

Brandteknisk riskvärdering av Kyrkskolan i Svedala



**LUNDS
UNIVERSITET**
Lunds Tekniska Högskola

Henrik Andersson

Åsa Andersson

Jill Gullberg

Joakim Olander

Rapport 9420

Lund 2012

Brandteknisk riskvärdering av

Kyrkskolan i Svedala

Henrik Andersson

Åsa Andersson

Jill Gullberg

Joakim Olander

Lund 2012

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.

Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering

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

Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety

Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden
Telephone: +46 46-222 73 60
Homepage: www.brand.lth.se
E-mail: brand@brand.lth.se

Titel/Title

Brandteknisk riskvärdering av Kyrkskolan i Svedala
Fire safety evaluation of Kyrkskolan, Svedala

Rapport/Report

9420 © Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2012

Författare/Authors

Henrik Andersson
Åsa Andersson
Jill Gullberg
Joakim Olander

Nyckelord

Brandteknisk riskvärdering, personsäkerhet, brandscenarier, utrymning, kritiska förhållanden, tidsmarginal, CFAST, Simulex, @RISK.

Keywords

Fire safety evaluation, occupational safety, fire scenarios, evacuation, critical conditions, time margin, CFAST, Simulex, @RISK.

Språk/Language

Svenska/Swedish

Abstract

This report contains a fire safety evaluation of Kyrkskolan, Svedala. Kyrkskolan is an educational institution in the community of Svedala that houses a primary school, preschool and kindergarten. Parts of the building are roughly 100 years old and there has been a need to investigate if the fire safety is satisfactory with respect to present regulations and risk acceptance.

The aim of this work has been to evaluate the fire safety with focus upon occupational safety. The work method is mainly based on a quantitative approach and some qualitative reasoning. Four critical scenarios in the building have been chosen for evaluation. Every scenario deals with a fire that is calculated and simulated in CFAST. In parallel, egress simulations are performed for each scenario in Simulex. A time margin is calculated for each scenario with collected time data for critical conditions and evacuation time.

The results show unacceptable conditions for egress in most cases. @RISK is used to treat uncertainties and to show important factors that can be used to reduce the risks. Measures are evaluated and suggested in order to secure satisfactory safety.

Förord

Denna rapport är en del i kursen Brandteknisk riskvärdering som läses under tredje året för brandingenjörsstudenterna vid Lunds Tekniska Högskola. Rapportens syfte är att utvärdera personsäkerheten på Kyrkskolan, Svedala.

En skriftlig rapport skall presenteras samt en muntlig presentation skall utföras. Målet är att utveckla studenternas analytiska förmåga och även ge erfarenhet för kommande projekt i arbetslivet.

Förväntningar vi haft med rapporten är att genomföra en grundläggande undersökning av personsäkerheten och förbättra brandskyddet på kyrkskolan i Svedala.

Författarna vill tacka följande personer för hjälp med sammanställandet av rapporten och handledning.

Robert Jönsson, Avdelningschef för Brandteknik och Riskhantering för mycket hjälpsam handledning och trevliga fikamöten.

Karl Fridolf, Doktorand vid Brandteknik för hjälp vid rapportens start samt hjälpsam handledning vid platsbesök.

Torgny Althin, Brandmästare vid Räddningstjänsten Svedala för vägledning och tips vid platsbesöket samt gott bemötande och samarbetsvilja.

Maria Broman, Brandingenjör vid Räddningstjänsten Svedala för vägledning och tips vid platsbesöket samt gott bemötande och samarbetsvilja.

Mikael Jönsson, Stf Räddningschef vid Räddningstjänsten Svedala för vägledning och tips vid platsbesöket samt gott bemötande och samarbetsvilja.

Marie Lejonklev, Rektor vid Kyrkskolan Svedala för svar på frågor samt inblick i skolans verksamhet.

Daniel Nilsson, Universitetslektor vid Brandteknik för hjälp i frågor om utrymning och brandsäkerhet.

Aldis Run Larusdottir, Doktorand vid DTU för hjälp vid informationssamlade om utrymningsegenskaper hos barn.

Granskningsgruppen, För ni tagit er tid att granska vår rapport och föreslagit förbättringar.

Nomenklaturlista

A_0	ventilationsöppningarnas sammanlagda area [m^2]
b	dörrbredd [m]
f	personflödet genom dörr [p/sm]
H	höjd [m]
H_0	ventilationsöppningarnas höjd [m]
l	längd [m]
m	massa [kg]
n	personantal [-]
\dot{q}_r''	strålningsintensitet mot utsatt yta [kW/m^2]
Q	energi [kJ]
\dot{Q}	effektutveckling [kW]
R	avstånd från flamma till utsatt yta [m]
t	tid [s]
V	volym [m^3]
v	hastigheten [m/s]
α	tillväxtfaktor [kW/s^2]
ΔH_c	förbränningsvärme [kJ/kg]
θ	vinkel [radianer]
π	pi [-]
ρ	densitet [kg/m^3]
χ	förbränningseffektivitet [-]
χ_r	strålningsandel från flamma [-]

Sammanfattning

Följande rapport är resultatet av projektarbetet i kursen Brandteknisk riskvärdering som ges vid brandingenjörsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola. Rapporten presenterar en brandteknisk riskvärdering av Kyrkskolan i Svedala som fokuserar på personsäkerhet i händelse av brand. Tillvägagångssättet är kvantitativt med inslag av kvalitativa resonemang.

Kyrkskolan är en låg- och mellanstadieskola med cirka 250 elever. Skolan inhyser också fritidsverksamhet, gym och en frimärksklubb. Den äldsta delen av skolbyggnaden byggdes 1896 och därefter har skolan byggts om och byggts till i omgångar.

Riskvärderingen föregås av ett inledande platsbesök där objektet studeras med avseende på brandskydd och utrymning. Med hjälp av underlag från observationer, ritningar och statistik utförs en riskidentifiering och fyra brandscenarier som bedöms vara av störst risk sållas fram. Dessa är:

- Vindsbrand i gamla skolbyggnaden
- Brand i gamla lärarbostaden
- Brand i biblioteket
- Brand i hobbyrummet

Brandscenarierna beräknas med hjälp av handberäkningar och simuleringar i CFAST och resulterar i tider för kritiska förhållanden. Parallellt utförs utrymningsberäkningar för varje brandscenario via handberäkningar samt simulering i Simulex och Detact QS som resulterar i en varseblivningstid, förberedelsetid och förflyttningstid. Tiderna används för att ta fram tidsmarginalen för respektive scenario. Tidsmarginalerna och övrig indata simuleras och känslighetsanalyseras i @RISK. Acceptanskriteriet är att tidsmarginalerna i 95 procent av fallen är tillfredsställande. Utifrån tidsmarginalerna tas åtgärdsförslag fram och valideras. Åtgärdsförslagen är uppdelade i *skall* och *bör*. Om skallkraven åtgärdas anses skyddsnivån klara uppsatta acceptanskriterier. Följande åtgärder rekommenderas:

- Spisen *skall* kopplas ur eller tas bort om den aldrig används, annars *skall* timer installeras
- Sofforna i biblioteket *skall* bytas ut mot flamskyddade (såvida de inte redan är det)
- Lättantändligt materiel såsom scenridån *skall* tas bort från hobbyrummet
- Större arrangemang *skall* förpassas från hobbyrummet till idrottshallen
- Ventilationssystemet *skall* utredas och kontrolleras så att det är tillfredsställande
- Öppningar i brandcellsgränser mellan del A och B samt G och H *skall* tätas
- Branddörren på våning 2 i del A *skall* åtgärdas så att den stänger korrekt
- Utrymningsskyltar i del A *skall* kontrolleras och åtgärdas
- Elever och personal *skall* vara införstådda och kapabla att använda fönsterutrymning på våning 2 i del A
- Utrymningsvägen genom fönstret från lärarbostaden *skall* göras om
- Vinden *bör* förses med rökdetektorer
- Brännbart materiel *bör* avhyas från vinden

- Hemkunska:ssalen *bör* vara låst då det inte är undervisning
- Vreden på utrymningsdörrarna *bör* ersättas med vred som ej försvårar utrymning

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och Mål.....	1
1.3 Acceptanskriterium.....	1
1.4 Metod.....	1
1.5 Avgränsningar och Begränsningar	2
2. Objektsbeskrivning.....	3
2.1 Verksamhet.....	3
2.2 Byggnaden.....	3
2.3 Ventilationssystem.....	4
3. Befintligt brandskydd	5
3.1 Brandcellsindelning	5
3.2 Detektion	5
3.3 Utrymningslarm.....	6
3.4 Utrymningsvägar	6
3.5 Utrymningsrutiner	6
3.6 Släckutrustning	7
3.7 Brister i befintligt brandskydd.....	7
4. Utrymning	9
4.1 Kritiska förhållanden	9
4.2 Människors beteende vid brand.....	10
4.3 Utrymningsberäkningar	11
4.4 Gångavstånd	11
5. Riskidentifiering.....	13
5.1 Grovanalys.....	13
5.2 Statistik	13
5.3 Brandscenarier	14
5.4 Utvalda brandsceneriern	16
6. Brandscenario A. Vindsbrand i gamla skolbyggnaden	19
6.1 Dimensionerande brand.....	20
6.2 Kritiska förhållanden	20
6.3 Utrymning.....	21

6.4	Åtgärdsförslag	21
6.5	Diskussion	21
7.	Brandscenario B. Brand i gamla lärarbostaden	23
7.1	Dimensionerande brand.....	23
7.2	Kritiska förhållanden	24
7.3	Utrymning.....	25
7.4	Tidsmarginal.....	26
7.5	Känslighetsanalys @RISK	27
7.6	Åtgärdsförslag	28
7.7	Validering av åtgärdsförslag.....	28
7.8	Diskussion	29
8.	Brandscenario C. Brand i biblioteket	31
8.1	Dimensionerande brand.....	31
8.2	Kritiska förhållanden	32
8.3	Utrymning.....	37
8.4	Tidsmarginal.....	39
8.5	Känslighetsanalys @RISK	40
8.6	Åtgärdsförslag	40
8.7	Validering av åtgärdsförslag.....	40
8.8	Diskussion	42
9.	Brandscenario D. Brand i hobbyrum.....	45
9.1	Dimensionerande brand.....	45
9.2	Kritiska förhållanden	46
9.3	Utrymning.....	47
9.4	Tidsmarginal.....	49
9.5	Känslighetsanalys @RISK	50
9.6	Åtgärdsförslag	50
9.7	Validering av åtgärdsförslag.....	51
9.8	Diskussion	52
10.	Slutsats	55
	Referenser.....	57
	Bilaga A. Teori och modeller	59
	Bilaga B. Brandscenario A.....	63

Bilaga C. Brandscenario B	65
Bilaga D. Brandscenario C	73
Bilaga E. Brandscenario D	93
Bilaga F. Utrymningsplaner	103
Bilaga G. Detektorplacering	109

1. Inledning

I detta avsnitt beskrivs rapportens bakgrund, syfte, mål, avgränsningar, begränsningar och metod.

1.1 Bakgrund

Rapporten är en del av kursen Brandteknisk riskvärdering som ges vid Lunds tekniska högskola och är en del av brandingenjörsutbildningen. Arbetet syftar till att utvärdera brand- och utrymningssäkerheten på Kyrkskolan i Svedala.

1.2 Syfte och Mål

Syftet med rapporten är att träna studenternas förmåga att använda kritiskt tänkande samt analytiskt- och förenklad dimensionering av brandskydd. Med hjälp av kunskap från tidigare kurser ska eleverna utvärdera personsäkerheten vid händelse av brand. Målet med arbetet är att beskriva de risker som finns med byggnaden genom en brandteknisk riskvärdering. Förslag på åtgärder där riskerna ej är acceptabla ska ges för att på så sätt säkerställa personsäkerheten vid brand.

1.3 Acceptanskriterium

Personsäkerheten vid händelse av brand anses vara tillfredställande om alla personer lyckas utrymma innan kritiska förhållanden uppstår i 95 procent av fallen.

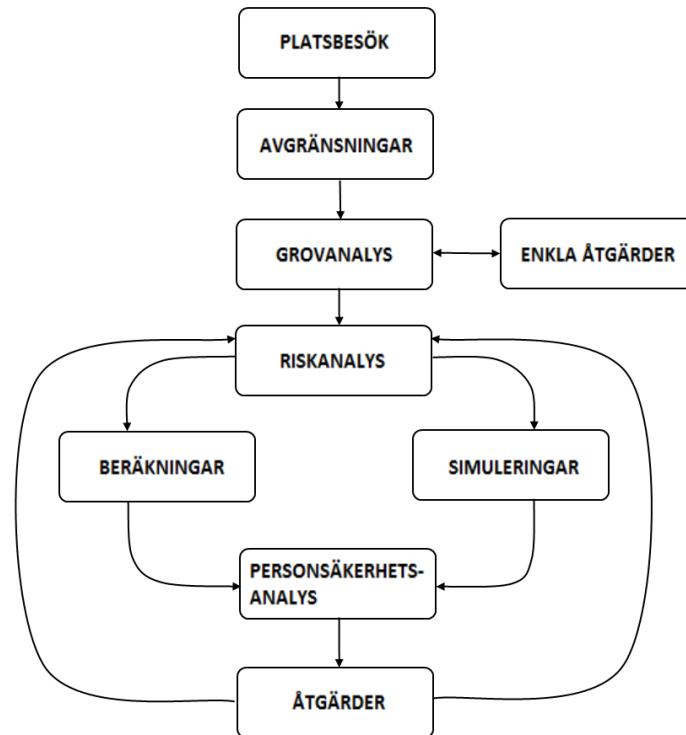
1.4 Metod

Arbetet inleds med att noggrant studera objektet. Till att börja med genom plan- och ventilationsritningar och därefter med ett platsbesök. Platsbesök genomförs för att få en uppfattning över objektets utformning, verksamhet, befintligt brand- och personskydd, intervjuer med personal samt andra detaljer av intresse. Platsbesöket äger rum 2012-02-03 tillsammans med handledare och representanter från Räddningstjänsten Svedala. Efter platsbesök bestäms de avgränsningar som gäller för resterande del av rapporten.

Arbetet fortskrider och en grovanalys av objektet genomförs. Detta för att identifiera de risker som kan finnas för personsäkerheten. De risker som tas fram sällas sedan med hjälp av en riskmatris och de som antas att vara mest sannolika samt med störst konsekvens väljs ut för vidare analys. Dessa blir de dimensionerande brandscenarierna.

De dimensionerande brandscenarierna undersöks vidare genom handberäkningar och simuleringar i CFAST, Simulex, Detact QS och @RISK. Med hjälp av dessa undersöks om brandscenarierna skapar kritiska förhållanden vilket omöjliggör tillfredsställande utrymning. Om så är fallet undersöks åtgärder för att fördröja eller förhindra att kritiska förhållanden uppstår och om utrymningstider kan kortas ner. Efter att en åtgärd är föreslagen itereras processen och beräkningar och simuleringar utförs med åtgärden på plats för att undersöka dess verkan. Detta händelseförlopp fortskrider tills personsäkerheten kan säkerställas. Då rapporten skrivs i ett lärande syfte används olika tillvägagångssätt vid analyseringen av de olika scenarierna för att ta lärdom av olika metoder.

En enkel överblick över arbetsprocessen presenteras i figur 1.



Figur 1. Flödesschema över arbetsprocessen som används i rapporten.

1.5 Avgränsningar och Begränsningar

Rapporten är begränsad till att endast behandla personsäkerheten vid händelse av brand. Ingen hänsyn till eventuella egendoms- och miljöskador tas. På grund av att personsäkerheten ligger i fokus beaktas främst brandens tillväxtfas då utrymning antas ske inom detta tidsintervall.

I tillämpningen av dimensionerande bränder i brandscenarierna bortses från initialskedet, den så kallade förbrinningstiden. Istället antas denna redan ha inträffat vilket generellt kan anses ha en konservativ inverkan på detektionstider och varseblivning samtidigt som motsatsen gäller för människors påverkan av brandgaser (Staffansson, 2010).

I brandscenarierna bortses från möjligheten att människor på skolan försöker ingripa och motverka bränderna vilket är konservativt.

Del P behandlas inte i rapporten då fokus ligger på huvudbyggnaden där flest personer befinner sig, del A-G, se figur 2.

Hänsyn till funktionshindrade tas ej.

På grund av ofullständiga ventilationsritningar kommer beräkningar ej utföras för att kontrollera brandgasspridning genom ventilationen, dock kommer ett kvalitativt resonemang göras.

2. Objektsbeskrivning

Kyrkskolan ligger i Svedala i Skåne och byggdes år 1896. Ursprungligen bestod skolan av ett litet tvåvåningshus med källare, där läraren hade sin bostad på ovanvåningen. Under 1970-talet byggdes skolan ut till befintlig omfattning.¹ Den har även renoverats ett antal gånger.

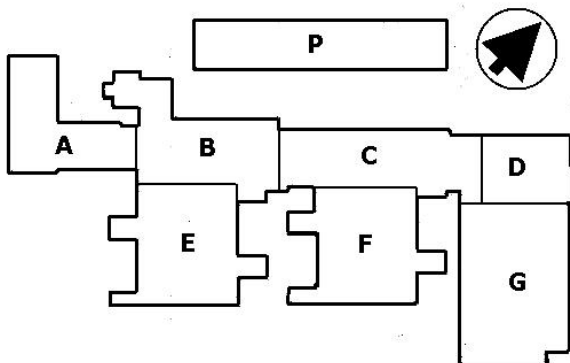
2.1 Verksamhet

Kyrkskolan är en kommunal grundskola med cirka 250 elever och 36 anställda. Av dessa befinner sig 215 personer i huvudbyggnaden och resterande i paviljongen, del P. Figur 2² Utöver skolverksamhet bedrivs även ett gym, som är öppet för allmänheten, i källaren i del G, ett fritids i del A, ett skolbibliotek i del B samt en föreningslokal för Svedala Unga Frimärksamlare i källaren i del A, se figur 2.

Fritidset är öppen klockan 06.00 till 18.00 alla veckodagar. Skolverksamhet med elever bedrivs på vardagar från klockan 08.00 till cirka 14.00. Gymnastiksalen, som finns i del G, tillhör skolverksamheten fram till klockan 16.00. Efter det hyr kommunens fritidskontor ut lokalen till Friskis & Svetts, innebandy och dylika aktiviteter.² Gymmet är öppet från klockan 05.00 till 01.00. Övernattning sker ej i någon del av byggnaden.³

2.2 Byggnaden

Kyrkskolan består av två byggnader, en huvudbyggnad och en paviljong. Huvudbyggnaden är uppdelad i sju delar, A-G, se figur 2.



Figur 2. Planritning över Kyrkskolan.

2.2.1 Del A

Del A är den äldre delen av byggnaden. Där finns en källare, ett markplan och en övervåning. I källaren finns samlingslokalen för Svedalas Unga Frimärksamlare, ett pannrum och några förrådsutrymmen. Källaren är normalt sätt låst så elever inte kan komma ner dit.

På markplanet bedrivs syslöjd och träslöjd. Här finns även vaktmästarens rum och två stora materielrum. Dessa utrymmen hålls låsta då det inte bedrivs någon undervisning.

På övervåningen bedrivs hemkunskap och fritidsverksamhet för 30 elever. Eftersom del A är den äldre delen av byggnaden är rummen, speciellt på övervåningen, små och har låg takhöjd.

¹ Rektor Maria Lejonklev, Kyrkskolan, mailkonversation 2012-04-16.

² Rektor Maria Lejonklev, Kyrkskolan, mailkonversation 2012-03-14.

³ Brandmästare Torgny Althin, Svedala Räddningstjänst, 2012-05-15.

2.2.2 Del B

Del B består av matsal för maximalt 150 personer, ett uppvärmningskök, ett bibliotek och huvudentrén. Under sommaren 2011 renoverades köket och den ursprungliga matsalen delades in i två olika delar, en matsalsdel närmst köket och en biblioteksdel. Dessa skiljs av med en skärmvägg.

2.2.3 Del C

Del C består av kontors- och personalrum samt skolsköterskerum.

2.2.4 Del D, E och F

Del D, E och F består av klassrum, där del E och F är identiska. I varje klassrum finns ett intilliggande kapprum.

2.2.5 Del G

Del G består av en källare och ett markplan. I källaren finns en hobbylokal, elcentral, VVS-central, ställverksrum och ett gym. Källaren kommer i resterande arbete benämnas del H. På markplanet finns gymnastiksal och omklädningsrum. Vid de tillfällen då gymnastiksalen hyrs ut samt då den används till evenemang, så som avslutningar, ska det noteras att utrymningsvägarna är så pass tydliga och väl utformade att personer utan lokalkännedom bedöms kunna utrymma utan risk för personskador.

2.3 Ventilationssystem

Nedan presenteras ventilationssystemets uppbyggnad utifrån tillgängligt ritningsunderlag. Då det tillgängliga ritningsunderlaget inte är heltäckande och vissa delar av underlaget inte är aktuellt kan systemet enbart redogöras på en övergripande nivå.

Ventilationssystemet är uppbyggt i omgångar med anledning av tillbyggnationer och renoveringar. Skolan är inte utrustad med brandgasventilation och några rökluckor har ej påträffats och antas därför ej finnas. Del A är försett med ett självdragssystem.

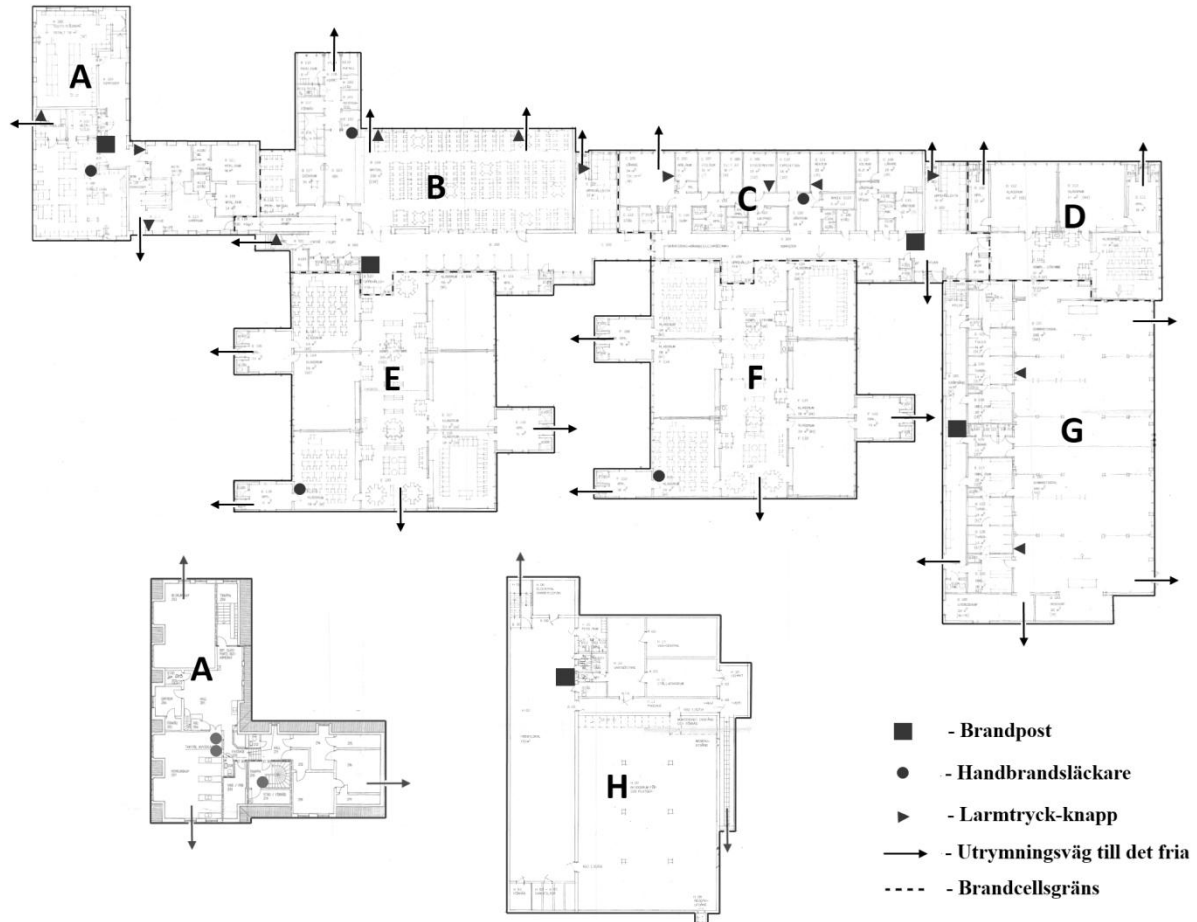
Hemkunskapssalen tycks dock vara kopplad till ett fläktsystem som troligtvis inte är anslutet till övrig frånluft. Del B-H är utrustade med ett mekaniskt till- och frånluftssystem.

För att upprätthålla brandcellsgränserna måste ventilationen av brandcellerna hållas separerad så att brandgasspridning inte kan ske via ventilationssystemen. Del C, F och H är försedda med egna aggregat som är placerade i fläktrum på skolans tak. Eftersom del E i övrigt är utformat som del F är det troligt att också denna del är försedd med ett eget aggregat. I del B, D och G är det oklart huruvida dessa är försedda med egna aggregat.

Brandgasspridning via ett ventilationssystem inom en brandcellsgräns kan ske om flera rum har gemensamma till- och frånluftkanaler och om brandtrycket överstiger tryckfallen över don och kanaler. Gemensamma tilluftskanaler finns med säkerhet i del A, C och H.

3. Befintligt brandskydd

Nedan redovisas det befintliga brandskyddet samt brister som uppmärksammades vid platsbesöket på Kyrkskolan. I figur 3 visas en planskiss över utrymningsvägar ut i det fria samt diverse brandskyddsarrangemang.



Figur 3. Överblick av befintligt brandskydd. Överst, huvudbyggnaden. Väster nere, ovanvåning del A. Höger nere, del H.

3.1 Brandcellsindelning

Kyrkskolans huvudbyggnad är uppdelad i åtta brandceller. Gränserna visas i figur 3. Därtill är del H uppdelad i fyra brandceller men med delvis gemensamma ventilationskanaler.

3.2 Detektion

Detektion av bränder sker med hjälp av värme- och rökdetektorer placerade över skolan, se Bilaga G. Till största del förekommer rökdetektorer medan slöjdsalarna i del A använder en både rök- och värmedetektorer på grund av att damm och sågspån kan påverka känsligheten hos en rökdetektor (Nilsson & Holmstedt, 2008). Detektorerna är direktkopplade till utrymningslarmet och är adresserbara.

3.3 Utrymningslarm

Utrymningslarmet ljuder över hela huvudbyggnaden vid aktivering. Larmtryck-knappar finns placerade runtom i byggnaden. Utrymningslarmet är direktkopplat till räddningstjänsten och kontrolleras och stängs av via larmcentralen vilken är placerad vid räddningstjänstens inträngningsväg⁴, se Bilaga G.

3.4 Utrymningsvägar

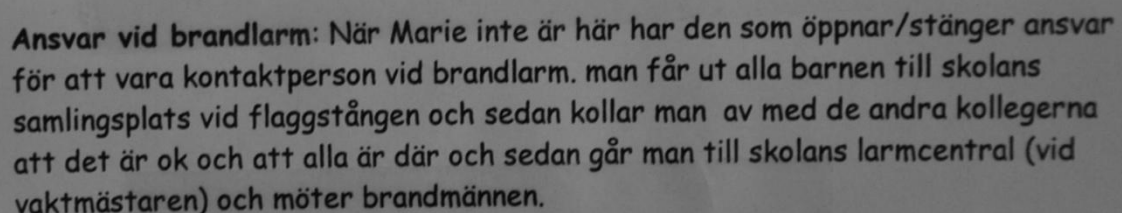
I Kyrkskolan finns ett antal utrymningsplaner placerade på lämpliga platser enligt AFS (2009:2 89§), se Bilaga F.

Möjlighet till utrymning direkt ut i det fria finns i alla brandceller förutom delar av del H. Tillgången till utrymningsvägar är acceptabel överallt förutom i del H där vissa utrymningsvägar är för långa enligt Boverkets byggregler, BBR 19 (BFS 2011:26). Dörrar märkta med utrymningsskyltar mellan brandcellerna är försatta med ett vred vilket innebär att de vid stängning går in i ett låst tillstånd men öppnas genom vridning av vredet samt tryck. Om ingen köbildning förväntas uppstå samt maximalt 50 personer förväntas använda utrymningsvägen vid utrymning är det en fungerande lösning enligt BBR 19 (BFS 2011:26).

På ovanvåningen av del A finns tre utrymningsvägar ut i det fria. Två via fastmonterade stegar som löper längs med byggnadens utsida samt en genom ett fönster som leder ut på taket av del B vilket kräver en stege för att komma ner till marknivå.

3.5 Utrymningsrutiner

Utrymningsövning sker en gång per termin med vad som anses vara tillfredställande resultat⁵. Inga specifika tider för utrymning har dokumenterats. Under skoltid finns en brandansvarig i personalen vars uppgift är att räkna in och säkerställa att alla människor inom skolan utrymt vid eventuellt brandlarm samt agera kontaktperson med räddningstjänsten. I varje klassrum finns en text i anslutning till utrymningsplanen där det står vem denna person är, se figur 4. Vid ett eventuellt larm följer läraren med sin klass till uppsamlingsplatsen, där de väntar med sina elever tills kontaktpersonen alternativt räddningstjänsten meddelar något annat.⁶ I vilken utsträckning skolan bedriver ett systematiskt brandskyddsarbete är oklart.



Ansvar vid brandlarm: När Marie inte är här har den som öppnar/stänger ansvar för att vara kontaktperson vid brandlarm. man får ut alla barnen till skolans samlingsplats vid flaggstången och sedan kollar man av med de andra kollegerna att det är ok och att alla är där och sedan går man till skolans larmcentral (vid vaktmästaren) och möter brandmännen.

Figur 4. Instruktioner för ansvarsfördelning vid brandlarm.

⁴ Brandmästare Torgny Althin, Svedala Räddningstjänst, 2012-02-03.

⁵ Brandmästare Torgny Althin, Svedala Räddningstjänst, 2012-02-03.

⁶ Rektor Maria Lejonklev, Kyrkskolan, mailkonversation 2012-03-14.

3.6 Släckutrustning

Kyrkskolan har inget aktivt släcksystem, dock finns handbrandsläckare utplacerade på skolan samt fem brandposter. I del A, B, E och F finns tillgång till handbrandsläckare. Brandposter finns placerade i del B vid huvudentrén, i del A utanför träslöjdsalen, i del G utanför gymnastiksalen, i del H i hobbyrummet samt i bortersta änden av del C sett från huvudentrén.

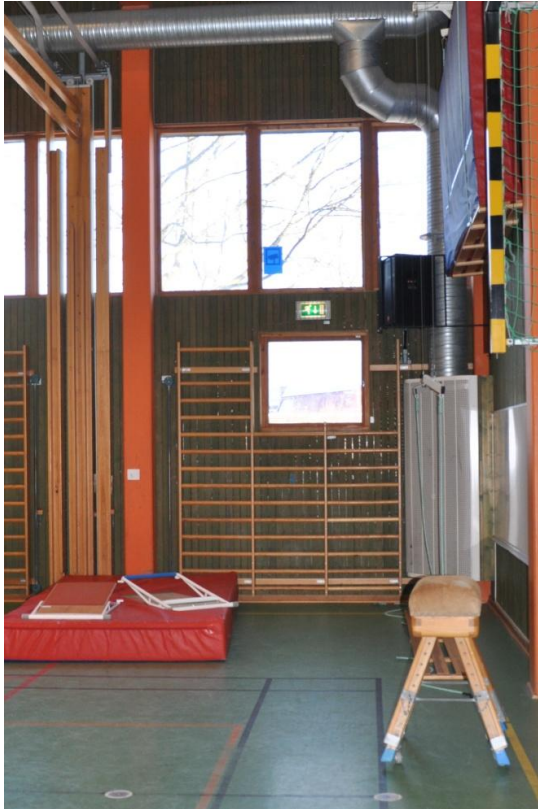
3.7 Brister i befintligt brandskydd

Vid brandcellsgränser mellan del A och B samt G och H uppmärksammades brister i tätningen vid cellgränserna. Dessa bestod av värmerör samt kablar dragna mellan gränserna utan tätning. En branddörr på ovanvåningen i del A stängdes ej av egen kraft utan behövde forceras för att stängas.

Avsaknad av detektorer på specifika platser i byggnaden ses som en riskkälla. På vinden som spänner över del A saknas detektorer. Detta kan innebära problem då inga personer vistas där regelbundet och kan leda till att en eventuell brand kan tillväxa oupptäckt. Vid lärarbostadsköket i del A saknas även en detektor.

Utrymningsvägen från hobbyrummet i del H överstiger 30 meter vilket är den maximala längden på utrymningsvägar i skolor. Längden överskrids på grund av att en stor del av sträckan är en sammanfallande utrymningsväg (BFS 2011:26).

Två av de befintliga utrymningsvägarna anses vara otillräckliga för utrymning. En utrymningsväg vid gymnastiksalen är en gammal kvarleva som består av ett litet fönster cirka 1,5 meter över marknivå som nås via ribbstolar, se figur 5. Det har nu satts in två tillfredställande utrymningsdörrar i gymnastiksalen vilket leder till att fönstret kan försummas. Den andra utrymningsvägen är från den gamla lärarbostaden på ovanvåningen av del A. Den leder ut genom ett fönster till taket av del B för att sedan fortsätta via en stega, som själv måste lyftas på plats, ned från taket. Då ett barn ej kan antas utföra denna uppgift ensam samt att taket ej snöröjs ifrågasätts utrymningsvägens funktion, se figur 5.



Figur 5. Utrymningsväg i gymnastiksalen, sedd inifrån, samt utrymningsväg i lärarbostaden, sedd utifrån.

4. Utrymning

Huvudkravet på en byggnad är att det finns möjlighet till tillfredsställande utrymning, (BFS 2011:26). Tillfredsställande utrymning innebär att personer ska hinna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Gränsen till kritiska förhållanden för temperatur, siktbarhet, brandgaslagrets höjd, värmestrålning och toxicitet beskrivs i Boverkets byggregler (BFS 2011:26). Möjligheten att avgöra om det finns tid för säker utrymning fås genom att jämföra tid till kritiska förhållanden och tiden det tar för personer att utrymma.

4.1 Kritiska förhållanden

När förenklad dimensionering frångås och analytisk dimensionering används är kravet att utrymning sker innan byggnaden uppnår kritiska förhållanden (Brandteknik 2005).

För att godtagbara förhållanden ska råda krävs att gränsen för kritiska förhållanden för temperatur, strålning och toxicitet aldrig överskrids samt att minst ett av gränsvärdena för siktbarhet och brandgaslagrets höjd befinner sig på acceptabla nivåer (BFS 2011:26).

4.1.1 Brandgaslagrets höjd

Utrymmande personer ska ha fri sikt så att de kan orientera sig. Lägsta tillåtna höjd över golvet på brandgaslaget beskrivs med ekvation 1 (BFS 2011:26).

$$H_{brandgaslager} = 1,6 + (0,1 \cdot H_{rummet}) \quad \text{Ekvation 1}$$

Det ska tilläggas att ekvationen gäller då brandgaserna innehåller kritiska värden för temperatur, siktbarhet, värmestrålning eller toxicitet.

4.1.2 Temperatur

Boverkets gränsvärde för temperaturen är 80° C och högre temperatur bör personer som utrymmer ej utsättas för (BFS 2011:26).

4.1.3 Siktbarhet

Kravet på siktbarhet beror på om människorna i lokalen antas ha lokalkännedom eller ej. För bostäder och kontor där lokalkännedomen antas vara god accepteras en siktbarhet på fem meter. Siktbarheten vid utrymning ska annars vara minst tio meter (Brandteknik 2005).

I Boverkets byggregler är kriteriet att sikten bör vara tio meter två meter ovanför golvet i utrymmen med en area större än 100 kvadratmeter. För mindre utrymmen är det tillräckligt med fem meters sikt (BFS 2011:26).

4.1.4 Toxicitet

Det är av stor vikt att personer vid utrymning ej utsätts för skadliga doser av toxiska gaser eller lider av syrebrist. Gränsvärden anges endast för två giftiga gaser, kolmonoxid (CO) och koldioxid (CO₂) då de två anses vara tillräckliga att beakta (BFS 2011:26). Kritiska gränsvärden för de giftiga gaserna och syrehalten presenteras nedan.

CO < 2000 ppm

CO₂ < 5 %

O₂ > 15 %

Det är svårt att beräkna tiden när toxiciteten i brandgaserna ej är acceptabla och när syrehalten är för låg. Kritiska värdena inträffar dock oftast när brandgaslagret når sin kritiska höjd (Brandteknik 2005).

4.1.5 Värmestrålning

Under utrymning bör personer ej utsättas för högre strålningsintensitet än $2,5 \text{ kW/m}^2$ vilket en person antas klara i cirka tio minuter (Drysdale, 1998). Alternativt kan gränsen definieras som att personer under utrymning maximalt får utsättas för en strålningsenergi på 60 kJ/m^2 i samband med en strålningsintensitet på 1 kW/m^2 (BFS 2011:26).

4.2 Människors beteende vid brand

Tiden det åtgår för att utrymma beror till stor del på människors agerande vid utrymning. Utredningar visar att personer med auktoritet, exempelvis lärare, påverkar tiden eftersom studenterna förväntar sig att läraren ska ta kommandot (Frantzich, 2001). I skolor med yngre barn där lärarens respons oftast är snabb på grund av rutiner och träning är utrymningstiden oftast begränsad (Larusdottir & Dederichs, 2010). Motsatsen är också väldigt tydlig då given auktoritetsperson ej reagerar. Utrymningsövningar i lektionssalar visar att elever ej börjar utrymma förrän lärare ger order om det, vilket tyder på att roller har stor betydelse vid utrymning.⁷

Utrymningstiden definieras med hjälp av tre händelseförlopp som beskriver en persons beteende vid en nödsituation (Frantzich, 2001). Dessa är:

- Varseblivningstid
- Beslut- och reaktionstid
- Förflyttningstid

Varseblivningstiden definieras som den tid det tar för personer i byggnaden att upptäcka att en brand har startat. Flera komponenter påverkar tiden det tar för personer att reagera. Tiden påverkas av om personerna ser branden eller om det finns ett automatisk brand- och utrymningslarm. För personer som ser branden eller brandgaserna kommer varseblivningstiden bli kortare då människan förknippar brandgaser och brand med fara (Frantzich, 2001).

Beslut- och reaktionstiden, även kallad förberedelsetiden⁸, är den tid det tar för personer att förbereda sig för utrymning. Problemet med att estimerar tid för utrymning brukar ligga i att uppskatta förberedelsetid. På grund av att människors beteende vid brand ej är ett homogent förlopp från gång till gång är den svår att uppskatta. Försök visar att förberedelsetiden påverkas av verksamhet, typ av larm och om personerna kan se branden.

I skolmiljöer där barn och yngre tonåringar befinner sig visar utrymningsförsök att eleverna är väldigt ivriga att utrymma (Larusdottir & Dederichs, 2010). Det bör observeras att en snabb förberedelsetid är beroende av att lärare och personal reagerar och tar korrekta och snabba beslut. Studier genomförda i Ryssland av Kholoshevnikov, Samoshin och Parfenenko (2009)

⁷ Daniel Nilsson, Lektor Brandteknik, LTH. Föreläsning 2012-03-15

⁸ Daniel Nilsson, Lektor Brandteknik, LTH. Föreläsning 2012-02-07

visar att fler barn och tonåringar riskerar att omkomma om lärare har bristfällig utbildning i utrymning vid brand. Studien i Ryssland visar även att barns förberedelsetid varierar mellan 8-23 sekunder. I BBRAD 1 rekommenderas förberedelsetiden till 60 sekunder (BFS 2011:27).

Förflyttningstiden är tiden det tar för personer att fysiskt förflytta sig från aktuell plats till säker plats (BFS 2011:26). Tiden påverkas av gångavstånd, gånghastighet, dörrbredder och om det finns belysning. Försök visar att personer vid utrymning oftast väljer den utgång de kom in genom, trots att det oftast finns utrymningsvägar som är närmare. Parametrarna som påverkar tiden är mätbara och kan utvärderas med hjälp av handberäkningar och datormodeller. Löphastigheten för barn mellan 3-6 år är 2,2 m/s (Larusdottir, Dederichs, 2010) och gånghastigheter varierar mellan 0,6-1,3 m/s för vuxna människor (Brandteknik 2001).

4.3 Utrymningsberäkningar

Tiden till utrymning beskrivs med hjälp av tre komponenter och summan av dem är den tid det tar från det att en brand startat till att personerna i byggnaden befinner sig på säker plats. Komponenterna beskrivs med hjälp av ekvation 2 (Frantzich, 2001).

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

Tiden personer har på sig att utrymma är beroende av tiden det tar till kritiska förhållanden uppstår. Förhållandet mellan tillgänglig tid och tid till kritiska förhållanden kan beskrivas med hjälp av ekvation 3. Positiv tidsmarginal tyder på att utrymning kan genomföras innan kritiska förhållanden inträffar. Blir tidsmarginalen negativ bör åtgärder genomföras för att kunna säkerställa en säker utrymning (Frantzich, 2001).

$$t_{marginal} = t_{kritisk} - t_{varseblivning} - t_{beslut \& \ reaktion} - t_{förflyttning} \quad \text{Ekvation 3}$$

Tillgänglig tid för säker utrymning ska vara längre än den tid det verkligen tar för personer i byggnaden att utrymma (Frantzich, 2001).

$$t_{tillgänglig} > t_{utrymning}$$

4.4 Gångavstånd

I Boverkets byggregler beskrivs rekommenderade gångavstånd till närmsta utrymningsväg eller brandcell. När förenklad dimensionering appliceras beräknas avstånden från det mest ogynnsamma fallet där personernas riktningssändringar antas vara rätvinkliga. När två gångvägar till två oberoende utrymningsvägar sammanfaller bör avståndet fördubblas. Då personer måste gå i trappor för att utrymma bör nivåskillnaden för trappan fördubblas för att få ett motsvarande horisontellt gångavstånd. För skolor bör ej gångavståndet överstiga 30 meter (BFS 2011:26).

