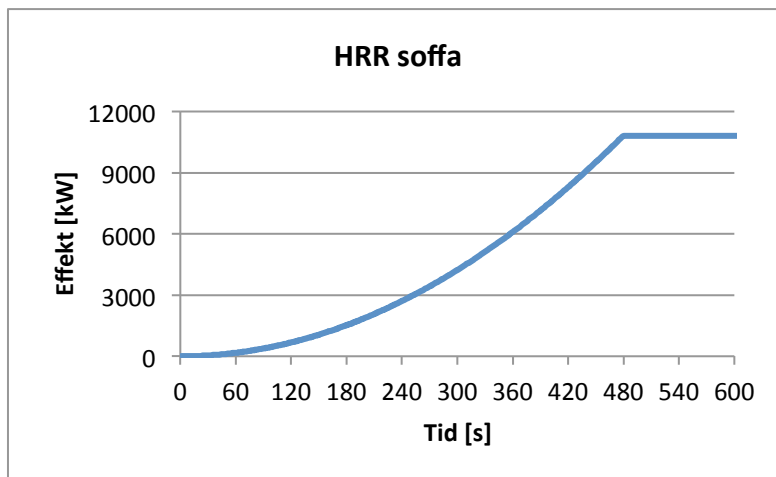
Figur 28. Effektutvecklingskurva för matrummet.

Eftersom effektutvecklingen är den parameter som påverkar resultatet mest enligt den initiala känslighetsanalysen är det viktigt att den är riktig. Detta är ett stort problem då det är en parameter som är svår att mäta (Chow, 2012).

Effektutvecklingen blir väldigt hög, men flera rapporter hänvisar till att om det finns flera testdata ska de i den högre regionen väljas, detta nämns bland annat av Staffansson (2012). CFAST används endast fram till övertändning då det anses vara kritiska förhållanden efter detta, alltså är effektkurvan intressant fram tills övertändning sker.

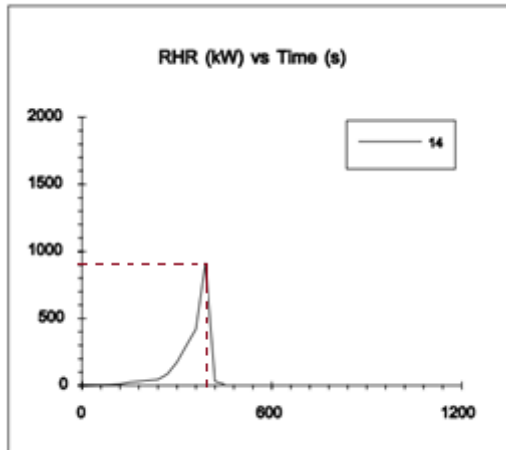
Effektkurvor

Effektkurva för soffa, från data enligt Karlsson och Quintierre (2000).



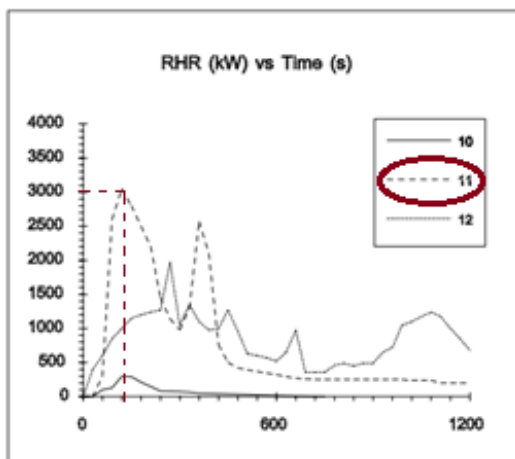
Figur 29. Effektutvecklingskurva för soffan i matrummet.

Effektkurva bokhylla 1, anses likna test Y3.3/14 (Särdqvist, 1993). För att beräkna fram en tillväxthastighet för detta experiment tas maxeffekt och tid till maxeffekt ur nedanstående graf, Figur 30.



Figur 30. Graf som används vid framtagning av maxeffekt för bokhylla 1.

Effektkurva bokhylla 2, anses likna test Y3.1/11 (Särdqvist, 1993). För att beräkna fram en tillväxthastighet för detta experiment tas maxeffekt och tid till maxeffekt ur nedanstående graf, Figur 31.



Figur 31. Graf som används vid framtagning av maxeffekt för bokhylla 2.

Beräkningar

Nedan följer beräkningar för scenario 1.

Effekt för övertändning

Rummets öppning ut till korridoren är ungefär 2.5 · 2.1 m bred respektive hög. Fönstren i rummet antas gå sönder vid övertändning, de sätts samman som en stor öppning på 1 · 3 m².

Vid flera öppningar beräknas A_0 och H_0 enligt Ekvation 5 och 6 nedan:

$$A_t = (2.7 \cdot 4.5 \cdot 2) + (2.7 \cdot 3.3 \cdot 2) + (3.3 \cdot 4.5 \cdot 2) = 71.82 \text{ m}^2$$

$$A_0 = (2.5 \cdot 2.1) + (1 \cdot 3) = 8.25 \text{ m}^2$$

$$H_0 = \frac{5.25 \cdot 2.5 + 3 \cdot 1}{8.25} = 1.95 \text{ m}$$

$$\dot{Q}_{fo} = 7.8 \cdot 71.82 + 378 \cdot 8.25 \sqrt{1.95} = 4920 \approx 5 \text{ MW}$$

Begränsningar: Giltighet avtar vid flera öppningar och om för mycket material står nära väggar. Det gör alla möbler i vårt scenario, vilket måste beaktas.

Spridning av brand

Spridning av brand beräknas enligt Ekvation 2 nedan:

Enligt Staffansson (2010) kan ett värde på infallande strålning som krävs för antändning, då det finns pilotlåga, anges till 10 kW då ett värde saknas. För strålningsandelen finns ett värde på 0.3 som kan anges då inget bättre går att tillgå. Nuvarande brandbelastning kan komma att ändras, likaså material och möbler, alltså väljs dessa konservativa värden. Flammans centrum anses befinna sig en halvmeter ifrån bokhyllan och sopvagnen.

$$\frac{10 \cdot 4\pi \cdot 0.5^2}{0.3} = 105 \text{ kW}$$

Detta värde används därefter i Ekvation 4 nedan:

$$t = \sqrt{\frac{\dot{Q}}{\alpha}}$$

$$\sqrt{\frac{105}{0.047}} = 47 \text{ s} \approx 45 \text{ sekunder}$$

Rättelse

I dessa bräkningar har ett fel hittats som påverkar den beräknade tiden till övertändning. Felet återfinns vid beräkningen av effekt för övertändning, där även öppningen ut mot korridoren används. Egentligen ska endast öppningar ut mot det fria vara med, vilket skulle resultera i en effekt på ungefär 3 MW. Kritiska förhållanden uppstår dock tidigare och de föreslagna åtgärderna är fortfarande giltiga, varför ingen ny beräkning redovisas.

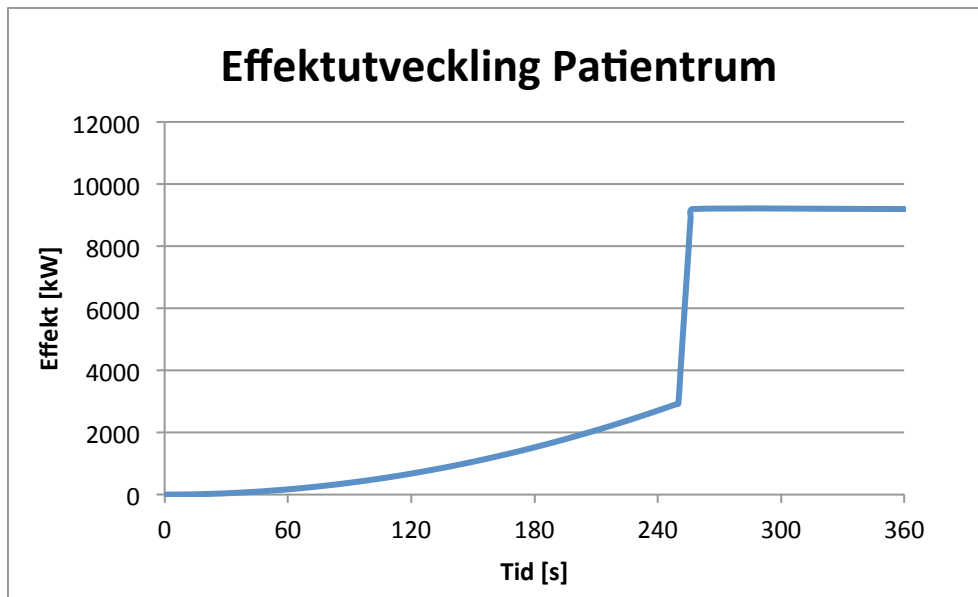
VII. Bilaga 7 – Scenario 2, Brand i patientrum

Nedan redovisas resonemang och beräkningar för Scenario 2. I Tabell 16 nedan följer resultaten från experiment, standarder och tabellerade värden. Uträkningarna för de olika fallen kan ses under rubriken Resonemang kring effektkurva.

Tabell 16. Resultat från experiment, standarder och tabellerade värden för framtagning av tillväxthastighet och brandeffekt för patientrummet.

Källa	Brandeffekt [MW]	Tillväxthastighet [kW/s ²]	Beskrivning
BBR-AD	5	0,047 (Fast)	Sjukhus (rum)
Initial Fires	2	0,00217 (Slow)	2 madrasser
"	1,65	0,018 (Med-Fast)	Sovrum
Selecting design fires	3,7	-	Sjukhus (rum)
Beräkning	9,2	-	Maximal brandeffekt
"	2,9	-	Brandeffekt vid övertändning

Då den initiala känslighetsanalysen tidigare har visat att brandeffekten är den faktor som kommer att påverka utfallet mest sker resonemanget främst kring val av brandeffekt. Resultaten från de olika informationskällorna visar att den maximala brandeffekten kan variera kraftigt beroende på val av metod för att beräkna denna. Den högsta brandeffekten beräknades till 9,2 MW. Detta värde är framtaget utan att ta hänsyn till mängden bränsle i rummet. Värdet ligger dessutom mycket högre jämfört med de övriga värdena. Därför anses detta värde inte vara rimligt för det valda scenariot. Värdet då övertändning kan förväntas ske är 2,9 MW. Detta värde anses rimligt att använda eftersom utrymning inte kan förväntas ske då övertändning har inträffat. Dessutom ligger detta värde i närheten av de resterande brandeffekterna i tabellen. Gällande tillväxthastighet antas denna vara 0,047 kW/s² då detta värde används som standard för ett sjukhusrum. De valda värdena resulterar i att övertändning kommer att ske efter ungefär 4 minuter. Effektkurvan för patientrummet kan ses i nedanstående Figur 32.



Figur 32. Effektutvecklingskurva för patientrum.

Enligt beräkningar utförda kommer syrenivån i rummet understiga 10 massprocent efter ungefär 3 minuter (för beräkningsgång se nedan). För att branden inte ska kvävas innan övertändning krävs att dörren in till rummet är öppen eller att den öppnas innan syrenivån understiger 10 massprocent.

Resonemang kring effektkurva

Nedan följer resonemang kring olika experiment, undersökningar och tabellerade värden.

Brandskyddshandboken (Bengtson et al. 2012).

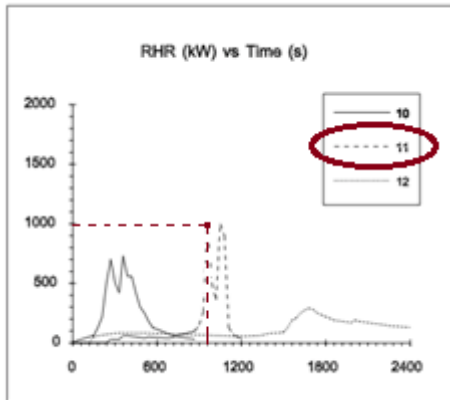
Tabellen visar variabel brandbelastning redovisat per kvadratmeter golvarea.

