

Rapport 9343
Lund 2008



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Brandteknisk riskvärdering av **Tekniska nämndhuset, Huddinge**



Tora Gustavsson
Björn Sildemark
Helena Skarin
Mikaela Warberg

Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet

Brandteknisk riskvärdering av

Tekniska nämndhuset, Huddinge

Tora Gustavsson ♦ Björn Sildemark ♦ Helena Skarin ♦ Mikaela Warberg

Lund 2008

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
E-post: brand@brand.lth.se

**Department of Fire Safety Engineering
and Systems Safety**

Lund University
Box 118
S – 221 00 Lund
Telephone: +46 (46) 222 73 60
E-mail: brand@brand.lth.se

Rapport/Report

9343

Titel

Brandteknisk riskvärdering av Tekniska nämndhuset i Huddinge

Title

Fire safety evaluation of Tekniska nämndhuset in Huddinge

Av/By

Tora Gustavsson
Björn Sildemark
Helena Skarin
Mikaela Warberg

Kontaktpersoner/Contacts

Henrik Hassel, Lunds Tekniska Högskola
Per Hultman, Södertörns Brandförsvarsförbund
Johan Wickenberg, Södertörns Brandförsvarsförbund

Abstract

The purpose of this report is to evaluate the fire safety of Tekniska nämndhuset in Huddinge. The focus of the report is on the safety of people during evacuation in case of fire. Property and environmental damage has not been taken into consideration. Tekniska nämndhuset is an office building accommodating several administrations within Huddinge municipality, there is no co-operation regarding fire safety between the different administrations. Approximately 300 people work in the building. A gym facility and several conference rooms are also located in the building. An on-site visit was made to gather information significant to produce the report. Simulation software was utilized in the evaluation, CFAST for fire simulations and Simulex for evacuation simulations. Four fire scenarios were analyzed. The evaluation concludes that human safety in case of evacuation is presently unacceptable. Necessary safety measures are proposed and discussed. The three most important measurements are to install fire detectors in the entire building, to revise the electronic access system so that the doors will be able to open without a key in case of fire, and an additional emergency exit solution for the gym must be worked out.

Sökord

Brandteknisk riskvärdering, personsäkerhet, utrymning, Simulex, CFAST, Tekniska nämndhuset, Huddinge, kritiska förhållanden, fallstudie, tvåzonsmodell

Keywords

Fire safety evaluation, human safety, evacuation, Simulex, CFAST, Tekniska nämndhuset, Huddinge, critical conditions, case study, two-zone model

Framsida

Flygfoto över Tekniska nämndhuset, eniro.se

Sammanfattning

Denna rapport är en brandteknisk riskvärdering av Tekniska nämndhuset i Huddinge. Rapporten är en del av kursen *Brandteknisk Riskvärdering* som ges av Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering vid Lunds Tekniska Högskola. I rapporten utvärderas personsäkerheten vid händelse av brand i Tekniska nämndhuset, ingen hänsyn tas till egendomsskador eller miljöpåverkan.

Tekniska nämndhuset är en kontorsbyggnad som inhyser flera av Huddinge kommuns förvaltningar. Inget samarbete gällande brandskyddet finns mellan de olika förvaltningarna vilket medför ett organisatoriskt problem. I byggnaden finns mestadels kontorsverksamhet men även en motionslokal och några sammanträdesrum. Ungefär 300 personer arbetar i byggnaden. Den är huvudsakligen inte utrustad med något brand- eller utrymningslarm .

I början av projektet gjordes ett platsbesök då relevant information samlades in för att senare analyseras. Fyra brandscenarier valdes ut för analys, tre för vilka brand- och utrymningssimuleringar i programmen CFAST och Simulex gjordes och ett då endast en diskussion fördes. Dessa scenarier bedöms representera värsta troliga brandscenarier i byggnaden och är valda för att representera brandrisker i hela byggnaden. Känslighetsanalyser och verifieringar har gjorts av simuleringarna.