5. Riskidentifiering

Det finns ett stort antal tänkbara brandscenarier i Kyrkskolan och det är svårt att identifiera samtliga av dem. För att hantera denna problematik används en scenarioanalys som baseras på identifierade risker. Utifrån riskidentifieringen väljs ett antal brandscenarier som antas utgöra värsta tänkbara påfrestning med avseende på personsäkerhet. Därmed ska resterande brandscenarier med lindrigare påfrestning kunna anses som beaktade ur ett riskperspektiv. Riskidentifieringen baseras på logiska resonemang utifrån information från platsbesök och ritningsunderlag och involverar ett antal aspekter:

- Lokalernas utformning och verksamhet
- Skydd mot uppkomst av brand
- Skydd mot brand- och brandgasspridning
- Förutsättning och möjlighet till utrymning
- Förutsättning och möjlighet till räddningsinsats

5.1 Grovanalys

Framtagna brandscenarier erhåller en siffra för sannolikheten att brandscenariot ska uppstå och en siffra för vilken konsekvens detta brandscenario medför enligt tabell 1. Graderingen tas fram med hjälp av logiska resonemang och statistik från bränder och utrymning. Graderingen är ett inbördes relativt mått och inte ett absolut mått. Resultatet presenteras i en riskmatris.

Tabell 1. Gradering av sannolikhet och konsekvens.

Siffra	Definition av sannolikhet	Definition av konsekvens
1	Mycket låg sannolikhet	Mycket låg konsekvens
2	Låg sannolikhet	Låg konsekvens
3	Måttlig sannolikhet	Måttlig konsekvens
4	Hög sannolikhet	Hög konsekvens
5	Mycket hög sannolikhet	Mycket hög konsekvens

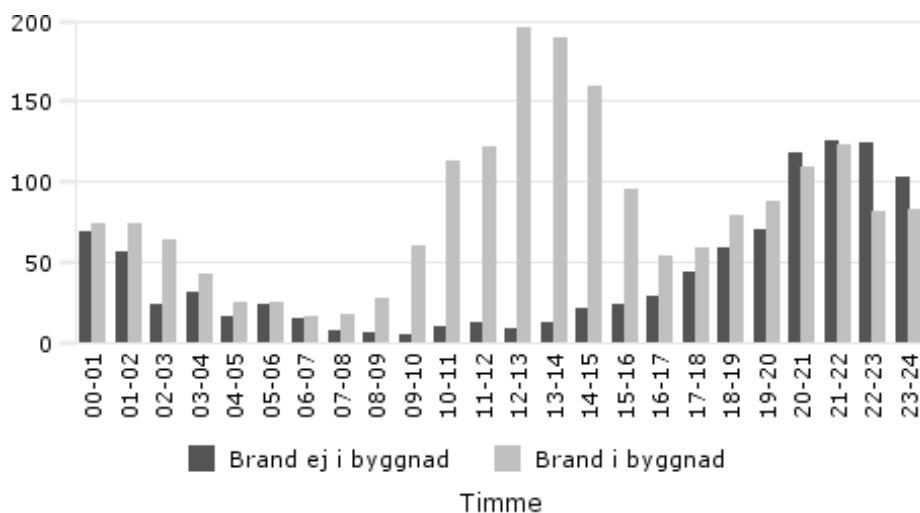
5.2 Statistik

Den vanligaste brandorsaken vid svenska skolbränder är att branden är anlagd. I tabell 2 presenteras de åtta vanligaste brandorsakerna i fallande ordning (Brandskyddsföreningen).

Tabell 2. Vanligaste brandorsakerna i svenska skolbränder i fallande ordning.

Brandorsak
Anlagd brand
Tekniskt fel
Barns lek med eld
Fyrverkerier
Glömd spis
Värmeöverföring
Levande ljus
Heta arbeten

Av de anlagda bränderna sker de flesta under lunchtid och inomhus, se figur 6. Skolans åldersgrupper tycks också ha stor betydelse. Svedala räddningstjänsts uppfattning är att anlagda skolbränder är vanligare i högstadieskolor jämfört med i låg- och mellanstadieskolor⁹. Av inträffade skolbränder i USA mellan åren 2002-2005 skedde 21 procent i motsvarande låg- och mellanstadieskolor samt 43 procent i motsvarande högstadieskolor (Flynn, 2007). Bränder i kontorsmiljöer ledde till ett dödsfall i USA mellan år 2000-2004, exkluderat för terrorattentaten den 11:e september 2001 (Flynn, 2007).



Figur 6. Antal insatser till anlagda bränder per insatstyp och klockslag (MSB).

5.3 Brandscenarier

Nedan presenteras de mest tänkbara brandscenarierna för Kyrkskolan. Sannolikhet och konsekvens för dessa är satt relativt till varandra.

5.3.1 Brandscenario 1. Vindsbrand i gamla skolbyggnaden

Vindsutrymmet genomlöper hela gamla skolbyggnaden, del A. Konstruktionen utgörs i huvudsak av trä och isoleringen i vindsbjälklaget består av halm. Utrymmet är relativt otätt och det finns en ansamling av brännbart materiel. Ett elfel i någon installation, till exempel i utrustningen för VMA-meddelanden (Viktigt Meddelande till Allmänheten), utgör en trolig tändkälla. Därutöver finns få tekniska installationer vilket anses medföra att sannolikheten för ett elfel är måttlig. Ett snabbt brandförlopp anses troligt med hänsyn till materialet i konstruktionen och materielansamlingen. Avsaknaden av detektor kan medföra att branden hinner växa till innan människor blir varse. Utrymmet är normalt sett inte befolkat men brandgaser bör kunna spridas genom otätheter ner till det övre våningsplanet.

S=3 K=5

5.3.2 Brandscenario 2. Brand i gamla lärarbostaden

I den äldre skolbyggnaden, del A, finns en före detta lärarbostad på övervåningen som numera ingår i fritidsverksamheten. På våningsplanet tycks barnen leka utspritt. Utrymmet har besvärlig geometri och upplevs som svårt att överblicka. En brand kan tänkas starta av en bortglömd spisplatta i lärarbostadsköket vilket anses sannolikt då statistik visar på att bränder

⁹ Mikael Jönsson, Stf Räddningschef, Räddningstjänsten Svedala, besked vid platsbesök 2012-02-03

i spisar är förekommande på skolor. Den ena av två utrymningsvägar utgörs av ett fönster varpå en stege används för att nå marknivå vilket medför stora svårigheter. Kritiska förhållanden anses kunna uppstå snabbt på grund av att utrymmet är trångt och av äldre standard med gott om brännbara material.

S=4 K=4

5.3.3 Brandscenario 3. Brand i hemkunskapssalen

Hemkunskapssalen ligger också på övervåningen i den gamla skolbyggnaden, del A. Salen är likaså den av äldre standard. I köksmiljön är det troligt att en antändning uppkommer på grund av matlagning, särskilt eftersom de flesta är nybörjare. Troligtvis upptäcks branden i ett tidigt skede eftersom det är en undervisningsmiljö. Besvärlig utrymning kvarstår dock med tanke på att den ena utrymningsvägen leder ut genom ett fönster och vidare ner via en fastmonterad stege längs med fasaden. Denna utrymning sker både långsamt och kan vara problematiskt om en brand har en ogynnsam placering.

S=4 K=3

5.3.4 Brandscenario 4. Brand i träslöjdssalen

I träslöjdslokalen på markplanet i den gamla skolbyggnaden, del A, förekommer heta arbeten och moment som kan orsaka gnistbildning. En antändning i spån kan tänkas ge upphov till en initialbrand. Men eftersom det är en undervisningsmiljö är det troligt att en brand upptäcks snabbt. Utrymningsvägarna är inte optimalt utformade men utrymningsmöjligheterna anses vara bättre jämfört med på ovanvåningen. Ytterligare problematik i scenariot är att utrymning av personer från det övre våningsplanet kan försvåras om brandgaser sprids till det intilliggande trapphuset. Dock blir inte konsekvenserna så stora eftersom det finns flera andra utrymningsvägar från övre våningsplanet som ej utnyttjar trapphuset.

S=3 K=3

5.3.5 Brandscenario 5. Brand i vaktmästeriet

Vaktmästeriet som ligger i anslutning till den gamla skolbyggnaden, del A, innehåller mycket materiel. Ett elfel i en armatur som leder till en antändning i förrådsutrymmet kan ge upphov till en hög brandbelastning. Sannolikheten att det händer bedöms dock inte vara hög på grund av att verktyg och annat framförallt förvaras och inte används i utrymmet. Brister i brandcellsavskiljning kan leda till vidare brandspridning. Utrymmet är inte tillgängligt för eleverna och personrisken anses därför vara låg.

S=2 K=2

5.3.6 Brandscenario 6. Gasexplosion i pannrummet

Skolbyggnaden värms upp av naturgas. Ett läckage av naturgas leder till att en brännbar blandning uppstår i källaren i den gamla skolbyggnaden, del A. Denna blandning kommer i kontakt med en överhettad lampa och en explosion inträffar. Konsekvenserna är svåra att överblicka men problematiken anses dock inte vara vanlig, det vill säga sannolikheten är mycket låg.

S=1 K=5

5.3.7 Brandscenario 7. Brand i kapprum

I ett av de många kapprummen i skolan antänds ett klädesplagg med avsikt. Branden får inledningsvis fäste i kringliggande kläder och skapar ett hastigt brandförlopp.

Utrymningsvägen som kapprummet utgör blockeras men möjligheterna för utrymning genom övriga utrymningsvägar anses som goda.

S=5 K=2

5.3.8 Brandscenario 8. Brand i skolköket

Skolköket är ett uppvärmningskök och utgör en särskild riskmiljö, särskilt eftersom det används dagligen. En antändning är trolig men utrymnet är bemannat och inredningen består till stor del av icke brännbara material vilket medför att en vidare spridning inte anses särskilt sannolik.

S=4 K=1

5.3.9 Brandscenario 9. Brand i biblioteket

En anlagd brand i exempelvis soffgruppen leder till att en utrymningsväg blockeras samtidigt som brandgasspridning till övriga delar av bibliotek, matsal och entré möjliggörs.

Konsekvenserna av branden är svårbedömd utan vidare analys.

S=5 K=3

5.3.10 Brandscenario 10. Brand i uppehållsrum/klassrum

Ett levande ljus kan tänkas antända något av allt papperspyssel som finns i dessa utrymmen.

Läraruppsikten anses dock vara god på grund av att det är en undervisningsmiljö.

Utrymningsmöjligheterna från dessa utrymmen anses dessutom som goda.

S=3 K=1

5.3.11 Brandscenario 11. Brand i Hobbyrum

Utrymnet ligger i källarplan, del H, och enligt skolan bedrivs ingen verksamhet där. Det finns dock scenutrustning på platsen och uppgifter om att det förekommit någon typ av underhållning i lokalen. Rummet har lågt i tak och utrymningsvägens längd överstiger kraven enligt BBR 19. En brand kan tänkas uppstå på grund av levande ljus eller elfel i samband med en föreställning varpå scenridån antänds. Förutsatt att det befinner sig ett stort antal personer i detta utrymme kan situationen tänkas bli allvarlig.

S=3 K=5

5.4 Utvalda brandscenarierna

De fyra värsta brandscenarierna väljs ut för vidare analys. De värsta brandscenarierna innebär att kombinationen sannolikhet/konsekvens är hög och är lokaliserade högt upp till höger i en riskmatris, se figur 7. För vidare analys kvalificerar sig:

- Brandscenario 1. Vindsbrand i gamla skolbyggnaden → Brandscenario A
- Brandscenario 2. Brand i gamla lärarbostaden → Brandscenario B
- Brandscenario 9. Brand i biblioteket → Brandscenario C
- Brandscenario 11. Brand i hobbyrummet → Brandscenario D

Konsekvens	5	6	1, 11			
	4			2		
	3		4	3	9	
	2	5			7	
	1		10	8		
		1	2	3	4	5
		Sannolikhet				

Figur 7. Riskmatris över brandscenarier.

De utvalda brandscenarierna följer till stor del modellen för erforderade brandscenarier enligt Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BBRAD 1 (BFS 2011:27). Beskrivning och fördelning presenteras i tabell 3. Brandscenario C kan anses vara mindre påfrestande på grund av att den förväntade konsekvensen är lägre än i övriga scenarier. Den dimensionerade brandens effektutveckling är dock inte medvetet sänkt bara för att det tekniska brandskyddet anses felfungera. Vidare beaktas sannolikheten för att detektion inte fungerar och inte att detektion inte fungerar. Felfungerande detektion beaktas även i scenario B.

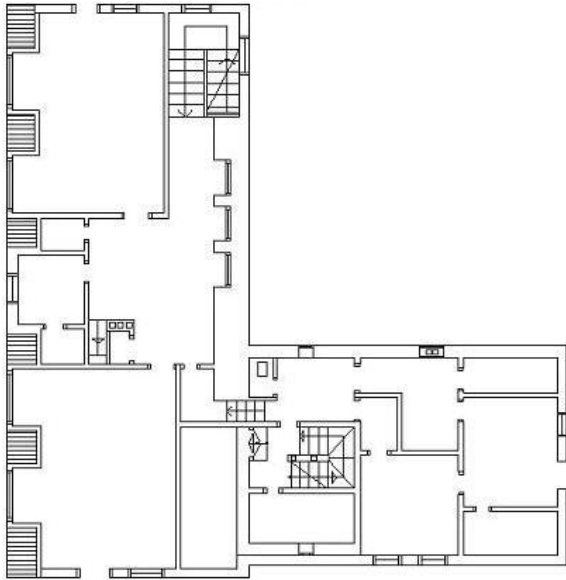
Tabell 3. Beskrivning av erforderade brandscenarier enligt BBRAD 1.

Erfordrat brandscenario	Beskrivning	Aktuellt för brandscenario
1	Brandscenario av typen troligt värsta fall	B, D
2	Brand i ett utrymme där det normalt inte vistas några personer men som ligger i anslutning till ett befolkat utrymme och som inte täcks av ett brand- och ett utrymningslarm	A
3	Mindre påfrestande brandscenario där ett tekniskt brandskydd anses felfungera	C

6. Brandscenario A. Vindsbrand i gamla skolbyggnaden

I följande avsnitt presenteras vad som förväntas ske då brandscenario A inträffar. Fullständig beräkningsgång presenteras i Bilaga B.

Vinden består av en träkonstruktion som genomlöper hela den gamla byggnaden, del A, utan sektioneringar eller detektorer, se figur 8. Isoleringen i vindsbjälklaget utgörs av halm och därtill är delar tilläggsisolerade med mineralull. Två ingångar från övervåningen finns vilka normalt är låsta. Vidare finns ett fåtal små fönster. Utrymmet innehåller en del brännbart materiel och utrustning för VMA-meddelanden, se figur 9.



Figur 8. Ritning över övervåningen. Vinden är placerad över hela våningsplanet.



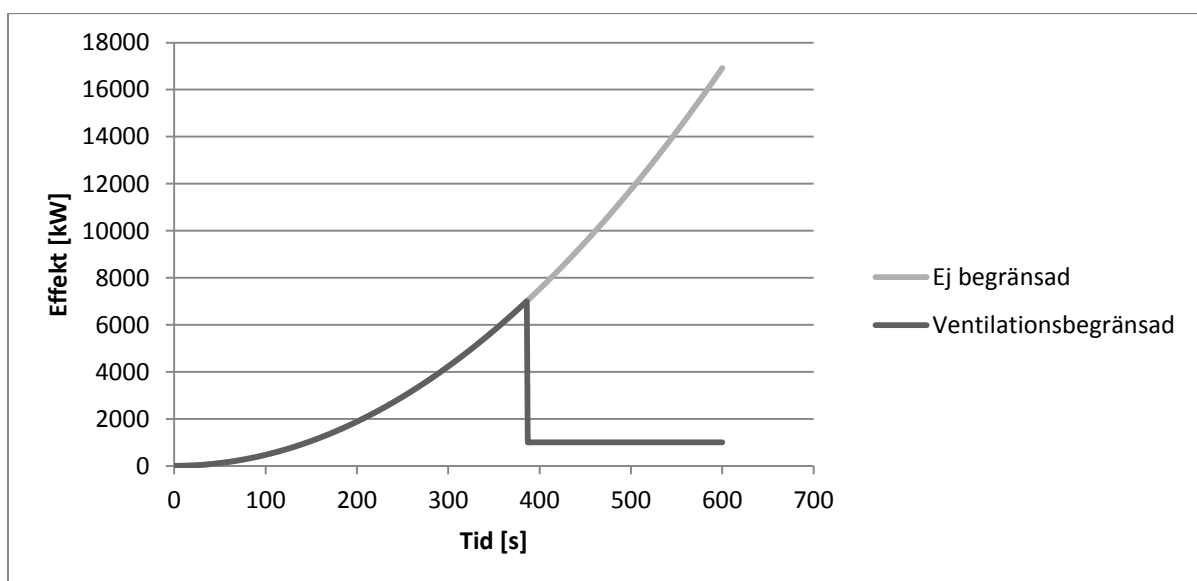
Figur 9. Del av vind med VMA-utrustning.

6.1 Dimensionerande brand

En initialbrand anses starta i halmisoleringsen som följd av ett elfel i utrustningen för VMA-meddelanden. I förlängningen bedöms träkonstruktionen vara mest intressant för brandförloppet.

Statistik från svenska vindsbränder tyder på att cirka 30 procent av vindsbränderna sprider sig utanför startföremålet och knappt 20 procent sprider sig till flera rum vid räddningstjänstens ankomst (Johansson & van Hees, 2010). Specifikt för vindsbränder är också att de kan ha fortgått en längre tid innan de upptäcks och det är därför svårt att bedöma hur snabb tillväxten är i normalfallet. Statistik från Enclosure Fire Dynamics, tabell 3.6, visar att trämaterial med god syretillgång har en tillväxt som motsvarar *fast* till *ultra fast* (Karlsson & Quintiere, 2000). Eftersom konstruktionen består av bjälkar och grovt trä tillämpas en tillväxthastighet som motsvarar *fast*, vilket motsvarar $0,047 \text{ kW/s}^2$.

Tillgången på bränsle anses god och den begränsade faktorn bedöms vara syretillgång till dess att fönstren går sönder eller taket brinner igenom så att läckagen blir tillräckliga. I figur 10 visas den beräknade effektutvecklingen, dels om branden är ventilationskontrollerad och dels om den är bränslekontrollerad. Ventilationskontrollerad brand gäller så länge tak och bjälklag är intakt.



Figur 10. Effektutveckling för vindsbrand. Den mörkgrå linjens avsvagningsfas markerar övergången då utrymmets befintliga syre är förbrukat och branden begränsas till ventilationsflödet. Denna övergång är troligtvis inte momentan i verkligheten.

6.2 Kritiska förhållanden

Beräkningar eller simuleringar av brandgasspridning till övervåningen är svåra att utföra eftersom det inte går att uppskatta hur stora otätheterna i vindsbjälklaget är. Det är troligt att människor hinner bli varse och utrymma det övre våningsplanet innan kritiska förhållanden hinner uppstå. Förutom brandgasspridning finns risk för ras och brandspridning till övervåningen. Dessa händelser bedöms dock ha högre relevans för egendomsskyddet.

6.3 Utrymning

Eftersom kritiska förhållanden inte anses uppkomma för personerna på övervåningen presenteras inga utrymningsberäkningar.

6.4 Åtgärdsförslag

Ur personsäkerhetssynvinkel krävs inga åtgärder. Dock rekommenderas det att skolan bör utrusta vinden med detektorer då en installation medför att en eventuell brand kan upptäckas i ett tidigare skede. Dessutom bör förekomsten av brännbart materiel, så som stolar, tavlor och gamla bänkar, begränsas på vinden för att minska risken för en snabb brandtillväxt. Det gäller likaså den halm som ligger löst på vindsgolvet. Förslagen anses förhindra omfattande egendomsskador.

Det rekommenderas att rökdetektorer installeras även om det innebär att det finns en risk för fellarm på grund av damm. Risken anses dock vara liten eftersom miljön i utrymmet normalt är helt stilla vilket gör att dammet inte rörs upp. Risken anses också kompenseras av att detektion kan ske snabbt i fall det rör sig om en riktig brand. Om värmedetektorer installeras försvinner problematiken med känslighet för damm men i gengäld kan detektionstiden bli lång om branden startar långt ifrån detektorn (Nilsson & Holmstedt, 2008). Installation av rökdetektorer bör kunna genomföras till en relativt låg kostnad eftersom systemet redan finns installerat på skolan.

6.5 Diskussion

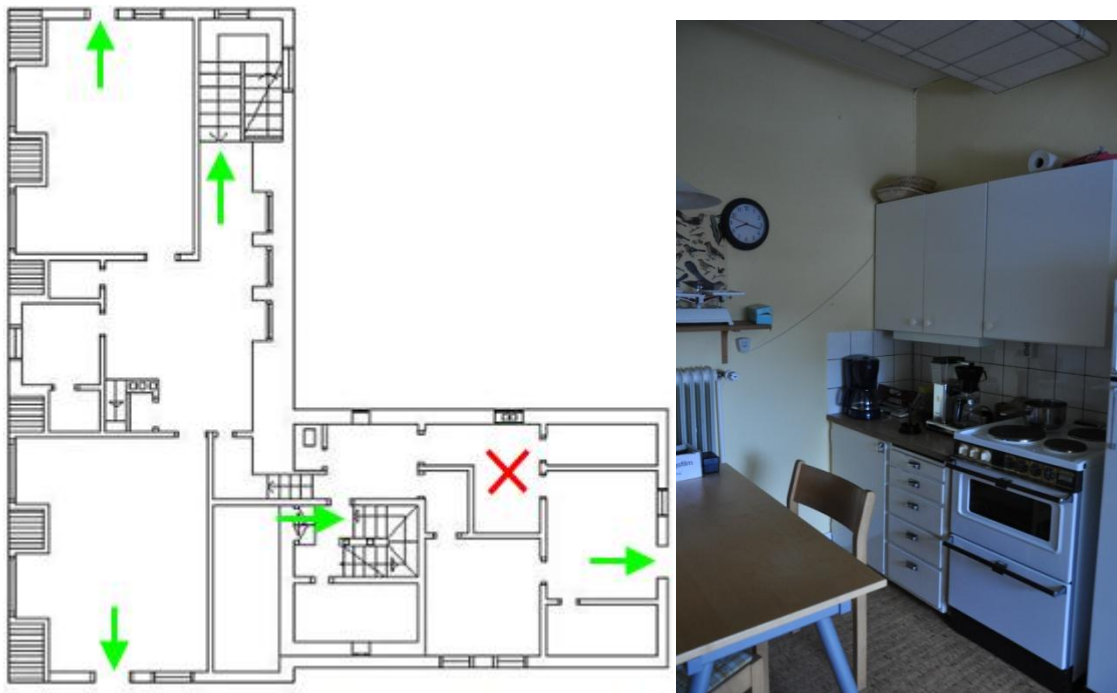
Analysen visar att konsekvensen för personsäkerheten är mindre än den given i grovanalysen. Diskrepansen beror främst på att brand- och brandgasspridning genom vindsbjälklaget förutsattes inträffa tidigare än analysen resulterade i. I grovanalysen saknades tillräcklig reflektion kring det faktum att de båda uppgångarna är stängda och därför inte bidrar till brandgasspridning. Dock kvarhölls brandscenariot i rapporten eftersom åtgärderna ansågs enkla att genomföra samt ekonomiskt gångbara ur kostnad/nyttoperspektiv för egendomsskyddet.

Den beräknade effektutvecklingen är osäker. Dels har den valda tillväxthastigheten angivits ett standardvärde som troligtvis inte kommer att överrensstämma fullständigt med verkligheten. Däremot anses det valda värdet vara av rätt storleksordning då det baseras på ett statistiskt underlag. Framförallt kommer tillgången på syre att styra effektutvecklingen inledningsvis. Svårigheten är att veta i vilken grad, och hur länge, branden hålls ventilationskontrollerad eftersom storleken på läckagen är svår att uppskatta samt tiden till taket och vindsbjälklaget brinner igenom. Tjockleken på vindsbjälklaget medför att en brand bedöms stå emot under så pass lång tid att branden antas bli upptäckt i ett skede där osäkerheterna i effektutvecklingen är av underordnad betydelse.

7. Brandscenario B. Brand i gamla lärarbostaden

I avsnittet presenteras vad som förväntas ske då brandscenario B inträffar. Fullständig beräkningsgång presenteras i Bilaga C.

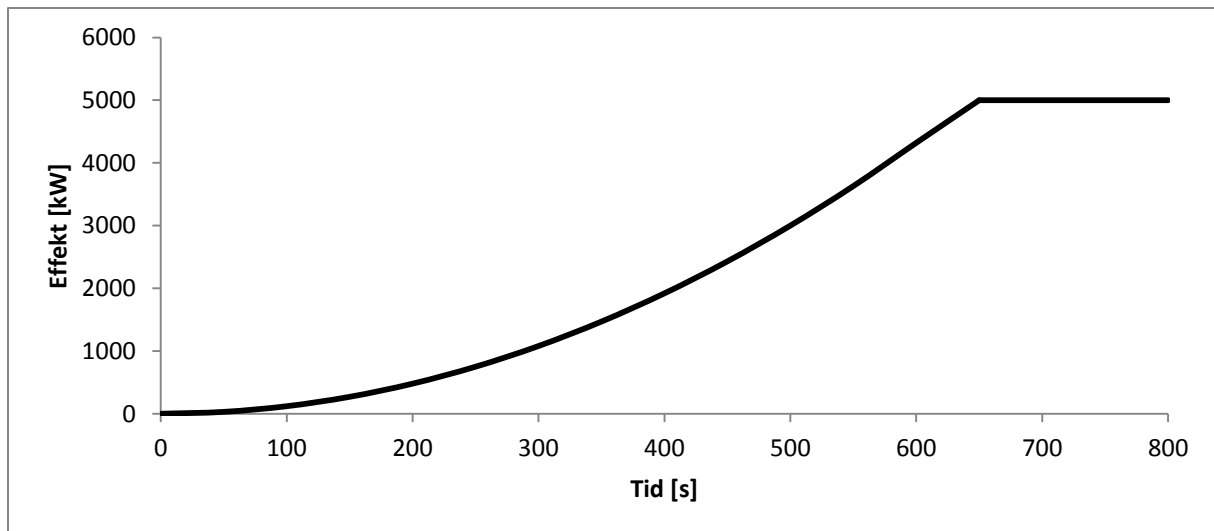
Den gamla lärarbostaden utgör i princip hela den högra delen av våning två i den gamla skolbyggnaden, del A, se figur 11. Den gamla lärarbostaden består av sex rum. Som utrymningsväg fungerar dels utgången via bostadens entré till intilliggande trapphus, dels ett fönster till taket på den nya skolbyggnaden och därifrån, via stege, ner till marknivå samt utrymning via fritids till det bortersta trapphuset. Materialen i väggar och bjälklag består främst av trä och med isolering av halm. Inredningen liknar till stor del fortfarande en bostad av äldre karaktär, se figur 11.



Figur 11. Ritning över övervåningen med gamla lärarbostaden med brandens startpunkt i köket markerad samt bild på köket.

7.1 Dimensionerande brand

Branden antas starta i lärarbostadsköket till följd av en bortglömd spisplatta. Eftersom utrymmena liknar en blandning mellan bostads- och skolmiljö tillämpas en dimensionerande tillväxthastighet och en maxeffekt specifikt för skolor enligt BBRAD 1. Det innebär att tillväxthastigheten sätts till $0,012 \text{ kW/s}^2$ och maxeffekten sätts till $5,0 \text{ MW}$ (BFS 2011:27). Tillgången på bränsle anses god och den begränsade faktorn bedöms vara syretillgång. I figur 12 visas den dimensionerande effektutvecklingen.

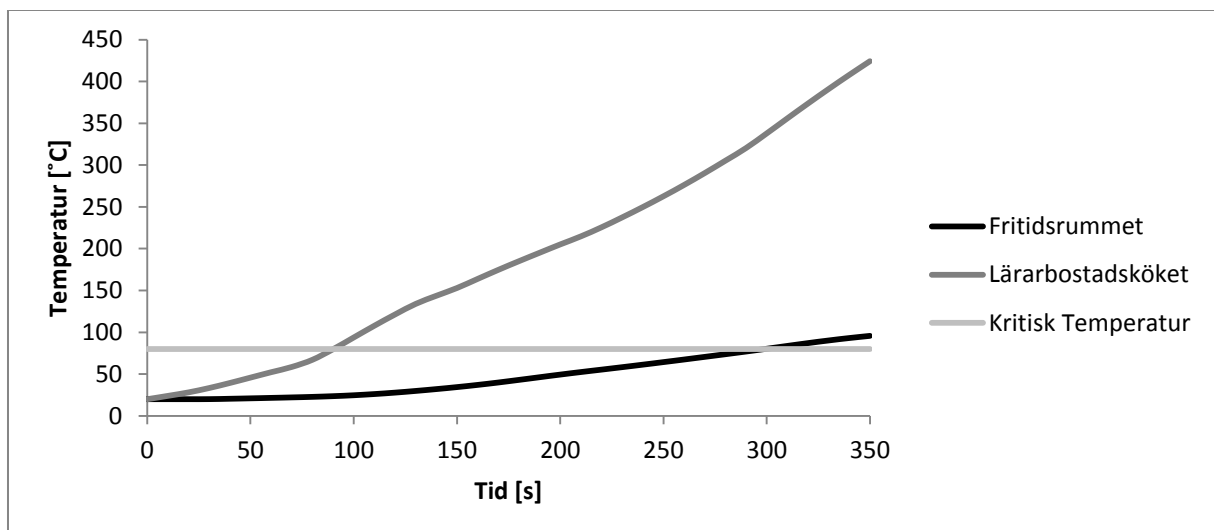


Figur 12. Beräknad effektutveckling för brand i den gamla lärarbostaden.

7.2 Kritiska förhållanden

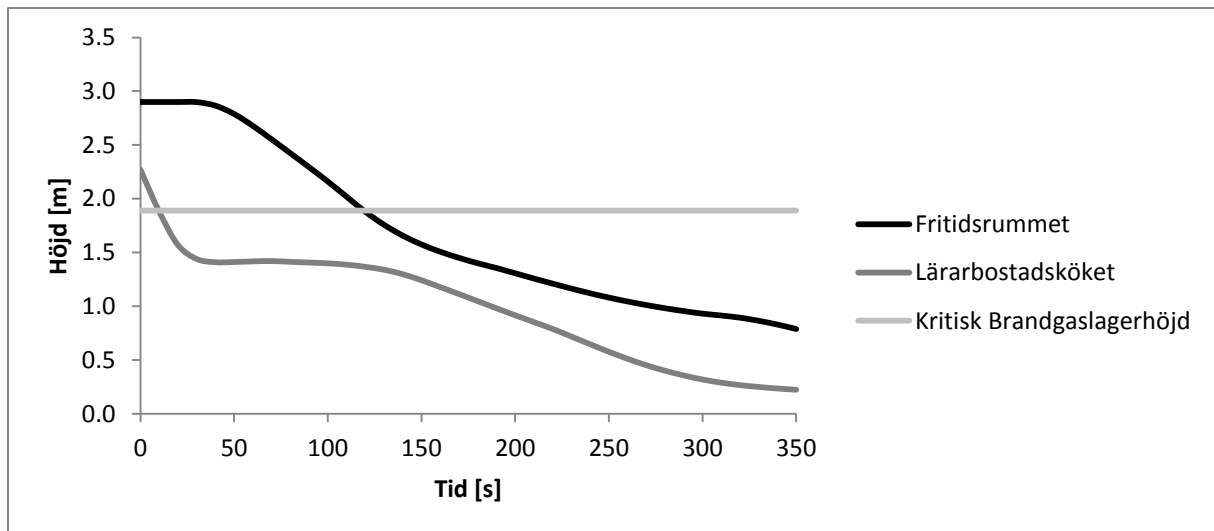
I kapitel 4.1 har kriterierna för kritiska förhållanden beskrivits. I kapitlet behandlas brandgaslagrets höjd, temperatur, siktbarhet, strålning och toxicitet. Med hjälp av den dimensionerande branden för brandscenariot kan tiderna till kritiska förhållanden uppskattas med hjälp av simuleringar i CFAST. Värdena mäts i fem utav de rum som ingår i brandscenario B och utifrån dessa tas en rimlig tid till kritiska förhållanden fram, se Bilaga C. Då personer kan antas lämna brandrummet relativt fort tas värden för tid till kritiska förhållanden då de uppnås i ett intilliggande rum, i detta fall fritidsrummet.

Simuleringarna visar att brandgaslagrets höjd och temperatur är de kritiska parametrarna. Kritisk temperatur i brandgaslagret nås efter cirka 90 sekunder i lärarbostadsköket samt efter 300 sekunder i fritidsrummet. Därefter ligger temperaturen över den kritiska nivån för resten av simuleringen, se figur 13.



Figur 13. Jämförelse mellan den simulerade brandgastemperaturen samt den kritiska temperaturen.

Den kritiska höjden på brandgaslagret nås efter cirka 10 sekunder i lärarbostadsköket samt efter 110 sekunder i fritidsrummet, se figur 14.



Figur 14. Jämförelse mellan den simulerade brandgaslagerhöjden samt den kritiska brandgaslagerhöjden.

Då det undre luftlagret aldrig når kritiska förhållanden i simuleringarna antas kritiska förhållanden uppstå när både kritisk temperatur och brandgaslagerhöjd uppnås för det övre lagret. Kritiska förhållanden för en person nås således efter cirka 90 sekunder i lärbostadsköket och 300 sekunder i fritidsrummet. På grund av osäkerheter i modellen för simuleringar i CFAST kan kritiska förhållanden uppnås både tidigare och senare än vad CFAST visar. För att beakta detta varierar tiden till kritiska förhållanden med 60 sekunder, se tabell 4.

Tabell 4. Tid till kritiska förhållanden uppstår.

Kritiska förhållanden	Min [s]	Max [s]
Tid	240	360

7.3 Utrymning

Förflyttningstiden simuleras i Simulex. Varseblivningstid och förberedelsetid fås från statistik och rekommendationer samt beräkningar i Detact QS.

7.3.1 Varseblivningstid

Varseblivningstiden beräknas med hjälp av Detact QS till knappt 90 sekunder. I fallet då larmet inte fungerar sätts den maximala varseblivningstiden till 150 sekunder eftersom kritisk brandgaslagerhöjd uppnåtts. Den kortaste rekommenderade varseblivningstiden är enligt BBRAD (2011) 30 sekunder. Tiderna redovisas i tabell 5.

Tabell 5. Varseblivningstid för personer i brandscenario B.

Varseblivningstid	Min [s]	Max [s]
Med larm	30	90
Utan larm	30	150

7.3.2 Förberedelsetid

Enligt BBRAD 1 rekommenderas en förberedelsetid på 60 sekunder i skolmiljö (BFS 2011:27). Försök av Larusdottir och Dederichs (2010) tyder dock på att barns förberedelsetid

är avsevärt lägre, 8-23 sekunder. I detta fall tas hänsyn till både BBRAD 1 samt Larusdottir och Dederichs försök vilket ger en förberedelsestid som redovisas i tabell 6.

Tabell 6. Förberedelsestid för personer i brandscenario B.

Förberedelsestid	Min [s]	Max [s]
Med & utan larm	30	60

7.3.3 Förflyttningstid

Förflyttningstiden tas fram med hjälp av simuleringar i Simulex. Två simuleringar genomförs, en såkallad *worst case* där det antas att fritids och hemkunskap bedrivs samtidigt och är fullbelastade och en simulering där enbart fritidsverksamheten är igång. I samtliga fall utrymmer alla via trapporna. De som befinner sig i lärarbostaden utrymmer via lärarbostadstrappan och de i hemkunskapssalen och klassrummet utrymmer via norra trappan. Simulering via fönstren kan inte genomföras då utrymning via en stege inte kan simuleras och en trappa ger inte tillräckligt mycket kö för att motsvara en stege.

I simuleringen ansätts eleverna och barnen som *Children* och lärarna ansätts som *Female*. I simuleringen sätts reaktionstiden till noll för att endast få förflyttningstiden.

I den första simuleringen där enbart fritidsverksamheten är igång antas att 30 barn och två lärare befinner sig på övervåningen. Av dessa befinner sig fem barn och en lärare i lärarbostaden. I den andra simuleringen där både fritidsverksamhet och hemkunskap bedrivs råder samma förhållanden som i den första simuleringen samt att det antas att 20 elever och en lärare befinner sig i hemkunskapen. Resultaten av simuleringarna visas i tabell 7.

Tabell 7. Förflyttningstid i Simulex.

Förflyttningstid	Tid [s]
32 personer, endast fritidsverksamhet	65
53 personer, fritidsverksamhet och hemkunskap	95

7.4 Tidsmarginal

I tabell 8 beskrivs vald indata till simuleringarna i @RISK. Likformig fördelning väljs i de fall där osäkerheterna är för stora för att göra ett antagande om annan fördelning (Haimes et al, 1994).

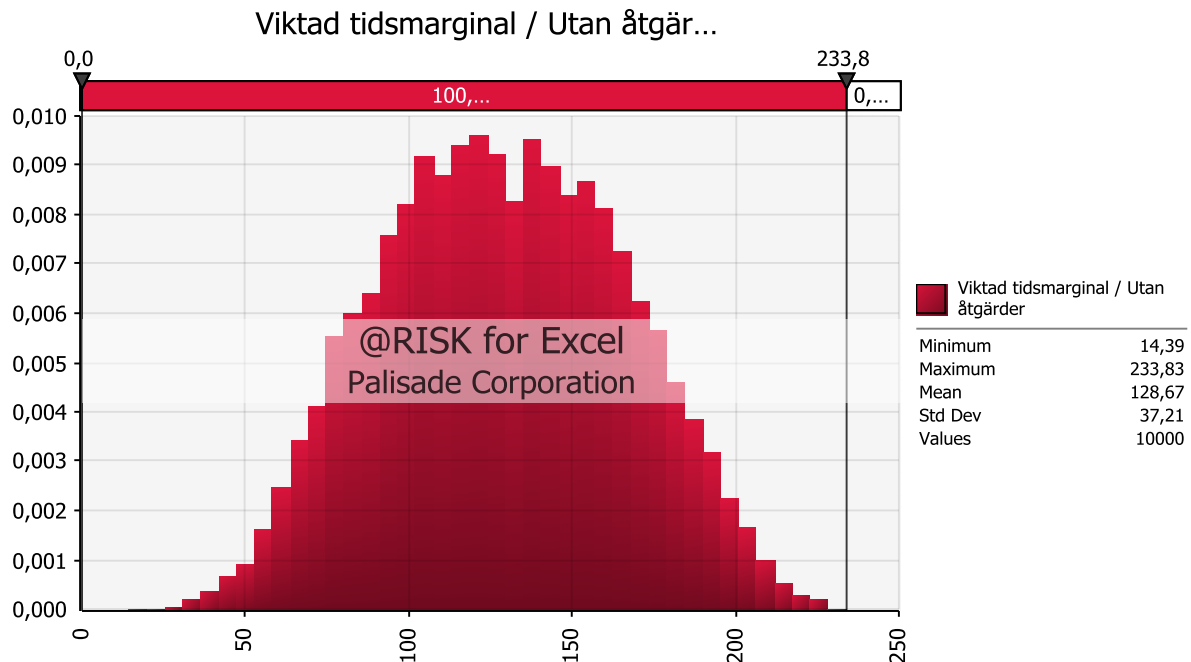
Tabell 8. Indata till simulering av tidsmarginal.

Tidsmarginal	Fördelning	Medel [s]	Min, Max [s]
Varseblivningstid, med larm	Likformig	60	30, 90
Varseblivningstid, utan larm	Likformig	90	30, 150
Förberedelsestid	Likformig	45	30, 60
Förflyttningstid	Triangulär	60	40, 90
Kritisk tid	Likformig	300	240, 360

Utifrån dessa fördelningar beräknas tidsmarginalen i @RISK enligt:

$$\text{Tidsmarginal} = t_{\text{kritisk tid}} - t_{\text{varseblivningstid}} - t_{\text{förberedelsetid}} - t_{\text{förflyttningstid}}$$

Resultatet av simuleringen åskådliggörs i figur 15.



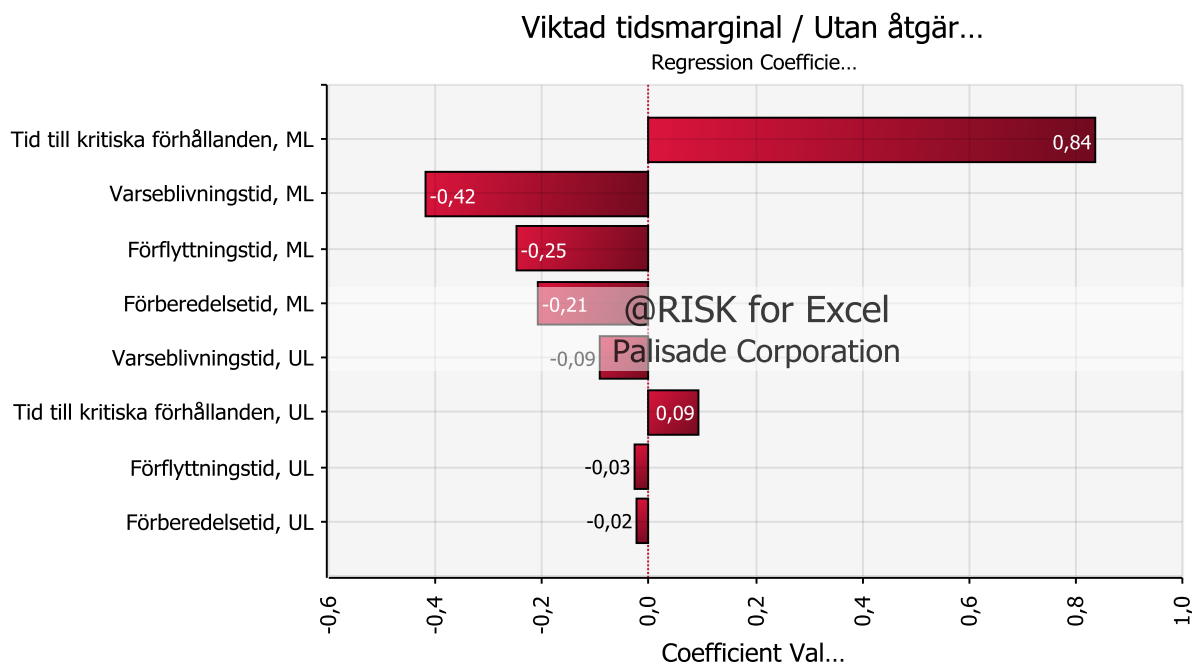
Figur 15. Tidsmarginal för utrymning av lärarbostaden.