BBR-AD (BFS 2013:12).

Värdet gäller endast för bränder under det tidiga brandförloppet i en vårdlokal. Detta värde kan användas om välventilerad förbränning förväntas ske.

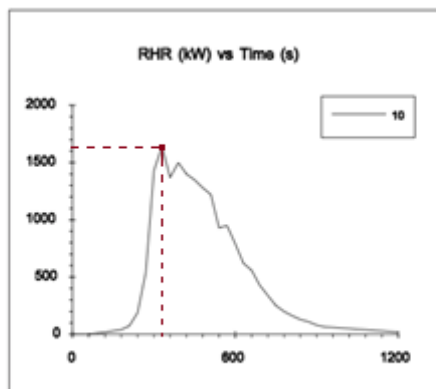
Initial fires

Två olika experiment används från Särdaqvist (1993), Y6/11 *improved hospital bed* och Y0/10 *bedroom*. I experimentet *improved hospital bed* används en madrass med Polyuretan, 35 kg/m³ och 0,10 m med polymeryta. Denna madrass är en 2A enligt brandklassning. För att beräkna fram en tillväxthastighet för detta experiment tas maxeffekt och tid till maxeffekt ur nedanstående graf, Figur 33. Graf som används vid framtagning av maxeffekt för sjukhussängen.. Därefter används Ekvation 4 för att beräkna fram α -värdet. Detta experiment avser endast en madrass, då det i vårt rum finns två stycken dubblas maxeffekten vilket resulterar i en snabbare tillväxthastighet.



Figur 33. Graf som används vid framtagning av maxeffekt för sjukhussängen.

I experimentet *Sovrum* (Särdqvist, 1993) används ett helt rum med två stycken våningssängar, där varje säng har måtten 0,8·2,0·0,12 meter. I varje säng finns en madrass med en kärna av polyuretan, ett täcke och en kudde. Totalt finns sex stycken madrasser i rummet. För att beräkna fram en tillväxthastighet används samma metod som för experimentet med madrassen ovan.



Figur 34. Graf som används vid framtagning av maxeffekt för ett standardsovrum.

Selecting design fires

Tabell 16 anger exempel på föreslagna brandeffekter per ytenhet för bränslekontrollerade bränder, beroende på typ av verksamhet. Värdet för Sjukhusrummet väljs då detta antas kunna representera isoleringsrummet. Rummets volym (37 m³) används för att beräkna fram den totala brandeffekten (Staffansson, 2010).

Beräkningar

Nedan följer beräkningar för scenario 2.

Syretillgång i isoleringsrummet

Andelen syre i luft vid starttillfället ansätts till 23 massprocent, då denna andel minskat till 10 % antas branden självslockna på grund av syrebrist. Nedan följer beräkningar gjorda för att beräkna tiden tills detta uppnås.

Isoleringsrummets volym är 37 m³ och luftens massa i rummet beräknas enligt nedan:

$$m_{luft} = \rho \cdot V = 1,2 \cdot 37 = 44,4 \text{ kg}$$

Antagandet om att branden dör ut då endast 10 massprocent syre finns i rummet resulterar i följande massa kvarvarande syre vid tillfället.

$$1,32 \text{ kg/m}^3 \cdot 37 \text{ m}^3 \cdot 0,1 = 4,88 \text{ kg}$$

Massan syre som förbränns beräknas enligt följande:

$$(44,4 \text{ kg} \cdot 0,23) - 4,88 \text{ kg} = 5,33 \text{ kg}$$

För varje kg syre som förbränns utvecklas 13 MJ. Den totala energimängden som frigörs vid en brand i isoleringsrummet beräknas därför till 69,29 MJ.

För att beräkna fram den tid det tar till denna nivå uppnås integreras den beräknade effektkurvan för scenariot enligt följande:

$$Q = \int_0^t \alpha t^2 dt = \alpha \left[\frac{t^3}{3} \right]_0^t = \frac{\alpha t^3}{3} \rightarrow \frac{0,047 t^3}{3} = 69,29 \text{ MJ} \rightarrow 164 \text{ s} \approx 2,74 \text{ min}$$

I Tabell 17 nedan redovisas öppningarnas dimensioner.

Tabell 17. Öppningarnas dimensioner i patientrummet.

	Höjd [m]	Bredd [m]
Dörr	2,0	1,2
Fönster 1	1,30	1,2
Fönster 2	1,0	0,9

H_0 och A_0 beräknas enligt Ekvation 5 och 6, Bilaga 4:

$$A_0 = 1,2 \cdot 2,0 + 1,2 \cdot 1,30 + 0,9 \cdot 1,0 = 4,86 \text{ m}^2$$

$$H_0 = \frac{(2,4 \cdot 2 + 1,56 \cdot 1,30 + 0,9 \cdot 1,0)}{4,86} = 1,59 \text{ m}$$

Maximal Brandeffekt

För att beräkna fram den maximala brandeffekt som kan uppnås i isoleringsrummet används Ekvation 3. Ekvation antar att varje kilogram syre som används vid förbränning producerar cirka 13,1 MJ energi och att andelen syre i luft vara 23 %. Dessutom antas all syre som kommer in i rummet förbrännas fullständigt, vilket inte är troligt i ett verkligt fall.

$$\dot{Q}_v = 1500 \cdot 4,86 \cdot \sqrt{1,59} = 9192,34 \text{ kW} \approx 9,2 \text{ MW}$$

Effekt för övertändning

För att beräkna vilken brandeffekt som krävs för att övertändning ska ske används Ekvation 1. Där A_t är den totala arean av hela rummets ytor, inklusive öppningar.

$$A_t = 2(4,5 \cdot 3,3 + 4,5 \cdot 2,5 + 3,3 \cdot 2,5) = 68,7 \text{ m}^2$$

$$\dot{Q}_{fo} = 7,8 \cdot 68,7 + 378 \cdot 4,86 \cdot \sqrt{1,59} = 2852,3 \text{ kW} \approx 2,9 \text{ MW}$$

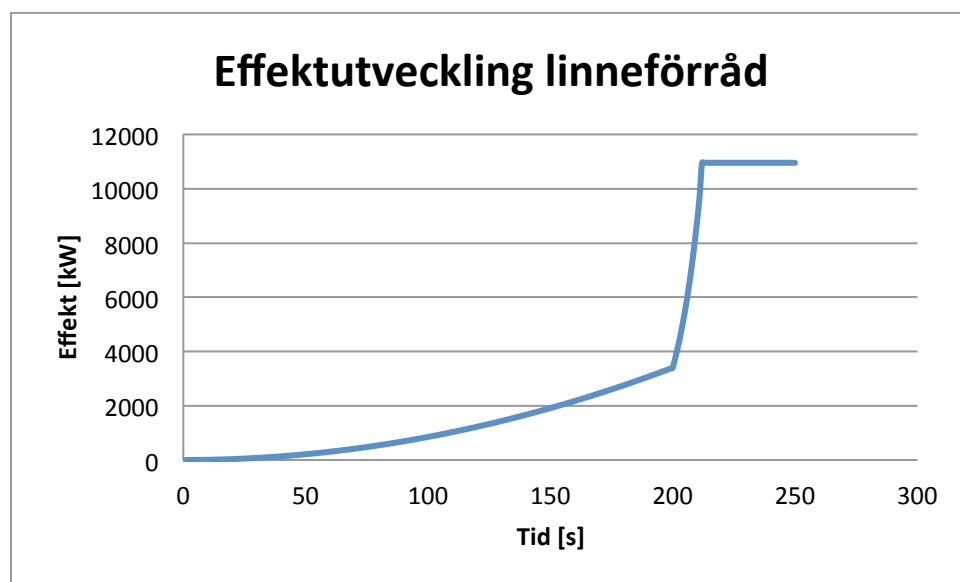
VIII. Bilaga 8 – Scenario 3, Brand i linneförråd

Nedan redovisas resonemang och beräkningar för Scenario 3.

Holborn et al (2004) redovisar analyserad data från trettio anlagda bränder i engelska hem där antingen en brännbar vätska eller gas använts för antändning, denna rapport används för att uppskatta ett α -värde. Rapporten visar att 95:e percentilen för en lognormalfördelning över tillväxthastigheten för bränderna var $0,085 \text{ kW/s}^2$ (Golt, Holborn och Nolan, 2004). Värdet $0,085 \text{ kW/s}^2$ kan således anses högt men ej otroligt värde för en anlagd brand där en brännbar vätska använts vid antändning.

Ett vanligt antagande för små rum är att övertändning sker när temperaturen i brandgaslagret når 600 °C (Staffanson, 2010). För att undersöka vid vilken tidpunkt detta uppnås simulerades en brand i linneförrådet i CFAST som fick växa fritt enligt uppskattad tillväxthastighet $0,085 \text{ kW/s}^2$. Resultatet från simuleringen visade att övertändning kan förväntas ske redan efter ungefär 3 minuter (200 s) in i brandförloppet, vilket motsvarar en brandeffekt på $3,4 \text{ MW}$, se beräkning nedan.

För att kunna bestämma vilken maxeffekt branden kan förväntas uppnå används Ekvation 3 där öppningsfaktorn bestäms av Ekvation 5 och 6. Ekvation 1 förutsätter fullständig förbränning vilket är osannolikt i en verklig brand (Staffanson, 2010). Formeln ger dock en fingervisning om den effekt som uppnås kort efter 3 minuter då en övertändning karakteriseras av en mycket snabb ökning av brandeffekten (Bengtsson, 2001). Insättning av värdena för öppningarna till brandrummet ger således en maxeffekt i storleksordningen 10 MW , se beräkningar nedan. Ytterligare analys av brandscenariot anses överflödigt då utrymning inte anses kunna ske på ett säkert sätt efter övertändning. Effektkurvan för brandscenariot i det omplacerade linneförrådet blir således:



Figur 35. Effektutvecklingskurva för linneförrådet.

Då dörrarna in till linneförrådet antas vara öppna under hela brandförloppet förväntas branden vara bränslekontrollerad. Därför genomförs inga beräkningar angående syremängd.

Beräkningar

Nedan följer beräkningar för scenario 3.

Maximala brandeffekten

För att beräkna den maximala brandeffekten för scenariot använda Ekvation 3, 5 och 6. Beräkningsgången kan utläsas nedan. De båda dörrarnas dimensioner är cirka 1,2 meter breda och 2,0 meter höga.

$$A_0 = 1,2 \cdot 2,0 + 1,2 \cdot 2,0 = 4,8$$

$$H_0 = \frac{(2,4 \cdot 2,0 + 2,4 \cdot 2,0)}{4,8} = 2$$

$$\dot{Q}_v = 1500 \cdot 4,8 \cdot \sqrt{2} = 10182 \text{ kW} \approx 10 \text{ MW}$$

För att beräkna vilken effekt som krävs för övertändning används Ekvation 1.

$$\dot{Q} = 0,085 \cdot 200^2 = 3400 \text{ kW} \approx 3,4 \text{ MW}$$

IX. Bilaga 9 – Teori utrymning

I denna Bilaga beskrivs utrymningsmodellen som används vid framtagning av den totala utrymningstiden. Dessutom beskrivs ERM (Escape and Rescue Model), vilket är det program som används för att simulera utrymning.

Utrymningsmodell

Nedan följer en beskrivning av de tre parametrar vilka påverka den totala tid det tar att utrymma.

Varseblivning

Varseblivningstiden är tiden som det tar från att branden startar till dess att man inser att det brinner (Boverket, 2006). I följande jämförelser används detektionstiden som varseblivningstid, detta enligt Boverkets (2006). Detektionstiden kan justeras beroende på scenario. Tar det längre tid för detektorn att aktivera än vad det tar att uppnå kritiska förhållanden förkortas varseblivningstiden, då det anses orimligt att branden inte uppmärksammas fastän kritiska förhållanden råder.