Analyserna visar att personsäkerheten i Tekniska nämndhuset inte är tillfredsställande och att åtgärder måste utföras för att säker utrymning ska kunna ske. Åtgärdsförslag delas in i *skall* och *bör*, där *skall* är de åtgärder som måste genomföras för att person- och utrymningssäkerheten ska vara acceptabel och *bör* är de åtgärder som rekommenderas för ytterligare förbättrad personsäkerhet. De åtgärder som *skall* genomföras är följande:

- Brandvarnare *skall* installeras fördelat över hela byggnaden. Vidare *skall* ett gemensamt brand- och utrymningslarm för entrén med ovanpåliggande del installeras.
- Passersystemet med elektroniska nycklar *skall* ses över så att utrymningsvägar inte är låsta vid utrymning.
- En alternativ utrymningsväg från motionslokalen *skall* ordnas.
- Ett systematiskt brandskyddsarbete *skall* finnas.
- Vägar till utrymningsvägar *skall* hållas fria och utrymningsplaner *skall* sättas upp. Utrymningsvägar *skall* vara lättillgängliga.
- Dörrar i brandcellsgränser som ej är utrustade med automatisk stängningsmekanism *skall* hållas stängda.
- Brister i brandcellsgränserna *skall* kontrolleras och åtgärdas.
- Skyltning av utrymningsvägar *skall* kontrolleras och brister *skall* åtgärdas.
- Släckutrustningens tillgänglighet *skall* ses över och brister *skall* åtgärdas.

Genomförs dessa åtgärder anses personsäkerheten vara tillfredsställande.

Förord

Vi vill tacka följande personer för deras hjälp med rapportens framtagning:

- Henrik Hassel* Varför? För att han är vår kontaktperson på Lunds Tekniska Högskola som aldrig skulle underlåta sig att bli kallad handledare. Många bra synpunkter i samband med rapportskrivandet.
- Per Hultman* Brandingenjör vid Södertörns Brandförsvarsförbund och kontaktperson. För att han finns och för hans engagemang i vårt arbete.
- Johan Wickenberg* Brandingenjör vid Södertörns Brandförsvarsförbund och bonuskontaktperson. För det goda omhändertagandet i samband med objektsbesöket och skjutsen till IKEA.
- Lars Jensen* För hjälpen med att tyda ventilationsritningar som ingen annan förstår.
- Kjell Hultqvist* Brandskyddsansvarig på Huga Fastigheter AB, ägare av Tekniska nämndhuset. För hans tålamod och svar på våra frågor.

Tack går även till Huddinge brandstation för sängplatserna och kakorna vid objektsbesöket.

Tora, Björn, Helena och Mikaela
Lund 2008

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	SYFTE.....	1
1.3	MÅL.....	1
1.4	ARBETSMETOD	2
2	MODELLER OCH DATORVERKTYG	3
2.1	BRANDFÖRLOPP.....	3
2.1.1	<i>Effektutveckling</i>	3
2.1.2	<i>Tvåzonsmodellen</i>	3
2.1.3	<i>CFAST</i>	4
2.2	UTRYMNINGSFÖRLOPP	5
2.2.1	<i>Kritiska förhållanden</i>	5
2.2.2	<i>Simulex</i>	6
3	OBJEKTSBESKRIVNING	7
3.1	BYGGNADEN	7
3.1.1	<i>Våning ett</i>	7
3.1.2	<i>Våning två</i>	7
3.1.3	<i>Passersystem</i>	8
3.2	VERKSAMHETSBEKRIVNING	8
3.3	AVGRÄNSNING	9
4	BEFINTLIGT BRANDSKYDD	11
4.1	LARMSYSTEM	11
4.2	VENTILATIONSSYSTEM.....	11
4.3	SLÄCKUTRUSTNING	11
4.4	RÄDDNINGSTJÄNSTEN	11
4.5	BRANDCELLSINDELNING.....	11
4.6	UTRYMNINGSVÄGAR.....	12
4.6.1	<i>Våning ett</i>	12
4.6.2	<i>Våning två</i>	12
4.6.3	<i>Skytning</i>	12
4.7	SYSTEMATISKT BRANDSKYDDARBETE	12
5	SCENARIER	15
5.1	BASTU I MOTIONSLOKALEN.....	15
5.2	KÖK.....	15
5.3	KONTOR.....	15
5.4	FÖRVARINGSRUM I HUVUDENTRÉN	16
5.5	RECEPTIONEN	16
5.6	KONFERENSRUM PÅ VÅNING TVÅ.....	16
5.7	KORRIDOR I MOTIONSLOKALEN	16
5.8	KONTORSKORRIDOR.....	16
5.9	TRAPPHUSET	17
5.10	MOTIONSHALLEN	17
5.11	TOALETT.....	17