Resultatet av simuleringarna visar att tidsmarginalen är positiv i samtliga fall vilket innebär att personerna i brandscenario B hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår.

Tidsmarginalens medelvärde ligger på 130 sekunder.

7.5 Känslighetsanalys @RISK

Känslighetsanalysen av tidsmarginalen genomförd i @RISK visar att tiden till kritiska förhållanden påverkar tidsmarginalen i störst utsträckning, se figur 16. Vidare kan man utläsa att en ökad förberedelsetid, förflyttningstid eller varseblivningstid påverkar tidsmarginalen negativt samtidigt som en ökad tid till kritiska förhållanden påverkar den positivt. Variablerna med beteckningen ML tillhör fördelningarna då larmet fungerar och variablerna med beteckningen UL tillhör fördelningarna då larmet inte fungerar.



Figur 16. Känslighetsanalys av tidsmarginalen för lärarbostaden.

7.6 Åtgärdsförslag

Trots att människor beräknas hinna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår föreslås ett antal förslag som kan förbättra brandsäkerheten. Spisen skall kopplas ur eller tas bort ifall den aldrig används, annars skall timer installeras. Detta för att omöjliggöra att ett barn sätter igång en spisplatta som sedan glöms bort och riskerar att utgöra en tändkälla.

Branddörren som går mellan korridoren och trapphuset i den gamla lärarbostaden skall ses över. Vid platsbesök noterades att den inte stängdes korrekt av egen kraft. Detta skall åtgärdas så att eventuell brandgasspridning förhindras.

Utrymningsskyltar i del A skall kontrolleras. Vid platsbesöket noterades att vissa skyltar saknades samt att det hängde och låg skyltar här och var som inte fyllde någon funktion. Dessa skall ses över för att på så sätt effektivisera utrymning och minska förflyttningstid.

Användande av utrymningsvägar via fönster på andra våningen i del A skall kontrolleras så att personer i byggnaden vet hur de fungerar och är kapabla att använda dem. Detta då det krävs för att uppfylla kravet om två oberoende utrymningsvägar. Samtliga tre utrymningsvägarna anses ha en tveksam utformning för att vara tillfredsställande. Sämst är utrymningsvägen från lärarbostaden som leder ut till ett tak, och därifrån via stege ner till markplan. Denna *skall* göras om med motiveringen att barnen inte anses kunna använda den i dess nuvarande utformning.

7.7 Validering av åtgärdsförslag

Inga av de åtgärdsförslag som lämnats valideras i rapporten.

7.8 Diskussion

Brandscenario B kan tyckas vara väldigt specifikt och ej generellt vid val av placeringen av branden och mätpunkter. Detta motverkas genom att välja den enligt BBRAD angivna standardbranden på 5 MW som kan användas vid analytisk dimensionering. Denna är dimensionerad för att vara generell vilket medför att brandens startpunkt i lärarbostadsköket samt vad för brännbart materiel som finns i lärarbostadsköket blir mindre specifik. Då den angivna effekten också stämmer väl överrens med beräknad maximal effekt under ventilationskontroll anses standardbranden vara rimlig att tillämpa. Å andra sidan kan ett resonemang föras att den troligaste punkten en brand kan utvecklas på ovanvåningen är i lärarbostaden då det är ett svåröverblickbart område samt att en brand placerad i lärarbostadens kök ger störst konsekvenser för fritids gällande kritiska förhållanden. Dessutom kan inte en värre placering av branden ske, exempelvis vid trapphusen, då det inte finns något brännbart materiel där. Riskerna för en brand att utvecklas oupptäckt i fritidsdelen av byggnaden anses små då där alltid är folk i rörelse samt lokalerna är mer överblickbara.

Det kan anses konstigt att tidsmarginalen blir positiv utan åtgärder trots att takhöjden är så låg, rummen så små samt att effektutvecklingen är så hög. Anledningen till att den blir positiv är att det vistas så få personer på övervåningen. Hade fler personer vistats där hade negativ tidsmarginal troligtvis uppnåtts.

Vid simuleringen användes CFAST då geometrin är relativt enkel att approximera till de rätblock som CFAST tillåter. Då CFAST nyttjar en tvåzonsmodell medförs att några viktiga parametrar skiljer sig från verkligheten. I tvåzonsmodellen sprids alla brandgaser momentant över hela rummets area vilket påverkar tiden till kritiska förhållanden. Den optiska densiteten överskattas på långt håll och underskattas på nära håll. Det medför att varseblivningstiden då människor upptäcker branden är osäker. Om istället en CFD-modell hade använts hade det varit enklare att fastställa ur simuleringarna när brandgaserna hade spridit sig till olika platser i utrymmet vilket skulle underlätta att bedöma när personer blir varse om branden visuellt.

Då värden i simuleringen mäts i ett rum som är beläget två rum från branden kan en tvåzonsmodell antas ge något felande värden. Detta då brandgaserna i rummet som mätningarna görs i med största sannolikhet skulle sprida sig homogent i rummet och inte bilda ett tvåzonslager under den initiala brandfasen. Detta bör leda till att tiden till kritiska förhållanden uppnås snabbare i simuleringarna än i verkligheten då brandgaserna i verkligheten späds ut med mer kall luft än vad som sker i simuleringarna.

Värden från simuleringarna togs från fritidsrummet då den största mängden personer förväntas vistas där. De personer som är i närheten av brandrummet bör också upptäcka branden i ett tidigare skede vilket förbättrar deras möjlighet till en säker utrymning.

Likformiga fördelningar har används för varseblivningstiden, förberedelsetiden samt tiden till kritiska förhållanden i @RISK. Anledningen till detta är att det saknas bra information kring hur de olika tiderna skulle vara fördelade. Därför väljs en likformig fördelning för att minska osäkerheterna på bästa möjliga sätt. En triangulär fördelning användes för förflyttningstiden då det finns en tid som är mest representerad som sätts till mest sannolikt värde och sedan

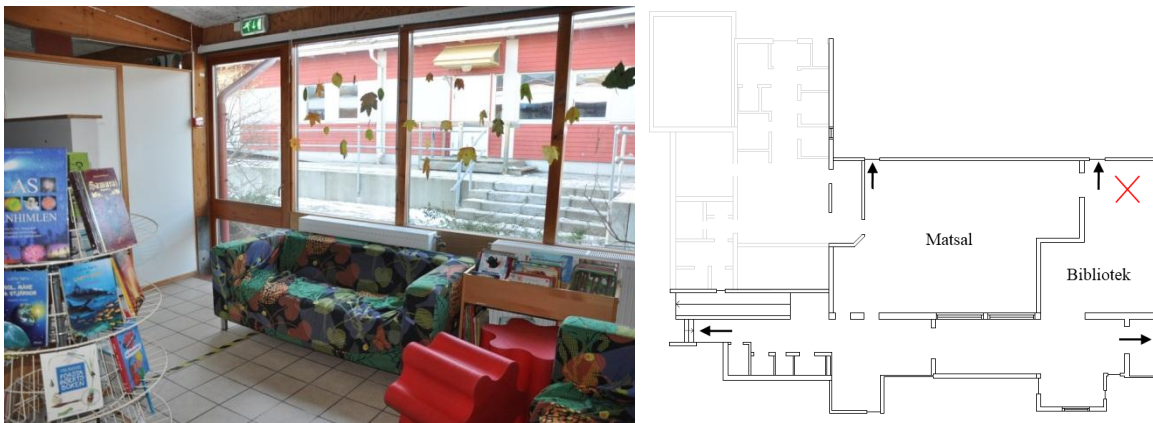
antas resterande personer falla på var sida det värdet. Då det ej är sannolikt att hemkunskaps undervisning och fritidsverksamhet sker samtidigt antas maximal förflyttningstiden vara lite lägre än simuleringarna i Simulex.

I åtgärdsförslagen nämns att personerna måste vara införstådda med hur utrymningsvägarna genom fönstren från fritidsrummet och hemkunskapsrummet används. De befintliga utrymningsvägarna antas fungera bättre om personerna i fråga vet hur de skall användas och faktiskt använder dem. Men det vore bättre att byta ut dem till något mer säkert, till exempel trappor. Då skulle förflyttningstiden definitivt minskas vilket är positivt.

8. Brandscenario C. Brand i biblioteket

I avsnittet presenteras vad som förväntas ske då brandscenario C inträffar. Fullständig beräkningsgång presenteras i Bilaga D.

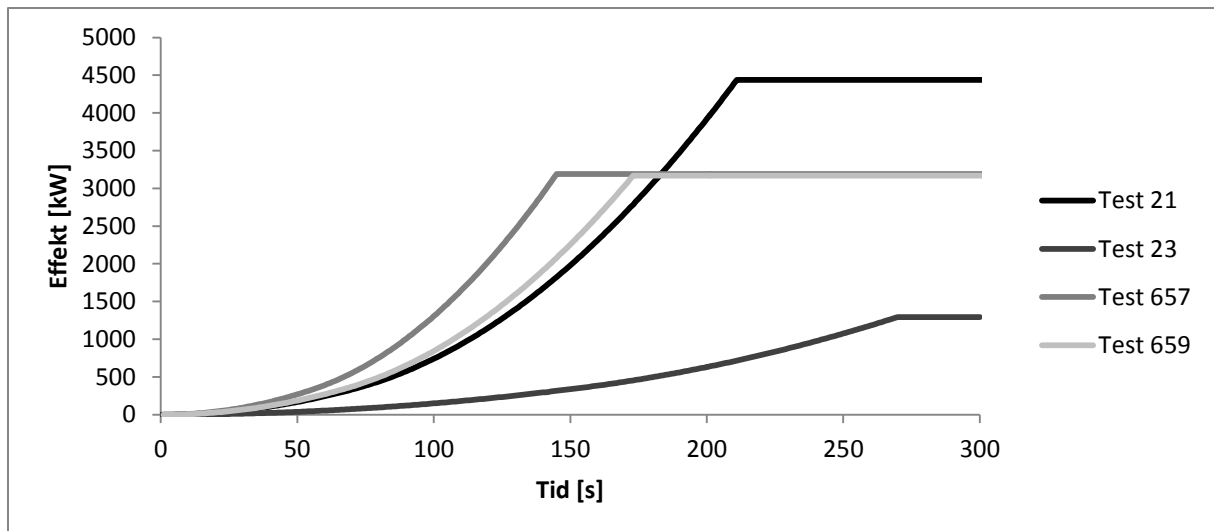
Biblioteket är en del av ett större sammanhängande utrymme som innehåller matsal, skolkök och foajé, del B. Huvuddelen av biblioteket är förlag till matsalsdelen och är avskärmd från matsalen med en tunn avskiljning som dock inte sträcker sig hela vägen upp till takhöjd. Resterande del av biblioteket är förlagd till foajédelen som är i förbindelse via en bred öppning. Ytskikten i lokalerna består av en blandning av tegel och trä på väggarna, klinkergolv samt träbalkar och fiberskivor i taket. Inredningen består i huvudsak av möbler, böcker och textilier, se figur 17.



Figur 17. Del av biblioteket i matsalsdelen med brandens startpunkt samt ritning över del B med brandens startpunkt markerad.

8.1 Dimensionerande brand

Branden antas vara anlagd i soffan närmast utrymningsvägen då det antas ge det kraftigaste brandförloppet i utrymmet. För att bestämma en tillväxthastighet har underlag från brandförsök med jämförbara soffor hämtats från Initial Fires och SP Fire Database. Fyra olika effektutvecklingskurvor med hänsyn till brandspridning mot intilliggande soffa presenteras i figur 18. Brandspridning till intilliggande hylla försummas på grund av att dess påverkan i det tidiga brandförloppet anses vara liten samt för att hålla den dimensionerande branden generell och inte alltför beroende av ommöbleringar. Branden beräknas inte bli ventilationskontrollerad på grund av att utrymmet har en relativt stor volym som kan förse branden med syre i inledningsskedet.



Figur 18. Effektutveckling för soffgruppen baserat på fyra olika sofftyper.

8.2 Kritiska förhållanden

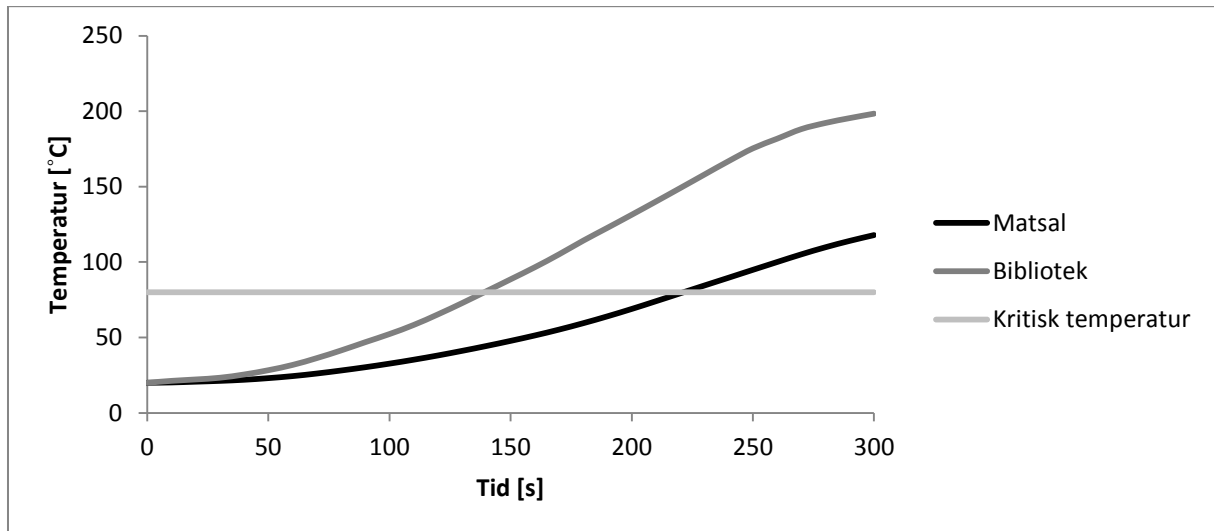
I kapitel 4.1 har kriterierna för kritiska förhållanden beskrivits. I kapitlet behandlas brandgaslagrets höjd, temperatur, siktbarhet, strålning och toxicitet. Med hjälp av den dimensionerande branden för detta brandscenario kan tiderna till kritiska förhållanden uppskattas med hjälp av simuleringar i CFAST.

Simuleringarna för brandscenario C görs i fyra omgångar med varierande bränder för olika sorters soffor, se figur 18. En brand uppkommer i en utav sofforna, se figur 17, för att sedan sprida sig till intilliggande soffa. Detta görs för att få ett tidsintervall till kritiska förhållanden uppnås. Värden mäts i de fem rum som ingår i brandscenario C, se Bilaga D, och utifrån framtagen data tas en rimlig tid till kritiska förhållanden fram för varje typ av brand som redovisas. Då personer kan antas lämna brandrummet relativt snabbt tas värden för tid till kritiska förhållanden då de uppnås i den intilliggande matsalen. Då matsalen även hyser flest antal personer anses det rimligt att mätning görs där. Simuleringarna visar att brandgaslagrets höjd och temperatur är de kritiska parametrarna.

8.2.1 Soffa med tillväxthastighet 0,015 kW/m²

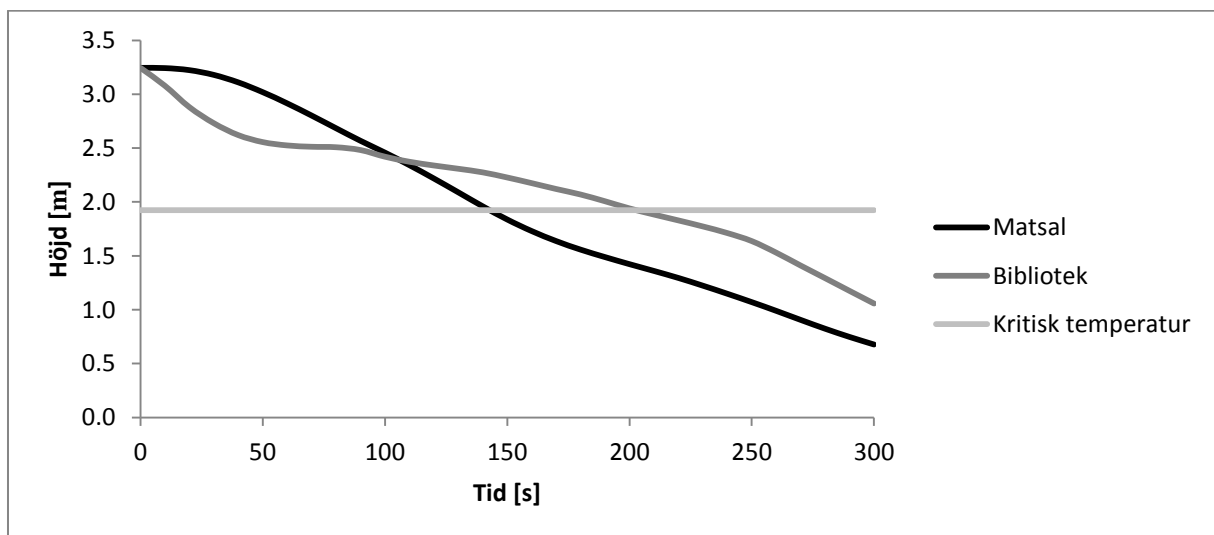
Nedan redovisas simulerad data för bränder med tillväxthastighet 0,015 kW/m².

Simuleringarna visar att brandgaslagrets höjd och temperatur är de kritiska parametrarna. Kritisk temperatur i brandgaslaget nås efter cirka 140 sekunder i biblioteket samt efter 220 sekunder i matsalen, därefter ligger temperaturen över den kritiska nivån för resten av simuleringen, se figur 19.



Figur 19. Jämförelse mellan den simulerade brandgastemperaturen samt den kritiska temperaturen.

Den kritiska höjden på brandgaslaget nås efter cirka 200 sekunder i biblioteket samt efter 140 sekunder i matsalen, se figur 20.

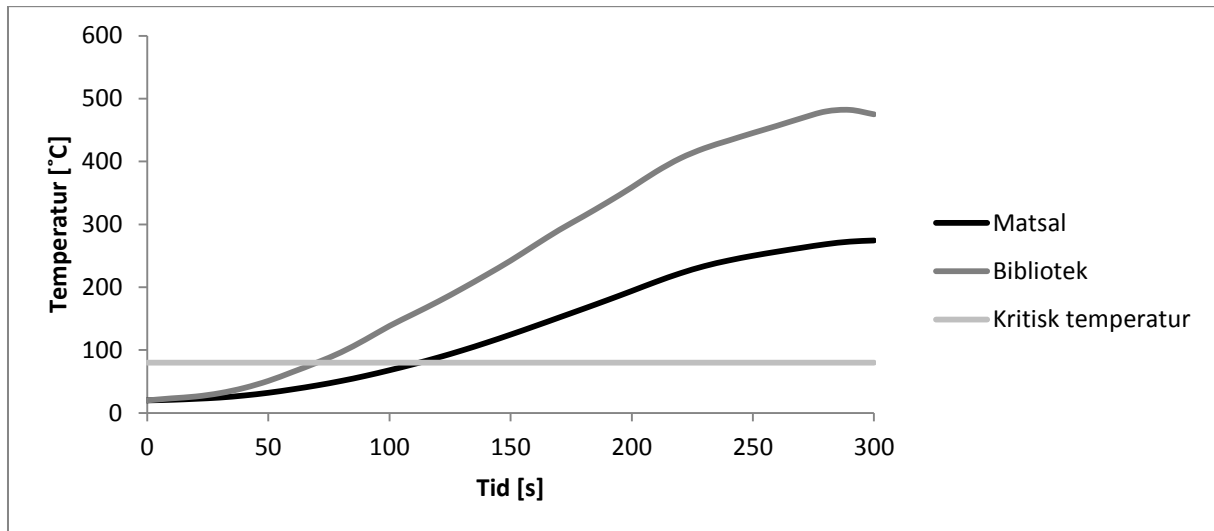


Figur 20. Jämförelse mellan den simulerade brandgaslagerhöjden samt den kritiska brandgaslagerhöjden.

8.2.2 Soffa med tillväxthastighet 0,07 kW/m²

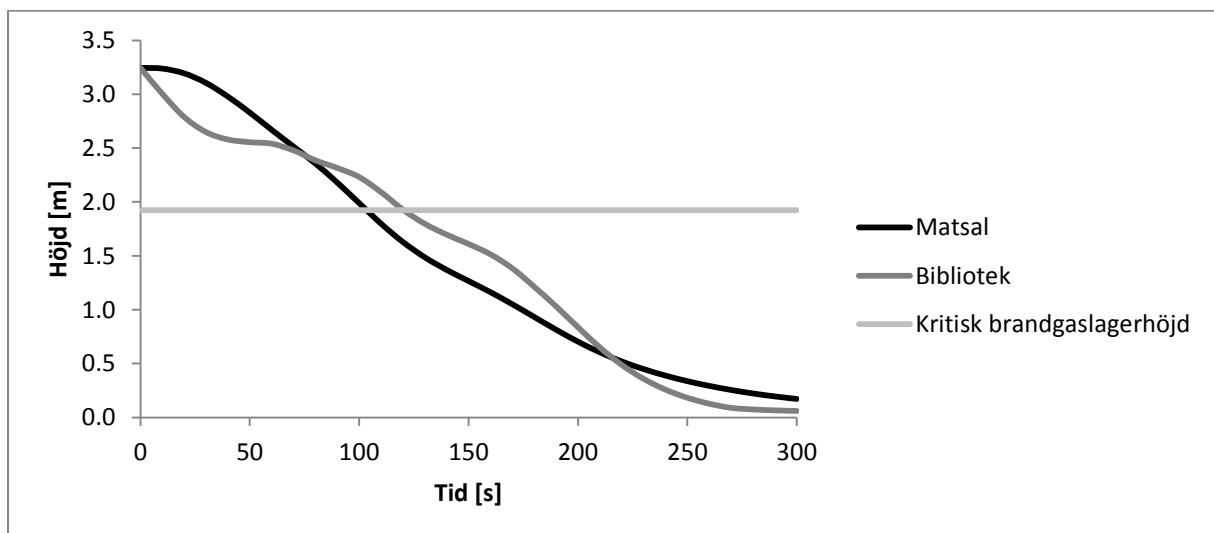
Nedan redovisas simulerad data för bränder med tillväxthastighet 0,07 kW/m².

Simuleringarna visar att brandgaslagrets höjd och temperatur är de kritiska parametrarna. Kritisk temperatur i brandgaslaget nås efter cirka 70 sekunder i biblioteket samt efter 115 sekunder i matsalen, därefter ligger temperaturen över den kritiska nivån för resten av simuleringen, se figur 21.



Figur 21. Jämförelse mellan den simulerade brandgastemperaturen samt den kritiska temperaturen.

Den kritiska höjden på brandgaslaget nås efter cirka 120 sekunder i biblioteket samt efter 105 sekunder i matsalen, se figur 22.

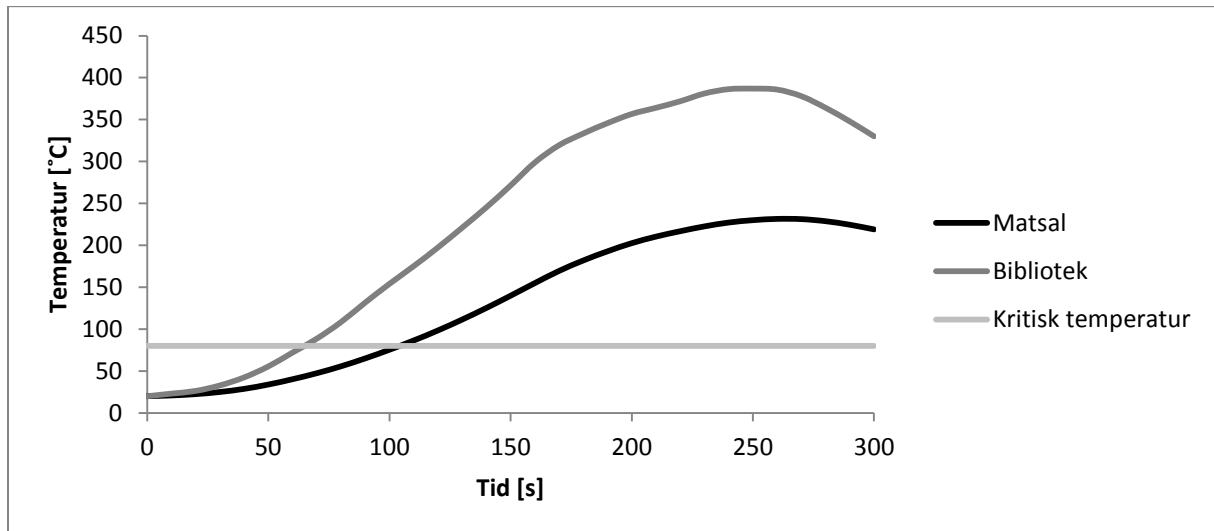


Figur 22. Jämförelse mellan den simulerade brandgaslagerhöjden samt den kritiska brandgaslagerhöjden.

8.2.3 Soffa med tillväxthastighet 0,078 kW/m²

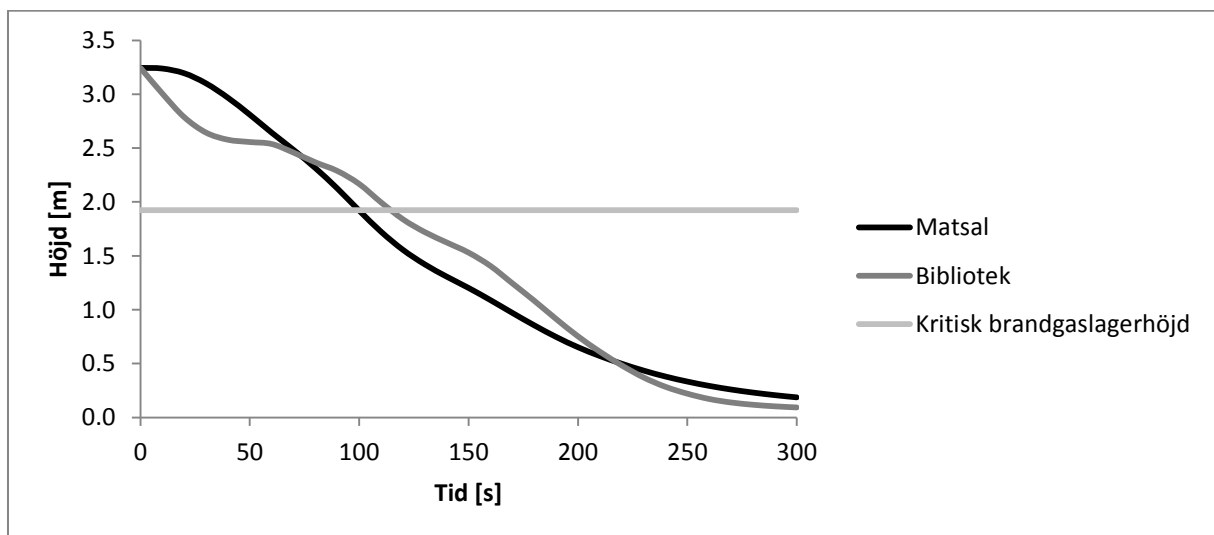
Nedan redovisas simulerad data för bränder med tillväxthastighet 0,078 kW/m².

Simuleringarna visar att brandgaslagrets höjd och temperatur är de kritiska parametrarna. Kritisk temperatur i brandgaslaget nås efter cirka 65 sekunder i biblioteket samt efter 105 sekunder i matsalen, därefter ligger temperaturen över den kritiska nivån för resten av simuleringen, se figur 23.



Figur 23. Jämförelse mellan den simulerade brandgastemperaturen samt den kritiska temperaturen.

Den kritiska höjden på brandgaslaget nås efter cirka 115 sekunder i biblioteket samt efter 100 sekunder i matsalen, se figur 24.

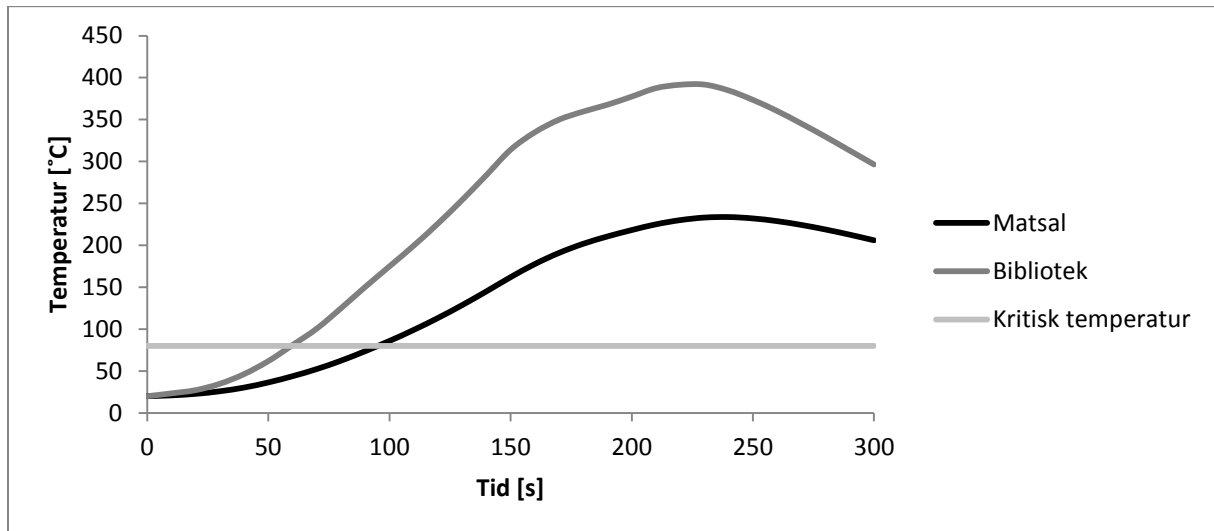


Figur 24. Jämförelse mellan den simulerade brandgaslagerhöjden samt den kritiska brandgaslagerhöjden.

8.2.4 Soffa med tillväxthastighet 0,112 kW/m²

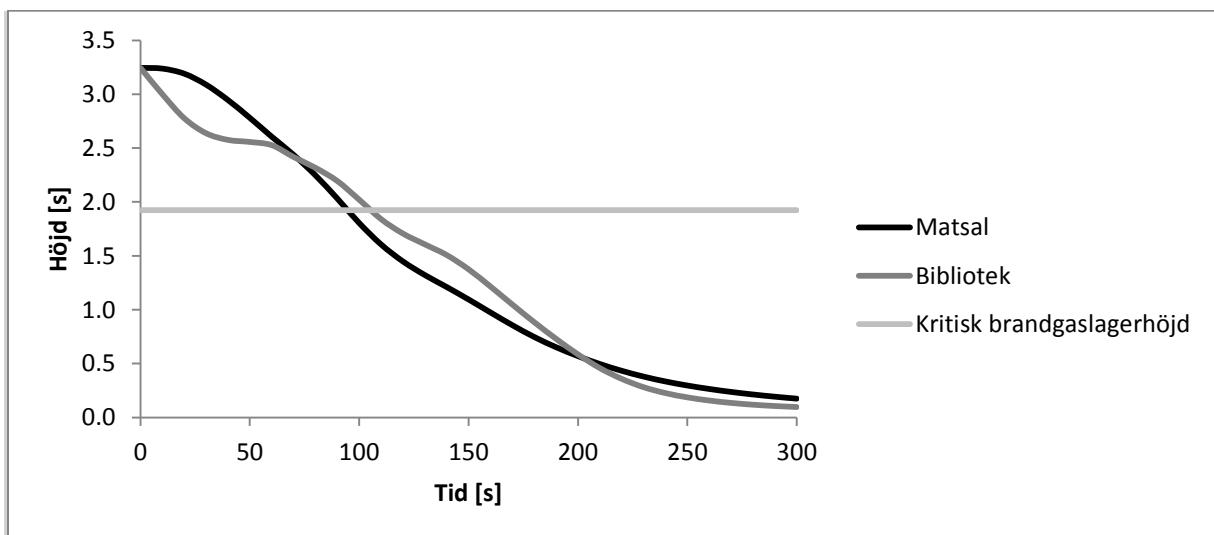
Nedan redovisas simulerad data för bränder med tillväxthastighet 0,112 kW/m².

Simuleringarna visar att brandgaslagrets höjd och temperatur är de kritiska parametrarna. Kritisk temperatur i brandgaslaget nås efter cirka 60 sekunder i biblioteket samt efter 95 sekunder i matsalen, därefter ligger temperaturen över den kritiska nivån för resten av simuleringen, se figur 25.



Figur 25. Jämförelse mellan den simulerade brandgastemperaturen samt den kritiska temperaturen.

Den kritiska höjden på brandgaslaget nås efter cirka 105 sekunder i biblioteket samt efter 95 sekunder i matsalen, se figur 26.



Figur 26. Jämförelse mellan den simulerade brandgaslagerhöjden samt den kritiska brandgaslagerhöjden.

8.2.5 Slutsats

Då det undre luftlagret aldrig når kritiska förhållanden i simuleringarna antas kritiska förhållanden uppstå när både kritisk temperatur och brandgaslagerhöjd uppnås för det övre lagret. Tider tills kritiska förhållanden uppnås vid de olika tillväxthastigheterna redovisas i tabell 9.

Tabell 9. Tid till kritiska förhållanden för de olika tillväxthastigheterna.

Tillväxthastighet [kW/m ²]	Tid till kritiska förhållanden [s]
0,015	220
0,07	115
0,078	105
0,112	95

På grund av osäkerheter i modellen för simuleringar i CFAST kan kritiska förhållanden uppnås både tidigare och senare än vad CFAST visar. För att beakta detta varierar tiden till kritiska förhållanden med 30 sekunder, se tabell 10.

Tabell 10. Tid till kritiska förhållanden uppstår.

Kritiska förhållanden	Min [s]	Max [s]
Tid	65	250

8.3 Utrymning

Förflyttning simuleras i Simulex och jämförs sedan med handberäkningar. Varseblivning och förberedelsetid fås från statistik, simuleringar i Detact QS och rekommendationer.

8.3.1 Varseblivningstid

Varseblivningstiden likställs med aktiveringstiden för rökdetektorerna eftersom människor antas bli varse då brandlarmet aktiveras (Brandteknik, 2005). Aktiveringstiderna är tagna från CFAST då den optiska densiteten överskrider vissa gränsvärden. Gränsvärdena är tagna från en amerikansk studie om tider för rökdetektion. Studien visar att vid den optiska densiteten 0,031 m⁻¹ har 20 procent av de testade optiska ljusspridningsdetektorerna detekterat och vid 0,106 m⁻¹ har 80 procent av de testade optiska ljusspridningsdetektorerna detekterat (Mealy & Gottuk, 2009). Eftersom det är omöjligt att veta hur pass bra skolans rökdetektorer är antas detektorerna aktivera någonstans mellan 0,031-0,106 m⁻¹. Gränserna för optisk densitet jämförs med utdata för respektive soffa i CFAST vilket ger intervall för aktiveringstid. Aktiveringstiden för rökdetektorerna vid de olika tillväxthastigheterna på soffan visas i tabell 11.

Tabell 11. Aktiveringstid detektor.

Aktiveringstid	Min [s]	Max [s]
Alfa 0,015	120	230
Alfa 0,070	60	120
Alfa 0,078	60	110
Alfa 0,112	50	105

Varseblivningstiden beräknas dessutom med hjälp av Detact QS till 45-110 sekunder beroende på vilken soffa som brinner. Den maximala varseblivningstiden sätts således till 110 sekunder då larmet fungerar. I fallet då larmet inte fungerar antas ett den maximala varseblivningstiden till 120 sekunder då lokalen är relativt lättöverskådlig.

Den minimala varseblivningstiden sätts till, den enligt BBRAD 1 kortaste rekommenderade varseblivningstiden, 30 sekunder (BFS 2011:27). Tiderna visas i tabell 12.

Tabell 12. Varseblivningstid, med och utan larm.

Varseblivningstid	Min [s]	Max [s]
Med larm	30	110
Utan larm	30	120

8.3.2 Förberedelsetid

Personerna i matsalen kommer med stor sannolikhet se branden eller röken relativt snabbt, vilket innebär att en tidig utrymning bör kunna påbörjas.

Enligt BBRAD 1 rekommenderas en förberedelsetid på 60 sekunder i skolmiljö (BFS 2011:27). Försök av Larusdottir och Dederichs (2010) tyder dock på att barns förberedelsetid är avsevärt lägre, 8-23 sekunder. I detta fall har konservativa värden använts vilka redovisas i tabell 13.

Tabell 13. Förberedelsetid

Förberedelsetid	Min [s]	Max [s]
Med & utan larm	30	60

8.3.3 Förflyttningstid

Förflyttningstiden tas fram med hjälp av simuleringar i Simulex. Det antas att maximalt 20 personer kommer utrymma från uppehållsrummet i del E via huvudentrén. I övrigt kommer inga personer från andra delar av skolan påverka förflyttningstiden i del B.

Två simuleringar genomförs, en där alla utrymningsvägarna används och personerna fördelar sig lika över de olika utgångarna och en där utrymningsvägen i biblioteket är blockerad. I de två simuleringarna har även antalet personer varierats. Det antas ett scenario där tre klasser äter samtidigt och ett scenario där matsalen är fullsatt. I det första scenariot ingår 85 personer i utrymningssimuleringen och i det andra ingår 170 personer, alla med karaktären *School population*, se Bilaga A. Resultatet visas i tabell 14.

Tabell 14. Förflyttningstid i Simulex.

Förflyttningstid	Tid [s]
85 personer, alla utrymningsvägarna	45
85 personer, en utrymningsväg blockerad	60
170 personer, alla utrymningsvägarna	70
170 personer, en utrymningsväg blockerad	80

8.4 Tidsmarginal

I tabell 15 beskrivs vald indata till simuleringarna i @RISK. Likformig fördelning väljs i de fall där osäkerheterna är för stora för att göra ett antagande om annan fördelning (Haines et al, 1994).

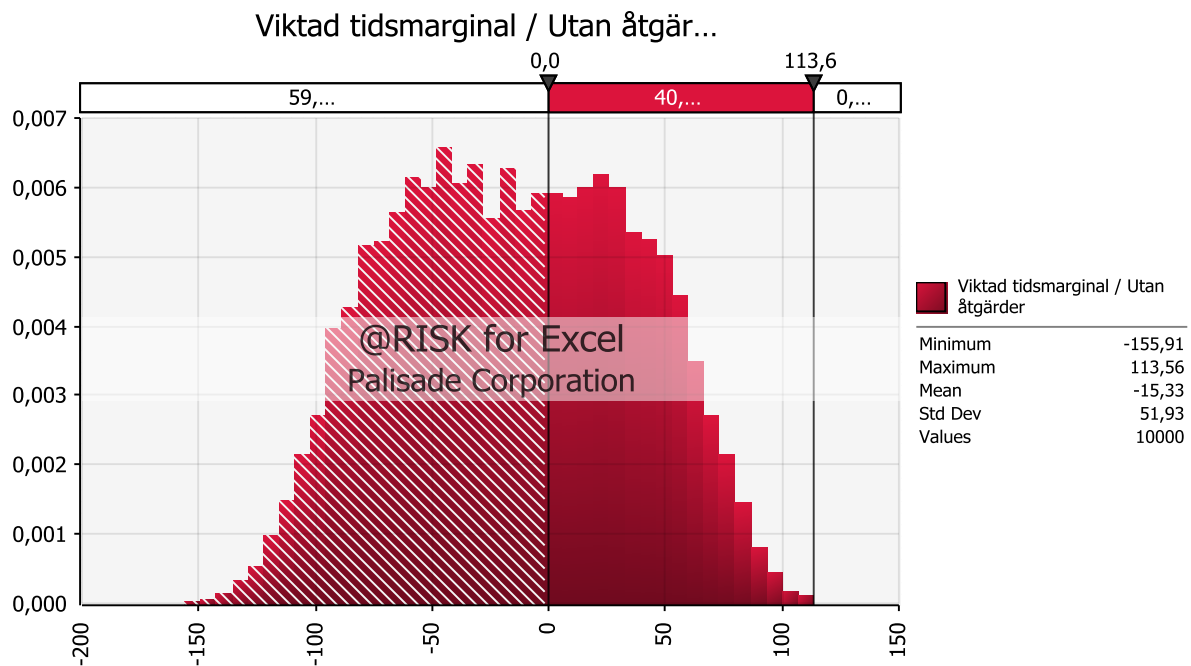
Tabell 15. Indata till simulering av tidsmarginal.

Tidsmarginal	Fördelning	Medel [s]	Min/Max [s]
Varseblivningstid, med larm	Triangulär	50	30, 110
Varseblivningstid, utan larm	Likformig	75	30, 120
Förberedelsetid	Likformig	45	30, 60
Förflyttningstid	Triangulär	60	40, 90
Kritisk tid	Likformig	157,5	65, 250

Utifrån dessa fördelningar beräknas tidsmarginalen i @RISK enligt:

$$\text{Tidsmarginal} = t_{\text{kritisk tid}} - t_{\text{varseblivningstid}} - t_{\text{förberedelsetid}} - t_{\text{förflyttningstid}}$$

Resultatet av simuleringen åskådliggörs i figur 27.