Förberedelsetid

Förberedelsetiden innebär tiden som förflyter från det att man förstår att det brinner, till dess att man börjar utrymma. Denna påverkas av handlingar som till exempel att hjälpa andra utrymma, försöka släcka branden eller lyssna på utrymningslarm med talat meddelande. För lokaler där personer kan sova eller på andra sätt ha en förväntad längre tid innan de reagerar, måste längre reaktionstider antas (Boverket, 2006).

Förflyttning

Förflyttningstiden är tiden det tar för personer att lämna lokalen. Den styrs av flera faktorer, bland annat gånghastighet, lokalkännedom och persontäthet i lokalen (Boverket, 2006). Det finns flera beräkningsmodeller och program, i denna rapport används datorprogrammet ERM som är speciellt anpassat för sjukhus och vårdhem.

ERM

Samtlig information hämtad från Alvord (1985). ERM är ett simuleringsprogram från 1985 som används än idag i sin ursprungliga utformning. Programmet är anpassat för att simulera scenarier där personer är beroende av assistans för att kunna utrymma, vilket gör programmet lämpligt att använda för vårdanläggningar. Resultatet presenteras i en textfil, där bland annat total tid för utrymning samt vald utrymningsväg för personal och patienter kan utläsas. Tiden för utrymning avser tiden från det att brandlarmet utlöser till dess att alla patienter och vårdare utrymt.

I ERM byggs ett nätverk av noder upp. Varje nod innebär en fast punkt i lokalen där en eller flera personer kan befinna sig. Programmet klarar av att hantera upp till 125 noder. Noderna ges bestämda koordinater i tre dimensioner och de noder som personer ska kunna förflytta sig mellan sammankopplas. Därigenom byggs ett nätverk upp som representerar korridorer, trappor och rum i lokalen samt de möjliga vägarna som finns för att utrymma. De noder som ska representera säkra område utomhus eller i annan brandcell ges beteckningen SAFE. I simuleringen väljer personerna att utrymma via de noder som ger kortast avståndet till en SAFE-zon. Om trappor finns i lokalen ges de beteckningen STR och blir då noder där patienter kan vara i behov av extra assistans från vårdare för att kunna förflytta sig vidare.

I ERM finns två typer av personer, vårdare och patienter. Vårdarna kommer att hjälpa patienterna att ta sig till SAFE-zoner och utrymmer inte själva fören alla patienterna är i säkerhet. Varje vårdare tilldelas en startnod samt en individuell förberedelsetid som de tar på sig från det att simuleringen startat tills de börjar förflytta sig mot den patient de ska assistera. Dessutom ges alla vårdare en gemensam tid som förflyter mellan varje patient som de hjälpt. Programmet klarar maximalt av att hantera 15 vårdare.

I ERM finns 15 olika patienttyper att välja mellan. Det som skiljer patienttyperna åt är behovet av assistans för att kunna utrymma samt gånghastigheten. Allt från patienter som kan ta sig ut helt på egen hand till patienter som behöver assistans av två vårdare under hela utrymningen finns att tillgå. Förutom patienttyp ges varje patient en startnod, ett prioriteringsnummer som anger i vilket ordning patienten ska få assistans av vårdare samt en förberedelsetid som patienten behöver för att påbörja utrymning. Dessutom bestäms huruvida en patient som utrymt till SAFE-zonen är benägen att vandra tillbaka om inte en vårdare stannar kvar och vaktar. Programmet klarar maximalt av att hantera 75 patienter.

ERM saknar några viktiga funktioner som önskas finnas tillgängliga vid utrymningssimuleringar. Programmet tar endast hänsyn till avståndet mellan noder, så betydelsen av till exempel dörröppningars och korridorers bredd saknas. Detta leder bland annat till att de flaskhalsar som riskerar att uppstå vid ofta använda utrymningvägar inte leder till en längre utrymningstid i simuleringen. ERM saknar också funktionen att kunna blockera noder samt ändra patienter och vårdares egenskaper under tiden som utrymningen pågår. Detta innebär att patienter och vårdare utan problem kan förflytta sig mellan noder där kritiska förhållanden hunnit uppstå. Deras egenskaper kommer inte heller förändras trots att de utsätts för fysisk påfrestning och eventuellt brandgaser.

X. Bilaga 10 – Beräkningsteori CFAST

För att få värden på sikt och toxicitet används markören som tidigare nämnt. I analysen används de dimensionerande värdena för sot-, CO- och CO₂-produktion (0,1 kg per kg pyrolyserat bränsle för sot och CO samt 2,5 för CO₂) (BFS 2013:12, 2013). Orsaken till varför dessa värden vill användas i analysen är att motsvarande verkliga data för brandscenarioerna är mycket osäkra då kännedom om bränslena är mycket knapphändiga. Således anses dimensionerande värden vara lämpliga istället.

Problemet i CFAST är dock att sot-, CO- och CO₂-produktion inte anges på detta sätt utan räknas ut internt utifrån andra indata. Försök har gjorts att förstå de underliggande modellerna för att komma runt problemet med detta ansågs i slutändan inte gångbart. För att belysa problemet kan nämnas att om man sänker förbränningsvärmen i programmet och på så sätt ökar massavbrinningen (och därmed produktionen av gaser och sot) redovisar programmet bättre siktförhållanden än med högre förbränningsvärme, tvärtom från vad man logiskt kan tänkas tro.

Markören sätts till 0,0001 kg per kg pyrolyserat bränsle så att den inte nämnvärt påverkar massbalansen. Högre värden kan eventuellt användas men gjorde programmet ostabilt, vilket är ett känt problem (Forney, Peacock och Reneke, 2011). Det är dock inga problem att använda ett lågt värden då det bara att skala upp det till önskat värde. Detta eftersom beräkningar som utförs i CFAST bygger på antagandet om en väl omblandad gasvolym som transporteras mellan rum (Forney, Peacock och Reneke, 2011).

För att bestämma sikten i det övre lagret användes ett empiriskt samband framtaget av Mulholland och Croarkin där sotdensiteten (kg/m³) multipliceras med konstanten 3817 (m²/kg) för att erhålla optisk densitet per meter (Mulholland och Croarkin, 2000). Värdet som erhålls har den naturliga logaritmen som bas, se exempelvis Hustedes rapport för mer information om vad detta innebär (Husted, 2004). Formeln för att ta fram den optiska densiteten utifrån markören blir således:

$$D_L = \frac{m_{\text{markör}} \cdot 1000}{V} \cdot 3817$$

D_L	Optisk densitet per meter [m ⁻¹]
$m_{\text{markör}}$	Massa markör i det övre lagret [kg]
V	Övre lagrets volym [m ³]
1000	Skalfaktor för att få produktionen 0,1 [-]
3817	Konstant [m ² /kg]

På ett likande sätt tas andelen CO och CO₂ fram med hjälp av allmänna gaslagen enligt den generella formeln:

$$C = \left(\frac{\frac{m_{\text{markör}} \cdot F_{\text{skala}}}{M} \cdot 8,3145 \cdot T}{P} \right) / V$$

C	Volymsandel gas [-]
$m_{\text{markör}}$	Massa markör i det övre lagret [kg]
F_{skala}	Skalfaktor för att få produktionen rätt (25000 för CO ₂ 1000 för CO) [-]
M	Molmassa för gasen [kg/mol]
8,3145	Allmänna gaskonstanten [Pa·m ³ ·mol ⁻¹ ·K ⁻¹]

T Temperatur i det övre lagret [K]
 P Absolut tryck i korridoren [Pa]
 V Övre lagrets volym [m³]

XI. Bilaga 11 – Utrymningssimuleringar

Eftersom personalstyrkan på avdelningen varierar under dygnet, antas utrymningen ske under nattetid. Då finns risken att endast fem personer jobbar på akutintaget och tre på akutmottagningen. Dessutom antas en av dessa ansvara för att möta upp räddningstjänster, och kommer därmed inte delta i utrymningen av patienter.

Personalen antas göra bedömningen att det inte är någon idé att försöka släcka branden, utan fokuserar helt på att utrymma och rädda patienter. Vid simuleringens start antas personalen befinna sig vid de två områdena där åtgärdskort finns placerade (nod 21 och 77) se Figur 18 eller Figur 36.

För att bestämma förberedelsetiden som personalen behöver innan de börjar utrymma patienter, ansätts den enligt Frantzich (2001). Här har en expertgrupp inom området tagit fram olika förberedelsetider för bland annat vårdanläggningar, nattklubbar och varuhus. För vårdanläggningar anser experterna att utrymningstiden är beroende av om planlösningen utgörs av en korridor eller två parallella korridorer. Tiden beror även på vilken typ larmsystem som används, ringklocka eller ljudsignal och textmeddelande.

Uppsala akademiska barnsjukhus har två parallella korridorer på både akutmottagning och akutintaget. Här finns ett larmsystem som rätt installerat kan leverera ett textmeddelande om vilken detektor som har aktiverats. Med nuvarande inställningar dyker dock enbart en kod upp på informationsskärmarna som personalen saknar möjlighet att tyda. Därför antas larmsystemet motsvara en ringklocka, vilket innebär att personalens förberedelsetid har ett medianvärde på 180 sekunder (Frantzich, 2001). Medianvärdet väljs framför medelvärdet för förberedelsetiden då det är högre och därmed ger mer konservativa utrymningstider.

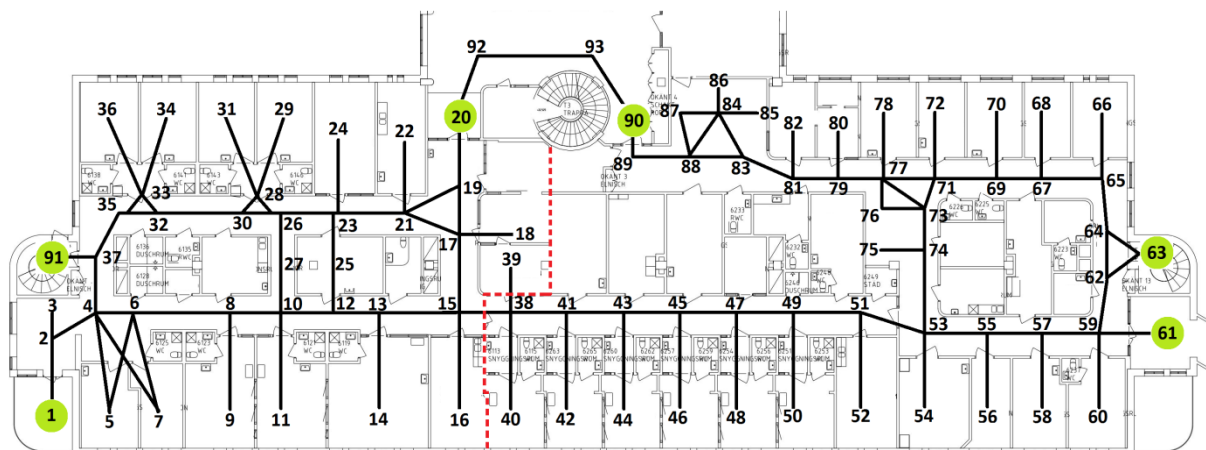
Vid tidpunkten för utrymningen antas ett högt patienttryck råda på barnakuten. Patienterna bestäms till största delen utgöras av typ 20 patienter, vilket innebär att de behöver assistans av en vårdare genom hela utrymningen. Typ 20 patienter innebär också att de förflyttar sig med en hastighet som de hade blivit burna, vilket antas kunna motsvara yngre patienter som blir utburna eller äldre patienter som släpas ut på madrass. I simuleringen ses patienter och föräldrar som en enhet. Detta med anledning av att föräldrarnas insats inte ska vara avgörande för om utrymningen lyckas eller inte. Dessutom ska de simulerade utrymningstiderna vara tillförlitliga även om verksamheten i ändras i framtiden. Den enda inverkan som föräldrarna antas ha i simuleringen, är att de hindrar patienten för att vandra in i lokalerna igen efter utrymning.