5.12	BRAND PÅ TVÅ STÄLLEN	17
5.13	SAMMANSTÄLLNING AV SANNOLIKHET OCH KONSEKVENNS	18
6	SCENARIEANALYSER	19
6.1	BASTU	19
6.1.1	<i>Diskussion</i>	20
6.1.2	<i>Slutsats</i>	20
6.2	KÖK PÅ ANDRA VÅNINGEN	21
6.2.1	<i>Effektutvecklingskurva</i>	21
6.2.2	<i>Brandsimulering</i>	22
6.2.3	<i>Utrymningssimulering</i>	22
6.2.4	<i>Resultat</i>	22
6.2.5	<i>Verifiering av resultat</i>	23
6.2.6	<i>Känslighetsanalys</i>	23
6.2.7	<i>Diskussion</i>	23
6.2.8	<i>Slutsats</i>	24
6.3	KONTOR.....	25
6.3.1	<i>Effektutvecklingskurva</i>	25
6.3.2	<i>Brandsimulering</i>	26
6.3.3	<i>Utrymningssimulering</i>	26
6.3.4	<i>Resultat</i>	26
6.3.5	<i>Verifiering av resultat</i>	26
6.3.6	<i>Känslighetsanalys</i>	27
6.3.7	<i>Diskussion</i>	27
6.3.8	<i>Slutsats</i>	28
6.4	FÖRVARINGSRUM.....	29
6.4.1	<i>Effektutvecklingskurva</i>	30
6.4.2	<i>Brandsimulering</i>	30
6.4.3	<i>Utrymningssimulering</i>	31
6.4.4	<i>Resultat</i>	31
6.4.5	<i>Känslighetsanalys</i>	31
6.4.6	<i>Diskussion</i>	32
6.4.7	<i>Slutsats</i>	33
7	DISKUSSION OCH SLUTSATS	35
7.1	GILTIGHET	36
8	ÅTGÄRDER.....	37
8.1	ÅTGÄRDSFÖRSLAG.....	37
8.2	MOTIVERING AV ÅTGÄRDER	38
	REFERENSER	41
	MUNTLLIG REFERENS.....	42
BILAGA A	INDATA CFAST.....	I
A.1	KÖKET.....	I
A.2	KONTORET.....	III
A.3	FÖRVARINGSRUMMET.....	V
BILAGA B	RESULTAT KÖKET	VII

BILAGA C	RESULTAT KONTORET	XV
BILAGA D	RESULTAT FÖRVARINGSRUMMET	XXI
BILAGA E	VERIFIERING AV ÅTGÄRDSFÖRSLAG.....	XXVII
BILAGA F	HANDBERÄKNINGAR.....	XXIX
F.1	MAXIMAL EFFEKTUTVECKLING.....	XXIX
F.2	BRANDGASLAGRETS TEMPERATUR I KÖKSSCENARIOT.....	XXX
F.3	SIKTFÖRHÅLLET I KONTORSSCENARIOT	XXXII

1 Inledning

Denna rapport behandlar personsäkerheten i Tekniska nämndhuset i Huddinge.

1.1 Bakgrund

Rapporten är en del av kursen Brandteknisk Riskvärdering som ges vid Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola. Kursen består till huvuddelen av ett projektarbete där personsäkerheten vid händelse av brand ska utvärderas för ett givet objekt. Arbetet sker i samråd med kontaktpersoner, varav en är anställd vid Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering och de andra med anknytning till objektet, för detta objekt vid Södertörns Brandförsvarsförbund.