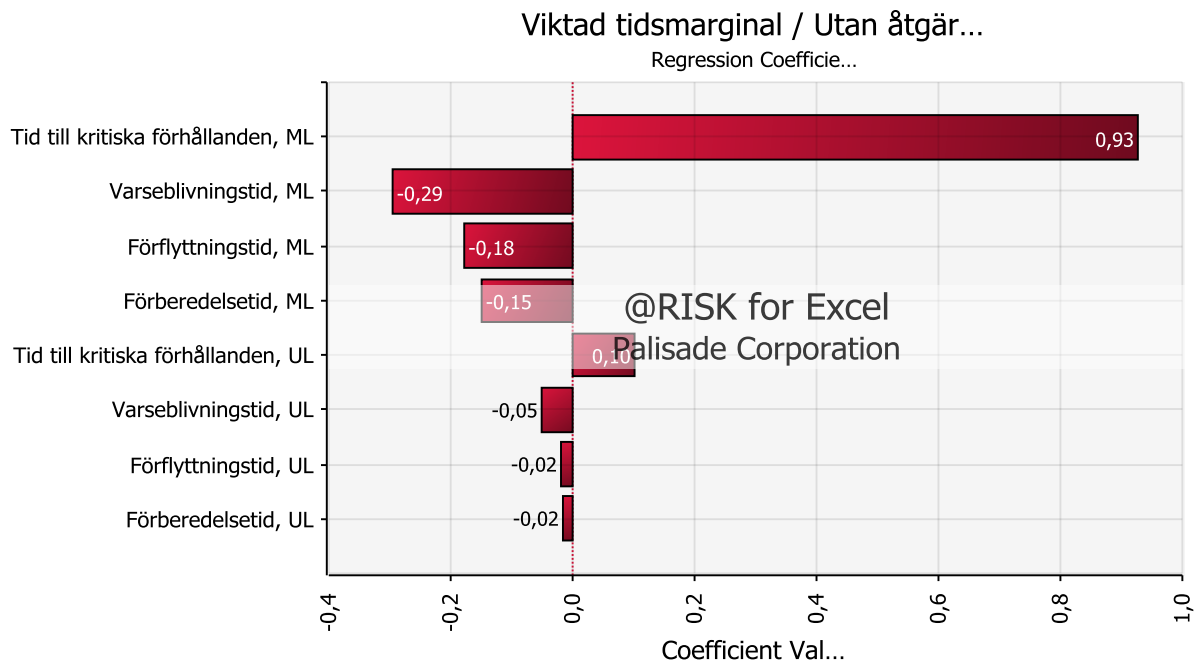


Figur 27. Tidsmarginal för utrymning av bibliotek och matsal.

Resultatet av simuleringarna av tidsmarginalen visar att det med 60 procents sannolikhet finns personer kvar i matsalen då kritiska förhållanden uppstår. Medelvärdet på tidsmarginalen ligger på minus 15 sekunder.

8.5 Känslighetsanalys @RISK

Känslighetsanalysen av tidsmarginalen genomförd i @RISK visar att tiden till kritiska förhållanden påverkar tidsmarginalen i störst utsträckning, se figur 28. Vidare kan man utläsa att en ökad förberedelsetid, förflyttningstid eller varseblivningstid påverkar tidsmarginalen negativt samtidigt som en ökad tid till kritiska förhållanden påverkar den positivt. Variablerna med beteckningen ML tillhör fördelningarna då larmet fungerar och variablerna med beteckningen UL tillhör fördelningarna då larmet inte fungerar.



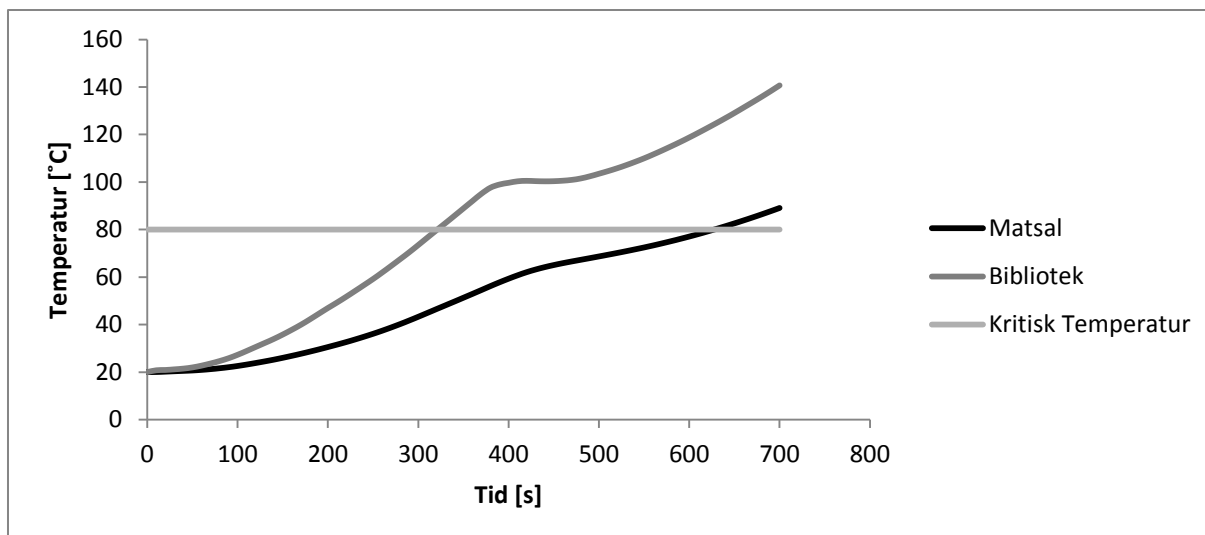
Figur 28. Känslighetsanalys av tidsmarginalen för biblioteket och matsalen.

8.6 Åtgärdsförslag

De befintliga sofforna skall bytas ut mot flamskyddade soffor. Detta bör medföra en längre tid till kritiska förhållanden uppnås, vilket möjliggör en säker utrymning. Det bör dock poängteras att det inte är sofforna som utgör problemet utan branden som sofforna medför. Detta betyder att framtida möbler och liknande materiel som inhyses i utrymmet måste kontrolleras så att deras brandförlopp ej kan bli lika kraftigt som soffornas i brandscenario C.

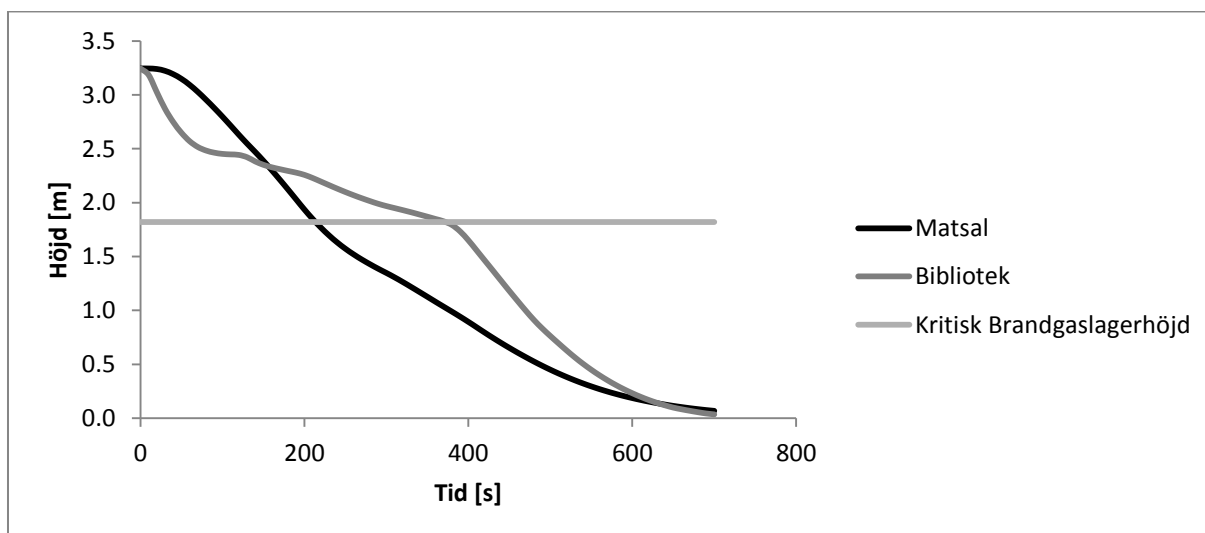
8.7 Validering av åtgärdsförslag

En ny CFAST-simulering utförs med de givna åtgärdsförslagen. I detta fall brinner således soffor gjorda med flamskyddat polyuretanskum. Kritisk temperatur nås efter cirka 300 sekunder i biblioteket samt efter cirka 630 sekunder i matsalen, se figur 29.



Figur 29. Jämförelse mellan den simulerade brandgastemperaturen samt den kritiska temperaturen.

Kritisk brandgaslagerhöjd uppstår efter cirka 360 sekunder i biblioteket och efter cirka 200 sekunder i matsalen, se figur 30.



Figur 30. Jämförelse mellan den simulerade brandgaslagerhöjden samt den kritiska brandgaslagerhöjden.

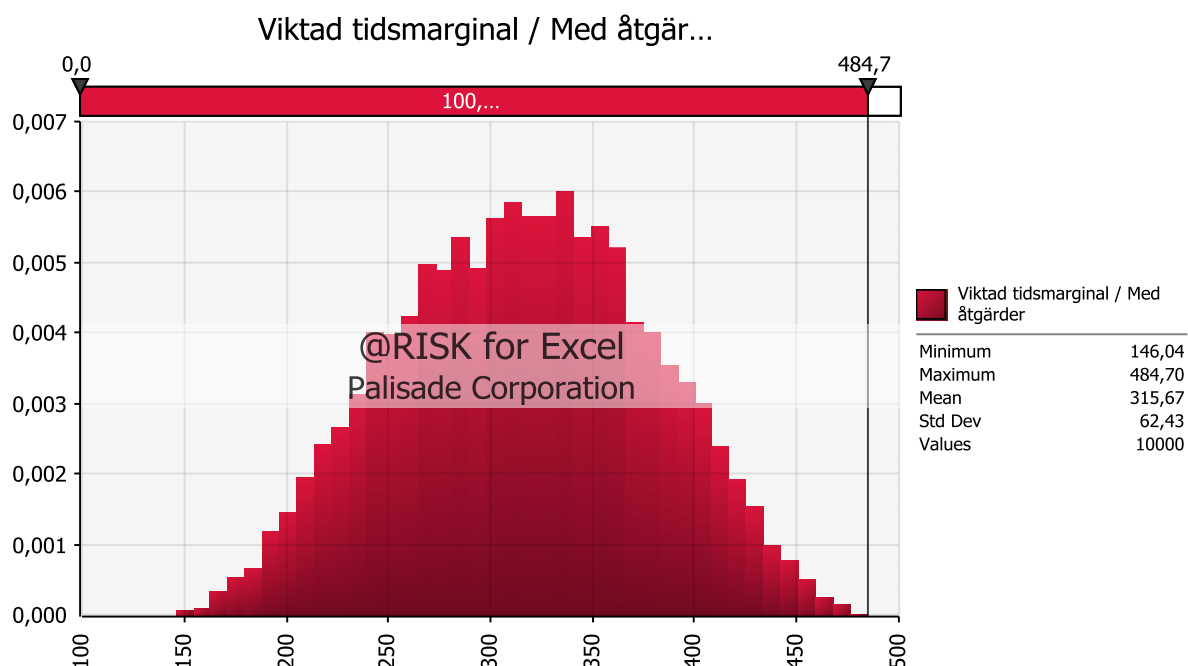
På grund av osäkerheter i modellen för simuleringar i CFAST kan kritiska förhållanden uppnås både tidigare och senare än vad CFAST visar. För att beakta detta varierar tiden till kritiska förhållanden med 60 sekunder.

Den nya varseblivningstiden beräknas i Detact QS till 270 sekunder. Den maximala varseblivningstiden sätts således till 300 sekunder då larmet fungerar. I fallet då larmet inte fungerar antas ett den maximala varseblivningstiden till 420 sekunder enligt kvalitativ bedömning. Den minimala varseblivningstiden sätts i båda fallen till 100 sekunder för att vara konservativ. Ny indata till simuleringen av tidsmarginalen visas i tabell 16.

Tabell 16. Indata till simulering av tidsmarginal.

Tidsmarginal	Fördelning	Medel [s]	Min, Max [s]
Varseblivningstid, med larm	Likformig	200	100, 300
Varseblivningstid, utan larm	Likformig	260	100, 420
Förberedelsetid	Likformig	45	30, 60
Förflyttningstid	Triangulär	60	40, 90
Kritisk tid	Likformig	630	570, 690

Den nya simuleringen av tidsmarginalen visas i figur 31.



Figur 31. Ny tidsmarginal för utrymning av matsal och bibliotek.

Det nya resultatet av simuleringarna visar att tidsmarginalen är positiv i samtliga fall vilket leder till att personerna i brandscenario C hinner utrymna innan kritiska förhållanden uppstår. Tidsmarginalens medelvärde ligger på 315 sekunder.

8.8 Diskussion

Tiden till kritiska förhållanden beräknas för fyra olika soffor. Eftersom det saknas information om vilken typ av soffa som finns i biblioteket antas den kritiska tiden vara likformigt fördelad. Även varseblivningstiden påverkas av vilken typ av soffa som brinner. Eftersom majoriteten av de simulerade värdena är runt 50 sekunder väljs en triangulär fördelning för varseblivningstiden med larm, med 50 sekunder som mest sannolikt värde. Simuleringarna skulle kunna förbättras om en annan population än school population antagits. School population har valts utifrån resonemanget att det antas kunna finnas större andel vuxna då skolans personal kan förväntas äta lunch samtidigt som eleverna. Att specificera individerna med children och adults skulle representerat scenariot bättre, dock anses det fortfarande att school population representerar scenariot bra.

Vid simuleringarna används CFAST vilket medför användandet av en tvåzonsmodell. Detta antas vara ett bra beslut då de utrymmen som simuleras är formade som rätblock av varierande storlek. Tvåzonsantagandet leder dock till att ge en förenklad simulering av brandgasspridningen i matsalen då arean av rummet är så pass stort att det kan antas vara fel att anta att alla brandgaser sprider sig momentant över hela ytan. Detta leder till att kritiska förhållanden nås samtidigt i hela rummet medan det i verkligheten varierar över rummets yta.

Värden i simuleringarna mäts i matsalen medan branden befinner sig i biblioteket. Detta görs då störst antal personer förväntas befinna sig i matsalen samt att de som befinner sig i biblioteket antas upptäcka branden i ett tidigt skede och förflyttar sig från brandrummet omedelbart. Värdena mäts även i matsalen för att ge en bild av förhållanden i rummet under tiden som folk utrymmer. Då den största mängden folk befinner sig i matsalen är det således intressantast att veta hur förhållandena ser ut där.

Värt att notera är att varseblivningstiden beräknas både via optisk densitet samt via temperaturökning i Detact QS. Det teoretiskt mest korrekta sättet att beräkna varseblivningstiden är via optisk densitet¹⁰, men eftersom värdena till beräkningen hämtas från CFAST-simuleringen blir den beräknade varseblivningstiden väldigt konservativ. Därför har dessa värden endast använts som en fingervisning om den maximala varseblivningstiden. Vid beräkning av tiderna i Detact QS har en temperaturökning på 13 °C använts, vilket också är ett konservativt värde dock ej lika konservativt som den optiska densiteten. Således bör detektorernas aktiveringstid vara kortare i verkligheten.

Eftersom ingen kännedom om fördelningen för varseblivningstiden utan larm samt för förberedelsetiden finns väljs likformiga fördelningar för att minska osäkerheterna på bästa möjliga sätt. Till förflyttningstiden används en triangulär fördelning då det finns en tid som är mest representerad. Denna tid sätts till det mest sannolikt värde och sedan antas resterande personer falla på var sida det värdet.

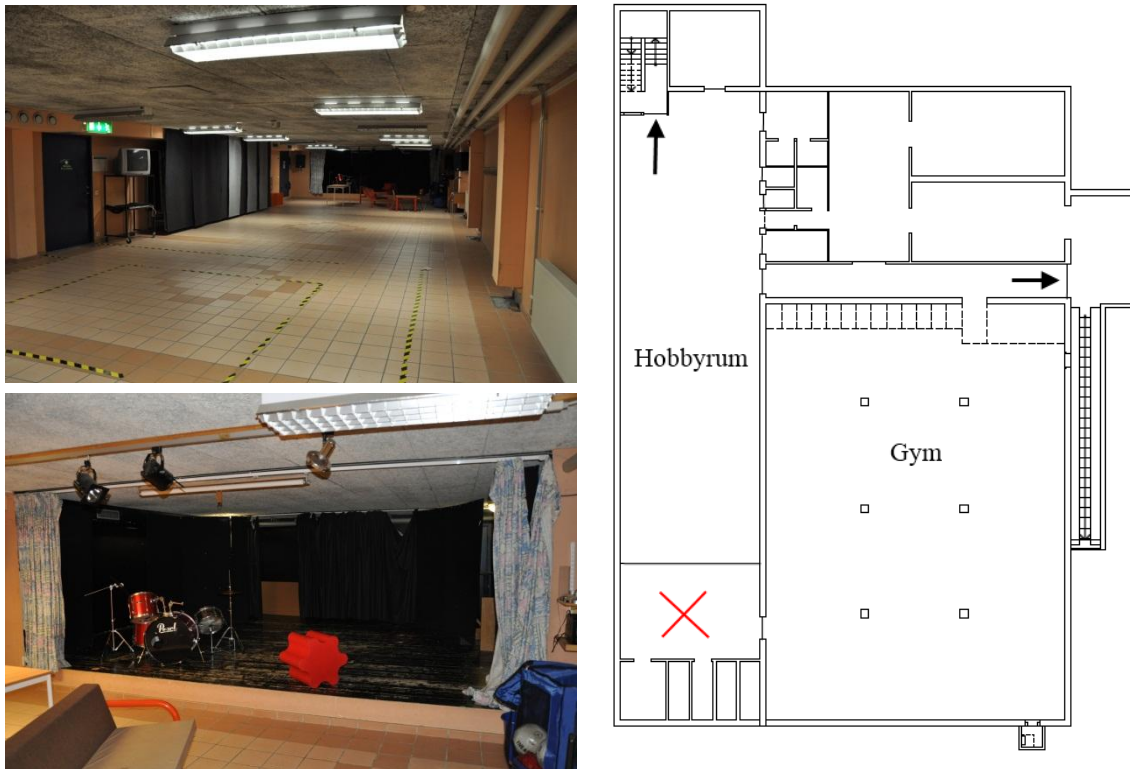
Vid simuleringar av förflyttningstid i Simulex utförs simuleringar med olika utgångspunkt för att ta hänsyn till om utrymningsdörren i biblioteket är blockerad eller ej. Genom att göra dessa simuleringar förs den framkomna informationen in i intervallet för förflyttningstiden och på så sätt tas det hänsyn till att utrymningsvägen i biblioteket kan bli blockerad av den uppkomna branden.

¹⁰ Daniel Nilsson, Lektor Brandteknik, LTH. Föreläsning 2012-03-15

9. Brandscenario D. Brand i hobbyrum

I avsnittet presenteras vad som förväntas ske då brandscenario D inträffar. Fullständig beräkningsgång presenteras i Bilaga E.

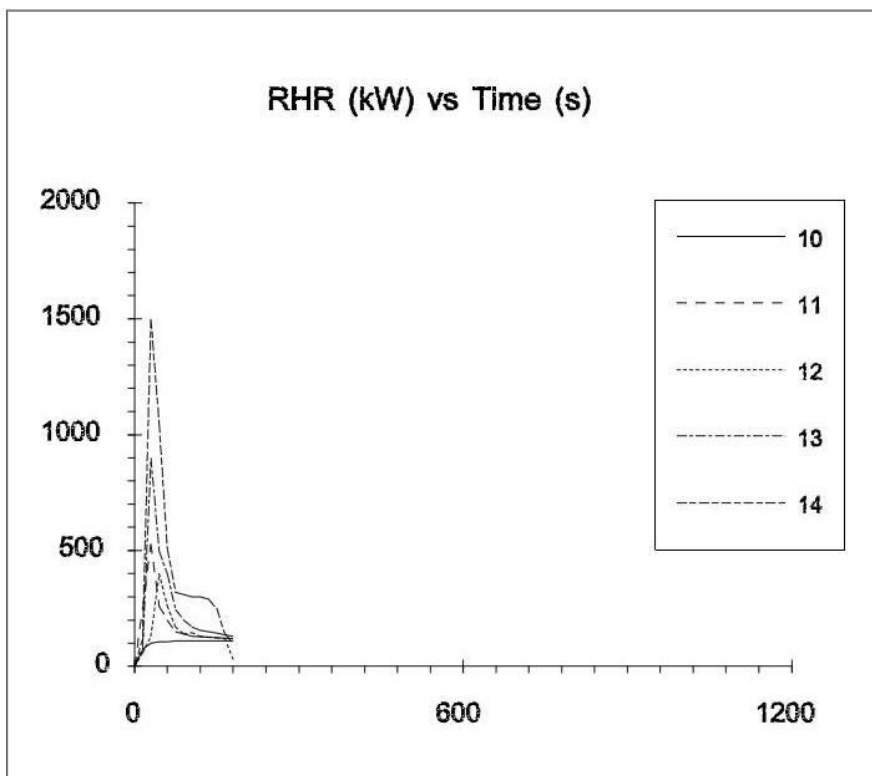
I källarplanet, del H, finns ett hobbyrum som har en uppbyggd scen med scenutrustning, se figur 32. Det har tidigare förekommit teateruppsättningar av eleverna i lokalen. Vid scenen finns mycket brännbart material. Bland annat stora mängder tyg i form av en scenridå, puffar av skumgummi och en scenuppbyggnadskonstruktion av trä. Resterande ytor har få brännbara material.



Figur 32. Överblicksbilder över hobbyrummet samt ritning över del H med brandens startpunkt markerad.

9.1 Dimensionerande brand

En brand antas starta av att ett levande ljus antänder scenridån under en föreställning. Tester på gardiner på tre kvadratmeter uppvisar i de värsta fallen en maxeffekt på 500-1500 kW, se figur 33 (Särdqvist, 1993). En rimlig konservativ maxeffekt antas vara 1000 kW. Eftersom förloppet är mycket snabbt, cirka 30 sekunder, bedöms branden inte ha hunnit bli ventilationskontrollerad.

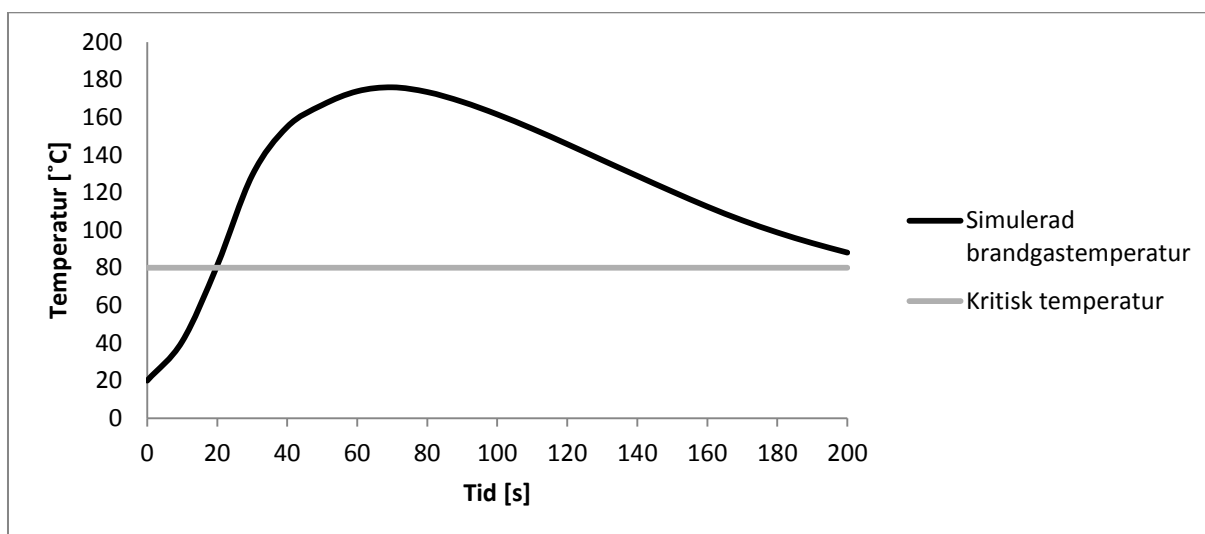


Figur 33. HRR-kurva för tester av tre typer av gardiner á 3 m².

9.2 Kritiska förhållanden

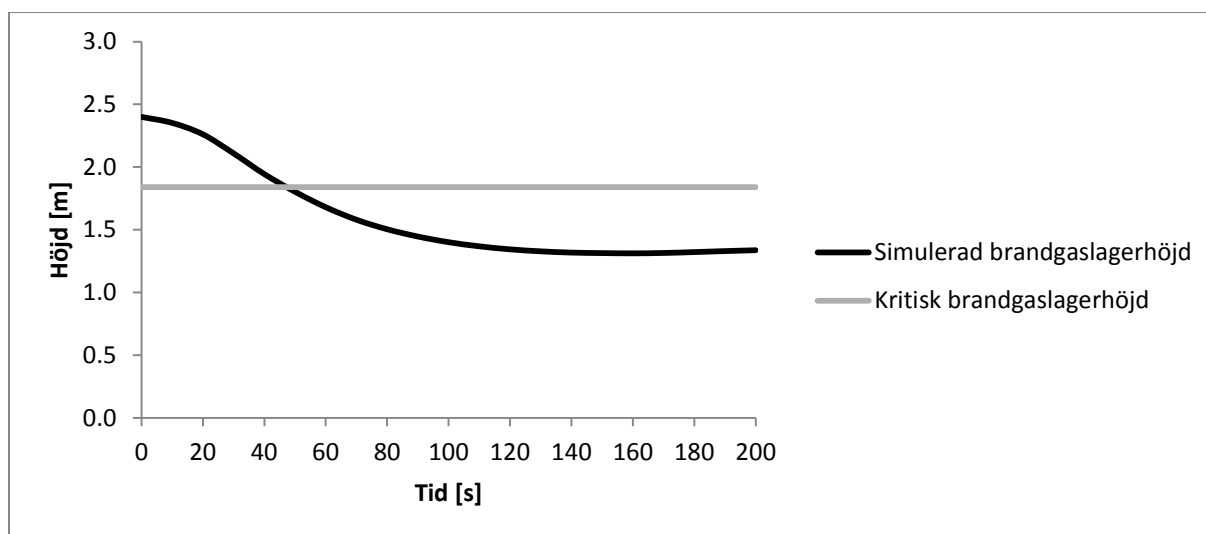
I kapitel 4.1 har kriterierna för kritiska förhållanden beskrivits. I kapitlet behandlas brandgaslagrets höjd, temperatur, siktbarhet, strålning och toxicitet. Med hjälp av den dimensionerande branden för detta brandscenario kan tiderna till kritiska förhållanden uppskattas med hjälp av simuleringar i CFAST, se Bilaga E.

Simuleringarna visar att brandgaslagrets höjd och temperatur är de kritiska parametrarna. Kritisk temperatur i brandgaslagret nås efter cirka 20 sekunder, därefter ligger temperaturen över den kritiska nivån för resten av simuleringen, se figur 34.



Figur 34. Jämförelse mellan den simulerade brandgastemperaturen samt den kritiska temperaturen.

Den kritiska höjden på brandgaslagret nås efter cirka 50 sekunder, se figur 35.



Figur 35. Jämförelse mellan den simulerade brandgaslagerhöjden samt den kritiska brandgaslagerhöjden.

Kritiska förhållanden för en person nås således efter cirka 50 sekunder då brandgaslagrets höjd understiger kritisk nivå samt att temperaturen överstiger 80 °C. På grund av osäkerheter i modellen för simuleringar i CFAST kan kritiska förhållanden uppnås både tidigare och senare än CFAST visar. För att beakta detta varierar tiden till kritiska förhållanden med 10 sekunder, se tabell 17.

Tabell 17. Tid till kritiska förhållanden uppstår.

Kritiska förhållanden	Min [s]	Max [s]
Tid	40	60

9.3 Utrymning

Förflyttning simuleras i Simulex och jämförs sedan med handberäkningar. Varseblivning och förberedelsetid fås från statistik och rekommendationer.

9.3.1 Varseblivningstid

Enligt BBRAD 1 är den kortaste rekommenderade varseblivningstiden 30 sekunder (BFS 2011:27). Det antas dock att tiden till att personerna i hobbyrummet upptäcker att en brand startar sker snabbare då lokalen är lätt att överskåda. Tiderna redovisas i tabell 18. På grund av att besökare med stor sannolikhet upptäcker en eventuell brand före detektion sker har ingen hänsyn till eventuella felfungerande larm tagits.

Tabell 18. Varseblivningstid.

Varseblivningstid	Min [s]	Max [s]
Med och utan larm	10	30

9.3.2 Förberedelsetid

Personerna i hobbyrummet kommer med stor sannolikhet se branden vilket innebär att utrymning påbörjas tidigare än vad som kan förväntas av personer som befinner sig i lokaler som är svåra att överskåda och som således har svårt att upptäcka en brand. Under en

föreställning består publiken troligtvis av familjemedlemmar till eleverna i föreställningen och på grund av det kommer de sociala aspekterna ha stor betydelse. Föräldrar kan antas vara mindre motiverade att utrymma om deras barn som deltar i föreställningen ej påbörjat sin utrymning.

Reaktionstiden då det endast är elever i hobbyrummet antas begränsas och rekommenderat intervall, som även använts vid handberäkningar, är 8-23 sekunder (Larusdottir & Dederichs, 2010). När lokalen är fullsatt och personer med sämre lokalkännedom befinner sig där ansätts reaktionstiden till 60 sekunder (BFS 2011:27). Tiderna redovisas i tabell 19.

Tabell 19. Förberedelsetid

Förberedelsetid	Min [s]	Max [s]
Med och utan larm	10	60

9.3.3 Förflyttningstid

Förflyttningstiden tas fram med hjälp av simuleringar i Simulex. Det antas att en klass på 20 elever har en föreställning av något slag och att varje elev i snitt har två besökare med sig. Det antas även finnas två lärare i lokalen som tar hand om hela evenemanget. Det kommer således finnas en hel del personer i lokalen som har dålig lokalkännedom. På grund av detta kommer många utrymma via dörren de kom in genom.¹¹ I det intilliggande gymmet antas 15 personer finnas sig. Totalt antas det alltså att 77 personer befinner sig i källaren, varav 62 i hobbyrummet.

I simuleringen har eleverna ansats som *Children*, besökarna har till hälften bestått av *Female* och den andra hälften av *Male*. Lärarna ansätts till *Female*. I simuleringen sätts reaktionstiden till noll för att endast få förflyttningstiden.

Eftersom det är en föreställning så kommer det stå flera rader med stolar eller bänkar som publiken kan sitta på. Dessa kommer vara ett hinder vid en eventuell utrymning. För att beakta detta i simuleringen har lokalen smalnats av på ett antal ställen för att efterlikna de flaskhalsar som kommer uppstå på grund av att stolarna och bänkarna står i vägen. Hänsyn har även tagits till att det börjar en trappa precis utanför brandcellen vid den norra utgången där det är troligt att köbildning kommer uppstå.

Två simuleringar har genomförts, en där båda utrymningsvägarna används och hälften av personerna går till varje utgång och en där alla personer utrymmer genom ingången de är vana att använda, det vill säga via trappan. Resultatet visas i tabell 20.

Tabell 20. Förflyttningstid i Simulex

Förflyttningstid	Tid [s]
62 personer, båda utrymningsvägarna	45
62 personer, endast trappan	70

¹¹ Daniel Nilsson, Lektor Brandteknik, LTH. Föreläsning 2012-03-15

9.4 Tidsmarginal

Eftersom lokalen är lätt att överblicka antas att en eventuell brand upptäcks innan brandlarmet aktiverar. Således kommer det inte bli någon skillnad i en simulering med eller utan larm och därför genomförs enbart en simulering för tidsmarginalen. I tabell 21 beskrivs vald indata till simuleringarna i @RISK. Likformig fördelning väljs i de fall där osäkerheterna är för stora för att göra ett antagande om annan fördelning (Haimes et al, 1994).

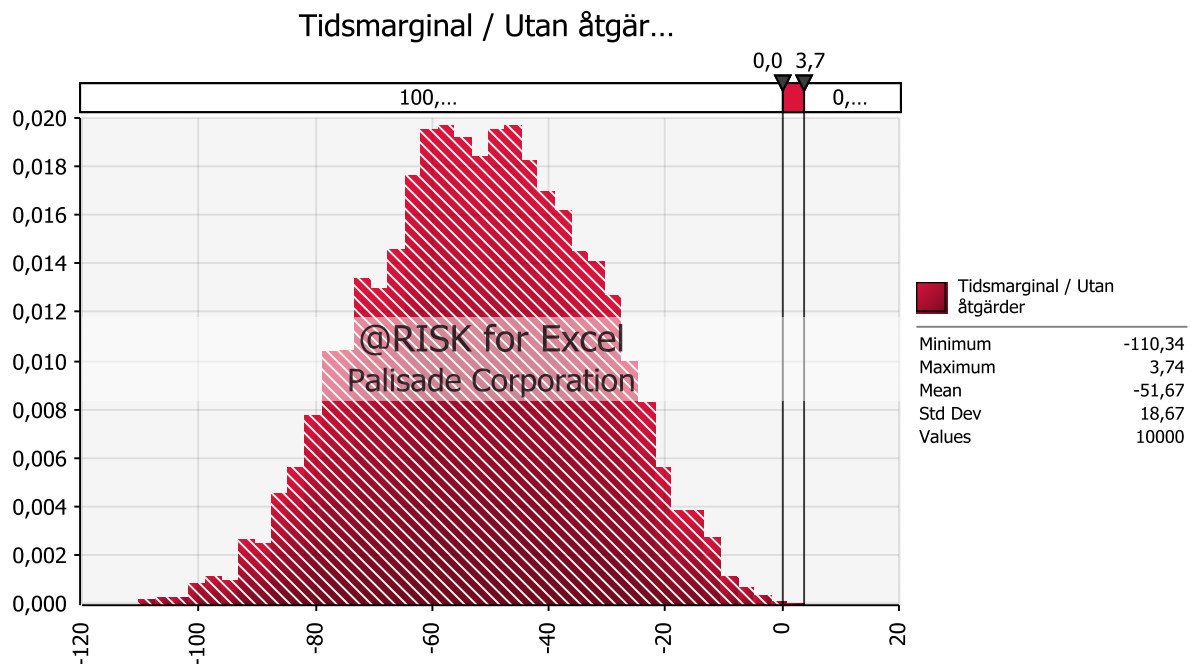
Tabell 21. Indata till simulering av tidsmarginal.

Tidsmarginal	Fördelning	Medel [s]	Min/Max [s]
Varseblivningstid	Likformig	20	10, 30
Förberedelsetid	Likformig	35	10, 60
Förflyttningstid	Triangulär	40	30, 70
Kritisk tid	Likformig	50	40, 60

Utifrån dessa fördelningar beräknas tidsmarginalen i @RISK enligt:

$$\text{Tidsmarginal} = t_{\text{kritisk tid}} - t_{\text{varseblivningstid}} - t_{\text{förberedelsetid}} - t_{\text{förflyttningstid}}$$

Resultatet av simuleringen åskådliggörs i figur 36.

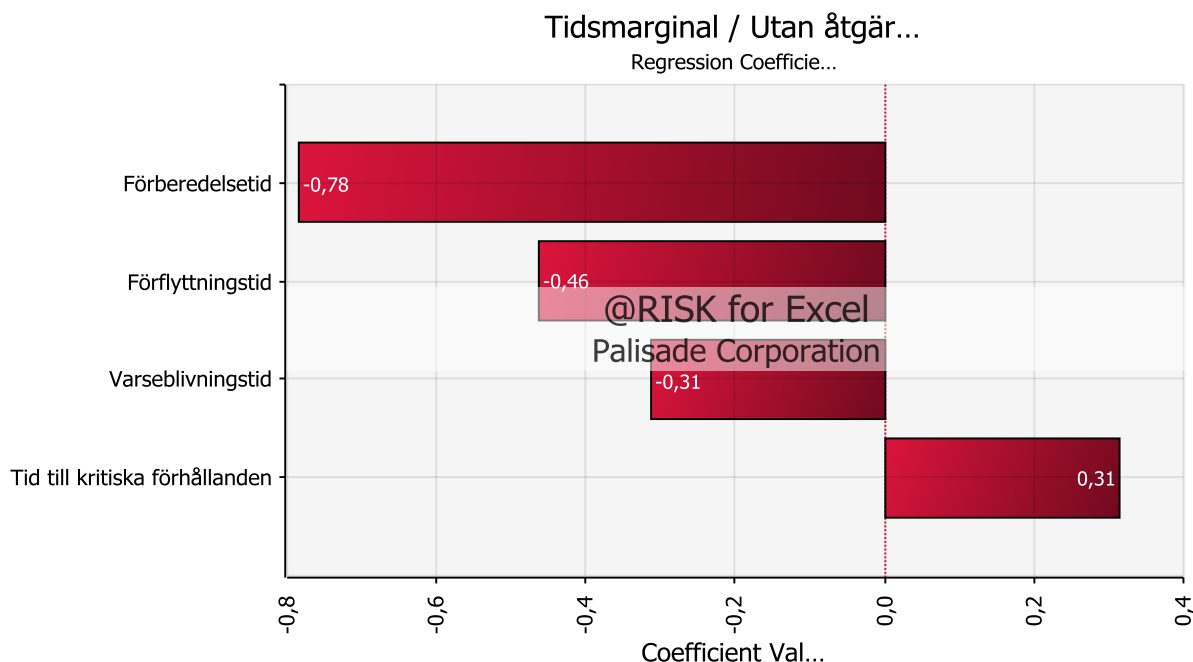


Figur 36. Tidsmarginal för utrymning av källarplanet.

Det nya resultatet av simuleringarna visar att tidsmarginalen är negativ i samtliga fall vilket leder till att personerna i brandscenario D inte hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Tidsmarginalens medelvärde ligger på minus 50 sekunder.

9.5 Känslighetsanalys @RISK

Känslighetsanalysen av tidsmarginalen genomförd i @RISK visar att förberedelsetiden påverkar tidsmarginalen i störst utsträckning, se figur 37. Vidare kan man utläsa är att en ökad förberedelsetid, förflyttningstid eller varseblivningstid påverkar tidsmarginalen negativt samtidigt som en ökad tid till kritiska förhållanden påverkar den positivt.



Figur 37. Känslighetsanalys av tidsmarginalen för hobbyrummet.

9.6 Åtgärdsförslag

Åtgärdsförslagen är att hobbyrummet skall tömmas på brännbart scenmateriel samt att lokalen inte skall brukas som samlingslokal vid diverse tillställningar. Därför begränsas personantalet till cirka 20 personer, vilket motsvarar en klass.

Som syns i figur 37 är förberedelsetiden samt förflyttningstiden de känsligaste parametrarna vid utrymning i brandscenariot. Genom att ej bruka lokalen som samlingslokal och på så vis sänka persontätheten samt förändra användningsområdet sjunker förberedelsetiden drastiskt vilket leder till en säkrare miljö.

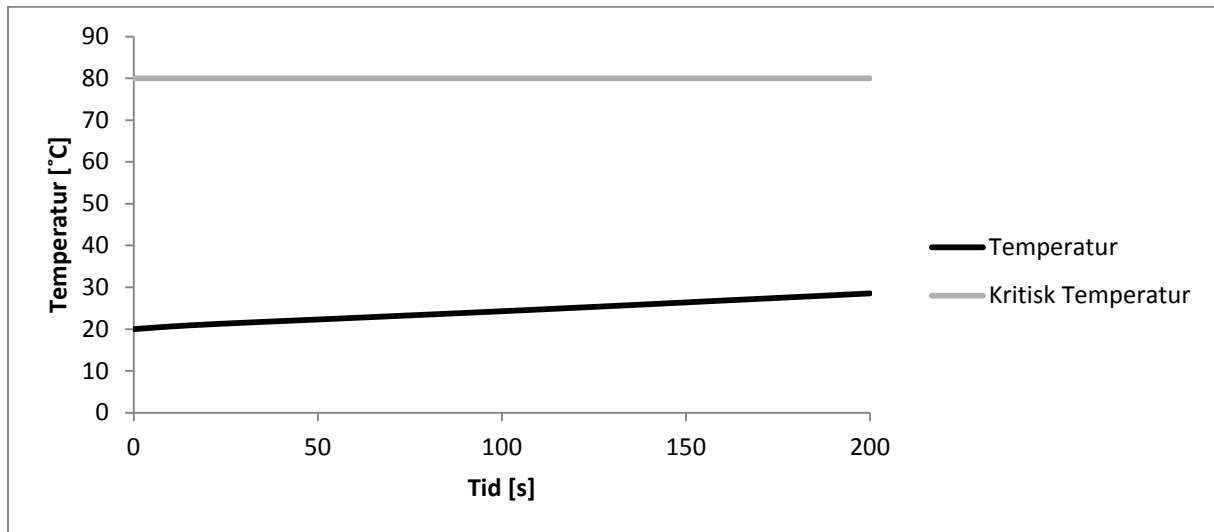
Då åtgärdsförslaget innebär att teaterföreställningar och liknande ej kommer ske kan källaren tömmas på det brännbara scenmaterialet som till exempel scengardinerna och sittpuffarna. Detta leder till att tiden till kritiska förhållanden ökar drastiskt.

Även för att uppfylla kraven från arbetsmiljöverket AFS 2009:2 77§ bör vreden på dörrarna ersättas med vred som ej försvårar utrymning.