Eftersom det under vissa delar av året ofta är fullbelagt på akutintaget, antas att elva övernattande patienter befinner sig i de olika vårdrummen. Förberedelsetiden för dem antas vara 60 sekunder. Värdet har tagits fram utifrån personalintervjuer som gjordes vid besöket på Uppsala Akademiska barnsjukhus under besöket. Detta värde stöds även av en tidigare utrymningsövning som gjordes på ortopedavdelningen på Blekingesjukhuset i Karlskrona (Gustavsson et al. 2004). I rapporten visas att förberedelsetider som personalen behöver för att förbereda patienter för transport uppgår till cirka 50 sekunder. Eftersom utrymningen på Uppsala Akademiska Barnsjukhus antas ske nattetid, anses det rimligt att ytterligare tio sekunder kan komma att behövas.

Det antas även råda ett tämligen högt patienttryck på akutmottagningen. I simuleringarna är sju patienter av typ 20 utplacerade, även här med en förberedelsetid på 60 sekunder. Fem av dessa är placerade i olika undersökningsrum och två är placerade på sängar i korridoren där lättare underökningar genomförs. Det antas även befinna sig ett antal patienter i akutmottagningens väntrum. Dessa simuleras som en patient av typ 6A och har en förberedelsetid på 10 sekunder. Här är meningen att det ska räcka med att en vårdare meddelar samtliga som befinner sig i väntrummet ska utrymma genom utrymningsvägen som finns några enstaka meter bort.

Prioriteringsordning för patienterna skiljer sig mellan de olika brandscenariorna. I samtliga fall har patienter högre prioritering ju närmare branden de befinner sig.

Tiden som personalen behöver mellan varje patient de utrymt sätts till 10 sekunder. Detta för att längre tid inte anses behövas för att lämna en utrymd patient utanför brandcellsgränsen. Att vårdarna skulle lägga tid på att patienterna ska utrymma hela vägen ut till exempel genom entrén samtidigt som patienter fortfarande är i behov hjälp att utrymma ur den brandhärjade brandcellen ses som orimligt.



Figur 36. Nodskiss för ERM-simulering, den streckade röda linjen visar föreslagen brandcellsgräns.

I utrymningssimuleringarna där en brand bryter ut i matsalen stängs utrymningsvägarna ut till balkongen samt intilliggande trapphus av, nod 1 och 91, se Figur 36. Detta med anledning av att inga förväntas välja utrymningsvägar varifrån brandgaser kommer.

I utrymningssimuleringarna där branden bryter ut i patientrummet samt i linneförrådet bryts sammankopplingen mellan nod 43 och 45 se Figur 36. Detta för att hindra personalen från att välja vägar till patienter samt utrymningsvägar, där de tvingas passera dörröppningar som brandgaser strömmar ut ur. Detta innebär att vårdare som ska förflytta sig mellan akutmottagningen och akutintaget är tvungna att välja vägen genom entréområdet.

Resultat nuvarande förhållanden

Nedan redovisas resultaten från simuleringarna i ERM med nuvarande förhållanden.

Tabell 18. Resultaten från simulering vid nuvarande resultat.

Brandscenario	Utrymningstid
Matrum	9 min 44 sek
Patientrum	9 min 28 sek
Linneförråd	10 min 28 sek

Simulering med extra personal

För att se hur utrymningstiden påverkas när extra personal från andra avdelningar kommer för att assistera, körs utrymningssimuleringarna med 14 vårdare i samtliga brandscenarier. De sju extra vårdarna har nod 93 som startnod. De antas ha samma förberedelsestid som de övriga vårdare. Resultat visas i Tabell 19.

Tabell 19. Utrymningstid vid införandet av extra personal.

Brandscenario	Utrymningstid
Matrum	7 min 20 sek
Patientrum	7 min 59 sek
Linneförråd	7 min 26 sek

Simuleringar med extra brandcellsgräns

För att undersöka betydelsen av en brandcellsgräns som delar barnakuten i två delar, se Figur 36, körs simuleringar där denna är tänkt att existera. För att detta ska vara möjligt görs några justeringar i indatakoden för simuleringarna för nuvarande förhållanden. Vid branden i matrummet görs nod 38 till en SAFE-zon, se Figur 36. Dessutom tas alla patienter som redan befinner sig på andra sida av brandcellsgränsen bort, eftersom de redan befinner sig i en säker brandcell och därmed inte behöver utrymma direkt. Liknande åtgärds gör för simuleringarna där en brand startar i patientrummet eller linneförrådet. Här är det istället nod 15 som görs till en SAFE-zon, Figur 36, samtidigt som patienterna som befinner sig i den säkra brandcellen tas bort från simuleringen.

Resultat

I Tabell 20 redovisas resultaten från simuleringarna i ERM då en extra brandcellsgräns har satts in.

Tabell 20. Resultat från simuleringar med extra insatt brandcellsgräns.

Brandscenario	7 vårdare	14 vårdare
Matrum	5 min 31 sek	5 min 31 sek
Patientrum	7 min 38 sek	6 min 1 sek
Linneförråd	7 min 38 sek	5 min 33 sek

Simuleringar med korrekt installerat larmsystem

För att undersöka hur utrymningstiden påverkas av larmsystemets funktionalitet, antas att larmsystemet kan leverera textmeddelanden till personalen med tydbar information om vilket detektor som aktiverats. Larmsystemet kan då ses som ett larmsystem med ljudsignal och textmeddelande, vilket innebär att förberedelsestiden endast blir 90 sekunder (Frantzich, 2001). Som tidigare används medianvärdet för förberedelsestiden.

Resultat

I Tabell 21 redovisas resultaten från simuleringarna i ERM då ett korrekt larmsystem har installerats.

Tabell 21. Resultat från simuleringar med korrekt installerat larmsystem.

Brandscenario	7 vårdare	14 vårdare
Matrum	8 min 14 sek	5 min 50 sek
Patientrum	7 min 58 sek	6 min 29 sek
Linneförråd	8 min 58 sek	5 min 56 sek

Simuleringar med extra brandcellsgräns och korrekt installerat larmsystem

För att undersöka hur utrymningstiden påverkas då både en extra brandcellsgräns och ett korrekt installerat larmsystem finns, görs utrymningssimuleringar där båda åtgärderna antas vara genomförda.

Resultat

I Tabell 22 redovisas resultaten från simuleringarna i ERM då både en extra brandcellsgräns har satts in och ett korrekt larmsystem har installerats.

Tabell 22. Resultat från simuleringar med extra brandcellsgräns och korrekt installerat larmsystem.

Brandscenario	7 vårdare	14 vårdare
Matrum	4 min 1 sek	4 min 1 sek
Patientrum	6 min 8 sek	4 min 31 sek
Linneförråd	6 min 8 sek	4 min 3 sek

XII. Bilaga 12 – CFAST

Nedan redovisas samlade resultaten från CFAST, utan och med sprinkler, för de olika scenarierna.

Matrum

I Tabell 23 och Tabell 24 redovisas resultaten från simuleringarna i CFAST, både enligt rådande förutsättningar och då sprinkler har installerats.

Tabell 23. Resultat från simuleringar i CFAST enligt nuvarande förutsättningar.

Kriterium	Tid till kriterium inte längre uppfylls [s]
Sikt	30
Temperatur	115
Brandgaslagrets höjd	85
Strålningsintensitet	260
Syre	200
CO ₂	200
CO	170

Tabell 24. Resultat från simuleringar i CFAST då sprinkler har införts.

Kriterium	Tid till kriterium inte längre uppfylls [s]
Sikt	30
Temperatur	Uppfylls hela
Brandgaslagrets höjd	90
Strålningsintensitet	Uppfylls hela
Syre	Uppfylls hela
CO ₂	Uppfylls hela
CO	Uppfylls hela

Patientrum

I Tabell 25 och Tabell 26 redovisas resultaten från simuleringarna i CFAST, både enligt rådande förutsättningar och då sprinkler har installerats.

Tabell 25. Resultat från simuleringar i CFAST enligt nuvarande förutsättningar

Kriterium	Tid till kriterium inte längre uppfylls [s]
Sikt	55
Temperatur	115
Brandgaslagrets höjd	70
Strålningsintensitet	Uppfylls hela
Syre	195
CO ₂	195
CO	160

Tabell 26. Resultat från simuleringar i CFAST då sprinkler införts.

Kriterium	Tid till kriterium inte längre uppfylls [s]
Sikt	30
Temperatur	Uppfylls hela
Brandgaslagrets höjd	195
Strålningsintensitet	Uppfylls hela
Syre	Uppfylls hela
CO ₂	Uppfylls hela
CO	Uppfylls hela

Linneförråd

I Tabell 27 och Tabell 28 redovisas resultaten från simuleringarna i CFAST, både enligt rådande förutsättningar och då sprinkler har installerats.

Tabell 27 . Resultat från simuleringar i CFAST enligt nuvarande förutsättningar.

Kriterium	Tid till kriterium inte längre uppfylls [s]
Sikt	25
Temperatur	90
Brandgaslagrets höjd	80
Strålningsintensitet	310
Syre	220
CO ₂	220
CO	150

Tabell 28. . Resultat från simuleringar i CFAST då sprinkler införts.

Kriterium	Tid till kriterium inte längre uppfylls [s]
Sikt	55
Temperatur	Uppfylls hela
Brandgaslagrets höjd	85
Strålningsintensitet	Uppfylls hela
Syre	Uppfylls hela
CO ₂	Uppfylls hela
CO	Uppfylls hela

XIII. Bilaga 13 – DETACT-T2

Nedan redovisas indata och resultat gällande simuleringar i Detact-T2. Tabell 29 visar indata och resultat från ursprungssimuleringen där aktiveringstemperaturen antogs till rumstemperatur +13°C. Tabell 30 visar indata och resultat från simuleringarna gällande känslighetsanalysen. Aktiveringstemperaturen antogs till omgivningstemperatur +5°C för känslighetsanalysen.

Tabell 29. Resultat från simuleringar i DETACT-T2 enligt rådande förutsättningar vilket innebär en aktiveringstemperatur som är satt till omgivningstemperatur +13°C.

Parameter	Indata Matrum	Indata Patientrum	Indata Förråd
Omgivningens temperatur [°C]	20	20	20
Aktiveringstemperatur [°C]	33	33	33
Takhöjd [m]	2,7	2,5	2,5
RTI (Response Time Index)[\sqrt{ms}]	0,5	0,5	0,5
Avstånd mellan detektorer [m]	5	2	2
Tillväxthastighet [W/s ²]	47	47	85
Resultat [s]	68	41	34

Tabell 30. Resultat från simuleringar i DETACT-T2 enligt rådande förutsättningar vilket innebär en aktiveringstemperatur som är satt till omgivningstemperatur +5°C

Parameter	Indata Matrum	Indata Patientrum	Indata Förråd
Omgivningens temperatur [°C]	20	20	20
Aktiveringstemperatur [°C]	25	25	25
Takhöjd [m]	2,7	2,5	2,5
RTI (Response Time Index)[\sqrt{ms}]	0,5	0,5	0,5
Avstånd mellan detektorer [m]	5	3	3
Tillväxthastighet [W/s ²]	47	47	85
Resultat [s]	52	39	28

XIV. Bilaga 14 – Känslighetsanalys CFAST

Nedan redovisas resultaten från känslighetsanalysen i CFAST. Känslighetsanalys genomförs först för de införda parametrarna i CFAST vilket visar vilka utav dessa som har störst påverkan på resultatet. Dessutom förändras förutsättningarna vid simuleringarna på två sätt. Både genom att en av dörrarna stängs in till linneförrådet och genom att dela upp korridoren i tre delar.