9.7 Validering av åtgärdsförslag

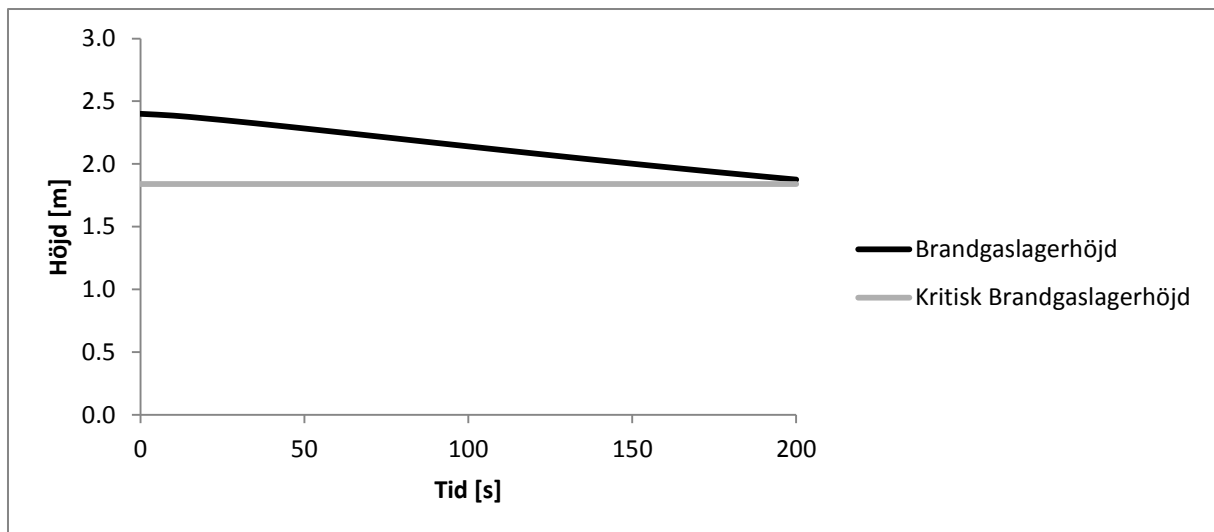
Nya simuleringar utförs med de givna åtgärdsförslagen.

Kritisk temperatur nås aldrig under den 200 sekunder långa simuleringen, se figur 38.



Figur 38. Jämförelse mellan den simulerade brandgastemperaturen samt den kritiska temperaturen.

Kritisk brandgaslagerhöjd uppstår efter cirka 200 sekunder i hobbyrummet, se figur 39.



Figur 39. Jämförelse mellan den simulerade brandgaslagerhöjden samt den kritiska brandgaslagerhöjden.

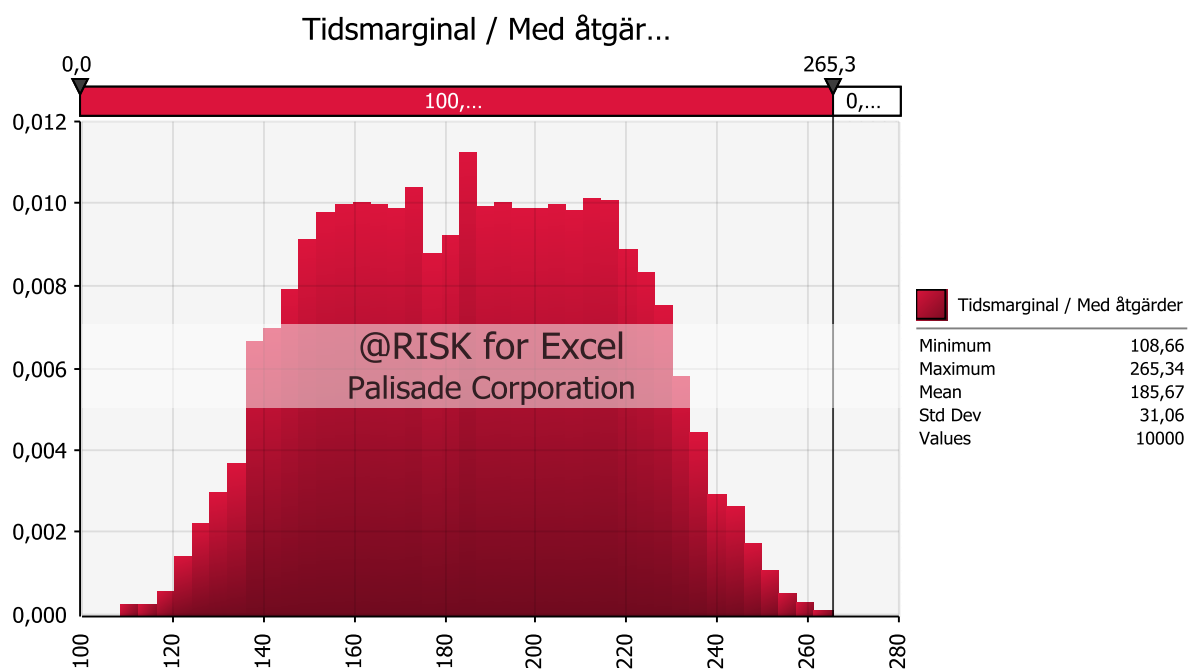
Kritiska förhållanden uppnås inte under de 200 simulerade sekunderna. Då det inte går att säkerställa att kritiska förhållanden inte uppnås efter simuleringens slut sätts den minimala kritiska tiden till 200 sekunder. Den maximala tiden sätts till 300 sekunder.

Ny indata till simuleringen av tidsmarginalen visas i tabell 22.

Tabell 22. Indata till simulering av tidsmarginal.

Tidsmarginal	Fördelning	Medel [s]	Min/Max [s]
Varseblivningstid	Likformig	20	10, 30
Förberedelsetid	Likformig	20	10, 30
Förflyttningstid	Triangulär	25	5, 45
Kritisk tid	Likformig	250	200, 300

Den nya simuleringen av tidsmarginalen visas i figur 40.



Figur 40. Ny tidsmarginal för utrymning av hobbyrummet.

Det nya resultatet av simuleringarna visar att tidsmarginalen är positiv i samtliga fall vilket leder till att personerna i brandscenario D hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Tidsmarginalens medelvärde ligger på 185 sekunder.

9.8 Diskussion

Enligt uppgifter från skolan anordnas inga aktiviteter i hobbyrummet. Beräkningar och utvärdering av brandskyddet i hobbyrummet har valts att genomföras på grund av att personer vittnar om att föreställningar förekommit och att det observerades en stor mängd scenutrustning under platsbesöket.

Hobbyrummets begränsande volym är en bidragande faktor till att kritiska förhållanden uppnås snabbt. Rummet klassas som en egen brandcell vilket innebär att utrymning genom annan brandcell är enda alternativet. Rekommendationerna enligt BBR 19 är en maximal utrymningsväg på 30 meter (BFS 2011:26). På grund av att de båda utrymningsvägarna har en sammanfallande väg blir den närmsta utrymningsvägen 44 meter.

Vid brandsimuleringar används programmet CFAST då utrymnet anses vara väl dimensionerat för användning av en tvåzonsmodell. Rummet har en enkel rätblocksgometri och inga andra rum förekommer i simuleringen.

Simuleringar och beräkningar konstaterar att en brand hotar personsäkerheten. Köbildning förväntas uppstå om det är ett större antal personer i lokalen. På grund av köbildningen finns det risk för rökspridning ut mot trappan. Detta leder till att kritiska förhållanden kan uppkomma i de angränsande brandcellerna som personerna ska utrymma genom. Beräkningar har ej utförts för trappan eller korridoren då utrymningen från hobbyrummet redan är otillfredsställande. Kyrkskolan har anlitat en konsultfirma som har fastställt att avståndet i trappan samt korridoren är acceptabelt för utrymning, trots att det överstiger 30 meter (Ardenmark, 2010). Dock bortser vi från detta utlåtande eftersom inga motiveringar eller beräkningar framgår i dokumentet. Den brandtekniska riskvärderingen visar att förflyttningstid och därmed utrymningsvägens längd kan anses acceptabel såvida rekommenderade åtgärder utförs. Detta trots att utrymningsvägarnas längd enligt förenklad dimensionering överskrids.

Utrymningstiderna förväntas bli längre än normalt då brandscenariot avser att en föreställning äger rum samtidigt som en brand uppstår. Detta kan leda till att anhöriga vars barn medverkar i föreställningen är måna om att få tag på dem innan de själva utrymmer. Effekterna av detta anses svåra att simulera i Simulex och därför bör hänsyn tas till att utrymningstiderna förväntas bli längre. Då det är stora osäkerheter på hur lång utrymningstiden förväntas bli antas en likformig fördelning för varseblivning och förberedelsetiden och på så sätt minimera osäkerheterna.

Simuleringarna och handberäkningarna resulterar i samma slutsats, nämligen att utrymning ej kan förväntas ske tillfredsställande och att åtgärder krävs. Då skolan meddelar att inga aktiviteter längre förekommer nere i hobbyrummet rekommenderas det att de stora mängder brännbart material rensas ut. Speciellt de stora mängder textil och brännbara möbler, se figur 32. All aktivitet nere i hobbyrummet rekommenderas upphöra.

Utrymningsdörren som leder upp till trappan bör ses över då dörren för närvarande går i baklås om den stängs. Om det visar sig att utrymning via trappan ej är genomförbar kan det leda till att personer fastnar i trapphuset under kritiska förhållanden vilket ej får ske. Detsamma gäller dörren som leder ut mot gymmet. När utrymning genom annan brandcell sker bör möjligheten att återvända ges.

10. Slutsats

Den brandtekniska riskvärderingen kommer fram till att personskyddet i händelse av brand inte är fullgott i alla avseenden. Slutsatsen baseras på observerade brister och på genomförd analytisk dimensionering med stöd av §2:2 LSO (2003:778), AFS 2009:2, 5:e kapitlet BBR 19, och BBRAD 1.

För att personskyddet i händelse av brand ska anses vara fullgott ska alla personer kunna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Därmed rekommenderas ett antal åtgärder som validerats i så stor utsträckning som möjligt för att garantera en förbättring. Åtgärdsförslagen är uppdelade i *skall* och *bör*. *Skall*-förslagen gäller för att upprätta en acceptabel skyddsnivå. *Bör*-förslagen är inte lagstadgade men är avsedda för att ytterligare förbättra brandsäkerheten.

Allmänt

1. Ventilationssystemet *skall* utredas och kontrolleras så att det är tillfredsställande. Det innebär att brandcellgränserna upprätthålls så att brand- och brandgasspridning står emot under angiven tid.
2. Öppningar i brandcellsgränser mellan del A och B samt G och H *skall* tätas så att gränserna upprätthålls och motverkar brand- och brandgasspridning.
3. Vreden på utrymningsdörrarna *bör* ersättas med vred som ej försvårar utrymning så att utrymmande människor kan ta sig ut snabbare och säkrare.

Del A

4. Spisen *skall* kopplas ur eller tas bort ifall den aldrig används, annars *skall* timer installeras. Detta för att omöjliggöra att ett barn sätter igång en spisplatta som sedan glöms bort och riskerar att utgöra en tändkälla.
5. Branddörren på våning 2 i del A *skall* åtgärdas så att den stänger korrekt för att förhindra brandgasspridning.
6. Utrymningsskyltar i del A *skall* kontrolleras och åtgärdas så att utrymmande människor snabbt hittar ut och inte vilseleds.
7. Elever och personal *skall* vara införstådda och kapabla att använda fönsterutrymning på våning 2 i del A så att de kommer till sin rätt eftersom de var för sig utgör en av två oberoende utrymningsvägar.
8. Utrymningsvägen genom fönstret från lärarbostaden som leder ut på ett tak och därifrån vidare genom att placera en stege till markplan *skall* göras om så att barnen kan använda den, till exempel genom att ersätta den med en extern trappa.
9. Vinden *bör* förses med rökdetektorer för att en brand i utrymmet ska upptäckas i ett tidigare skede vilket väsentligt kan förbättra egendomsskyddet.
10. Brännbart materiel *bör* avhysas från vinden för att minimera risk för antändning och minska eventuell brandbelastning.

11. Hemkunskapssalen *bör* vara låst då det inte är undervisning så att barnen inte sätter på spisar som sedan lämnas obevakade och riskerar att utgöra tändkällor.

Del B

12. Sofforna i biblioteket *skall* bytas ut mot flamskyddade varianter såvida de inte redan är det. Åtgärden förhindrar en snabb brandtillväxt.

Del H

13. Lättantändliga material såsom scenridån *skall* tas bort från hobbyrummet för att minska risken för antändning och förhindra ett snabbt brandförlopp. Åtgärden skapar tryggare förhållanden för utrymning.

14. Större arrangemang *skall* förpassas från hobbyrummet till idrottshallen för att ett stort personantal i hobbyrummet utgör en fara.

Referenser

- Ardenmark, J. (2010) *Brandtekniskt utlåtande avseende utrymning av teaterlokal på Kyrkskolan i Svedala*. Malmö, FireTech.
- Arbetsmiljöverket. (2009). *Arbetsplatsens utformning*. Stockholm: Anna Middelmann, Elanders Sverige AB.
- BFS 2011:26 (2012). *Regelsamling för byggande*, BBR 19. Karlskrona: Boverket.
- BFS 2011:27 (2011). *Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd*, BBRAD 1. Karlskrona: Boverket.
- Brandskyddsföreningen 1. *Statistik över orsaker till skolbränder*. (Elektronisk). Tillgänglig: <http://www.brandskyddsforeningen.se/pa_arbetet/anlagdbrand_1/statistik/statistik_over_skolbrandorsaker> (2012-02-10).
- Brandteknik. (2005). *Brandskyddshandboken*. Rapport 3134. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- Drysdale, D. (1998). *An Introduction to Fire Dynamic second edition*. West Sussex: John Wiley&Sons.
- Johansson, H.(1999). *Osäkerheter i variabler vid riskanalyser och brandteknisk dimensionering*. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- Johansson, N. & van Hees, P. (2010). *En studie av vindsbränder utifrån statistik och brandutredningar*. Lund: Brandteknik och Riskhantering, Lunds tekniska högskola.
- Flynn, J. (2007). *U.S. STRUCTURE FIRES IN EDUCATIONAL PROPERTIES*. Quincy: NFPA.
- Flynn, J. (2007). *U.S. STRUCTURE FIRES IN OFFICE PROPERTIES*. Quincy: NFPA.
- Forney, G. Jones, W. Peacock, R. Reneke, P. (2009). *CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6) – Technical Reference Guide*. National Institute of Standards and Technology, USA.
- Frantzich, H. (1998). *Användarmanual till SIMULEX ver 1.2*. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- Frantzich, H. (2001). *Tid för utrymning vid brand*. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- Haines, Y. Lambert, J. Li, D. Ling, C. Matalas, N. (1994) *Selection of Probability Distributions in Characterizing Risk of Extreme Events*. Charlottesville: Center of Risk Management and Engineering Systems, University of Virginia.
- Karlsson, B., & Quintiere, J. (2000). *Enclosure Fire Dynamics*. London: CRC Press.

- Kholshevnikov, V.V., Samoshin, D.A., Parfenenko, A.P. (2009). *Pre-school and school children building evacuation*. Moscow: State Moscow University of Civil Engineering, Academy of State Fire Service of Russia.
- Larusdottir, A.R. & Dederichs, A.S. (2010). *Evacuation dynamics of children – Walking speeds, flows through doors in daycare centers*. Department of Civil Engineering Technical University of Denmark.
- Mealy, C. & Gottuk, D. (2009) *Smoke Alarm Response: Estimation Guidelines and Tenability Issues – Part I*. Baltimore: Hughes Associates Inc.
- MSB. (Myndigheten för samhällskydd och beredskap). Skolbränder. (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://ida.msb.se/ida2#page=a0036>> (2012-02-10).
- Nilsson, D. & Holmstedt, G. (2008) *Kompendium i Aktiva system – Detektion*. Brandteknik och riskhantering, Lunds tekniska högskola, Lund.
- SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (2002). National Fire Protection Association & Society of Fire Protection Engineers. Quincy: NFPA.
- Staffansson, L. (2010). *Selecting design fires*. Lund: Brandteknik och Riskhantering, Lunds tekniska högskola.
- Särdqvist, S. (1993). *Initial Fires*. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- SP 1. (Sveriges Tekniska Forskningsinstitut). *SP Fire Database*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.sp.se/fire/fdb>> (2012-03-11).

Bilaga A. Teori och modeller

I följande Bilaga beskrivs teori samt modeller som används i rapporten.

A.1 Brandskydd

Vid dimensionering av brandskyddet i en byggnad ställs fem grundläggande krav. De fem kraven hittas i PBF (Plan- och Byggförordningen) och lyder:

- Utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket skall begränsas
- Spridning av brand och rök till närliggande byggnader skall begränsas
- Personer inom byggnaden skall vid brand kunna lämna eller räddas från byggnaden
- Hänsyn skall tas till räddningsinsatsen säkerhet vid brand
- En viss bärförmåga vid brand skall säkerställas

För att tillgodose dessa krav finns vissa föreskrifter vilka beskrivs i BBR 19. För att följa dessa föreskrifter kan förenklad eller analytisk dimensionering av brandskyddet användas (BFS 2011:26).

A.1.1 Förenklad dimensionering

Det enklaste sättet att dimensionera ett brandskydd för en byggnad är via så kallad förenklad dimensionering. Detta innebär att de lösningar och råd som beskrivs i de allmänna råden i BBR 19 följs. Detta görs genom att till exempel tillämpa rekommenderat gångavstånd, dörrvidder, ytskikt med mera utifrån den byggnadstyp och verksamhetsklass byggnaden hamnar i enligt BBR 19 (BFS 2011:26).

A.1.2 Analytisk dimensionering

I de fall där förenklad dimensionering inte är möjlig eller på andra sätt otillämpbar kan andra lösningsmetoder användas. Väljer man att frångå de föreskrifter som finns måste analytisk dimensionering tillämpas. Detta sätter mycket högre krav på byggherren att kunna visa lösningar som uppfyller de satta föreskrifterna trots att förenklad dimensionering ej använts. Regler som gäller vid analytisk dimensionering går att hitta i BBRAD 1. En byggnad måste inte enbart använda sig av förenklad eller analytisk dimensionering utan de kan kombineras fritt, så länge kraven uppfylls (BFS 2011:26).

A.2 CFAST

CFAST, som står för Consolidated Fire Growth and Smoke Transport Model, är ett simuleringsprogram som simulerar förhållanden som uppstår i rum och byggnader till följd av en brand med rökspridning. Det är utgivet av National Institute of Standards and Technology i USA.

Modellen som används i programmet är en tvåzonsmodell vilket innebär att det brandgaslager som bildas blir en homogen fluid som inte blandas med det kalla luftlagret i resten av rummet. Detta skapar effektivt två zoner, en varm och en kall. De två zonerna har nästintill inget utbyte med varandra och förhållandet mellan dem styrs av stigkraften från de varma gaserna i plymen som bildas av branden.

De ekvationer som CFAST använder sig av vid simuleringarna är mestadels ekvationerna för bevarandet av massa och energi. Bernouillis flödesekvationer används för att beräkna flöden vid ventilationer i simuleringarna. Genom att integrera alla ekvationer över volymerna i rummen som simuleras kan ekvationerna lösas som differentialekvationer.

CFAST använder sig av två stora antaganden för att avsevärt förkorta simuleringstiderna. Det första är att det krävs en väldigt liten mängd zoner och element per brandsimulering för att simulera. Det andra är att inga hastighetsekvationer används. Båda dessa antaganden leder till att man saknar förmåga att räkna ut viss information, såsom gravitationens påverkan, men simuleringstiderna för komplexare byggnader blir förkortad.

Då CFAST använder sig av en tvåzonsmodell samt två stora antaganden tillkommer vissa begränsningar i simuleringarna. Sättet som ekvationerna löses på leder till att enklare geometrier på rummen bör användas. För mer komplexa geometrier där ett komplext flöde är drivkraften för gasernas flöde rekommenderas ett CFD-program. Tvåzonsmodellen tar för givet att gränsen mellan det varma gaslagret och det kalla gaslagret är knivskarp när detta i verkligheten inte är fallet. CFAST simulerar inte själva branden och dess värmealstring. Denna bestäms av användaren och bör ej överstiga cirka 1 MW/m då det begränsas av tvåzonsmodellen samt antagandena för ekvationerna.

Ytterligare en begränsning vid simuleringar med CFAST är att programmet inte tar hänsyn till transsporttiden för brandgaserna från branden till spridning i taket. Detta leder till att CFAST kan överskatta hastigheten för brandgaslagrets utbredning nedåt i rummet.

Vid modellering av rumsgeometri i CFAST används ett relativt enkelt tillvägagångssätt. Alla simulerade volymer är rätblock av olika dimensioner och kopplas samman med hjälp av öppningar. I de fall rummen i fråga ej är formade som rätblock i verkligheten definieras rummens verkliga volym och ett rätblock med liknande volym anpassas för att motsvara rummet i simuleringen. Då CFAST arbetar med rökfyllnad i två zoner minskar detta tillvägagångssätt eventuella felberäkningar.

För mer information om de beräkningar och begränsningar som finns se *CFAST – Technical Reference Guide* (2009).

A.3 Simulex

Simulex är ett simuleringsprogram utgivet av Integrated Environmental Solutions vilket simulerar personförflyttning och utrymning ur byggnader.

Programmet använder ett relativt enkelt och överskådligt gränssnitt där en ritning av byggnaden kan laddas upp direkt i programmet. Genom att länka samman olika plan i byggnaden med länkar till trappor kan en fullständig sammanhängande ritning över hela byggnaden skapas. Utrymningsvägar kan definieras och diverse dörröppningars vidder kan bestämmas.

Då ritningen laddats och sammanlänkats på tillfredställande sätt kan personer läggas till. Personerna kan ges specifika egenskaper såsom bredd, gånghastighet, vilken dörr de vill gå till med mera. Genom att skraddarsy dessa egenskaper samt använda fördelningar istället för

specifika värden kan en tillräcklig bild av den sökta demografin framställas. När detta är gjort kan en simulering göras.

De olika personegenskaperna redovisas i tabell A1. En medelpersons storlek ligger mellan man och kvinna (Frantzich, 1998).

Tabell A1. Personkategorier i Simulex

Personkategori	Andel medelpersoner [%]	Andel män [%]	Andel kvinnor [%]	Andel barn [%]
Office staff	30	40	30	0
Commuters	30	30	30	10
Shoppers	30	20	30	20
School population	10	10	10	70
All Elderly	50	20	30	0
All Male	0	100	0	0
All Female	0	0	100	0
All Children	0	0	0	100

Bilaga B. Brandscenario A

I avsnittet presenteras fullständiga beräkningar för Brandscenario A. Vindsbrand i gamla skolbyggnaden.

B.1 Dimensionerande brand

Effektutveckling för en initialbrand tas fram med ekvation B1 (Staffansson, 2010) och med data från ett test av förbränning av hö, ”20: One sack” (Särdqvist, 1993).

$$\begin{aligned}\dot{Q} &= \alpha t^2 && \text{Ekvation B1} \\ \dot{Q} &= 350 \text{ kW} \\ t &= 120 \text{ s} \rightarrow \alpha \approx 0,024 \text{ kW/s}^2\end{aligned}$$

Det är dock troligt att den egentliga tillväxthastigheten kan skilja sig markant på grund av skillnader i bränslets fördelning och massa men i förlängningen antas träkonstruktionen styra brandförloppet. Tillväxthastigheten sätts till $0,047 \text{ kW/s}^2$ vilket motsvarar ett *fast* brandförlopp (Karlsson & Quintiere, 2000). Tiden för initialbranden försummas i beräkningarna.

B.1.1 Ventilationskontroll

Inledande ventilationskontroll beräknas med hjälp av aktuell luftvolym enligt ekvation B2 (Staffansson, 2010).

$$\begin{aligned}Q_{max} &= 13100 \cdot V \cdot (0,23 - 0,10) \cdot \rho_{luft} && \text{Ekvation B2} \\ V &\approx 440 \text{ m}^3 \\ \rho_{luft} &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \rightarrow Q_{max} \approx 900 \text{ MJ}\end{aligned}$$

Integration av ekvation B1 med given energi och tillväxthastighet ger att branden blir ventilationskontrollerad efter drygt 6 minuter vilket motsvarar maxeffekten 7000 kW. Därefter styr luftflödet. Den flödesbegränsade maxeffekten beräknas enligt ekvation B3 och tar endast hänsyn till synliga öppningar (Staffansson, 2010).

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{max} &= 1500 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} && \text{Ekvation B3} \\ A_0 &\approx 1 \text{ m}^2 \\ H_0 &\approx 0,4 \text{ m} \rightarrow \dot{Q}_{max} \approx 1000 \text{ kW}\end{aligned}$$

Branden tillväxer alltså till 7000 kW för att sedan avta till 1000 kW under gällande ventilationsantaganden.

B.1.2 Bränslekontroll

Om branden i ett tidigt skede brinner igenom taket och inte blir ventilationskontrollerad beräknas maxeffekten till 17 MW efter 10 minuter enligt ekvation B1. Den avgivna energin integreras fram till 3384 MJ. Beräkningar med ekvation B4 görs för att se om bränsletillgången utgör en begränsning (Staffansson, 2010).

$$Q = m \cdot \chi \cdot \Delta H_c$$

Ekvation B4

$$Q = 3384 \text{ MJ}$$

$$\Delta H_c = 19,4 \text{ MJ/kg (SFPE Handbook of Fire Protection Engineering)}$$

$$\chi = 0,7 \quad \rightarrow m \approx 250 \text{ kg}$$

Bränsletillgången hinner inte utgöra någon begränsning eftersom träet i takkonstruktionen överstiger 250 kilogram.

Bilaga C. Brandscenario B

I avsnittet presenteras fullständiga beräkningar för Brandscenario B. Brand i gamla lärarbostaden.

C.1 Dimensionerande brand

Tillväxthastighet och maxeffekt tillämpas enligt specifika värden för bostäder enligt BBRAD 1 (BFS 2011:27). Tiden till fullt utvecklade brand beräknas med ekvation C1 (Staffansson, 2010).

$$\dot{Q} = \alpha t^2 \quad \text{Ekvation C1}$$

$$\dot{Q} = 5000 \text{ kW}$$

$$\alpha = 0,012 \text{ kW/s}^2 \rightarrow t = 645 \text{ s}$$

C.1.1 Ventilationskontroll

Branden bedöms bli ventilationskontrollerad och inte bränslekontrollerad då tillgången på bränsle är god. Ventilationskontroll bedöms styras av ventilationsflödet och inte av tillgänglig luftvolym på grund av att denna endast uppgår till cirka 90 m^3 . Den flödesbegränsade maxeffekten beräknas enligt ekvation C2 och tar endast hänsyn till synliga öppningar (Staffansson, 2010).

$$\dot{Q}_{max} = 1500 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} \quad \text{Ekvation C2}$$

$$A_0 \approx 2 \text{ m}^2$$

$$H_0 \approx 2 \text{ m} \quad \rightarrow \dot{Q}_{max} \approx 4250 \text{ kW}$$

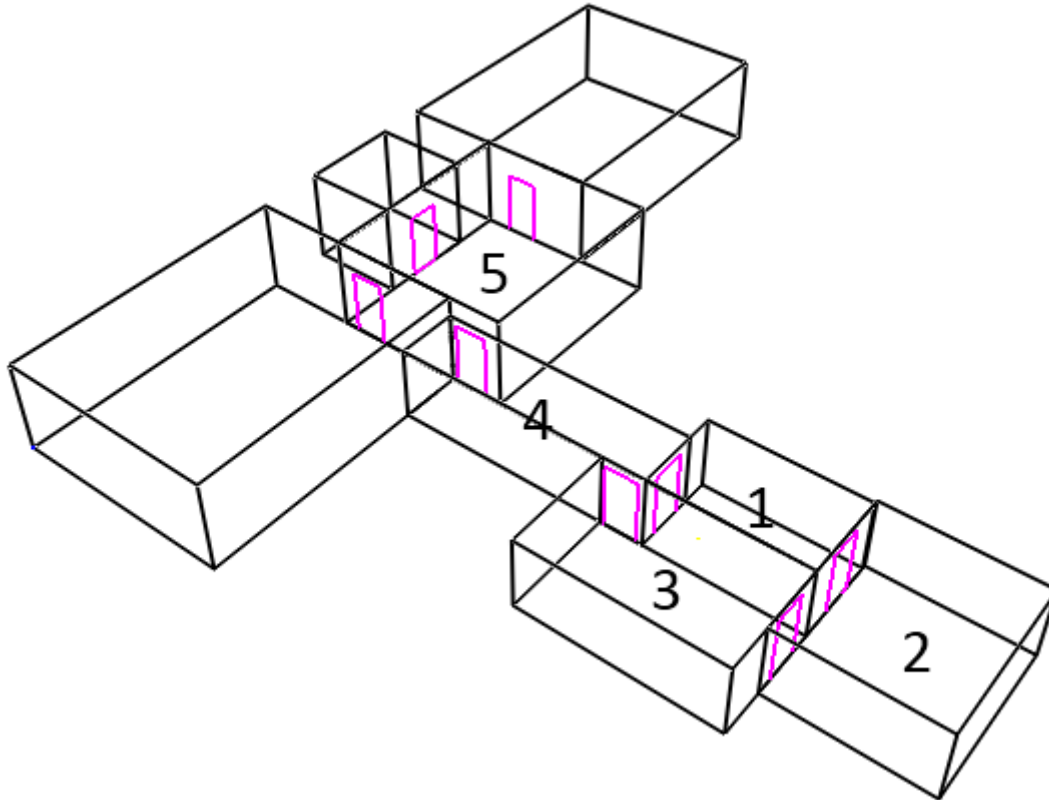
Branden begränsas alltså till 4250 kW under gällande ventilationsantaganden men eftersom det tillkommer otätheter i okänd omfattning bedöms värdet kunna bli högre. Det anses därför rimligt att tillämpa den dimensionerande maxeffekten 5,0 MW för bostäder enligt BBRAD 1 (BFS 2011:27).

C.2 CFAST-simulering

Vid CFAST-simulering av lärarbostads- samt fritidsdelen av del A målas hela geometrin för ovanvåningen upp. I de fall då rummen ej är rätblocksformade, exempelvis då snedtak förekommer, räknas volymen för rummen ut och en rätblocksformat rum med motsvarande volym används. Väggar samt tak kläs i gips för att på bästa sätt efterlikna objektet.

C.2.1 Geometri

Enkel skiss över geometrin i CFAST-simulering för brandscenario B visas i figur C1.



Figur C1. Skiss över geometrin som används i CFAST-simuleringen för brandscenario B där 1 är Lärarbostadsköket, 2 är Datorrummet, 3 är Lärarbostaden, 4 är Korridoren och 5 är Fritids.

C.2.2 Effektutveckling

Branden som används i simuleringen är en 5 megawattsbrand med en *medium* tillväxt. Detta i enlighet med BBRAD 1 (BFS 2011:27).

C.2.3 Indatafil

Nedan följer indatafil för CFAST-simulering av brandscenario B.

Date stamp from CFAST initialization 2012/04/02

The project files are based on the root: LÄRARBOSTADEN

Version 6.2.0 Created 2011/11/01

Opening a version 6 file in normal mode

Key word TIMES parameter(s) = 1000 -10 0 10 10

Key word EAMB parameter(s) = 293.15 101300 0

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

Key word CJET parameter(s) = WALLS

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

Key word CHEMI parameter(s) = 10 393.15

Key word WIND parameter(s) = 0 10 0.16

Key word COMPA parameter(s) = Datorrumme4.5 4.9 2.27 19.5 5 0 GYPSUM OFF GYPSUM
 Compartment 1 Datorrum 4.5 4.9 2.3 19.5 5.0 0.0 T F T T GYPSUM OFF GYPSUM GYPSUM

Key word COMPA parameter(s) = Lilla köke4.7 2.7 2.27 14.8 7.1 0 GYPSUM OFF GYPSUM
 Compartment 2 Lilla kö 4.7 2.7 2.3 14.8 7.1 0.0 T F T T GYPSUM OFF GYPSUM GYPSUM

Key word COMPA parameter(s) = Lärarbosta6 3.5 2.27 13.5 3.6 0 GYPSUM OFF GYPSUM

Compartment 3 Lärarbo 6.0 3.5 2.3 13.5 3.6 0.0 T F T T GYPSUM OFF GYPSUM GYPSUM

Key word COMPA parameter(s) = Korridor 7.8 1.9 2.27 7 7.1 0 GYPSUM OFF GYPSUM
 Compartment 4 Korridor 7.8 1.9 2.3 7.0 7.1 0.0 T F T T GYPSUM OFF GYPSUM GYPSUM

Key word COMPA parameter(s) = Fritids - 5.8 6.6 2.9 2.9 9 0 GYPSUM OFF GYPSUM
 Compartment 5 Fritids 5.8 6.6 2.9 2.9 9.0 0.0 T F T T GYPSUM OFF GYPSUM GYPSUM

Key word COMPA parameter(s) = Fritids - 7 9 2.9 0 0 0 GYPSUM OFF GYPSUM
 Compartment 6 Fritids 7.0 9.0 2.9 0.0 0.0 0.0 T F T T GYPSUM OFF GYPSUM GYPSUM

Key word COMPA parameter(s) = Fritids - 6.5 9 2.9 0 15.6 0 GYPSUM OFF GYPSUM
 Compartment 7 Fritids 6.5 9.0 2.9 0.0 15.6 0.0 T F T T GYPSUM OFF GYPSUM GYPSUM

Key word COMPA parameter(s) = Fritids - 2.9 3.1 2.9 0 11 0 GYPSUM OFF GYPSUM
 Compartment 8 Fritids 2.9 3.1 2.9 0.0 11.0 0.0 T F T T GYPSUM OFF GYPSUM GYPSUM

Key word HVENT parameter(s) = 1 2 1 1 2 0 1 3 0 4 1
 Key word HVENT parameter(s) = 1 3 1 1 2 0 1 0.5 0 4 1
 Key word HVENT parameter(s) = 3 4 1 1 2 0 1 0.1 0 3 1
 Key word HVENT parameter(s) = 2 4 1 1 2 0 1 0.5 0 4 1
 Key word HVENT parameter(s) = 4 5 1 1 2 0 1 0.2 0 3 1
 Key word HVENT parameter(s) = 6 5 1 1 2 0 1 0.5 0 1 1
 Key word HVENT parameter(s) = 5 7 1 1 2 0 1 0.8 0 3 1
 Key word HVENT parameter(s) = 5 8 1 1 2 0 1 3 0 4 1

Key word OBJEC parameter(s) = BBRAD 5MW 2 1 1 0 1 1 0 0 0 1

Plume model for this fire: McCaffrey

Open the output file C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\LÄRARBOSTADEN.out
 Open the smokeview files - C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\LÄRARBOSTADEN.smv
 C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\LÄRARBOSTADEN.plt
 Open the spreadsheet files - C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\LÄRARBOSTADEN_n.csv
 C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\LÄRARBOSTADEN_f.csv C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\LÄRARBOSTADEN_s.csv
 C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\LÄRARBOSTADEN_w.csv

Open the object fire file C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\BBRAD 5MW Design Fire.o
 Object BBRAD 5MW Design Fire position set to 1.000 1.000 0.001; Maximum HRR per m³ is 6.368E+05

Open the thermophysical properties file C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\thermal.csv
 Total execution time = 1.95 seconds
 Normal exit from CFAST

C.2.4 Resultat av CFAST-simulering

Nedan presenteras resultatet av CFAST-simuleringen för brandscenario B. I tabell C1 visas värden för kolmonoxid i brandgaslagret. I tabell C2 visas värden för koldioxid i brandgaslagret. I tabell C3 visas värden för syre i brandgaslagret. I tabell C4 visas värden för optisk densitet i brandgaslagret. I tabell C5 visas värden för strålning från brandgaslagret. I tabell C6 visas värden för temperaturen i brandgaslagret samt brandgaslagrets höjd.

Tabell C1. Värderna för kolmonoxid i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	CO [ppm]				
	Lärbostadsköket	Datorrummet	Lärbostaden	Korridoren	Fritids
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	16.79	6.76	3.16	8.78	1.37
200	43.02	24.40	16.42	25.04	11.19
300	83.31	53.73	40.99	52.80	26.79

Tabell C2. Värderna för koldioxid i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	CO ₂ [%]				
	Lärbostadsköket	Datorrummet	Lärbostaden	Korridoren	Fritids
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.11	0.04	0.02	0.06	0.01
200	0.27	0.16	0.10	0.16	0.07
300	0.53	0.34	0.26	0.34	0.17

Tabell C3. Värderna för syre i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	O ₂ [%]				
	Lärbostadsköket	Datorrummet	Lärbostaden	Korridoren	Fritids
0	20.48	20.48	20.48	20.48	20.48
100	19.36	20.03	20.27	19.89	20.39
200	17.60	18.85	19.38	18.80	19.73
300	14.90	16.88	17.74	16.95	18.69

Tabell C4. Värderna för optisk densitet i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	Optisk Densitet [1/m]				
	Lärbostadsköket	Datorrummet	Lärbostaden	Korridoren	Fritids
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.06	0.03	0.01	0.04	0.01
200	0.13	0.09	0.07	0.09	0.05
300	0.21	0.19	0.17	0.18	0.11

Tabell C5. Värderna för strålning från brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	Strålning [W/m ²]				
	Lärbostadsköket	Datorrummet	Lärbostaden	Korridoren	Fritids
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100.00	38.39	95.95	16.74	38.41	8.96
200.00	274.49	643.17	152.53	253.71	91.79
300.00	976.86	3227.87	564.27	842.14	275.70

Tabell C6. Värden för temperaturen i brandgaslagret samt höjden av brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	Temperatur [°C]		Brandgaslagerhöjd [m]	
	Lärbostadsköket	Fritids	Lärbostadsköket	Fritids
0	20.00	20.00	2.27	2.90
10	23.97	20.00	1.88	2.90
20	28.17	20.00	1.57	2.90
30	33.36	20.06	1.44	2.90
40	39.39	20.52	1.41	2.87
50	45.82	21.03	1.41	2.79
60	52.27	21.57	1.42	2.68
70	58.56	22.14	1.42	2.55
80	67.15	22.79	1.41	2.42
90	79.76	23.61	1.41	2.29
100	93.81	24.72	1.40	2.16
110	107.85	26.14	1.39	2.02
120	121.32	27.86	1.37	1.88
130	133.95	29.86	1.34	1.76
140	143.67	32.07	1.30	1.66
150	152.98	34.46	1.24	1.57
160	163.86	37.09	1.18	1.51
170	174.67	39.97	1.11	1.45
180	185.05	43.07	1.05	1.40
190	195.13	46.28	0.98	1.36
200	205.10	49.44	0.92	1.31
210	214.72	52.46	0.85	1.26
220	225.58	55.37	0.79	1.21
230	237.42	58.30	0.72	1.16
240	249.78	61.29	0.65	1.12
250	262.68	64.35	0.58	1.08
260	276.24	67.46	0.51	1.04
270	290.46	70.61	0.45	1.01
280	305.26	73.79	0.40	0.98
290	320.38	76.99	0.36	0.95
300	337.86	80.31	0.32	0.93
310	355.84	83.73	0.29	0.91
320	373.64	87.10	0.27	0.89
330	390.99	90.26	0.25	0.86
340	407.87	93.16	0.23	0.83
350	424.23	95.73	0.22	0.79
360	440.06	97.86	0.21	0.74
370	457.79	99.73	0.19	0.69
380	475.80	101.36	0.17	0.65
390	493.81	102.80	0.16	0.60
400	511.75	104.07	0.14	0.55

C.3 Varseblivningstid

Varseblivningstidn då larmet fungerar uppskattas med Detact QS. Rökdetektorn antas aktivera vid en temperaturökning på 13 °C. Detta antagande kan göras eftersom det finns vissa likheter mellan temperaturen och partikelfördelningen. Aktiveringstemperaturen sätts således till det konservativa värdet 33 °C. RTI ansätts till 1 (m·s)^{1/2} för att känselementet ska värmas upp nästan lika snabbt som de omgivande brandgaserna (Nilsson & Holmstedt, 2008). Indata och resultat av Detact QS visas i tabell C7.

Tabell C7. Indata och resultat till Detact QS.

Variabel	Värde
Takhöjd över bränsle [m]	2,27
Horisontellt avstånd mellan brand och närmsta sprinkler [m]	6
Starttemperatur i rummet [°C]	20
Aktiveringstemperatur [°C]	33
RTI-värde [(m·s) ^{1/2}]	1
Effektutveckling [kW]	Se Figur 12
Aktiveringstid [s]	86

C.4 Förflyttning i Simulex

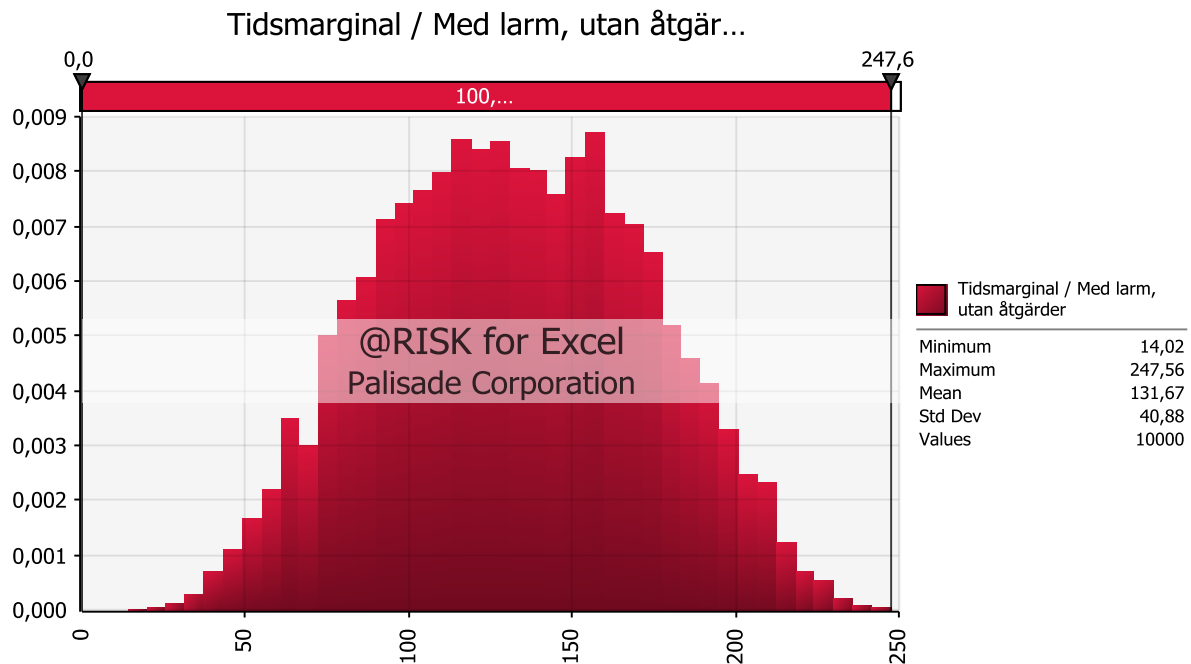
I brandscenario B genomförs två olika simuleringar. Antalet personer, det vill säga belastningen, på övervåningen varieras mellan två olika nivåer: normal och *worst case*. Antalet personer som använts grundar sig på information från rektorn på Kyrkskolan samt Räddningstjänsten Svedala och egna observationer. Figur C2 visar en överblicksbild för de båda simuleringarna.



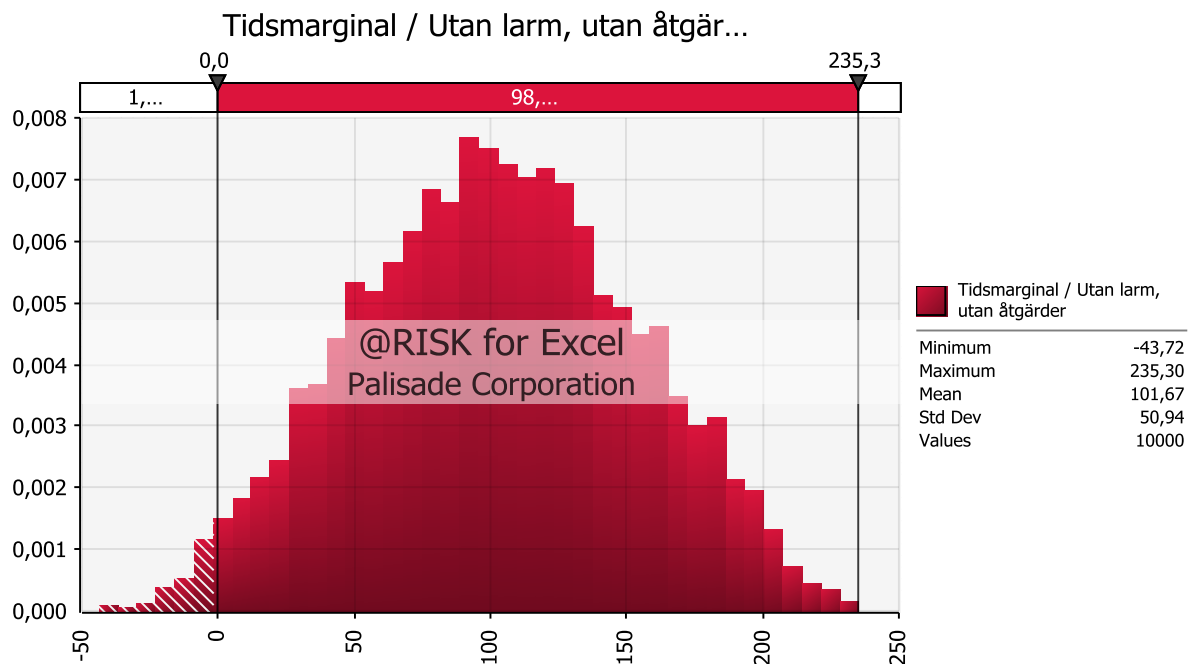
Figur C2. Överblicksbild av simuleringarna. Bilden till vänster åskådliggör normal belastning och bilden till höger åskådliggör *worst case*.

C.5 Tidsmarginal

Det simulerades först två tidsmarginaler, en för då larm fungerar och en för då larm inte fungerar. Resultatet visas i figur C3 och C4.

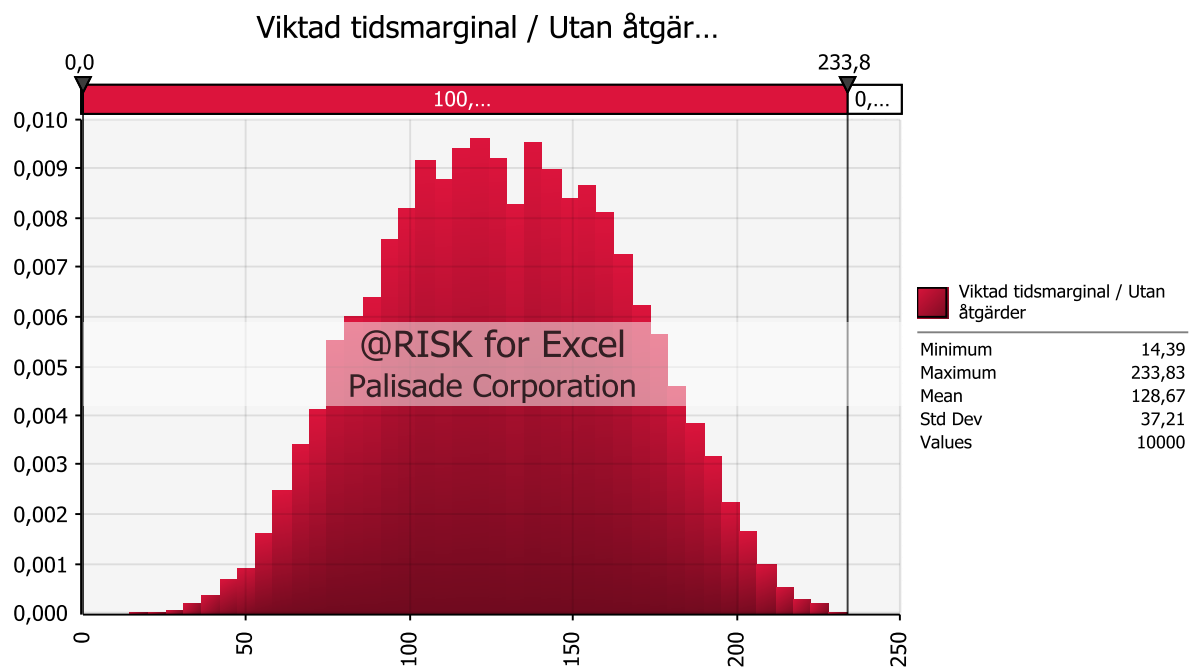


Figur C3. Tidsmarginal med larm.



Figur C4. Tidsmarginal utan larm.

Utifrån dessa resultat simuleras den viktade tidsmarginalen för att ta hänsyn till sannolikheten för att en detektor inte fungerar, det vill säga 90 % med larm och 10 % utan larm (Johansson, 1999). Resultatet visas i figur C5.



Figur C5. Viktad tidsmarginal.

Bilaga D. Brandscenario C

I avsnittet presenteras fullständiga beräkningar för Brandscenario C. Brand i biblioteket.

D.1 Dimensionerande brand

Fyra olika tillväxthastigheter beräknas med ekvation D1 utifrån data från brandförsök med soffor som bedöms likna sofforna i biblioteket med avseende på material och vikt, se tabell D1 (Staffansson, 2010).

$$\dot{Q} = \alpha t^2 \quad \text{Ekvation D1}$$

$$\dot{Q} = \text{Se Tabell D1}$$

$$t = \text{Se Tabell D1} \rightarrow \alpha = 0,070 \quad 0,015 \quad 0,112 \quad 0,078 \text{ kW/s}^2$$

Tabell D1. Data från brandförsök med soffor.

Test	Stomme	Stoppning	Klädsel	Vikt [kg]	ΔH_{eff} [kJ/kg]	\dot{Q}_{max} [kW]	$t_{\dot{Q}_{\text{max}}}$ [s]
21: 3-seat sofa ¹	Trä	PU-skum	Polyolefintyg	51,5	18900	3100	210
23: Loveseat ¹	Ek	PU-skum	Bomull/Plast	54,6	15100	1100	270
657: 3-seat sofa ²	-	PE-skum	Polyester	57,4	13360	2332	144
659: 2-seat sofa ²		PE-skum	Polyester	49,3	14700	2337	172

¹ Särddqvist, 1993

² SP Fire Database (SP 1)

Brandspridning beaktas från soffan närmast utrymningsvägen till den intilliggande soffan till höger. Erfordrad effekt för spridning beräknas med ekvation D2. Som infallande strålningsgräns för självantändning tillämpas normalvärdet 20 kW/m². Övrig brandspridning försummas (Staffansson, 2010).

$$\dot{Q} = \frac{\dot{q}_r'' 4\pi R_2^2}{X_r \cos\theta} \quad \text{Ekvation D2}$$

$$\dot{q}_r'' = 20 \text{ kW/m}^2$$

$$R_2 = 1 \text{ m}$$

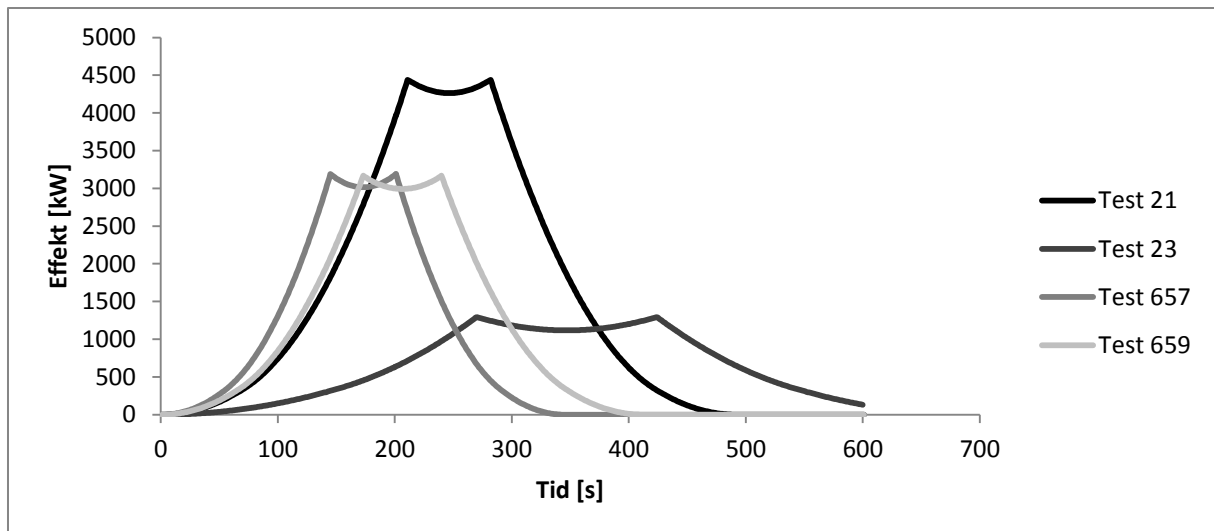
$$X_r = 0,7$$

$$\theta = 0^\circ \quad \rightarrow \dot{Q} \approx 359 \text{ kW}$$

Med en bestämd effekt för spridning kan tidpunkten för spridningen beräknas för de fyra tillväxthastigheterna enligt ekvation D1. De båda sofforna förväntas ha likadana brandförlopp där avsvlningsfasen anses vara inversen av tillväxtfasen (Staffansson, 2010). Med dessa antaganden kan den totala effektutvecklingen beräknas för respektive fyra fall. Beräkningen görs i Excel och resultatet presenteras i figur D1.

Utifrån maxeffekt och tiden till maxeffekt beräknas återigen nya tillväxthastigheter för de fyra brandförloppen med ekvation D1.

$$\rightarrow \alpha = 0,055 \quad 0,018 \quad 0,080 \quad 0,055 \text{ kW/s}^2$$



Figur D1. Effekttutveckling för fyra sofftyper.

D.1.1 Ventilationskontroll

Ventilationskontroll beräknas med hjälp av aktuell luftvolym enligt ekvation D3 (Staffansson, 2010).

$$Q_{max} = 13100 \cdot V \cdot (0,23 - 0,10) \cdot \rho_{luft} \quad \text{Ekvation D3}$$

$$V \approx 1760 \text{ m}^3$$

$$\rho_{luft} = 1,2 \text{ kg/m}^3 \rightarrow Q_{max} \approx 3600 \text{ MJ}$$

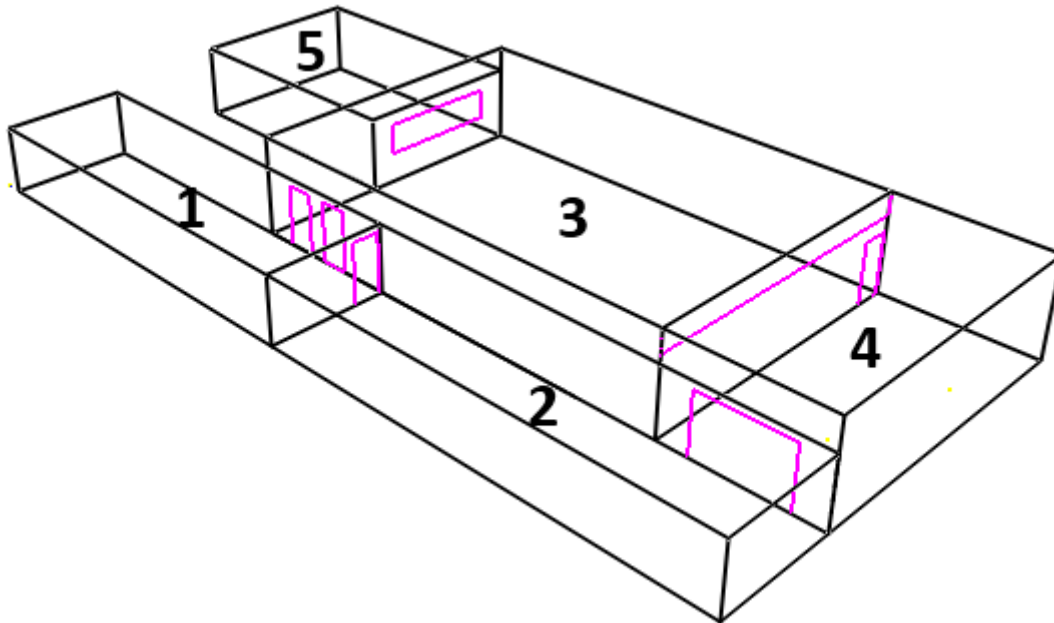
Integration av ekvation D1 med energin 3600 MJ och de fyra tillväxthastigheterna ger att branden blir ventilationskontrollerad efter cirka 8-14 minuter vilket motsvarar effekten 12700 - 20000 kW. Dessa vida överstiger soffornas maxeffekter enligt försöken. Branden blir alltså bränslekontrollerad enligt gällande spridningsantaganden.

D.2 CFAST-simulering

Vid CFAST-simuleringar av brandscenario C målas geometrin för hela del B av byggnaden upp, med andra ord hela brandcellen. I de fall då rummen ej är rätblocksförmade, exempelvis då snedtak förekommer, räknas volymen för rummen ut och ett rätblocksförmigt rum med motsvarande volym används. Väggar samt tak kläs i lättbetong respektive akustikplattor för att på bästa sätt efterlikna objektet.

D.2.1 Geometri

En enkel skiss över geometrin i CFAST-simuleringen för brandscenario C visas i figur D2.



Figur D2. Skiss över geometrin som används i CFAST-simuleringen för brandscenario C där 1 är Korridor 1, 2 är Korridor 2, 3 är Matsal, 4 är Bibliotek och 5 är Kök.

D.2.2 Effektutveckling

Bränderna som används i brandscenario C är fyra soffgrupper med varierande tillväxthastigheter och maxeffekter. Dessa presenteras i figur D1 där Test 23 är branden med tillväxthastigheten $0,015 \text{ kW/s}^2$, Test 21 är branden med tillväxthastigheten $0,07 \text{ kW/s}^2$, Test 659 är branden med tillväxthastigheten $0,078 \text{ kW/s}^2$ och Test 657 är branden med tillväxthastigheten $0,112 \text{ kW/s}^2$.

D.2.3 Indatafil

Nedan följer indatafil för CFAST-simulering av brandscenario C med en brand med tillväxthastighet 0.015 kW/m^2 . Vid resterande tre simuleringar används samma indata, bortsett från effektutvecklingen som varierar enligt figur D1.

Date stamp from CFAST initialization 2012/03/28

The project files are based on the root: BIBLIOTEKET015

Version 6.2.0 Created 2011/11/01

Opening a version 6 file in normal mode

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

Key word EAMB parameter(s) = 293.15 101300 0

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

Key word CJET parameter(s) = WALLS

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

Key word CHEMI parameter(s) = 10 393.15

Key word WIND parameter(s) = 0 10 0.16

Key word COMPA parameter(s) = Korridor 113 4 2.23 0.5 0 0 ACOUTILE CONCLITE
CONCLITE

Compartment 1 Korridor 13.0 4.0 2.2 0.5 0.0 0.0 T T T T ACOUTILE CONCLITE CONCLITE CONCLITE

Key word COMPA parameter(s) = Korridor 215 4 2.23 13.5 0 0 ACOUTILE CONCLITE
 CONCLITE
 Compartment 2 Korridor 15.0 4.0 2.2 13.5 0.0 0.0 T T T T ACOUTILE CONCLITE CONCLITE CONCLITE

Key word COMPA parameter(s) = Matsal 3 15 10 3.245 8.5 4 0 ACOUTILE CONCLITE
 CONCLITE
 Compartment 3 Matsal 3 15.0 10.0 3.2 8.5 4.0 0.0 T T T T ACOUTILE CONCLITE CONCLITE CONCLITE

Key word COMPA parameter(s) = Bibliotek 5 10 3.245 23.5 4 0 ACOUTILE CONCLITE
 CONCLITE
 Compartment 4 Bibliotek 5.0 10.0 3.2 23.5 4.0 0.0 T T T T ACOUTILE CONCLITE CONCLITE CONCLITE

Key word COMPA parameter(s) = Kök 5 8.5 5.8 2.45 0 8.2 0 GYPSUM OFF GYPSUM
 Compartment 5 Kök 5 8.5 5.8 2.5 0.0 8.2 0.0 T F T T GYPSUM OFF GYPSUM GYPSUM

Key word HVENT parameter(s) = 1 3 1 0.9 2 0 1 9 0 3 1
 Key word HVENT parameter(s) = 1 3 2 0.9 2 0 1 10.5 0 3 1
 Key word HVENT parameter(s) = 2 4 1 3 2 0 1 11 0 3 1
 Key word HVENT parameter(s) = 3 4 1 0.9 2 0 1 9 0 2 1
 Key word HVENT parameter(s) = 3 4 2 10 3.245 2.5 1 0 0 2 1
 Key word HVENT parameter(s) = 1 2 1 0.9 2 0 1 3 0 2 1
 Key word HVENT parameter(s) = 3 5 1 4 2 1 1 5 0 4 1

Key word OBJEC parameter(s) = Sofa - a=4 4 7 0 1 1 0 0 0 1
 Plume model for this fire: McCaffrey
 Key word OBJEC parameter(s) = Sofa - a=4 3 3 0 1 1 154 0 0 1

Plume model for this fire: McCaffrey

Open the output file C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\BIBLIOTEKET015.out
 Open the smokeview files - C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\BIBLIOTEKET015.smv
 C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\BIBLIOTEKET015.plt
 Open the spreadsheet files - C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\BIBLIOTEKET015_n.csv
 C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\BIBLIOTEKET015_f.csv C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\BIBLIOTEKET015_s.csv
 C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\BIBLIOTEKET015_w.csv

Open the object fire file C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\Soffa - a=0.015(1).o
 Object Sofa - a=0.015(1) position set to 4.000 7.000 0.001; Maximum HRR per m³ is 9.914E+04
 Open the object fire file C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\Soffa - a=0.015(1).o
 Object Sofa - a=0.015(1) position set to 3.000 3.000 0.001; Maximum HRR per m³ is 9.914E+04

Open the thermophysical properties file C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\thermal.csv
 Total execution time = 0.898 seconds
 Normal exit from CFAST

D.2.4 Resultat av CFAST-simulering

Nedan presenteras resultat av CFAST-simuleringarna för brandscenario C.

D.2.4.1 0,015 kW/m²

Nedan presenteras resultat av CFAST-simuleringen för brandscenario C med en tillväxthastighet på 0,015 kW/m². I tabell D2 visas värden för kolmonoxid i brandgaslagret. I tabell D3 visas värden för koldioxid i brandgaslagret. I tabell D4 visas värden för syre i brandgaslagret. I tabell D5 visas värden för optisk densitet i brandgaslagret. I tabell D6 visas värden för strålning från brandgaslagret. I tabell D7 visas värden för temperaturen i brandgaslagret samt brandgaslagrets höjd.

Tabell D2. Värderna för kolmonoxid i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	CO [ppm]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	11.57	25.53	0.00
200	22.89	13.47	47.27	87.87	24.53
300	72.68	78.85	96.38	138.36	64.78

Tabell D3. Värderna för koldioxid i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	CO ₂ [%]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.07	0.16	0.00
200	0.15	0.09	0.30	0.56	0.16
300	0.46	0.50	0.61	0.88	0.41

Tabell D4. Värderna för syre i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	O ₂ [%]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0	20.48	20.48	20.48	20.48	20.48
100	20.48	20.48	20.31	20.10	20.48
200	20.14	20.28	19.78	19.18	20.12
300	19.40	19.31	19.05	18.43	19.52

Tabell D5. Värderna för optisk densitet i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	Optisk densitet [1/m]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.05	0.10	0.00
200	0.10	0.06	0.19	0.30	0.11
300	0.33	0.35	0.40	0.47	0.30

Tabell D6. Värderna för strålning från brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	Strålning [W/m ²]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100.00	2.98	3.00	22.64	65.04	4.37
200.00	44.79	24.91	197.92	391.91	59.26
300.00	290.47	351.68	662.82	1249.06	246.63

Tabell D7. Värden för temperaturen i brandgaslagret samt brandgaslagrets höjd vid olika tidpunkter.

Tid [s]	Temperatur [°C]		Brandgaslagerhöjd [m]	
	Matsal	Bibliotek	Matsal	Bibliotek
0	20.00	20.00	3.24	3.24
10	20.21	21.27	3.24	3.08
20	20.74	22.21	3.22	2.88
30	21.25	23.35	3.18	2.73
40	22.00	25.50	3.11	2.62
50	23.08	28.34	3.02	2.56
60	24.43	31.83	2.91	2.52
70	26.14	36.36	2.80	2.51
80	28.15	41.43	2.68	2.51
90	30.32	46.91	2.57	2.48
100	32.70	52.30	2.46	2.42
110	35.29	58.33	2.34	2.37
120	38.12	65.33	2.22	2.34
130	41.17	72.84	2.09	2.31
140	44.38	80.69	1.96	2.27
150	47.77	88.59	1.84	2.23
160	51.38	96.57	1.73	2.17
170	55.26	105.14	1.64	2.12
180	59.50	114.23	1.56	2.07
190	64.07	122.75	1.49	2.01
200	68.95	131.37	1.42	1.94
210	74.07	140.16	1.36	1.88
220	79.29	149.04	1.29	1.83
230	84.49	158.03	1.22	1.77
240	89.65	166.94	1.15	1.71
250	94.86	175.36	1.07	1.64
260	100.04	181.75	0.99	1.53
270	105.13	188.13	0.91	1.41
280	109.85	192.23	0.82	1.29
290	114.06	195.44	0.75	1.18
300	117.89	198.38	0.68	1.06

D.2.4.2 0,07 kW/m²

Nedan presenteras resultat av CFAST-simuleringen för brandscenario C med en tillväxthastighet på 0,07 kW/m². I tabell D8 visas värden för kolmonoxid i brandgaslagret. I tabell D9 visas värden för koldioxid i brandgaslagret. I tabell D10 visas värden för syre i brandgaslagret. I tabell D11 visas värden för optisk densitet i brandgaslagret. I tabell D12 visas värden för strålning från brandgaslagret. I tabell D13 visas värden för temperaturen i brandgaslagret samt brandgaslagrets höjd.

Tabell D8. Värden för kolmonoxid i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	CO [ppm]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	3.29	0.00	43.23	92.70	1.16
200	111.17	145.56	160.32	257.13	99.09
300	257.64	307.78	327.81	475.51	226.44

Tabell D9. Värden för koldioxid i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	CO ₂ [%]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.02	0.00	0.28	0.59	0.01
200	0.71	0.93	1.02	1.64	0.63
300	1.64	1.96	2.09	3.03	1.44

Tabell D10. Värden för syre i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	O ₂ [%]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0	20.48	20.48	20.48	20.48	20.48
100	20.43	20.48	19.84	19.11	20.46
200	18.84	18.33	18.11	16.68	19.01
300	16.67	15.93	15.64	13.45	17.13

Tabell D11. Värden för optisk densitet i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	Optisk densitet [1/m]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.02	0.00	0.17	0.31	0.01
200	0.52	0.62	0.64	0.76	0.48
300	1.30	1.41	1.41	1.51	1.22

Tabell D12. Värden för strålning från brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	Strålning [W/m ²]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100.00	12.95	13.27	137.99	360.17	19.32
200.00	582.34	920.70	1579.89	4853.16	497.07
300.00	1695.79	2674.83	3949.41	14988.90	1069.57

Tabell D13. Värden för temperaturen i brandgaslagret samt brandgaslagrets höjd vid olika tidpunkter.

Tid [s]	Temperatur [°C]		Brandgaslagerhöjd [m]	
	Matsal	Bibliotek	Matsal	Bibliotek
0	20.00	20.00	3.24	3.24
10	20.94	23.23	3.24	3.00
20	22.50	26.14	3.19	2.79
30	24.52	31.53	3.10	2.65
40	27.78	39.77	2.98	2.58
50	32.10	51.00	2.83	2.55
60	37.60	65.18	2.67	2.54
70	43.76	80.04	2.51	2.48
80	50.83	96.49	2.36	2.39
90	58.90	116.59	2.18	2.32
100	67.97	138.40	1.99	2.23
110	77.65	157.61	1.80	2.09
120	88.12	177.06	1.63	1.93
130	99.47	197.88	1.49	1.80
140	111.70	219.68	1.37	1.70
150	124.63	242.30	1.27	1.61
160	138.09	266.82	1.16	1.51
170	151.79	290.89	1.05	1.38
180	165.60	312.74	0.93	1.21
190	179.59	335.19	0.81	1.03
200	193.98	358.81	0.70	0.84
210	208.64	383.68	0.60	0.65
220	222.14	405.02	0.52	0.49
230	233.57	421.04	0.45	0.36
240	242.58	433.38	0.39	0.26
250	250.05	445.33	0.34	0.18
260	256.58	456.82	0.29	0.13
270	262.66	468.80	0.26	0.09
280	268.38	479.56	0.22	0.07
290	272.55	482.07	0.20	0.07
300	274.34	475.05	0.17	0.06

D.2.4.3 0,078 kW/m²

Nedan presenteras resultat av CFAST-simuleringen för brandscenario C med en tillväxthastighet på 0,078 kW/m². I tabell D14 visas värden för kolmonoxid i brandgaslagret. I tabell D15 visas värden för koldioxid i brandgaslagret. I tabell D16 visas värden för syre i brandgaslagret. I tabell D17 visas värden för optisk densitet i brandgaslagret. I tabell D18 visas värden för strålning från brandgaslagret. I tabell D19 visas värden för temperaturen i brandgaslagret samt brandgaslagrets höjd.

Tabell D14. Värden för kolmonoxid i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	CO [ppm]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	16.14	0.00	49.94	104.46	12.04
200	124.90	159.90	174.27	261.52	111.28
300	233.73	264.59	276.94	350.12	211.00

Tabell D15. Värden för koldioxid i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	CO ₂ [%]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.10	0.00	0.32	0.66	0.08
200	0.79	1.02	1.11	1.66	0.71
300	1.49	1.68	1.76	2.23	1.34

Tabell D16. Värden för syre i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	O ₂ [%]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0	20.48	20.48	20.48	20.48	20.48
100	20.24	20.48	19.74	18.94	20.30
200	18.63	18.12	17.90	16.62	18.83
300	17.03	16.57	16.39	15.31	17.36

Tabell D17. Värden för optisk densitet i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	Optisk densitet [1/m]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.07	0.00	0.20	0.34	0.05
200	0.58	0.68	0.70	0.79	0.54
300	1.14	1.20	1.19	1.23	1.08

Tabell 18. Värden för strålning från brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	Strålning [W/m ²]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100.00	16.58	16.08	171.27	446.94	23.58
200.00	677.99	1065.37	1763.86	5020.43	550.59
300.00	1234.69	1765.28	2527.62	6019.93	790.04

Tabell D19. Värden för temperaturen i brandgaslagret samt brandgaslagrets höjd vid olika tidpunkter.

Tid [s]	Temperatur [°C]		Brandgaslagerhöjd [m]	
	Matsal	Bibliotek	Matsal	Bibliotek
0	20.00	20.00	3.24	3.24
10	20.89	23.10	3.24	3.01
20	22.45	26.30	3.19	2.79
30	25.03	32.86	3.10	2.64
40	28.75	42.41	2.97	2.58
50	33.92	55.51	2.81	2.56
60	40.27	72.09	2.64	2.54
70	47.43	88.65	2.48	2.46
80	55.68	108.44	2.31	2.37
90	65.10	131.75	2.13	2.29
100	75.44	154.05	1.92	2.17
110	86.48	175.18	1.72	2.00
120	98.45	197.44	1.56	1.84
130	111.45	221.07	1.42	1.72
140	125.29	245.34	1.31	1.62
150	139.90	271.44	1.20	1.53
160	154.93	298.79	1.09	1.41
170	169.45	319.42	0.97	1.25
180	181.94	333.40	0.86	1.08
190	192.86	345.79	0.75	0.91
200	202.57	356.66	0.65	0.75
210	210.37	364.03	0.57	0.61
220	216.82	371.86	0.50	0.48
230	222.58	381.15	0.44	0.37
240	227.16	386.28	0.38	0.29
250	230.00	386.94	0.33	0.22
260	231.51	385.78	0.29	0.17
270	231.25	377.96	0.26	0.14
280	228.77	364.07	0.23	0.12
290	224.55	347.84	0.21	0.10
300	219.00	330.05	0.19	0.09

D.2.4.4 0,112 kW/m²

Nedan presenteras resultat av CFAST-simuleringen för brandscenario C med en tillväxthastighet på 0,078 kW/m². I tabell D20 visas värden för kolmonoxid i brandgaslagret. I tabell D21 visas värden för koldioxid i brandgaslagret. I tabell D22 visas värden för syre i brandgaslagret. I tabell D23 visas värden för optisk densitet i brandgaslagret. I tabell D24 visas värden för strålning från brandgaslagret. I tabell D25 visas värden för temperaturen i brandgaslagret samt brandgaslagrets höjd.

Tabell D20. Värden för kolmonoxid i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	CO [ppm]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	22.89	0.00	58.76	118.89	20.87
200	143.51	180.85	195.36	285.22	127.64
300	245.45	271.20	281.55	337.67	224.09

Tabell D21. Värden för koldioxid i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	CO ₂ [%]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.15	0.00	0.37	0.76	0.13
200	0.91	1.15	1.24	1.82	0.81
300	1.56	1.73	1.79	2.15	1.43

Tabell D22. Värden för syre i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	O ₂ [%]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0	20.48	20.48	20.48	20.48	20.48
100	20.14	20.48	19.61	18.72	20.17
200	18.36	17.81	17.59	16.27	18.59
300	16.85	16.47	16.32	15.49	17.17

Tabell D23. Värden för optisk densitet i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	Optisk densitet [1/m]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.10	0.00	0.23	0.37	0.09
200	0.68	0.78	0.79	0.87	0.63
300	1.18	1.23	1.21	1.23	1.13

Tabell 24. Värden för strålning från brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	Strålning [W/m ²]				
	Korridor 1	Korridor 2	Matsal	Bibliotek	Kök
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100.00	25.40	21.61	227.36	599.12	33.19
200.00	841.31	1337.67	2110.71	6207.69	643.61
300.00	1168.22	1622.01	2292.87	4880.63	741.78

Tabell D25. Värden för temperaturen i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	Temperatur [°C]		Brandgaslagerhöjd [m]	
	Matsal	Bibliotek	Matsal	Bibliotek
0	20.00	20.00	3.24	3.24
10	20.99	23.36	3.24	3.00
20	22.80	27.25	3.19	2.78
30	25.87	34.82	3.09	2.64
40	30.32	46.39	2.95	2.58
50	36.43	61.88	2.78	2.56
60	43.88	81.03	2.61	2.53
70	52.40	100.63	2.44	2.42
80	62.40	124.97	2.25	2.32
90	73.75	150.41	2.03	2.19
100	85.93	174.89	1.80	2.02
110	99.07	199.60	1.61	1.84
120	113.31	225.94	1.45	1.71
130	128.67	254.12	1.32	1.61
140	145.04	283.76	1.21	1.51
150	162.02	314.05	1.10	1.38
160	177.68	334.87	0.98	1.22
170	190.98	349.90	0.86	1.05
180	201.84	359.63	0.75	0.88
190	210.60	367.77	0.65	0.73
200	218.20	377.46	0.57	0.59
210	225.07	387.51	0.50	0.46
220	230.06	391.57	0.43	0.36
230	233.12	391.75	0.38	0.28
240	233.71	384.75	0.33	0.23
250	232.10	373.53	0.30	0.19
260	228.84	360.24	0.26	0.16
270	224.32	345.24	0.24	0.14
280	218.86	329.51	0.21	0.12
290	212.67	313.00	0.19	0.11
300	205.98	296.45	0.18	0.10

D.3 Varseblivningstid

Varseblivningstiden då larmet fungerar uppskattas med Detact QS. Rökdetektorn antas aktivera vid en temperaturökning på 13 °C. Detta antagande kan göras eftersom det finns vissa likheter mellan temperaturen och partikelfördelningen. Aktiveringstemperaturen sätts således till det konservativa värdet 33 °C. RTI ansätts till 1 (m·s)^{1/2} för att känselementet ska värmas upp nästan lika snabbt som de omgivande brandgaserna (Nilsson & Holmstedt, 2008). Indata och resultat av Detact QS visas i tabell D26.

Tabell D26. Indata och resultat till Detact QS.

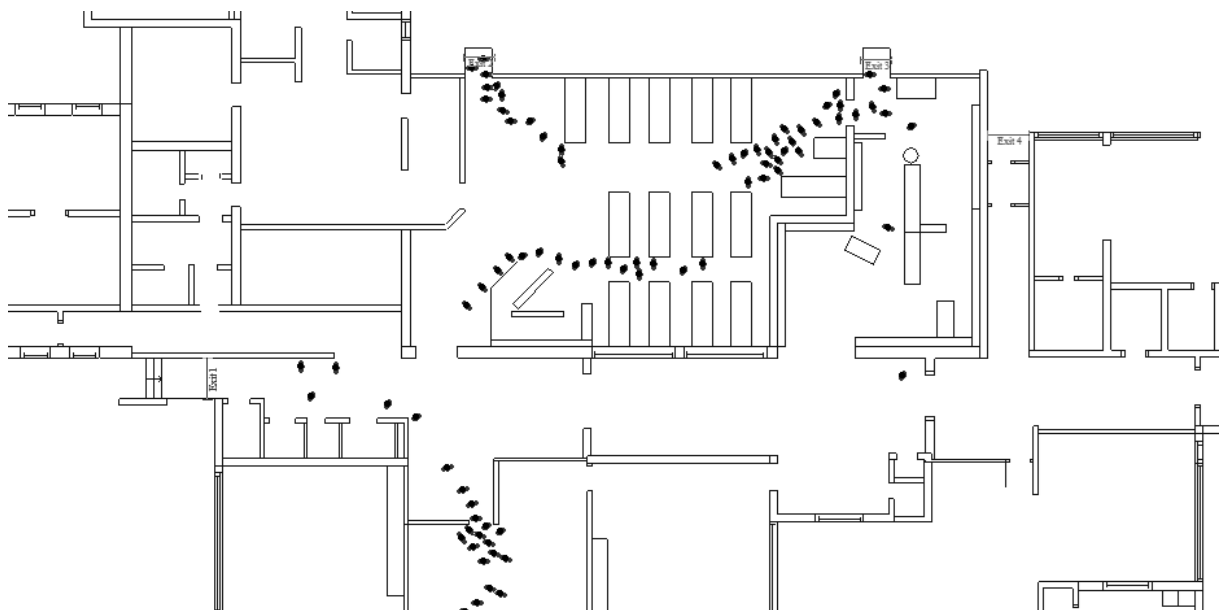
Variabel	Värde
Takhöjd över bränsle [m]	3,25
Horisontellt avstånd mellan brand och närmsta sprinkler [m]	8,5
Starttemperatur i rummet [°C]	20
Aktiveringstemperatur [°C]	33
RTI-värde [(m·s) ^{1/2}]	1
Effektutveckling [kW]	Se Figur 16
Aktiveringstid [s]	44, 48, 52 resp. 111

D.4 Förflyttning i Simulex

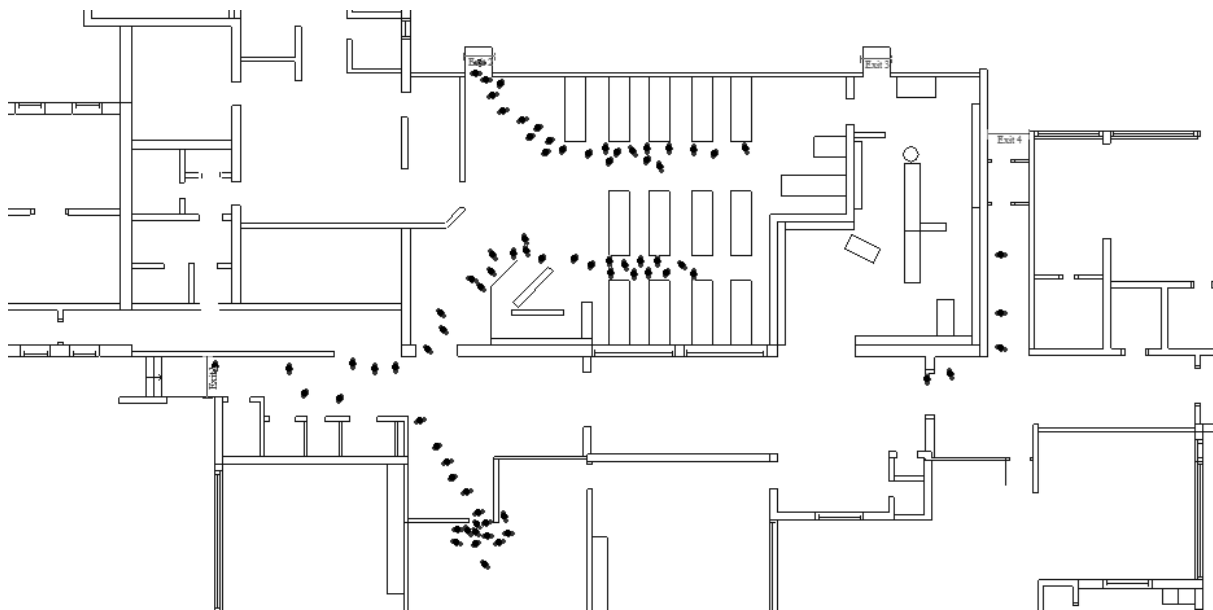
I brandscenario C genomförs fyra olika simuleringar. Dels varieras antalet personer och dels varierar antalet tillgängliga utrymningsvägar. Antalet personer, det vill säga belastningen, i matsalen och biblioteket varierar mellan två olika nivåer: medel och *worst case*. I det ena fallet är alla utrymningsvägar fria och i det andra fallet är utrymningsvägen i biblioteket blockerad. Antalet personer som används grundar sig på information från rektorn på Kyrkskolan samt Räddningstjänsten Svedala och egna observationer.

D.4.1 Medelbelastning

Figur D3 och D4 visar en överblicksbild för de båda simuleringarna med medelbelastning.



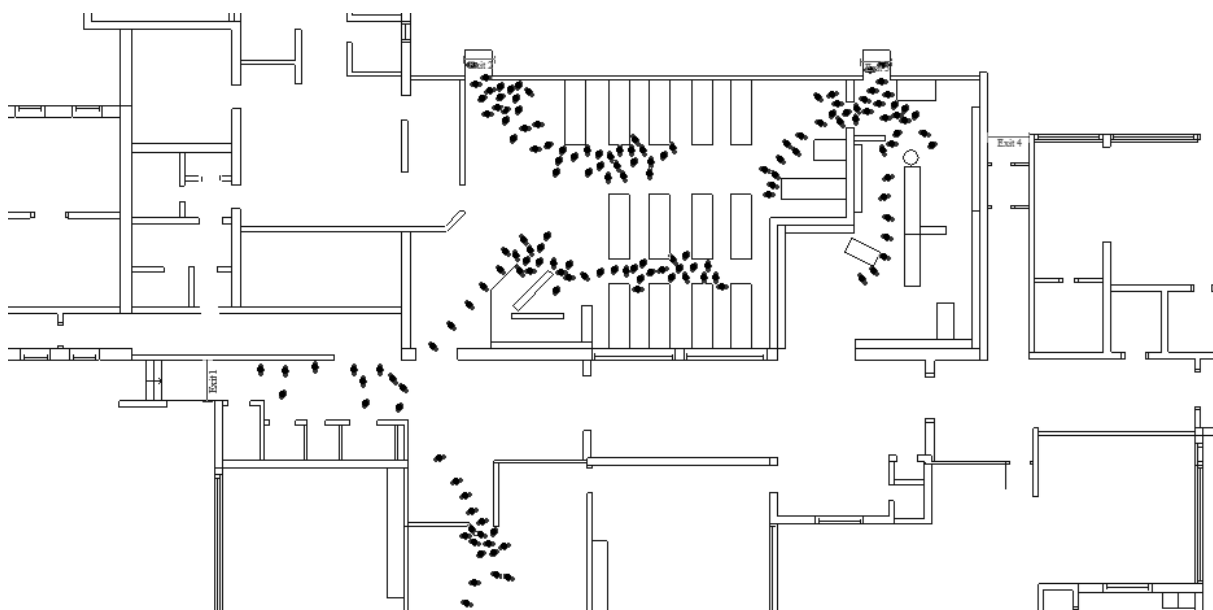
Figur D3. Överblicksbild av simuleringen med medelbelastning där alla utrymningsvägar tillgängliga.