Parametrar (Linneförråd)

Nedan redovisas resultaten simuleringarna då indataparametrarna för CFAST ändrades. De som varierades var tillväxt, takhöjd, sot och Heat of combustion. Känslighetsanalysen genomfördes med one-way metoden.

Tillväxt

I Tabell 31 redovisas resultaten från känslighetsanalysen i CFAST då tillväxthastigheten har varierats med $\pm 20\%$.

Tabell 31. Tid till kriterium inte längre uppfylls redovisas då tillväxthastigheten har varierats.

Kriterium	Tid till kriterium inte längre uppfylls [s]	
	Upp	Ner
Sikt	25	30
Temperatur	85	100
Brandgaslagrets höjd	75	85
Strålningsintensitet	285	335
Syre	200	245
CO ₂	200	245
CO	140	165

Takhöjd

I Tabell 32 redovisas resultaten från känslighetsanalysen i CFAST då takhöjden har varierats med $\pm 20\%$.

Tabell 32. Tid till kriterium inte längre uppfylls redovisas då takhöjden har varierats.

Kriterium	Tid till kriterium inte längre uppfylls [s]	
	Upp	Ner
Sikt	35	15
Temperatur	105	80
Brandgaslagrets höjd	85	45
Strålningsintensitet	315	320
Syre	230	215
CO ₂	230	215
CO	170	130

Sot

I Tabell 33 redovisas resultaten från känslighetsanalysen i CFAST då sotproduktionen har varierats med $\pm 20\%$.

Tabell 33. Tid till kriterium inte längre uppfylls redovisas då sotproduktionen har varierats.

Kriterium	Tid till kriterium inte längre uppfylls [s]	
	Upp	Ner
Sikt	25	30
Temperatur	90	90
Brandgaslagrets höjd	80	80
Strålningsintensitet	310	310
Syre	220	220
CO ₂	195	245
CO	135	185

Heat of combustion

I Tabell 34 redovisas resultaten från känslighetsanalysen i CFAST då Heat of combustion har varierats med $\pm 20\%$.

Tabell 34. Tid till kriterium inte längre uppfylls redovisas då Heat of combustion har varierats.

Kriterium	Tid till kriterium inte längre uppfylls [s]	
	Upp	Ner
Sikt	30	25
Temperatur	90	90
Brandgaslagrets höjd	80	80
Strålningsintensitet	310	310
Syre	225	215
CO ₂	240	185
CO	180	130

3-del korridor

Nedan redovisas resultaten från simuleringarna där korridorerna delades upp i tre delar. Anledningen till att detta gjordes var att CFAST är en två-zons modell och är därför egentligen inte lämplig att använda i korridorer.

Matrum

I Tabell 35 redovisas resultaten från känslighetsanalysen i CFAST då korridoren har delats upp i tre delar.

Tabell 35. Tid till kriterium inte längre uppfylls då korridoren delades upp i tre delar.

Kriterium	Tid till kriterium inte längre uppfylls [s]		
	Korridor 1	Korridor 2	Korridor 3
Sikt	30	40	55
Temperatur	90	120	155
Brandgaslagrets höjd	70	85	80
Strålningsintensitet	220	310	325
Syre	175	195	215
CO ₂	175	195	215
CO	150	170	190

Patientrum

I Tabell 36 redovisas resultaten från känslighetsanalysen i CFAST då korridoren har delats upp i tre delar.

Tabell 36. Tid till kriterium inte längre uppfylls då korridoren delades upp i tre delar.

Kriterium	Tid till kriterium inte längre uppfylls [s]		
	Korridor 1	Korridor 2	Korridor 3
Sikt	75	60	75
Temperatur	140	100	125
Brandgaslagrets höjd	75	70	85
Strålningsintensitet	Uppfylls hela	Uppfylls hela	Uppfylls hela
Syre	220	200	210
CO ₂	Uppfylls hela	500	585
CO	245	230	245

Linneförråd

I Tabell 37 redovisas resultaten från känslighetsanalysen i CFAST då korridoren har delats upp i tre delar.

Tabell 37. Tid till kriterium inte längre uppfylls då korridoren delades upp i tre delar.

Kriterium	Tid till kriterium inte längre uppfylls [s]		
	Korridor 1	Korridor 2	Korridor 3
Sikt	30	25	35
Temperatur	110	75	95
Brandgaslagrets höjd	65	80	90
Strålningsintensitet	325	225	320
Syre	200	185	240
CO ₂	200	185	240
CO	155	135	160

Dörr (linneförråd)

I Tabell 38 redovisas resultaten från simuleringarna då enbart en dörr hålls öppen in till linneförrådet. I ursprungsscenarioet antas båda dörrarna vara öppna.

Tabell 38. Tabell 36. Tid till kriterium inte längre uppfylls då korridoren delades upp i tre delar.

Kriterium	Tid till kriterium inte längre uppfylls [s]
Sikt	30
Temperatur	85
Brandgaslagrets höjd	60
Strålningsintensitet	245
Syre	165
CO ₂	165
CO	130

XV. Bilaga 15 – Siktberäkningar

Nedan görs siktberäkningar för intilliggande korridor för alla tre scenarier.

För att kontrollera om det är rimligt att sikten understiger tio meter så tidigt i simuleringarna görs några enkla handberäkningar. För scenariot i matrummet beräknas massan som krävs för att sikten ska understiga tio meter i korridoren i direkt anslutning till matrummet och korridoren utanför patientrummet och linneförrådet. Dessa ekvationer ska validera om resultaten i CFAST verkar rimliga men de är kraftigt förenklade. Volymen som brandgaserna kan spridas ut på är egentligen hela avdelningen, men då CFAST endast kan anses vara giltigt i närheten av branden görs dessa beräkningar också bara i närheten av branden. För matrummet anses bränslet som soffan består av likvärdigt med polyuretanskum med rökpotentialen 0,96 m²/g. I linneförrådet och patientrummet är det till största del sängkläder i bomull som anses likvärdigt med cellulosa med rökpotential 0,051 m²/g (Holmstedt och Nilsson, 2007).

$$D_0 = D_L \cdot \frac{V}{m} \rightarrow m = D_L \cdot \frac{V}{D_0}$$

D_0 Rökpotential [m²/g]

D_L Optisk densitet per meter [m⁻¹]

V Utrymme där brandgaserna ansamlas [m³]

m Massan brunnet material [g]

$$D_L = \frac{\ln 10}{L} \rightarrow D_L = \frac{\ln 10}{10} = 0,23 \text{ m}^{-1}$$

Tabell 39. Indata för beräkning av sikt för de tre scenarierna.

Parameter	Matrum	Patientrum	Linneförråd
D_0 [m ² /g]	0,96	0,051	0,051
V [m ³]	190	210	200
m [g]	200	950	900

Beräkningarna visar att det inte krävs mycket bränsle för att en hel korridor ska bli rökfylld. Detta kommer alltså med stor sannolikhet ske i samtliga scenarier.

XVI. Bilaga 16 – Åtgärder

Nedan följer förslag på åtgärder, vilka delas upp enligt *ska* åtgärdas och *bör* åtgärdas. Åtgärderna valideras i Kapitel 13.

I simuleringarna visade det sig att utrymningstiden minskade som mest då en extra brandcellsgräns installerades. För att förbättra möjligheterna vid utrymning *bör* brandcellsavgränsning ske in till korridoren med isoleringsrummen på akutintaget. Denna åtgärd skulle kunna öka förutsättningarna att kunna utrymma innan kritiska förhållanden uppnås. Avståndet till närmsta utrymningsväg skulle minska och rökspridningens omfattning inte bli lika omfattande.

Samarbetet mellan avdelningarna *bör* utvecklas då simuleringar visade att utrymningstiden minskade med fler i personalstyrkan. Detta är nära sammankopplat med att de *bör* utveckla larmsystemet. När en brand detekteras *bör* det vara möjligt för personalen att snabbt lokalisera branden via patientkallelsesystemet eller en larmcentral. Detta ska gå vidare ut till andra avdelningar, där det finns fasta rutiner för att bistå den utsatta avdelningen.

Mängden lösa föremål i korridorerna *bör* minskas betydligt. Dels för att underlätta vid en utrymning och för att minska risken för brandspridning genom att minska brandbelastningen i korridorerna. Dessutom skulle framkomligheten för räddningstjänsten öka vid en eventuell insats. Den inredning som finns på sjukhuset *bör* dessutom vara brandklassad.

På denna avdelning där patienterna inte kan förväntas ta sig ut själva vid larm är vikten av personalens kunskap väldigt betydelsefull. Detta anses vara av större betydelse jämfört med samarbete mellan avdelningar då det inte hjälper hur mycket personal man än har om de ändå inte vet vad som ska göras. Därför *bör* övningar gällande både utrymning och brand hållas regelbundet, gärna i samarbete med räddningstjänst. Utbildning av personal skulle kunna minska den totala förberedelsetiden.

De resterande åtgärderna har diskuterats fram utan bevis från simuleringar. De har inte lika hög prioritering som tidigare åtgärder.

Dörren mellan akutintaget och akutmottagningen som var uppbunden med rep *bör* stängas. Detta minskar rökspridning.

Utrymningsvägarna *bör* ses över. I nuläget gäller det främst den insatta nödutgången i matrummet vilken varken är brandklassad eller uppfyller de krav som finns för att en dörr få användas som utrymningsväg. Även återinträde vid övriga utrymningsvägar *bör* kontrolleras. Personalen måste komma in igen för att bistå andra med utrymningen, om de kan göra detta i dagsläget är oklart. Dessutom *bör* nuvarande utrymningsplan uppdateras till att visa rådande förhållanden på barnakuten. Avsaknaden av utmarkerade brandlarmsknappar kan innebära att personer väljer att gå en längre sträcka än nödvändigt för att aktivera. Detta innebär en eventuellt längre varseblivningstid, vilken i slutänden påverkar hela utrymningstiden. Även handbrandsläckare som finns på avdelningen saknas utmarkerade på utrymningsplanen. Detta kan innebära att viktiga sekunder går till spillo om en person ska försöka släcka en brand i ett tidigt skede i brandförloppet.

I dagsläget är ventilationen utformad så att aggregaten stängs av vid brand vilket leder till att tryckskillnaden försvinner, vilket medför möjlighet för branden att spridas via ventilation. Dessutom saknas brandgasspjäll på avdelningen. För att minska riskerna för brand- och rökspridning via ventilation *bör* ventilationssystemet vidareutvecklas vilket redovisas i Kapitel 13.

För att minska riskerna för en anlagd brand *bör* säkerheten ökas på avdelningen i form av bättre koll av vilka som befinner sig på avdelningen och öka säkerheten för att ta sig in på avdelningen. Detta är dock inte ett lätt problem att åtgärda, då sjukhus är till för allmänheten. Att öka säkerheten utan att det känns mindre välkomnande kan vara svårt.

De åtgärdskort som används vid utrymning *bör* utvecklas då det i nuläget saknas vissa viktiga detaljer, bland annat vad som ska göras med gasflaskor och syrgas. Dessutom *bör* diskussion föras kring hur dessa ska användas nattetid då det finns fem lappar men inte lika många i personalen. Vilka prioriteringar *bör* då göras? Dessutom *bör* information om brand och utrymning placeras i den pärm som finns på varje patientrum för att öka kunskapen och medvetenheten vid ett larm.

Larmstatistik från sjukhuset visar att ett stort antal av de tidigare larmen har skett på grund av torrkokning eller liknande. Därför *bör* timrar införas i personal- och föräldrarköken.

Dörrarna in till förråden på avdelningen *bör* vara stängda för att förhindra brandspridning, detta för att brandbelastningen i förråd oftast är hög. Dessutom *bör* linneförrådet flyttas bort från avdelningen då brandbelastningen i förrådet är hög (enligt tidigare brandscenario).