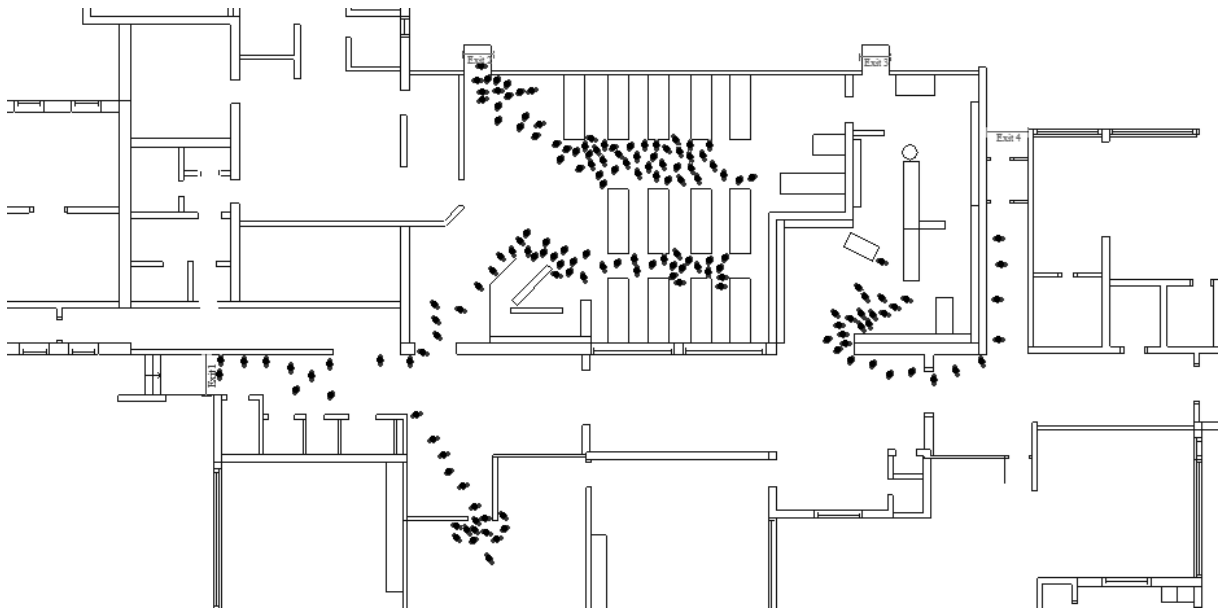
Figur D4. Överblicksbild av simuleringen med medelbelastning där utrymningsvägen vid biblioteket är blockerad.

D.4.1 Worst case

Figur D5 och D6 visar en överblicksbild för de båda simuleringarna för *worst case*.



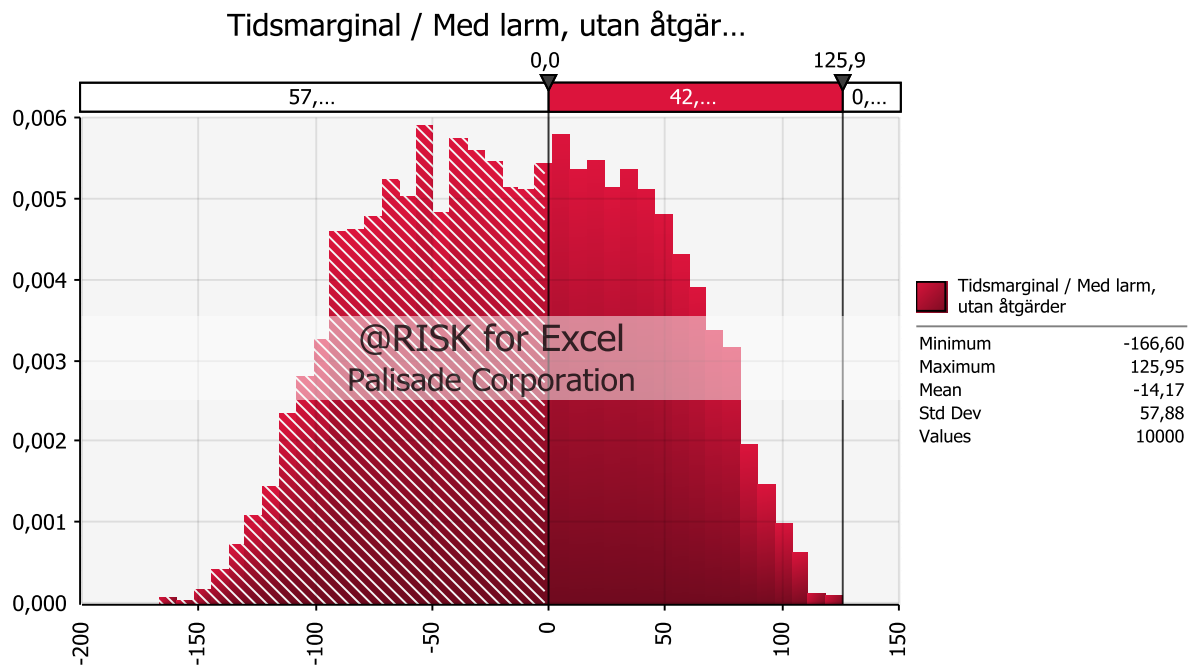
Figur D5. Överblicksbild av simuleringen *worst case* där alla utrymningsvägar tillgängliga.



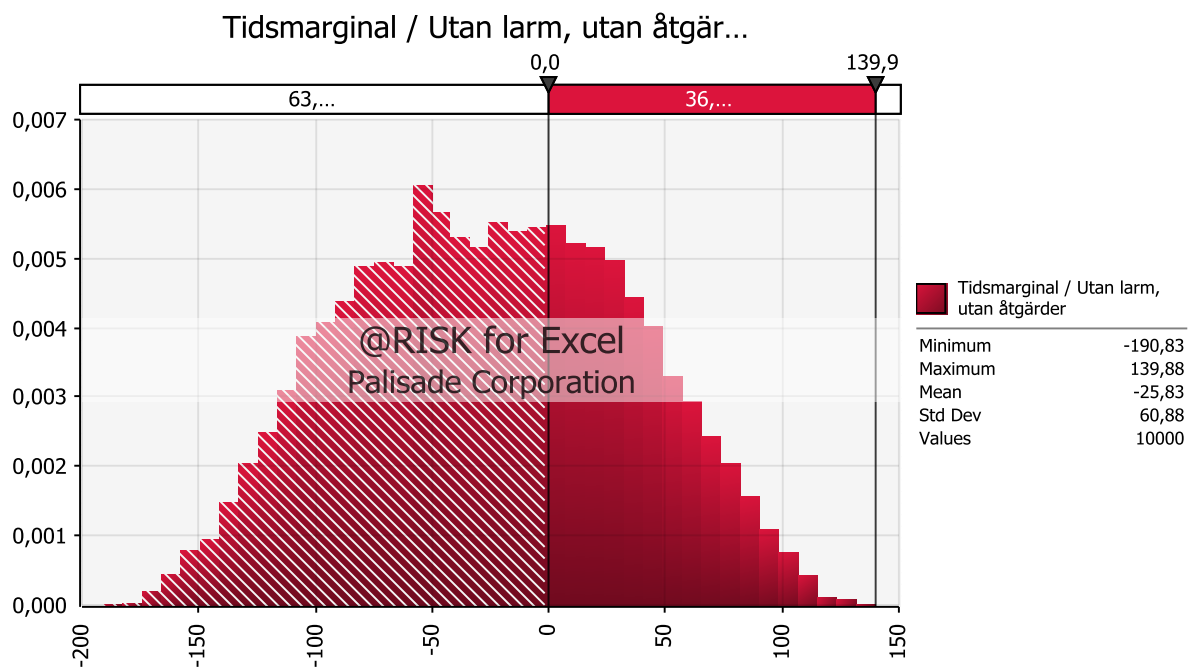
Figur D6. Överblicksbild av simuleringen *worst case* där utrymningsvägen vid biblioteket är blockerad.

D.5 Tidsmarginal

Två tidsmarginaler simuleras, en för då larm fungerar och en för då larm inte fungerar. Resultatet visas i figur D7 och D8.

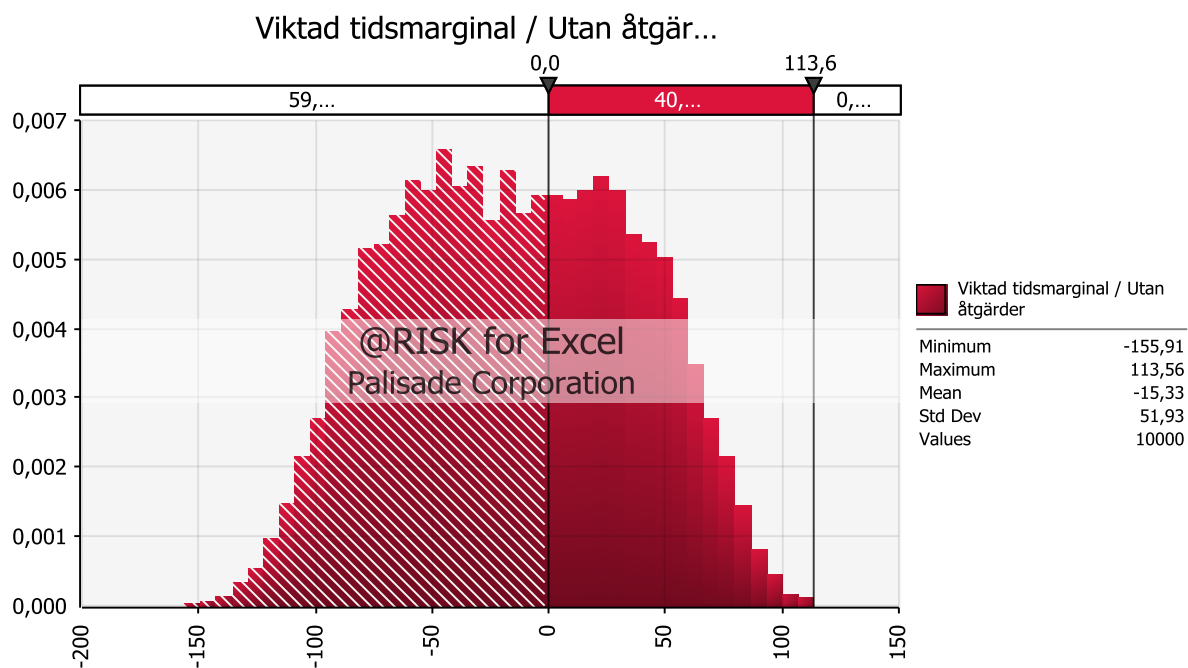


Figur D7. Tidsmarginal med larm.



Figur D8. Tidsmarginal utan larm.

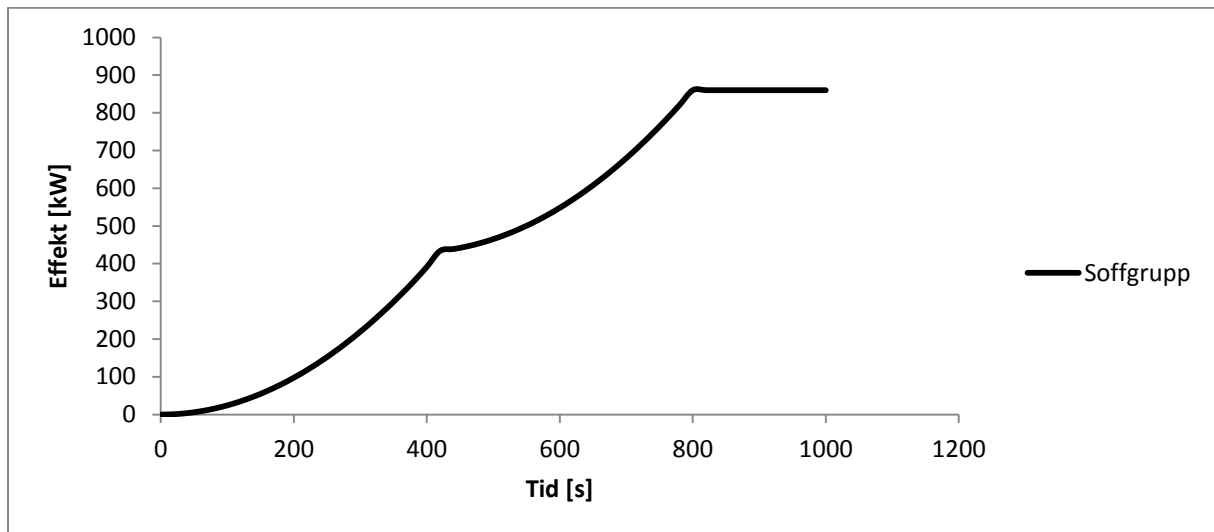
Utifrån dessa resultat simuleras den viktade tidsmarginalen för att ta hänsyn till sannolikheten för att en detektor inte fungerar, det vill säga 90 % med larm och 10 % utan larm (Johansson, 1999). Resultatet visas i figur D9.



Figur D9. Viktad tidsmarginal.

D.6 Effektutveckling med åtgärdsförslag

I figur D10 visas effektutvecklingen för soffgrupp i åtgärdsförslag.



Figur D10. Effektutveckling för soffgrupp i åtgärdsförslag.

D.7 Utdata med åtgärdsförslag

I tabell D27 visas värden för toxicitet i brandgaslagret, värden för optisk densitet samt strålning från brandgaslagret. I tabell D28 visas temperatur i brandgaslagret samt brandgaslagerhöjd.

Tabell D27. Värden för toxicitet och optisk densitet för brandscenario C med flamskyddad soffa.

Tid [s]	CO [ppm]	CO2 [%]	O2 [%]	Optical Density [1/m]	Strålning [W/m ²]
0.00	0.00	0.00	20.48	0.00	0.00
100.00	2.51	0.02	20.44	0.01	3.08
200.00	10.45	0.07	20.32	0.05	28.42
300.00	23.59	0.15	20.13	0.10	89.35
400.00	40.85	0.26	19.88	0.17	192.78
500.00	53.38	0.34	19.69	0.23	289.88
600.00	69.38	0.44	19.45	0.30	378.37
700.00	93.81	0.60	19.09	0.41	501.61

Tabell D28. Värden för temperatur samt brandgaslagerhöjd för brandscenario C med flamskyddad soffa.

Tid [s]	Temperatur [°C]		Höjd [m]	
	Matsal	Bibliotek	Matsal	Bibliotek
0	20.00	20.00	3.24	3.24
20	20.18	20.89	3.24	3.02
40	20.51	21.47	3.19	2.75
60	20.92	22.71	3.09	2.57
80	21.61	24.64	2.95	2.48
100	22.57	27.28	2.80	2.45
120	23.82	30.57	2.63	2.44
140	25.23	33.93	2.47	2.38
160	26.84	37.80	2.30	2.33
180	28.61	42.19	2.12	2.29
200	30.55	46.97	1.94	2.26
220	32.62	51.66	1.77	2.20
240	34.89	56.64	1.63	2.13
260	37.41	61.89	1.52	2.07
280	40.22	67.55	1.43	2.01
300	43.28	73.47	1.35	1.97
320	46.49	79.66	1.26	1.93
340	49.69	85.78	1.17	1.89
360	52.92	92.01	1.08	1.85
380	56.20	97.63	0.99	1.79
400	59.31	99.67	0.89	1.65
420	62.05	100.50	0.79	1.46
440	64.18	100.30	0.70	1.27
460	65.85	100.56	0.61	1.09
480	67.28	101.51	0.53	0.91
500	68.68	103.48	0.45	0.76
520	70.13	105.78	0.38	0.63
540	71.66	108.49	0.32	0.50
560	73.31	111.59	0.27	0.40
580	75.11	115.06	0.23	0.31
600	77.06	118.75	0.19	0.23
620	79.16	122.74	0.15	0.17
640	81.42	126.90	0.13	0.12
660	83.82	131.32	0.10	0.08
680	86.38	135.87	0.08	0.06
700	89.08	140.68	0.07	0.04

D.8 Varseblivningstid med åtgärdsförslag

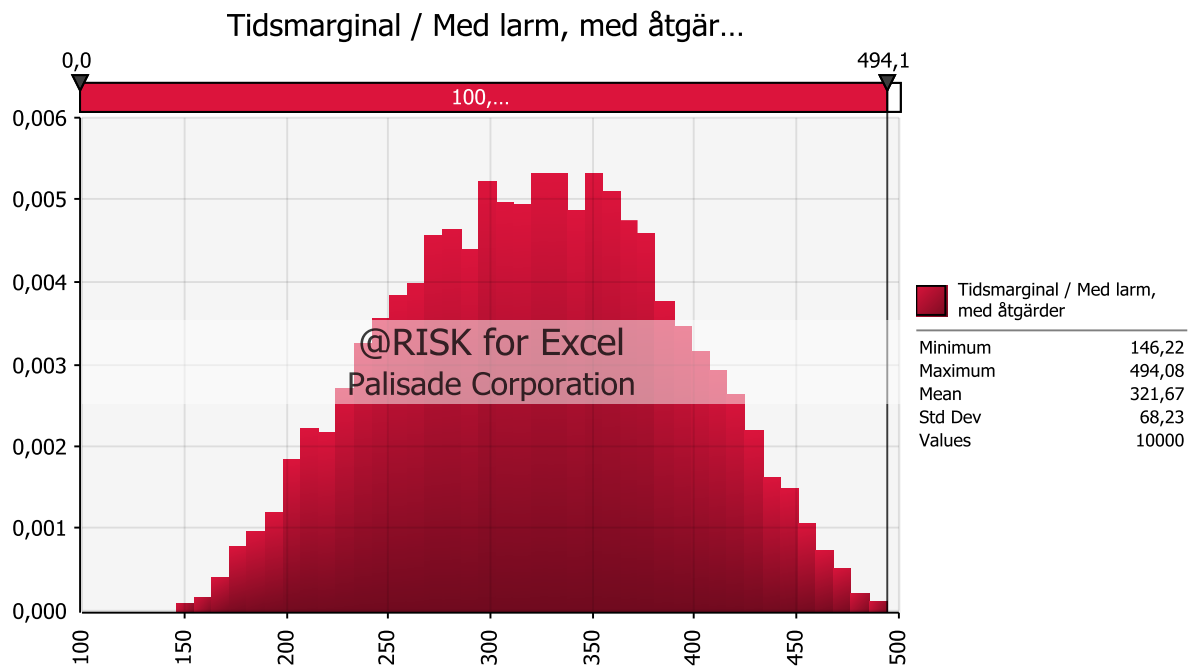
Varseblivningstiden med åtgärdsförslag då larmet fungerar beräknas med Detact QS. Indata till och resultat av Detact QS visas i tabell D29.

Tabell D29. Indata och resultat till Detact QS.

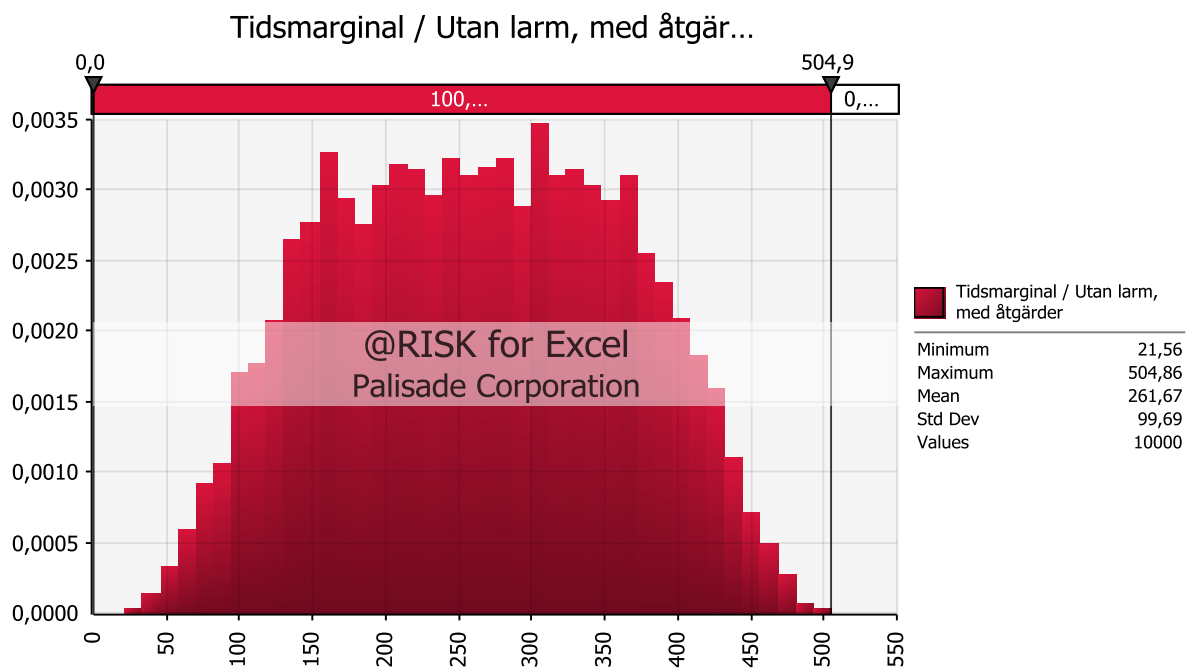
Variabel	Värde
Takhöjd över bränsle [m]	3,25
Horisontellt avstånd mellan sprinkler och brand [m]	8,5
Starttemperatur i rummet [°C]	20
Aktiveringstemperatur [°C]	33
RTI-värde [(m*s) ^{1/2}]	1
Effektutveckling [kW]	Se Figur D6
Aktiveringstid [s]	270

D.9 Tidsmarginal med åtgärdsförslag

Nedan visas tidsmarginalen med åtgärdsförslagen. Två tidsmarginaler simuleras, en för då larm fungerar och en för då larm inte fungerar. Resultatet visas i figur D11 och D12.

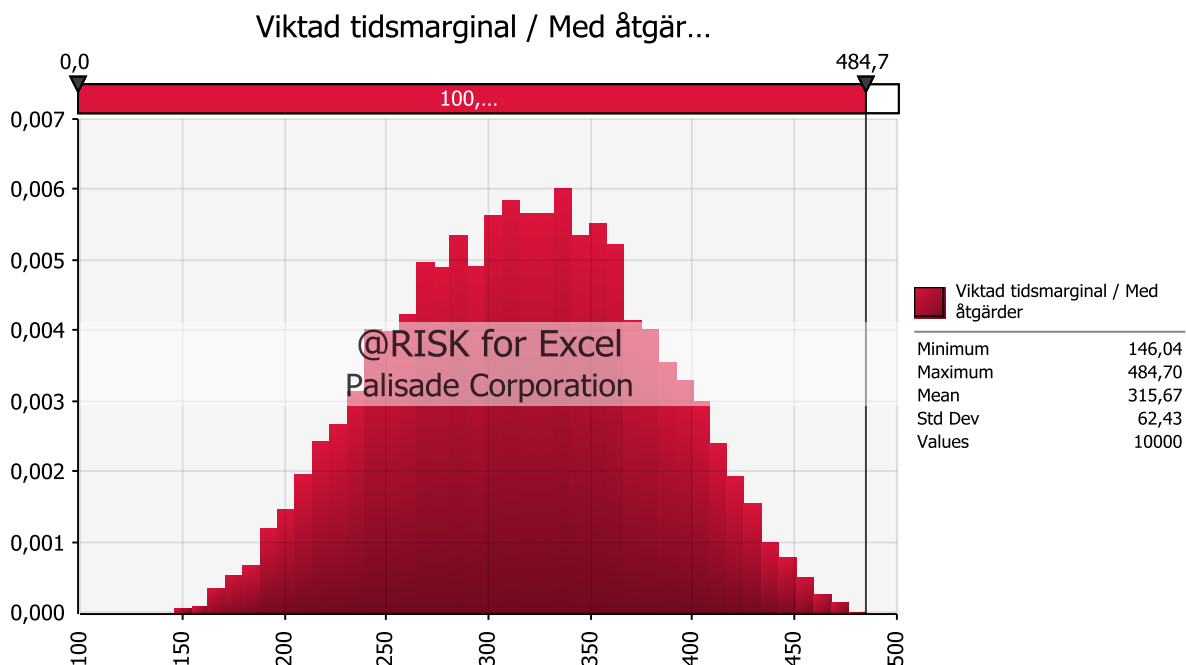


Figur D11. Tidsmarginal med åtgärdsförslag och larm.



Figur D12. Tidsmarginal med åtgärdsförslag utan larm.

Utifrån dessa resultat simuleras den viktade tidsmarginalen för att ta hänsyn till sannolikheten för att en detektor inte fungerar, det vill säga 90 % med larm och 10 % utan larm (Johansson, 1999). Resultatet visas i figur D13.



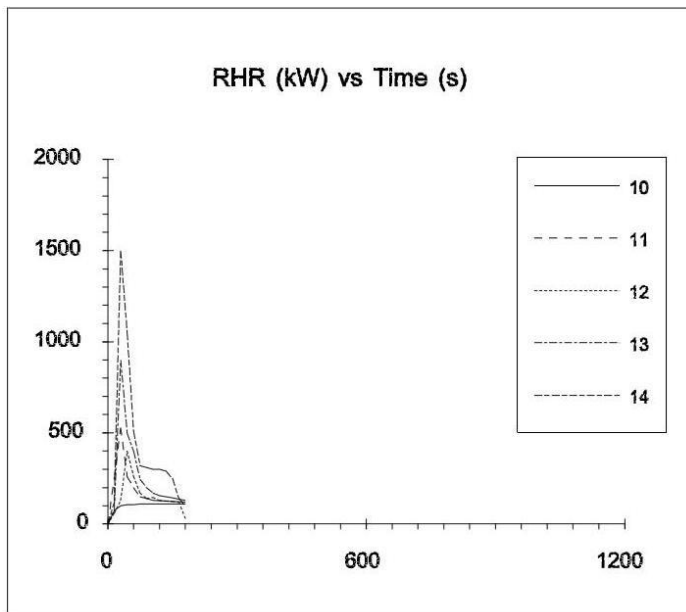
Figur D13. Viktad tidsmarginal med åtgärdsförslag.

Bilaga E. Brandscenario D

I avsnittet presenteras fullständiga beräkningar för Brandscenario D. Brand i hobbyrummet.

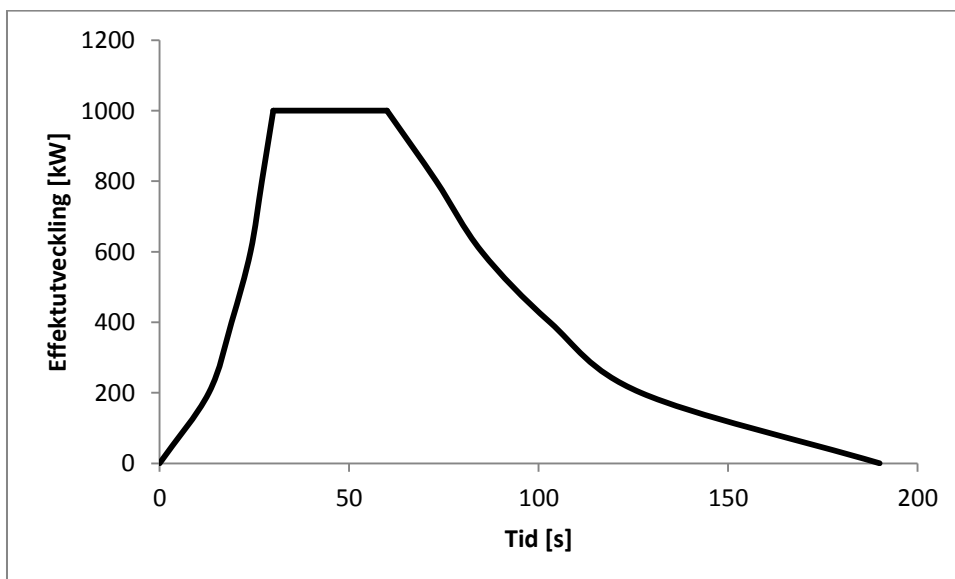
E.1 Dimensionerade brand

Som dimensionerande brand i brandscenario D används en brand i scengardinerna. Värden för dessa tas ifrån Initial Fires där brandtest på olika gardiner har utförts (Särdqvist, 1993). Maxeffekter för dessa varierar mellan 500-1500 kW medan tillväxthastigheten för de olika gardinerna är relativt jämn mellan de olika försöken, dock extremt snabb, se figur E1.



Figur E1. Effektutvecklingskurvor för olika brandförsök med gardiner (Särdqvist, 1993).

Utifrån dessa data tas ett medelvärde på 1000 kW som maxeffekt fram, med samma snabba tillväxthastighet som den dimensionerande branden, se figur E2.



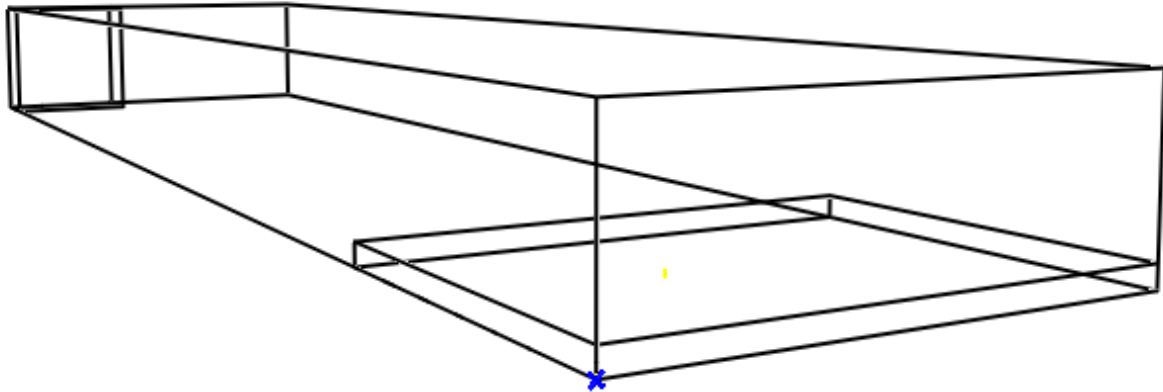
Figur E2. Effektutvecklingskurva för den dimensionerande branden i brandscenario D.

E.2 CFAST-simulering

Vid CFAST-simuleringen av källaren i del H målas endast geometrin för hobbyrummet upp. Väggar samt tak kläddes i lättbetong respektive akustikplattor för att på bästa sätt efterlikna objektet.

E.2.1 Geometri

Enkel skiss över geometrin i CFAST-simulering för brandscenario D syns i figur E3.



Figur E3. Skiss över geometrin som används i CFAST-simuleringen för brandscenario D.

E.2.2 Effektutveckling

Branden som används är en 1 megawattsbrand med en väldigt snabb tillväxt. Brandeffekten samt tillväxten är tagen från en sammanvägning av brandexperiment med olika sorters gardiner (Särdqvist, 1993).

E.2.3 Indatafil

Nedan följer indatafil för CFAST-simulering av scenario D.

Date stamp from CFAST initialization 2012/03/22

The project files are based on the root: TEATER

Version 6.2.0 Created 2011/11/01

Opening a version 6 file in normal mode

Key word TIMES parameter(s) = 200 -10 0 10 10

Key word EAMB parameter(s) = 293.15 101300 0

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

Key word CJET parameter(s) = WALLS

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

Key word CHEMI parameter(s) = 10 393.15

Key word WIND parameter(s) = 0 10 0.16

Key word COMPA parameter(s) = Compartment7 28 2.4 0 0 0 ACOUTILE OFF CONCLITE

Compartment 1 Compartment 7.0 28.0 2.4 0.0 0.0 0.0 T F T T ACOUTILE OFF CONCLITE CONCLITE

Key word COMPA parameter(s) = Compartment2.4 1.2 2.4 0 26.8 0 ACOUTILE OFF

CONCLITE

Compartment 2 Compartment 2.4 1.2 2.4 0.0 26.8 0.0 T F T T ACOUTILE OFF CONCLITE CONCLITE

Key word COMPA parameter(s) = Compartment7 5.5 0.3 0 0 0 HARDWOOD HARDWOOD
 HARDWOOD
 Compartment 3 Compartment 7.0 5.5 0.3 0.0 0.0 0.0 T T T T HARDWOOD HARDWOOD HARDWOOD
 HARDWOOD

Key word OBJEC parameter(s) = Brandscena1 2 2 0.3 1 1 0 0 0 1

Plume model for this fire: McCaffrey

Open the output file C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\TEATER.out
 Open the smokeview files - C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\TEATER.smv C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\TEATER.plt
 Open the spreadsheet files - C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\TEATER_n.csv C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\TEATER_f.csv
 C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\TEATER_s.csv C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\TEATER_w.csv

Open the object fire file C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\Brandscenario D - Gardin.o
 Object Brandscenario D - Gardin position set to 2.000 2.000 0.300; Maximum HRR per m³ is 3.965E+04
 Open the thermophysical properties file C:\Users\j0ck\Desktop\CFAST\thermal.csv

Total execution time = 0.320 seconds
 Normal exit from CFAST

E.2.4 Resultat av CFAST-simulering

Tabell E1 visar värden för toxicitet, optisk densitet i brandgaslagret samt strålning från brandgaslagret. Tabell E2 visar värden för temperatur i brandgaslagret samt brandgaslagrets höjd.

Tabell E1. Värden för toxicitet, optisk densitet i brandgaslagret samt strålning från brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	CO [ppm]	CO ₂ [%]	O ₂ [%]	Optical Density [1/m]	Strålning [W/m ²]
0	0	0	20.48	0	0
50	148.43	0.94	18.29	0.49	357.9
100	181.28	1.15	17.8	0.66	561.35
150	180.05	1.15	17.82	0.71	442.72
200	177.43	1.13	17.86	0.73	326.74

Tabell E2. Värden för temperatur i brandgaslagret samt höjd för brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	Temperatur [°C]	Brandgaslagerhöjd [m]
0	20	2.4
10	40.8	2.352
20	81.27	2.261
30	129.2	2.109
40	154.9	1.944
50	166.5	1.803
60	173.8	1.68
70	175.9	1.58
80	173.4	1.504
90	168.2	1.446
100	161.5	1.401
110	153.9	1.368
120	145.7	1.344
130	137.2	1.328
140	128.8	1.318
150	120.5	1.314
160	112.5	1.312
170	105.2	1.315
180	98.76	1.322
190	93.08	1.33
200	88.05	1.337

E.3 Validering av resultatet med handberäkningar

För brandscenario D utförs en validering av utrymningstiden med hjälp av handberäkningar. Handberäkningarna för förflyttningstiden beräknas med hjälp av Togow's ekvation 4¹².

$$t_{\text{förflyttning}} = \frac{l}{v} + \frac{n}{b \cdot f} \quad \text{Ekvation 4}$$

Varseblivningstiden ansätts till 30 sekunder vilket är den kortaste tid rekommenderad från BBRAD 1 (BFS 2011:27). Hobbyrummet är en lätt överskådlig lokal vilket innebär att en eventuell brand upptäcks i ett tidigt skede.

Förberedelsetiden för barn varierar mellan 8-23 sekunder (Kholshchevnikov, Samoshin, Parfenenko, 2009). I BBRAD (2011) rekommenderas en förberedelsetid på 60 sekunder för skolor (BFS 2011:27). När en större mängd människor befinner sig i hobbyrummet kommer 60 sekunders marginal tillämpas, då majoriteten ej är barn längre.

Indata till ekvation 4 är framtagen ifrån rekommendationer från BBRAD (2011) och data ifrån verkliga försök (BFS 2011:27). Hastigheterna i beräkningarna varierar mellan 0.6-2.4 m/s.

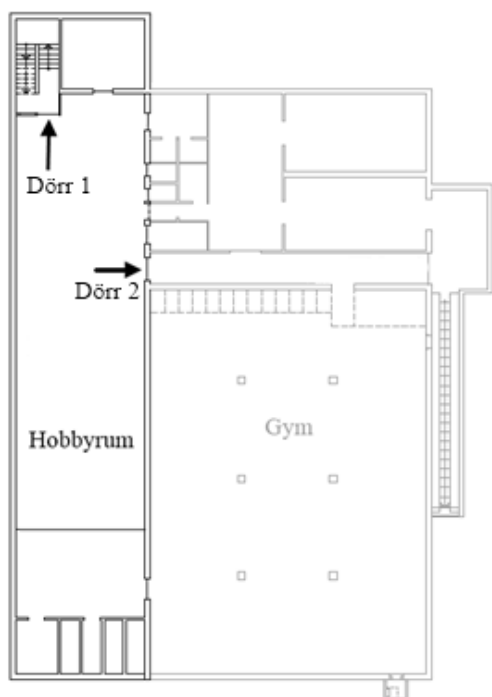
¹² Daniel Nilsson, Lektor Brandteknik, LTH. Föreläsning 2012-03-26

Fallet där hastigheten antas vara 2.4 m/s antas inträffa i fallet när endast ett fåtal barn befinner sig i hobbyrummet och barnen antas springa. Barn i åldrar 3-6 år har en hastighet när de löper på 2.23 m/s och barnen i hobbyrummet är i åldrarna från 7-12 år och antas ha en snabbare löphastighet (Larusdottir, Dederichs, 2010). Vid hög persontäthet vilket förväntas vid fall 2-4, rekommenderas 0.6 m/s som horisontell hastighet (Brandskyddshandboken 2005). I tabell E3 presenteras indata och resultat för förflyttningstiden i hobbyrummet.

Tabell E3. Indata och resultat för förflyttningstiden.

Fall	Fall 1	Fall 2	Fall3	Fall4
Antal personer, n	21	21	62	108
Gångavstånd, l_1	52 m	52 m	52 m	52 m
Gångavstånd, l_2	44 m	44 m	44 m	44 m
Hastighet, v	2.4 m/s	0.9 m/s	0.9 m/s	0.6 m/s
Dörrbredd, b_1	1.2 m	1.2 m	1.2 m	1.2 m
Dörrbredd, b_2	1.2 m	1.2 m	1.2 m	1.2 m
Personflödet genom dörr, f	1.1 p/sm	1.1 p/sm	0.75 p/sm	0.75 p/sm
Förflyttningstid dörr 1	38 s	74 s	93 s	147 s
Förflyttningstid dörr 2	-	-	85 s	133 s
Varseblivningstid	30 s	30 s	30 s	30 s
Reaktionstid	8-23 s	8-23 s	60 s	60 s
Σ utrymningstider dörr 1	76- 91 s	112-127 s	183 s/dörr	237 s/dörr
Σ utrymningstider dörr 2	-	-	175 s/dörr	223 s/dörr

Personflödet som tillämpas genom utrymningsvägarna är standardvärden från BBR 19 (BFS 2011:27) och dörrbredder tillämpas är observerade vid platsbesök. I figur 41 är Dörr 1 och 2 markerade vilka har använts i handberäkningarna.



Figur 41 Utrymningsvägar i hobbyrum.

E.4 Förflyttning i Simulex

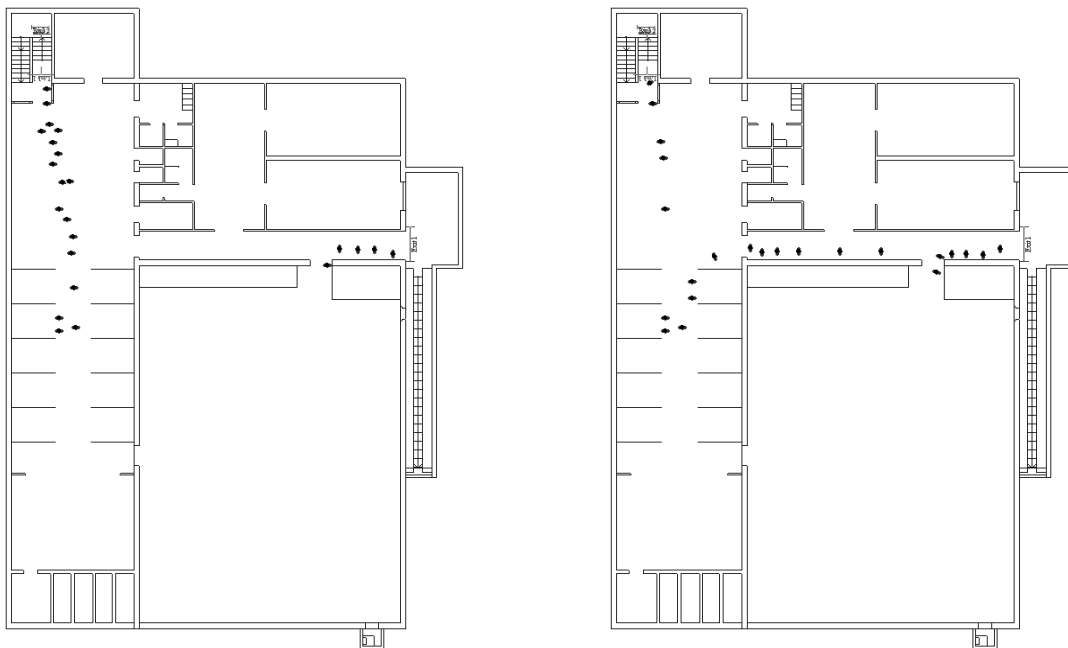
I brandscenario D genomförs sex olika simuleringar. Antalet personer, det vill säga belastningen, i hobbyrummet varieras mellan tre olika nivåer: minimal, medel och maximal. För respektive belastning genomförs dessutom två olika simuleringar där valet av utrymningsväg varieras. I det ena fallet används båda utrymningsvägarna och i det andra fallet används bara utrymningsvägen via trappan eftersom det är den ingången man använder vid normalt bruk. Antalet personer som används grundar sig på information från rektorn på Kyrkskolan samt Räddningstjänsten Svedala och egna observationer.

I alla simuleringarna antas det befinna sig 15 vuxna personer i gymmet som alltid utrymmer via utrymningsvägen utmed gymmets övre del.

E.4.1 Minimal belastning

I detta scenario antas att en klass på 20 elever samt en lärare uppehåller sig i hobbyrummet, exempelvis med förberedelser inför en föreställning. Det antas alltså totalt befinna sig 36 personer i källaren, varav 21 i hobbyrummet.

Figur E4 visar en överblicksbild för de båda simuleringarna med minimal belastning.