XVII. Bilaga 17 – Brandskyddsvärdering av vårdanläggning

Nedan följer en detaljerad beskrivning för uträkning av brandskyddsindex för avdelningen. Värdering sker både efter hur avdelningen är utformad i dagsläget och efter vidtagna åtgärder. Dessa värden jämförs därefter för att kunna avgöra åtgärdernas effekter.

Gradering av komponenterna i BSV-vård innan åtgärder

Nedan följer gradering av de olika komponenterna. Detta görs enligt hur avdelningen är utformad i nuläget.

K₁ – Personal

A. Kunskap och övning

Huvuddelen av personalen (>75%) ges var tredje år en extern praktisk utbildning. Dessutom ska en teoretisk utbildning göras på dator vart annat år. Detta ger ett delvärde 3.

B. Förhållandet mellan antalet patienter och antalet vårdpersonal (dagtid)

Personalantalet på akutintaget respektive akutmottagningen är 13-16 och 10. Det maximala antalet patienter på akutintaget respektive akutmottagningen är 15 och 8.

Antalet patienter dividerat med antal personal kommer aldrig få ett värde över 3. Delvärdet blir därför 5.

C. Minsta bemanning då patienter finns på avdelningen

Bemanningen på akutintaget respektive akutmottagningen är alltid >2, även nattetid. Detta ger delvärdet 5.

$$\text{Komponentvärde} = \frac{5 \cdot A + 3 \cdot B + 2 \cdot C}{10} = \frac{5 \cdot 3 + 3 \cdot 5 + 2 \cdot 5}{10} = 4$$

K₂ – Patienter

A. Antal patienter i varje vådrum/korridor

På avdelningen kan endast en patient/rum förväntas, dessutom finns inga patienter i korridorerna. Detta ger delvärdet 5.

B. Patienternas hjälpbehov

På avdelningen finns i nuläget endast patienter som inte kan förväntas utrymma själva. Hjälpbehovet anses därför vara stort, vilket resulterar i delvärdet 2.

$$\text{Komponentvärde} = \frac{A + 4 \cdot B}{5} = \frac{5 + 4 \cdot 2}{5} = 2,6$$

K₃ - Gångavstånd till utrymningsväg

På avdelningen finns främst sängliggande patienter som i vissa fall kan ha svårt att utrymma via trappa. Längsta utrymningsväg är mellan 25-30 m vilket ger ett komponentvärde **4**.

K₄ - Brandcellsgräns i bjälklag

Brandteknisk klass på golv och tak till annan brandcell uppfyller föreskriven klass. Tätningar av genomföringar i tak kan inte anses fullvärdiga och det finns inga direkta rutiner för kontroll av genomföringar. Detta ger komponentvärdet **0**.

K₅ - Brandcellsgräns i vägg

Brandteknisk klass på väggar som angränsar till annan brandcell uppfyller föreskriven klass. Tätningar av genomföringar i väggar är inte täta och det finns inga direkta rutiner för detta. Väggarna och dess ytskikt anses inte vara brännbara. Detta ger komponentvärdet **0**.

K₆ - Interna dörrar och väggar

Vissa utav dessa faktorer är i nuläget osäkra på grund av informationsbrist. Dock är det inte dessa faktorer som kommer att läggas störst vikt på vid validering av åtgärder. Därför antas dessa faktorer till det mest troliga, vilket avser:

- Minst E30-parti mellan vårdrum och korridor, **+2**
- Minst E30-parti mellan dagrum, personalrum mfl och korridor, **+1**
- E30-parti går upp i bjälklag, **+1**

De nedanstående faktorerna kan med säkerhet fastställas och kan också åtgärdas för att uppnå bättre förhållande vid utrymning.

- Samtliga dörrar till vårdrum, förråd etcetera är ej stängda och stängs inte heller automatiskt vid brand, **0**.
- Kilar för att hålla dörrar uppställda finns, **-1**.

$$\text{Komponentvärde} = \sum \text{av delvärdena} = 2 + 1 + 1 + 0 - 1 = 3$$

K₇ – Dörr till utrymningsväg

Denna klassning gäller sämsta dörr till utrymningsväg, vilket för de ordinarie utrymningsvägarna klassas till värde 2. Dock används dörren i matrummet som nödutgång, vilket sänker värdet till **0**, då denna dörr är låst, ej brandtekniskt klassad och ej lätt att öppna.

K₈ – Automatiskt brandlarm

A. Typ av detektor och placering (heltäckande system)

Det heltäckande detektionssystemet består av rökdetektorer. På vissa platser i korridoren finns dessutom värmedetektorer. Detta ger delvärdet **5**.

B. Kontrollsystem

Ingen kontroll sker av det automatisk brandlarmet, vilket ger delvärdet **1**.

C. Larmöverföring

Det automatiska brandlarmet går direkt till räddningstjänst utan larmlagring, vilket ger delvärdet **5**.

$$\text{Komponentvärde} = \frac{4 \cdot A + 3 \cdot B + 3 \cdot C}{10} = \frac{4 \cdot 5 + 3 \cdot 1 + 3 \cdot 5}{10} = \mathbf{3,8}$$

K₉ – Utrymningslarm

Utrymningslarmet utgörs av en siren med automatisk aktivering. Det finns dessutom manuella aktiveringsknappar. Den tekniska utrustningen uppfyller i stort sett SBF:s rekommendationer. Automatisk larmöverföring finns i viss mån till annan avdelning, dock finns inga rutiner om samarbete mellan avdelningar. Informationsöverföring kan ses i patientkallelsedisplayen i taket, dock är larmet kodat och var branden skett kan inte utläsas. Detta ger komponentvärdet **3**.

K₁₀ – Sprinkler

Sprinkler saknas helt och hållet på avdelningen, detta ger komponentvärdet **0**.

K₁₁ – Hiss som utrymningsväg

Hiss saknas helt på avdelningen, vilket ger komponentvärdet **0**.

K₁₂ – Utrymningsvägar

De primära utrymningsvägarna är horisontella, däremot kan alternativ utrymning ske via trappa. De primära utrymningsvägarna är minst 1,2 m breda. Komponentvärdet blir **4**.

K₁₃ – Ytskikt på väggarna

Information om ytskikt saknas i nuläget. Då sjukhuset är dimensionerat efter den byggnadsklassen med störst risker antas ytskiktssklass I. Detta ger komponentvärdet **5**.

K₁₄ – Ytskikt på innertak

Information om ytskikt saknas i nuläget. Då sjukhuset är dimensionerat efter den byggnadsklassen med störst risker antas ytskiktssklass I. Detta ger komponentvärdet **4**.

K₁₅ – Ventilationssystem

På varje avdelning finns ett separat ventilationssystem. Även spjäll eller liknande åtgärder finns för att förhindra brandgasspridning, dock finns dessa bara mellan våningsplan inte inom avdelningen. Komponentvärdet blir **3**.

K₁₆ – Lös inredning

Stoppade möbler finns i dagrum, möbler finns placerade i korridoren, madrasserna i vårdrummet är brandklassade och dörrar in till förråd saknas eller står öppna. Dessutom finns stor andel lösa föremål i korridorerna, som till exempel patientsängar, städvagn, sopptunnor, återvinning, elektriska apparater etcetera. Den stora andelen lös inredning ger en hög risk och ett komponentvärde på **2**.

K₁₇ – Fasta riskkällor

Sjukhuset har inga allmänna regler gällande ljus eller liknande öppna lågor. Dock har avdelningen satt ett förbud för tända ljus. Rökning är förbjuden på avdelningen och då avdelningen är öppen för allmänheten och eventuellt kan ändras i framtiden finns risk för anlagd brand. Detta ger komponentvärdet **1**.

K₁₈ – Nödbelysning

Information om hur nödbelysningen fungerar saknas, därför väljs L eller C. Kontroll av systemet sker aldrig eller sällan. Detta ger komponentvärdet **1**.

K₁₉ – Brandgasevakuering

Anordning för brandgasevakuering finns ej i nuläget och intern brandskyddskontroll sker ej eller sällan. Detta ger komponentvärdet **0**.

K₂₀ – Vägledande markeringar

Skyltarna på avdelningen är av den nyare typen, vilka dessutom är genomlysta. Dessutom finns markeringar för var släckutrustning finns, vilket ger komponentvärdet **5**.

K₂₁ – Brandsläckutrustning

Släckutrustning finns på avdelningen, dock gavs intrycket av att någon vidare kontroll inte genomförs. Personalen ska gå en utbildning gällande brand vart tredje år, vilket ger komponentvärdet **1**.

K₂₂ – Räddningstjänstens insats

A. Typ av förststyrka

Om det automatiska brandlarmet går på avdelningen larmas två styrkor, varje styrka anländer med 1+4. Vilket ger delvärdet **4**.

B. Insattid

Insattiden är mellan 5-10 minuter, vilket ger delvärdet **3**.

C. Tillgänglighet

Då avdelningen ligger på en suterrängvåning är vägen fram till insatsväg inte konstant körbar. Detta ger delvärdet **1**.

D. Förberedd insatsplan

Insatsplan bedöms finnas med var inte inövad för avdelningen, vilket ger komponentvärdet **3**.

$$\text{Komponentvärde} = \frac{3 \cdot A + 4 \cdot B + C + 2 \cdot D}{10} = \frac{3 \cdot 4 + 4 \cdot 3 + 1 + 2 \cdot 3}{10} = 3,1$$

K₂₃ – Geometrisk utformning

Avdelningen består av dubbla korridorer med rum på vardera sida av respektive korridor, inga vertikala höjdskillnader finns. Detta ger komponentvärdet **4**.

K₂₄ – Våning ovan mark

Då våningen befinner sig i suterräng är vissa delar av avdelningen ansluten till markplan. Detta ger komponentvärdet **4**.

K₂₅ – Drift och underhåll

På avdelningen finns inga rutiner för rapportering av trasig utrustning, dessutom sker ingen intern brandskyddskontroll. Detta ger komponentvärdet **0**.

K₂₆ – Larmstyrka på sjukhuset

Larmstyrkan på natten består av ett vaktbolag, därför antas insatstiden vara längre än 5 minuter. Styrkan övas ej eller med långa intervall. Detta ger komponentvärdet **0**.

Gradering av komponenterna i BSV-vård efter åtgärder

Nedan redovisas gradering av komponenterna för Brandskydds värdering av en vårdanläggning då hänsyn har tagits till möjliga åtgärder. De rubriker som står i fet stil är de komponenter som har ändrats, resterande faktorer har ej kunnat förbättras med de föreslagna åtgärderna.

K₁ – Personal

A. Kunskap och övning

Utbildning med praktiska inslag och årlig praktisk övning i extern regi. Detta ger ett delvärde **5**.

B. Förhållandet mellan antalet patienter och antalet vårdpersonal (dagtid)

Förhållandet mellan antalet patienter och antal vårdpersonal ger i dagsläget det högsta delvärdet. Delvärdet blir därför **5**.

C. Minsta bemanning då patienter finns på avdelningen

Bemanningen på akutintaget respektive akutmottagningen är alltid >2, även natttid. Eftersom antalet i nuläget ger det högsta delvärdet genomförs inga ändringar. Detta ger delvärdet **5**.

$$\text{Komponentvärde} = \frac{5 \cdot A + 3 \cdot B + 2 \cdot C}{10} = \frac{5 \cdot 5 + 3 \cdot 5 + 2 \cdot 5}{10} = 5$$

K₂ – Patienter

A. Antal patienter i varje vådrum/korridor

På avdelningen kan endast en patient/rum förväntas. Detta ger delvärdet **5**.

B. Patienternas hjälpbehov

På avdelningen finns i nuläget endast patienter som inte kan förväntas utrymma själva. Hjälpbehovet anses därför vara stort, vilket resulterar i delvärdet **2**.

$$\text{Komponentvärde} = \frac{A + 4 \cdot B}{5} = \frac{5 + 4 \cdot 2}{5} = 2,6$$

K₃ – Gångavstånd till utrymningsväg

På avdelningen finns främst sängliggande patienter som i vissa fall kan ha svårt att utrymma via trappa. Vid insättning av ny brandcellsgräns på avdelningen skulle längsta avståndet till närmsta utrymningsväg minska. Vilket skulle ge ett komponentvärde på **5**.

K₄ – Brandcellsgräns i bjälklag

Brandteknisk klass på golv och tak till annan brandcell uppfyller föreskriven klass. Om åtgärder genomförs så att tätningar av genomföringar i tak kan anses fullvärdiga och rutiner för kontroll av genomföringar införs skulle detta ge komponentvärdet **5**.

K₅ – Brandcellsgräns i vägg

Brandteknisk klass på väggar som angränsar till annan brandcell uppfyller föreskriven klass. Väggarna och dess ytskikt anses inte vara brännbara. Om åtgärder genomförs så att tätningar av genomföringar i väggar är täta och rutiner för kontroll av detta införs skulle detta ge komponentvärdet **5**.

K₆ – Interna dörrar och väggar

Vissa utav dessa faktor är i nuläget osäkra på grund av informationsbrist. Dock är det inte dessa faktorer som kommer att läggas störst vikt på vid validering av åtgärder. Därför antas dessa faktorer till det mest troliga, vilket avser:

- Minst E30-parti mellan vårdrum och korridor, **+2**
- Minst E30-parti mellan dagrum, personalrum och korridor, **+1**
- E30-parti går upp i bjälklag, **+1**

De nedanstående faktorerna kan med säkerhet fastställas och kan också åtgärdas för att uppnå bättre förhållande vid utrymning.

- Samtliga dörrar till vårdrum, förråd etcetera hålls stängda och eller stängs automatiskt vid brand, **+1**.
- Inga kilar finns för att hålla uppe dörrar, **0**.

$$\text{Komponentvärde} = \sum \text{av delvärdena} = 2 + 1 + 1 + 1 - 0 = 5$$

K₇ – Dörr till utrymningsväg

För att öka detta värde krävs att den extra insatta utrymningsvägen i matrummet görs om så att den uppfyller de gällande kraven för en utrymningsväg. Genomförs detta ökas komponentvärdet till **2**, då de sämsta utrymningsvägarna då blir dörrarna in till avdelningen som hålls låsta.

K₈ – Automatiskt brandlarm

A. Typ av detektor och placering (heltäckande system)

Det heltäckande detektionssystemet består av rökdetektorer. På vissa platser i korridoren finns dessutom värmedetektorer. Detta ger delvärdet **5**.

B. Kontrollsystem

Införande av noggrann kontroll av det automatiska brandlarmet ökar delvärdet till **5**. Det innebär både intern och extern brandskyddskontroll.

C. Larmöverföring

Det automatiska brandlarmet går direkt till räddningstjänst utan larmlagring, vilket ger delvärdet **5**.

$$\text{Komponentvärde} = \frac{4 \cdot A + 3 \cdot B + 3 \cdot C}{10}$$

K₉ – Utrymningslarm

Om åtgärder genomförs så att:

- Automatisk larmöverföring finns till annan avdelning och att det finns en förberedd planering att bistå vid utrymning.
 - Det finns ett textfönster som indikerar att brand har utbrutit och var det skett.
- skulle komponentvärdet öka till **5**.

K₁₀ – Sprinkler

Införandet av snabb sprinkler tillsammans med dokumenterad extern kontroll av systemet ökar komponentvärdet till **5**.

K₁₁ – Hiss som utrymningsväg

Hiss saknas helt på avdelningen, vilket ger komponentvärdet **0**.

K₁₂ – Utrymningsvägar

De primära utrymningsvägarna är horisontella, däremot kan alternativ utrymning ske via trappa. De primära utrymningsvägarna är minst 1,2 m breda. Komponentvärdet blir **4**.

K₁₃ – Ytskikt på väggarna

Information om ytskikt saknas i nuläget. Då sjukhuset är dimensionerat efter den byggnadsklassen med störst risker antas ytskiktssklass I. Detta ger komponentvärdet **5**.

K₁₄ – Ytskikt på innertak

Information om ytskikt saknas i nuläget. Då sjukhuset är dimensionerat efter den byggnadsklassen med störst risker antas ytskiktssklass I. Detta ger komponentvärdet **4**.

K₁₅ – Ventilationssystem

På varje avdelning finns ett separat ventilationssystem. Även spjäll eller liknande åtgärder finns för att förhindra brandgasspridning, dock finns dessa bara mellan våningsplan inte inom avdelningen. Installation av spjäll eller liknande åtgärd krävs för att öka komponentvärdet. Detta skulle ge komponentvärdet **5**.

K₁₆ – Lös inredning

Om följande åtgärder vidtas skulle komponentvärdet öka till **5**.

- Inga stoppade eller få möbler i dagrum/vårdrum.
- Inga möbler i korridoren.
- Lite papper på anslagstavla.
- Dörrar till förrådsutrymmen finns.

K₁₇ – Fasta riskkällor

Införandet av rutin för hantering av brandfarlig vara och ökad kontroll av vilka som finns på avdelningen samt vilka som har möjlighet att komma in på avdelningen skulle öka komponentvärdet. Dock kommer brand anlagd av patienter aldrig helt kunna förhindras vilket inte förändrar delvärdet, **1**.

K₁₈ – Nödbelysning

Nödbelysningen bör kontrolleras flera gånger per år och ska tändas även om strömmen på avdelningen bryts lokalt. Information angående nödbelysning saknas i nuläget. Uppfylls dessa faktorer ökar komponentvärdet till **5**.

K₁₉ – Brandgasevakuering

Införs möjliga åtgärder gällande brandgasevakuering tillsammans med rutiner för intern brandskyddskontroll skulle komponentvärdet öka till **5**.

K₂₀ – Vägledande markeringar

Skyltarna på avdelningen är av den nyare typen, vilka dessutom är genomlysta. Dessutom finns markeringar för var släckutrustning finns, vilket ger komponentvärdet **5**.

K₂₁ – Brandsläckutrustning

Släckutrustning finns på avdelningen, dock borde kontroll av dessa införas. Personalen utbildas i nuläget på brandsläckning vilket ger delvärdet **5**.

K₂₂ – Räddningstjänstens insats

A. Typ av förststyrka

Om det automatiska brandlarmet går på avdelningen larmas två styrkor, varje styrka anländer med 1+4. Vilket ger delvärdet **4**.

B. Insatstid

Insatstiden är mellan 5-10 minuter, vilket ger delvärdet **3**.

C. Tillgänglighet

Då avdelningen ligger på en suterrängvåning är vägen fram till insatsväg inte konstant körbar. Detta ger delvärdet **1**.

D. Förberedd insatsplan

Denna faktor är en enda där åtgärder kan vidtas gällande räddningstjänstens insats. En insatsplan finns i dagsläget men den borde övas så att alla vet vad som ska göras. Detta ger delvärdet **5**.

$$\text{Komponentvärde} = \frac{3 \cdot A + 4 \cdot B + C + 2 \cdot D}{10} = \frac{3 \cdot 4 + 4 \cdot 3 + 1 + 2 \cdot 5}{10} = 3,5$$

K₂₃ – Geometrisk utformning

Avdelningen består av dubbla korridorer med rum på vardera sida av respektive korridor, inga vertikala höjdskillnader finns. Detta ger komponentvärdet **4**.

K₂₄ – Våning ovan mark

Då våningen befinner sig i suterräng är vissa delar av avdelningen ansluten till markplan. Detta ger komponentvärdet **4**.

K₂₅ – Drift och underhåll

Åtgärder för drift och underhåll i form av nedanstående punkter skulle öka komponentvärdet **5**.

- Rutiner för rapportering av trasig utrustning och brandtillbud och rapporterad trasig utrustning åtgärdas omgående.
- Intern kontroll utöver brandsyn finns organiserad

K₂₆ – Larmstyrka på sjukhuset

Larmstyrkan på natten består av ett vaktbolag, därför antas insatstiden vara längre än 5 minuter. Åtgärder kring larmstyrkan kan främst ske i form av övning en gång i halvåret. Detta skulle ge komponentvärdet **2**.

Tabell för beräkning av Brandskyddsindex

I Tabell 40 redovisas de värden som behövs för att beräkna brandskyddsindex för de båda fallen, vilket resulterar i ett slutgiltigt index.

Tabell 40. Sammanfattade komponenter och resultat från brandskyddsindex.

	A	B	C	A*B	B*C
Komponent	Gradering	Gradering efter åtgärder	Vikt	Produkt	Produkt efter åtgärder
Personal	4	5	0,127	0,508	0,635
Patient	2,6	-	0,065	0,169	0,169
Gångavstånd till utrymningsväg	4	5	0,027	0,108	0,135
Brandcellsgräns i bjälklag	0	5	0,026	0	0,13
Brandcellsgräns i vägg	0	5	0,019	0	0,095
Interna dörrar och väggar	3	5	0,032	0,096	0,16
Dörr till utrymningsväg	0	2	0,023	0	0,046
Automatiskt brandlarm	3,8	-	0,043	0,043	0,043
Utrymningslarm	3	5	0,031	0,093	0,155
Sprinkler	0	5	0,054	0	0,27
Hiss som utrymningsväg	0	-	0,006	0	0
Utrymningsvägar	4	4	0,028	0,112	0,112
Ytskikt på väggar	5	-	0,019	0,095	0,095
Ytskikt på innertak	4	-	0,026	0,104	0,104
Ventilationssystem	3	5	0,019	0,057	0,095
Lös inredning	2	5	0,08	0,16	0,4
Fasta riskkällor	1	1	0,049	0,049	0,049
Nödbelysning	1	5	0,006	0,006	0,03
Brandgasevakivering	0	5	0,029	0	0,145
Vägledande markeringar	5	-	0,016	0,08	0,08
Brandsläcksutrustning	1	5	0,059	0,059	0,295
Räddningstjänstens insats	3,1	3,5	0,042	0,130	0,147

Geometrisk utformning	4	-	0,016	0,064	0,064
Våning ovan mark	4	-	0,026	0,104	0,104
Drift och underhåll	0	5	0,077	0	0,385
Larmstyrka på sjukhuset	0	2	0,055	0	0,11
Summa			BSI=	2,037	4,053

XVIII. Bilaga 18 – Larmstatistik

I Tabell 41 och Tabell 42 redovisas tidigare larm för hela sjukhuset. Statistiken är därför inte helt och hållet representativ för enbart barnakuten.

Tabell 41. Larmstatistik från 2012.

Brandlarm 2012 (24 st)	
Handhavande Personal AS	25 %
Hantverkare	17 %
Brand/Rökutveckling	17 %
Okänd orsak	17 %
Tekniskt fel/drift	12 %
Patient	8 %
Felhantering Servicepersonal	4 %

Tabell 42. Larmstatistik från 2013.

Brandlarm 2013 (46 st)	
Hantverkare	32 %
Tekniskt fel/drift	24 %
Okänd orsak	15 %
Handhavande personal AS	13 %
Brand/Rökutveckling	8 %
Patient	4 %
Felhantering Servicepersonal	4 %

XIX. Bilaga 19 – Indatafil CFAST

Indatafil i CFAST för branden i linneförrådet. Denna anses vara representativ för alla scenarier.

linneforrad

23,0,0,0,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
0.016,33.57424,100000,0.005,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
393.15,67.14848,400000,0.02,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
293.15,100.7227,899999.9,0.04499999,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
0,134.297,1600000,0.08,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
0.3,167.8712,2500000,0.125,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
10000,201.4454,3600000,0.18,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
1,235.0197,4900001,0.245,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
1,268.5939,6400001,0.3200001,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
1,302.1682,8100000,0.405,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
2E+07,335.7424,1E+07,0.5,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
METHANE,635.7424,9999998,0.4999999,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
,665.7424,8099999,0.4049999,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
,695.7424,6399999,0.32,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
,725.7424,4899999,0.2449999,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
,755.7424,3599999,0.1799999,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
,785.7424,2499999,0.1249999,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
,815.7424,1599999,0.07999995,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
,845.7424,899999.4,0.04499997,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
,875.7424,399999.6,0.01999998,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
,905.7424,99999.8,0.00499999,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
,935.7424,1.034803E-07,5.174015E-15,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001
,945.7424,0,0,0,1,0,0,3333333,0.04,0.04,0,0,1,0.0001

Indatafil CFAST compartments för linneförrådet. Denna anses vara representativ för alla scenarier.