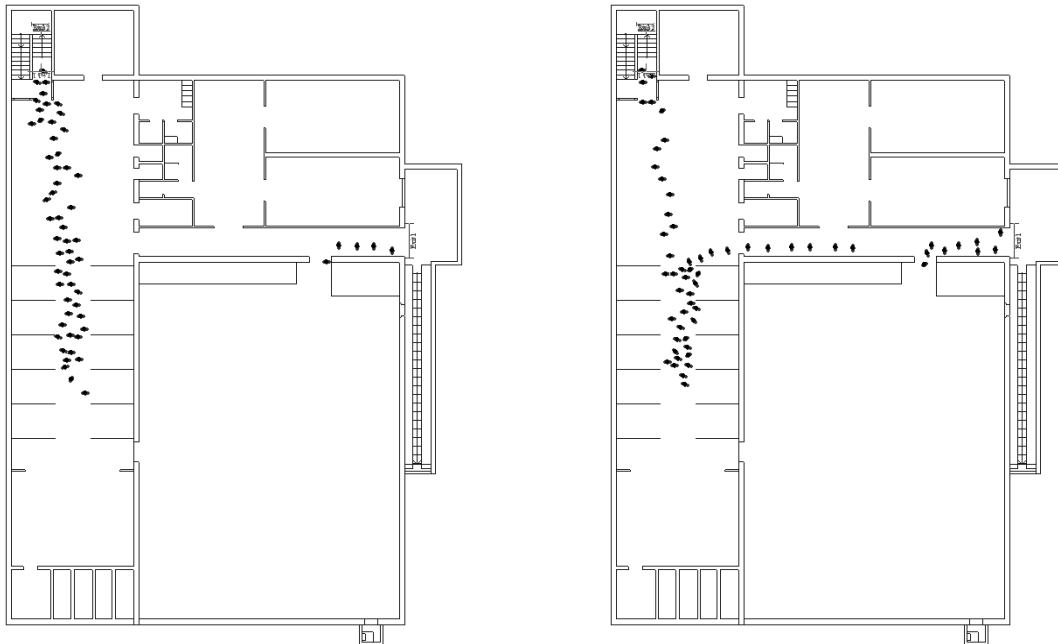


Figur E4. Bilderna visar simuleringarna för minimal belastning. I bilden till vänster används båda utrymningsvägarna och i bilden till höger används endast trappan som utrymningsväg.

E.4.2 Medelbelastning

I detta scenario antas att en klass på 20 elever har en föreställning av något slag. Det antas även att varje elev har i snitt två besökare var med sig och att två lärare befinner sig i lokalen. I detta scenario antas alltså totalt 77 personer befinna sig i källaren, varav 62 i hobbyrummet.

Figur E5 visar en överblicksbild för de båda simuleringarna med medelbelastning.

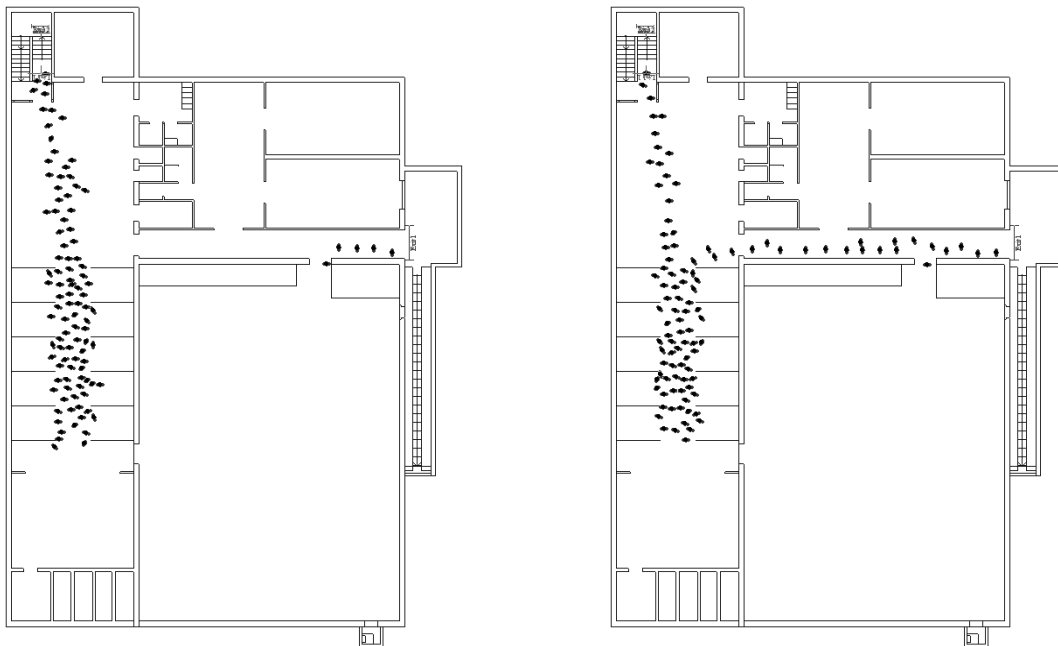


Figur E5. Bilderna visar simuleringarna för medelbelastning. I bilden till vänster används båda utrymningsvägarna och i bilden till höger används endast trappan som utrymningsväg.

E.4.3 Maximal belastning

I detta scenariot antas det att en större klass, alternativt två klasser, på totalt 35 elever har en avslutning med teater, musik, uppvisning eller liknande i hobbyrummet. Varje elev antas ta med sig två anhöriga, exempelvis en mamma, en pappa, ett syskon eller en äldre anhörig. I lokalen antas det även finnas tre lärare som tar hand om hela evenemanget. I detta scenario antas alltså totalt 123 personer befinna sig i källare, varav 108 personer i hobbyrummet.

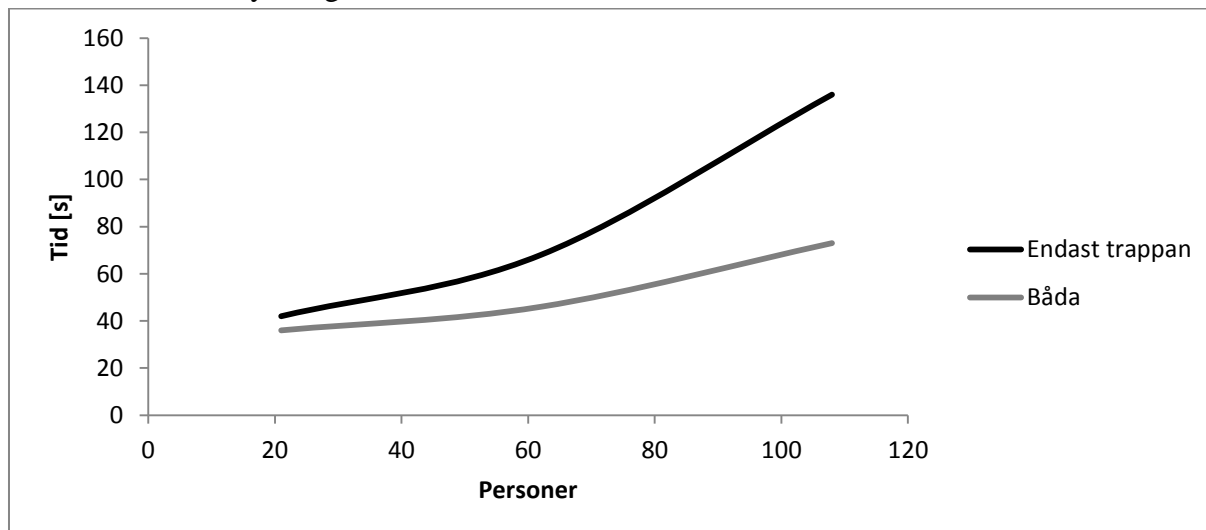
Figur E6 visar en överblicksbild för de båda simuleringarna med medelbelastning.



Figur E6. Bilderna visar simuleringarna för medelbelastning. I bilden till vänster används båda utrymningsvägarna och i bilden till höger används endast trappan som utrymningsväg.

E.4.4 Sammanfattning av Simulex-resultat

När antalet personer i lokalen understiger 60 påverkas inte utrymningstiden i någon nämnvärd omfattning. När antalet personer överstiger 60 blir det köbildning varpå utrymningstiden ökar markant, se figur E7. Sannolikheten att personantalet överstiger 60 anses dock som låg och den maximala förflyttningstiden sätts till 70 sekunder.



Figur E7. Förflyttningstid som funktion av antal personer.

E.5 CFAST-simulering med åtgärdsförslag

Åtgärdsförslag vid scenario D är att tömma lokalen på brännbart material i stil med gardiner, kuddar och diverse scenutrustning. Detta leder till att branden som ansätts i åtgärdsförslagssimuleringen är en av CFAST förbestämt brand i trä, vilket skall motsvara scenen. I övrigt är all indata densamma.

Tabell E4 visar värden för toxicitet, optisk densitet i brandgaslagret samt strålning från brandgaslagret. Tabell E5 visar värden för temperatur i brandgaslagret samt brandgaslagrets höjd.

Tabell E4. Värden för toxicitet och optisk densitet i brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid	CO [ppm]	CO2 [%]	O2 [%]	Optical Density [1/m]	Strålning [W/m ²]
0.00	0.00	0.00	20.48	0.00	0.00
50.00	9.60	0.03	20.43	0.04	1.65
100.00	17.48	0.06	20.40	0.08	4.52
150.00	25.84	0.08	20.36	0.11	8.39
200.00	35.00	0.11	20.31	0.15	13.48

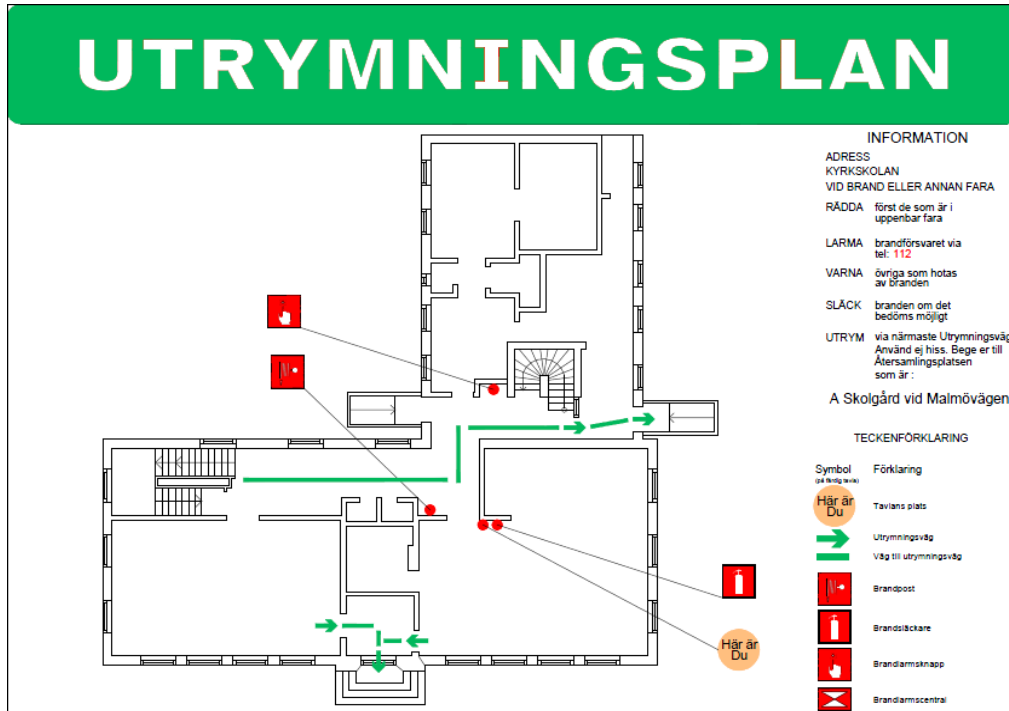
Tabell E5. Värden för temperatur i brandgaslagret samt höjd för brandgaslagret vid olika tidpunkter.

Tid [s]	Temperatur [°C]	Brandgaslagerhöjd [m]
0	20.00	2.40
10	20.64	2.39
20	21.13	2.36
30	21.54	2.34
40	21.93	2.31
50	22.31	2.28
60	22.70	2.25
70	23.10	2.23
80	23.49	2.20
90	23.89	2.17
100	24.29	2.14
110	24.70	2.11
120	25.12	2.08
130	25.54	2.06
140	25.97	2.03
150	26.40	2.00
160	26.84	1.98
170	27.26	1.95
180	27.69	1.92
190	28.12	1.90
200	28.55	1.88

Bilaga F. Utrymningsplaner

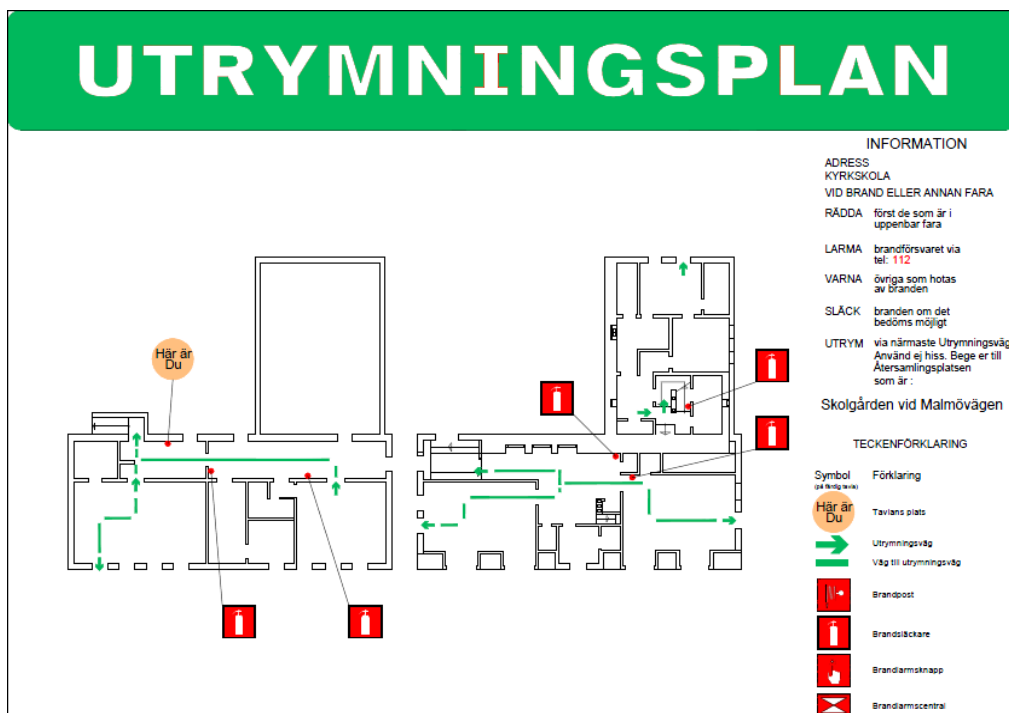
I denna Bilaga presenteras utrymningsplanerna för de olika delarna i Kyrkskolan.

I figur F1 visas utrymningsplanen för markplanet i del A. Det finns en utrymningsplan placerad i träslöjdssalen på markplan i del A.



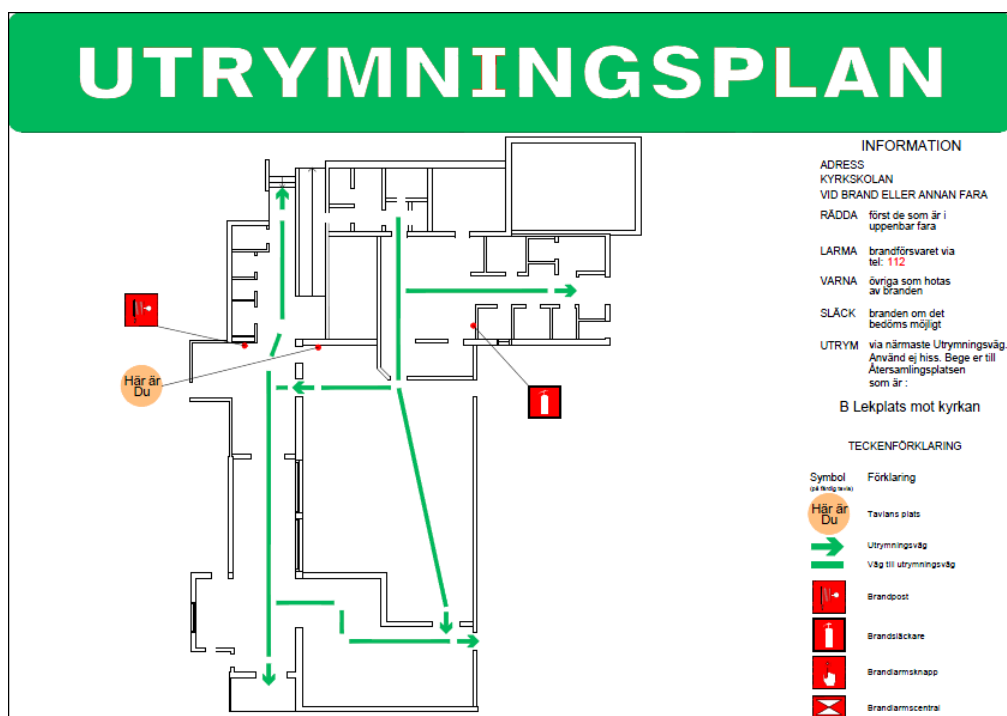
Figur F1. Utrymningsplan för markplanet i del A.

I figur F2 visas utrymningsplanen för källaren och övervåningen i del A. I källaren och på övervåningen finns två utrymningsplaner placerade på respektive plan.



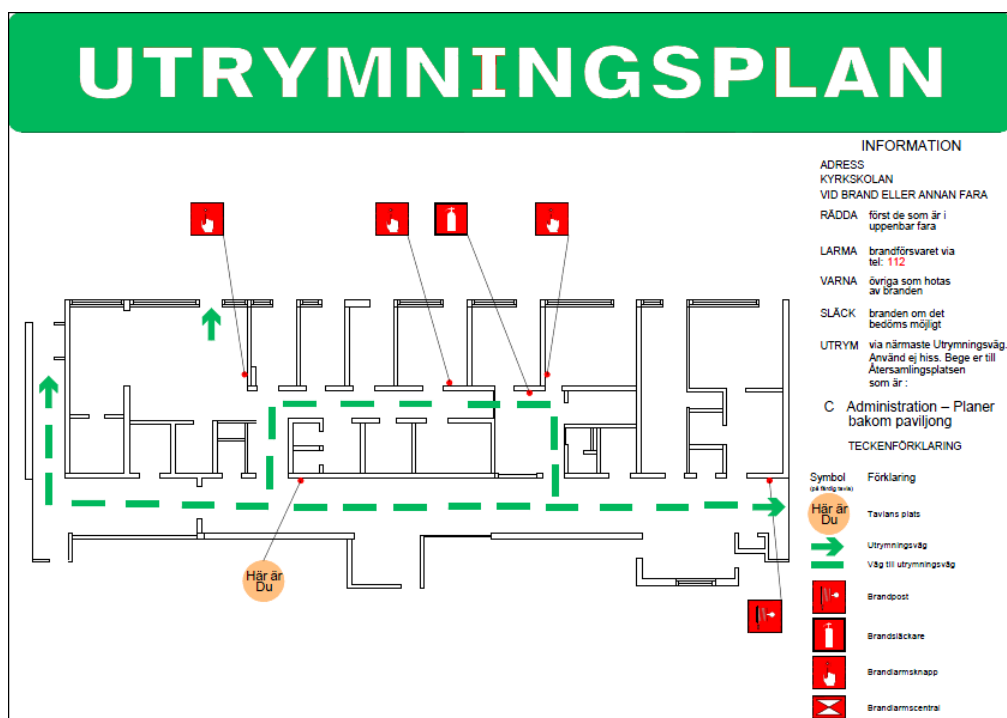
Figur F2. Utrymningsplan för källaren och övervåningen i del A.

I figur F3 visas utrymningsplanen för del B. Det finns två utrymningsplaner placerade i del B, en i matsalen och en i köket.



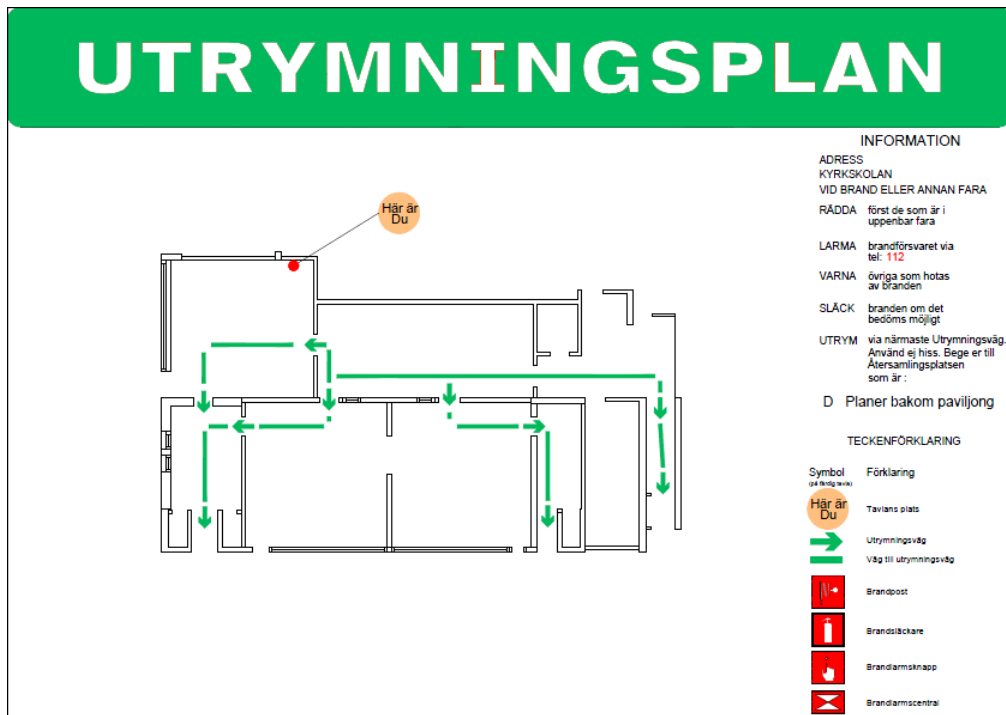
Figur F3. Utrymningsplan för del B.

I figur F4 visas utrymningsplanen för del C. Det finns en utrymningsplan placerad i korridoren i del C.



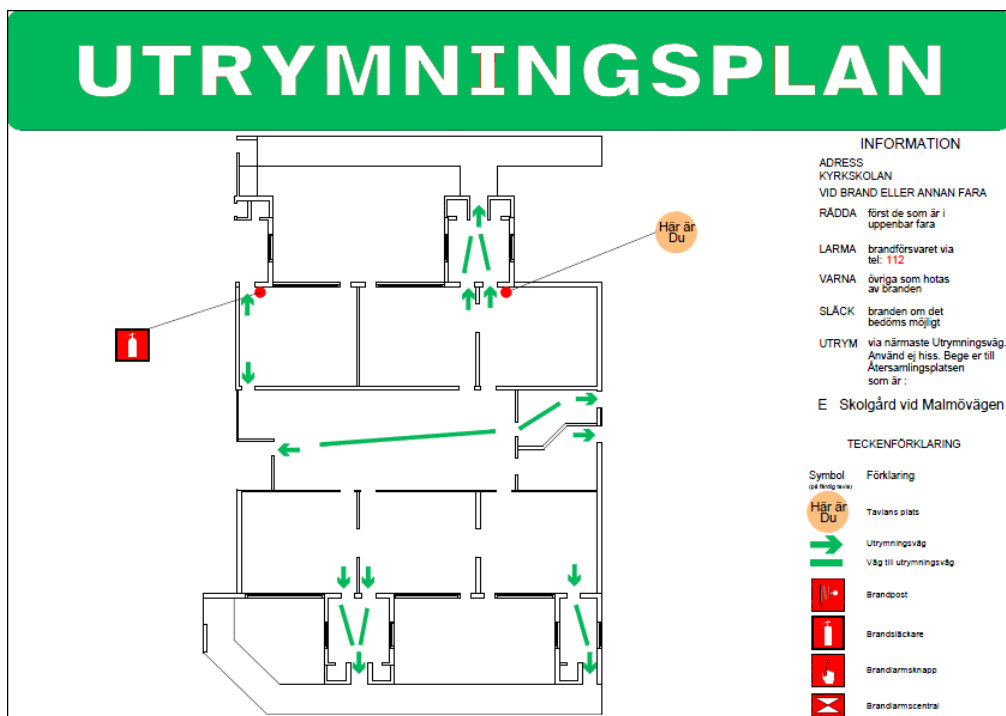
Figur F4. Utrymningsplan för del C.

I figur F5 visas utrymningsplanen för del D. Det finns fyra utrymningsplaner placerade i del D, en i varje klassrum och en i uppehållsrummet.



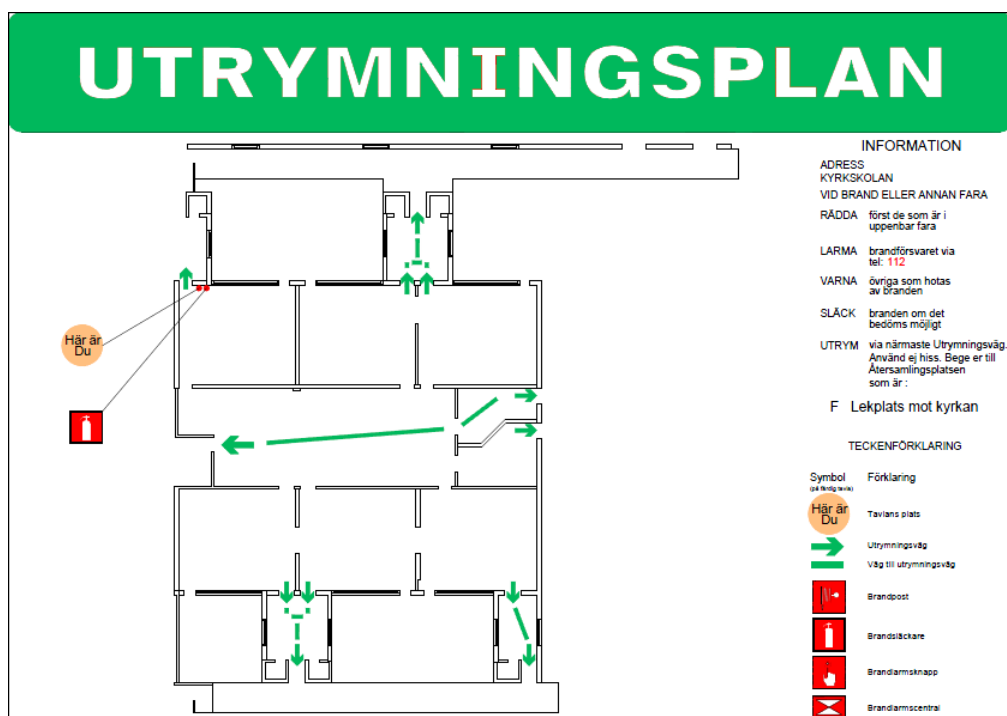
Figur F5. Utrymningsplan för del D.

I figur F6 visas utrymningsplanen för del E. Det finns sex utrymningsplaner placerade i del E, en i varje klassrum.



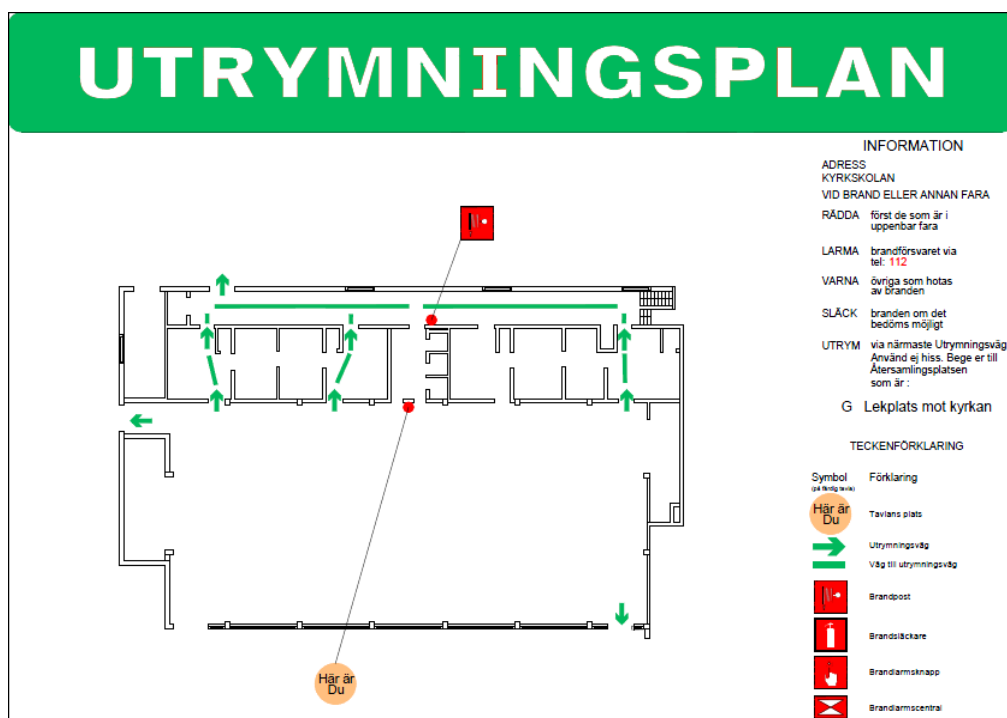
Figur F6. Utrymningsplan för del E.

I figur F7 visas utrymningsplanen för del F. Det finns sex utrymningsplaner i del F, en i varje klassrum.



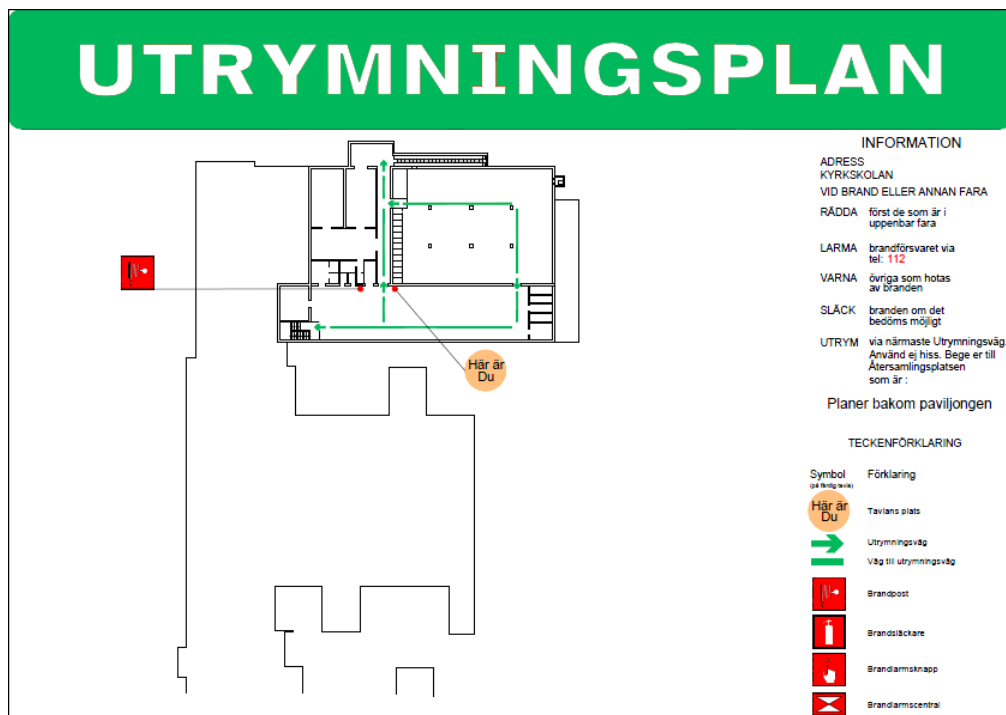
Figur F7. Utrymningsplan för del F.

I figur F8 visas utrymningsplanen för del G. Det finns två utrymningsplaner i del G, en i gymnastiksalen och en i korridoren.



Figur F8. Utrymningsplan för del G.

I figur F9 visas utrymningsplanen för del H. Det finns två utrymningsplaner i del H, en i gymmet och en i hobbyrummet.

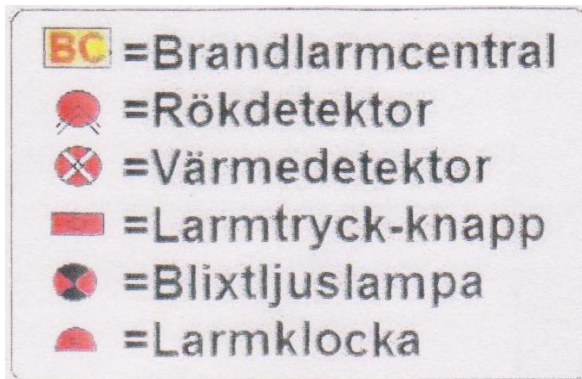


Figur F9. Utrymningsplan för del H.

Bilaga G. Detektorplacering

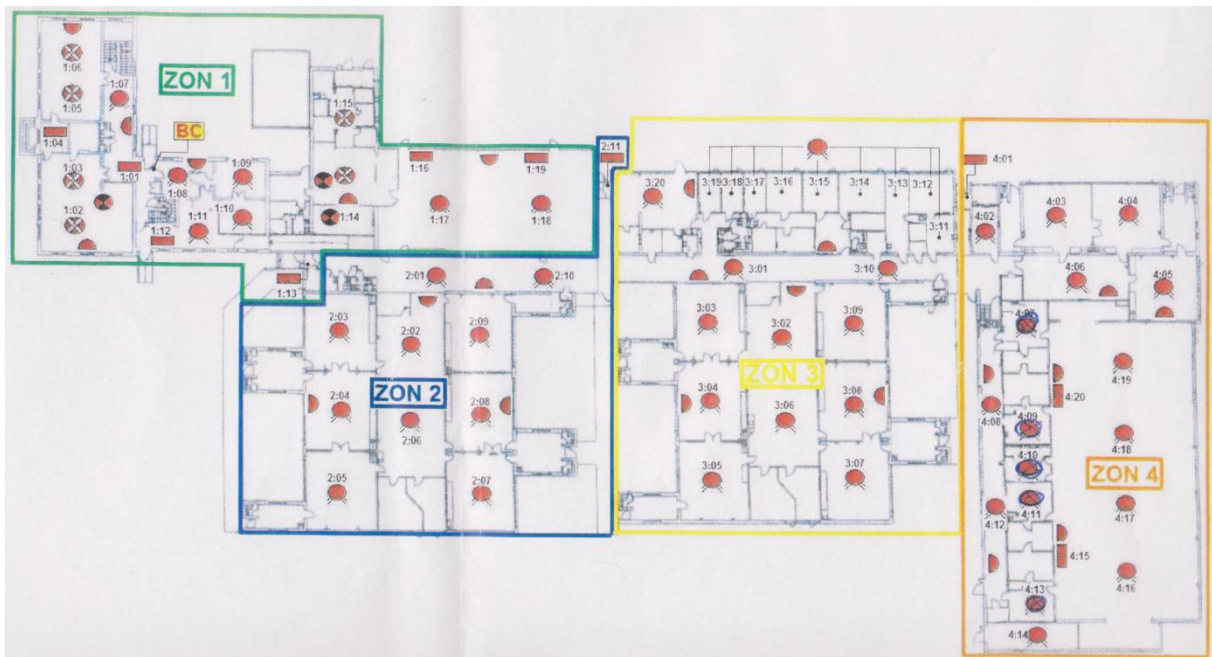
I följande Bilaga presenteras placering av rökdetektorer, värmedetektorer, larmtryck-knappar, blixtljuslampor samt larmklockor i Kyrkskolan. Figurerna är enbart till för att ge en överblick av placeringarna och är därför ej så detaljerade.

I figur G1 presenteras de olika symbolerna som används i de efterföljande ritningarna.



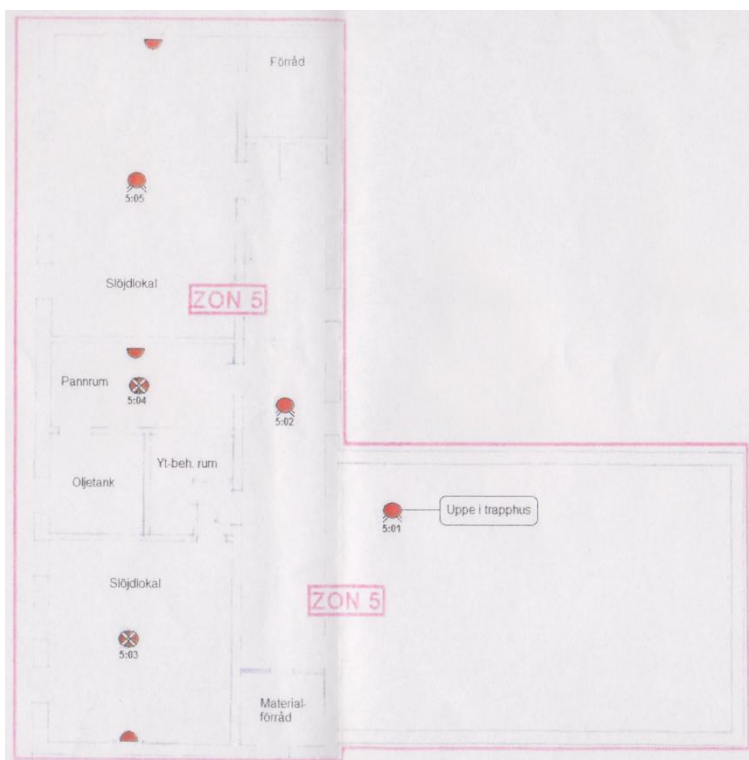
Figur G1. Symboler för de olika komponenterna.

I figur G2 presenteras komponenternas placering i del A - G.



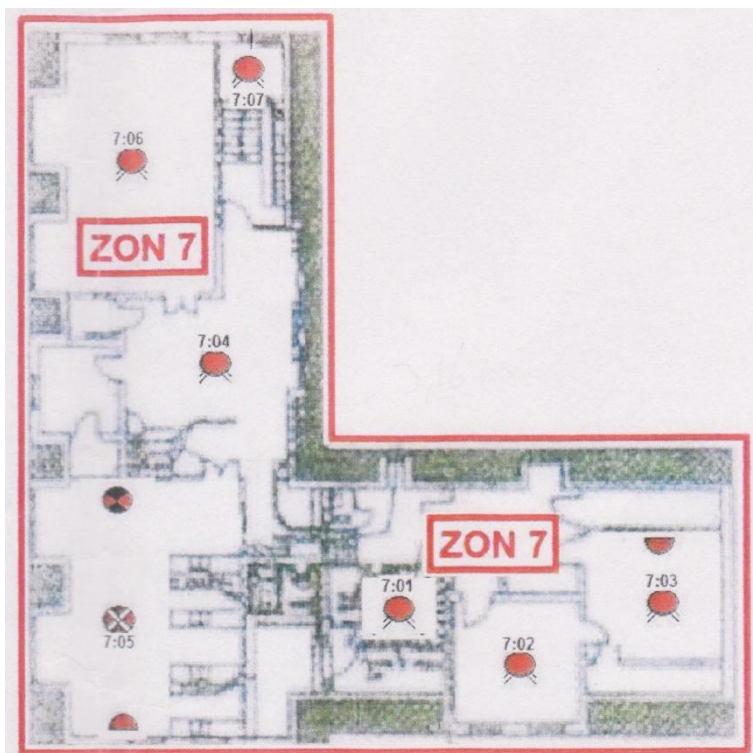
Figur G2. Karta över brand- och säkerhetsdon i del A - G.

I figur G3 presenteras komponenternas placering i källaren i del A.



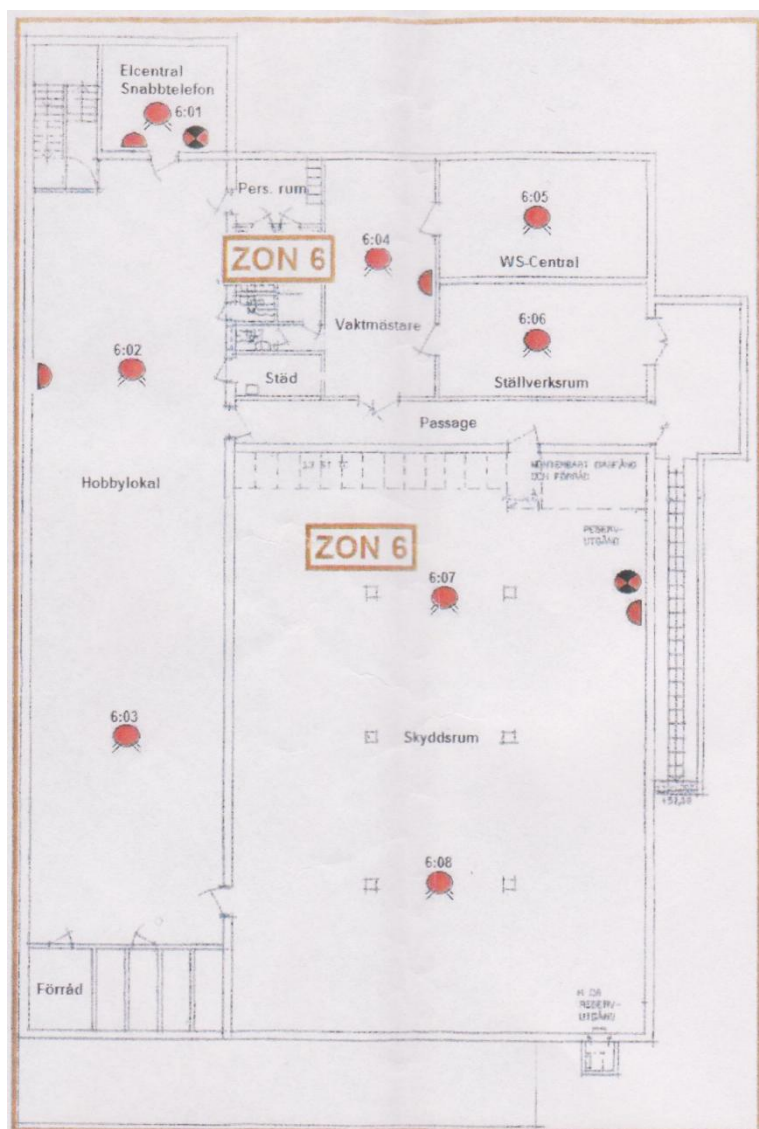
Figur G3. Karta över brand- och säkerhetsdon i källaren i del A

I figur G4 presenteras komponenternas placering på övervåningen i del A.



Figur G4. Karta över brand- och säkerhetsdon på övervåningen i del A.

I figur G5 presenteras komponenternas placering i del H.



Figur G5. Karta över brand- och säkerhetsdon i del H.