VERSN,6,Linneforrad

!!

!!Environmental Keywords

!!

TIMES,900,-50,0,10,5

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,Korridor 6241,25.8,2.4,2.5,27.9,7.05,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Korridor 6117A,19.5,2.4,2.5,8.4,7.05,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Okant 2 Korridor,4.5,4.2,2.5,3.9,5.25,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Matrum,3.9,4.5,2.7,0,4.95,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Korridor 6127,2.1,3.9,2.5,3.9,9.45,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Korridor 6134,24,2.4,2.5,3.9,13.35,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Korridor 6131,1.5,3.9,2.5,15.9,9.45,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Korridor 6105,2.4,3.9,2.5,25.5,9.45,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Korridor 6149,3.6,3.6,2.5,24.8,15.75,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Undersokningsrum,3.3,6.3,2.5,39.3,9.45,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Okant 3,3.6,2.9,2.5,35.7,15.75,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Korridor 6212,6,9,1,2.5,39.3,15.75,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Snutt 1,6,2.1,2.5,45.3,15.75,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Korridor 6230,4.8,6.6,2.5,51.3,11.25,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Snutt 2,2.4,5.4,2.5,53.7,5.85,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Korridor 6234,9.6,2.4,2.5,56.1,5.85,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Korridor 6220,2.1,12,2.5,65.7,5.85,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Korridor 6211,9.6,2.3,2.5,56.1,15.55,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Vardrum 6258,3.3,4.5,2.5,38.7,0.45,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Vardrum 6261,3.3,4.5,2.5,35.4,0.45,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,Vardrum 6255,3.3,4.5,2.5,42,0.45,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,6257,1.8,2.1,2.5,38.7,4.95,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,6254,1.8,2.1,2.5,42,4.95,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

COMPA,6260,1.8,2.1,2.5,35.4,4.95,0,GYPSUM,CONCLITE,GYPSUM

HALL,1,-1,-1,-1
HALL,2,-1,-1,-1
HALL,6,-1,-1,-1
!!
!!vent keywords
!!
HVENT,4,3,1,2.4,2.5,0,1,1.8,0,4,1
HVENT,3,5,1,2.1,2.5,0,1,0,0,3,1
HVENT,5,6,1,2.1,2.5,0,1,0,0,3,1
HVENT,3,2,1,2.4,2.5,0,1,0,0,4,1
HVENT,2,7,1,1.5,2.5,0,1,7.5,0,3,1
HVENT,7,6,1,1.5,2.5,0,1,12,0,1,1
HVENT,2,8,1,2.4,2.5,0,1,17.1,0,3,1
HVENT,8,6,1,2.4,2.5,0,1,21.6,0,1,1
HVENT,6,9,1,3.1,2.5,0,1,20.9,0,3,1
HVENT,4,25,1,0.75,2.1,1,1,0,0,4,0
HVENT,4,25,2,1.95,2.1,1,1,2.1,0,4,0
HVENT,4,25,3,1.2,2.1,1,1,0,0,1,0
HVENT,4,25,4,1,2.1,0.7,1,2,0,1,0
HVENT,2,1,1,1.4,2,0,1,0.3,0,2,1
HVENT,10,12,1,1.2,2.1,0,1,1,0,3,1
HVENT,1,10,1,1.2,2.1,0,1,12.4,0,3,1
HVENT,11,12,1,2.89,2.49,0,1,0,0,2,1
HVENT,12,13,1,2.09,2.49,0,1,0,0,2,1
HVENT,13,14,1,2.09,2.49,0,1,0,0,2,1
HVENT,14,18,1,2.3,2.5,0,1,4.2,0,2,1
HVENT,14,15,1,2.39,2.49,0,1,2.4,0,1,1
HVENT,15,16,1,2.39,2.49,0,1,0,0,2,1
HVENT,1,15,1,2.39,2.49,0,1,0,0,2,1
HVENT,16,17,1,2.39,2.49,0,1,0,0,2,1
HVENT,17,18,1,2.29,2.49,0,1,9.7,0,4,1
HVENT,1,23,1,0.7,1.9,0.8,1,15,0,1,0
HVENT,1,22,1,1.2,2,0,1,11.3,0,1,1
HVENT,1,24,1,0.7,1.9,0.8,1,8.4,0,1,0

HVENT,21,23,1,0.7,1.9,0.8,1,0.9,0,3,0
HVENT,19,22,1,1.2,2,0,1,0.5,0,3,1
HVENT,20,24,1,0.7,1.9,0.8,1,0.9,0,3,0
HVENT,21,25,1,1.2,2,0.7,1,2,0,1,0
HVENT,21,25,2,0.9,2,1,1,0.5,0,1,0
HVENT,19,25,1,1.2,2,0.7,1,2,0,1,0
HVENT,19,25,2,0.9,2,1,1,0.5,0,1,0
HVENT,20,25,1,1.2,2,0.7,1,2,0,1,0
HVENT,20,25,2,0.9,2,1,1,0.5,0,1,0
HVENT,20,19,1,1.2,2,1.3,1,0.8,0,2,0
HVENT,20,19,2,1.2,2,1.3,1,2.5,0,2,0
HVENT,19,21,1,1.2,2,1.3,1,2.5,0,4,0
HVENT,19,21,2,1.2,2,1.3,1,0.8,0,4,0
HVENT,9,25,1,1.2,0.3,0,1,1.2,0,3,1
HVENT,17,25,1,1.3,0.3,0,1,0.5,0,2,1
EVENT,H,19,25,1,135,0,1
EVENT,H,19,25,2,135,0,1
EVENT,H,20,19,1,135,0,1
EVENT,H,20,19,2,135,0,1
EVENT,H,19,21,1,135,0,1
EVENT,H,19,21,2,135,0,1
!!
!!fire keywords
!!
OBJECT,linneforrad,10,1.65,3.15,0,1,1,0,0,0,1

XX. Bilaga 20 – Indatafil ERM

Indatafiler för linneförrådets simuleringar i ERM. Denna ses som representativt för alla scenarier.

GENERAL INFORMATION FOR THE RUN.

1 1 0 0

12 19 93 10 15 0

STAFF INFORMATION FOR THE RUN.

1 21 180

2 21 180

3 21 180

4 77 180

5 77 180

6 77 180

7 77 180

RESIDENT INFORMATION FOR THE RUN.

1 3 10 16 60 0

2 9 10 17 60 0

3 29 10 14 60 0

4 31 10 13 60 0

5 34 10 15 60 0

6 40 10 10 60 0

7 42 10 11 60 0

8 44 10 12 60 0

9 46 10 6 60 0

10 48 10 4 60 0

11 50 10 2 60 0

12 58 10 1 60 0

13 66 10 3 60 0

14 70 10 5 60 0

15 75 10 7 60 0

16 85 10 8 60 0

17 87 10 9 60 0

NODE INFORMATION FOR THE RUN.

1 SAFE 0 0 0 1 2
2 MAT 0 14 0 3 1 3 4
3 PAT 0 20 0 1 2
4 KORR 8 20 0 5 2 5 6 7 37
5 UND 13 0 0 2 4 6
6 KORR 17 20 0 4 4 5 7 8
7 EXP 24 0 0 2 4 6
8 KORR 34 20 0 3 6 9 10
9 VAR 34 0 0 1 8
10 KORR 46 20 0 4 8 11 12 27
11 VAR 50 0 0 1 10
12 KORR 57 20 0 3 10 13 25
13 KORR 66 20 0 3 12 14 15
14 VAR 66 0 0 1 13
15 KORR 82 20 0 4 13 16 17 38
16 PERS 82 0 0 1 15
17 KORR 82 36 0 4 15 18 19 21
18 EXP 93 36 0 1 17
19 KORR 82 47 0 3 17 20 21
20 SAFE 82 59 0 2 19 92
21 KORR 57 41 0 4 17 19 22 23
22 KOK 71 56 0 1 21
23 KORR 57 41 0 4 21 24 25 26
24 EXP 57 56 0 1 23
25 LAKE 57 31 0 2 12 23
26 KORR 46 41 0 4 23 27 28 30
27 KORR 46 31 0 2 10 26
28 DORR 41 45 0 4 26 29 31 30
29 VARD 46 59 0 1 28
30 KORR 37 41 0 3 26 28 32
31 VARD 36 59 0 1 28
32 KORR 23 41 0 3 30 33 35
33 DORR 18 45 0 4 32 34 35 36
34 VARD 21 59 0 1 33

LVI

35 KORR 14 41 0 3 32 33 37
36 VARD 11 59 0 1 33
37 KORR 9 33 0 3 4 35 91
38 KORR 93 29 0 4 15 39 40 41
39 EXP 93 30 0 1 38
40 VARD 96 0 0 1 38
41 KORR 105 20 0 3 38 42 43
42 VARD 106 0 0 1 41
43 KORR 117 20 0 3 41 44 45
44 VARD 119 0 0 1 43
45 KORR 129 20 0 3 43 46 47
46 VARD 129 0 0 1 45
47 KORR 142 20 0 3 45 48 49
48 VARD 142 0 0 1 47
49 KORR 152 20 0 3 47 50 51
50 VARD 152 0 0 1 49
51 KORR 163 20 0 3 49 52 53
52 PERS 163 0 0 1 51
53 KORR 176 20 0 4 51 54 55 74
54 OP 176 0 0 1 53
55 KORR 190 16 0 3 53 56 57
56 EXP 190 0 0 1 55
57 KORR 202 16 0 3 55 58 59
58 UND 202 0 0 1 57
59 KORR 212 16 0 4 57 60 61 62
60 UND 212 0 0 1 59
61 SAFE 220 16 0 1 59
62 KORR 214 28 0 3 59 63 64
63 SAFE 225 32 0 2 62 64
64 KORR 214 38 0 3 62 63 65
65 KORR 212 46 0 3 64 66 67
66 UND 212 60 0 1 65
67 KORR 201 46 0 3 65 68 69
68 EXP 201 60 0 1 67

69 KORR 191 46 0 3 67 70 71
70 UND 191 60 0 1 69
71 KORR 180 46 0 4 69 72 73 77
72 EXP 180 60 0 1 71
73 KORR 178 39 0 4 71 74 76 77
74 KORR 178 30 0 3 53 73 75
75 PAT 170 30 0 1 74
76 PAT 170 39 0 2 73 77
77 KORR 170 46 0 5 71 73 76 78 79
78 UND 170 60 0 1 77
79 KORR 159 46 0 3 77 80 81
80 EXP 159 58 0 1 79
81 KORR 150 46 0 3 79 82 83
82 EXP 150 58 0 1 81
83 KORR 140 50 0 3 81 84 88
84 KORR 135 60 0 5 83 85 86 87 88
85 PAT 143 60 0 1 84
86 PAT 135 68 0 1 84
87 PAT 127 60 0 2 84 88
88 KORR 129 59 0 4 83 84 87 89
89 KORR 118 50 0 2 88 90
90 SAFE 118 60 0 2 89 93
91 SAFE 2 33 0 1 37
92 UTE 87 71 0 2 20 93
93 UTE 87 110 0 2 90 92