1.2 Syfte

Syftet är att bedöma om personsäkerheten vid Tekniska nämndhuset i Huddinge är tillfredsställande vid händelse av brand. Detta görs genom att utreda det befintliga brandskyddet och därefter ge förslag till förbättringar så att utrymningssäkerheten blir acceptabel.

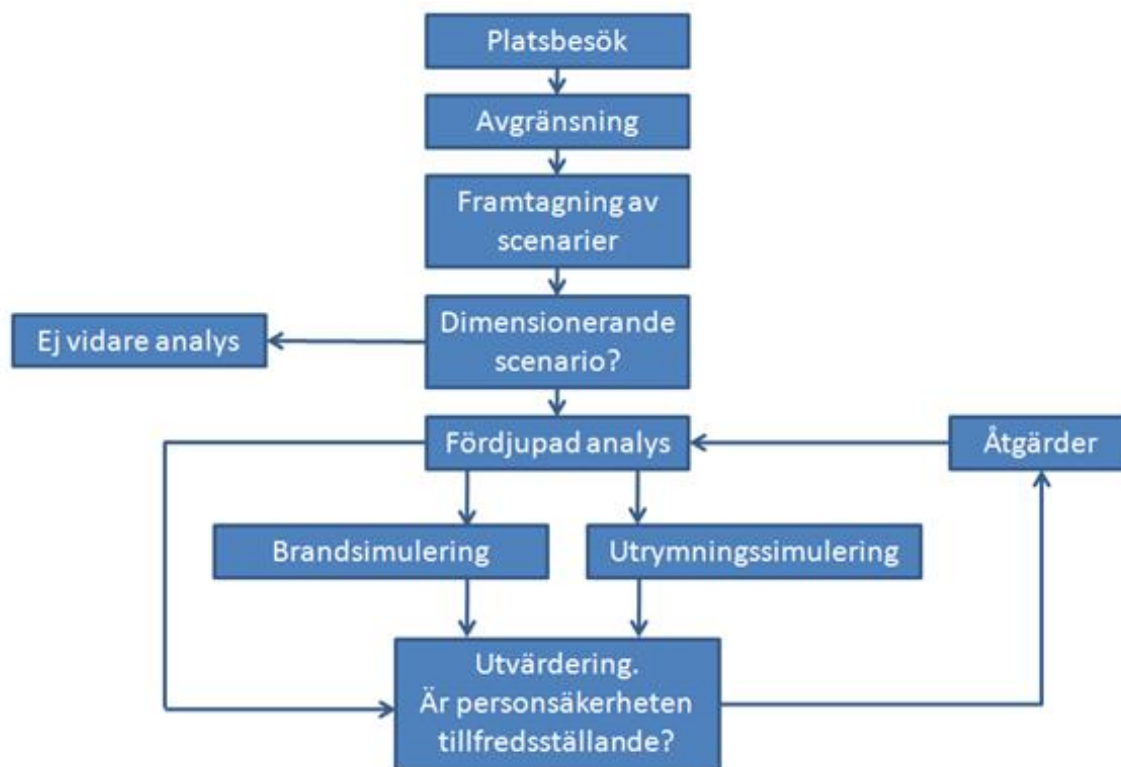
Endast personsäkerheten beaktas i rapporten. Egendomsskador, miljöpåverkan samt underlättande av räddningstjänstens släckningsarbete beaktas ej.

1.3 Mål

Målet med rapporten är att med hjälp av kunskaper från tidigare givna, och pågående, kurser genomföra en brandteknisk riskvärdering i form av en fallstudie. Detta innebär att tillgänglig information om ett enskilt objekt samlas in och analyseras med avseende på förutbestämda parametrar, i detta fall gällande utrymningssäkerheten.

1.4 Arbetsmetod

Tidigt i arbetsgången genomförs ett platsbesök på objektet. Detta för att samla in relevant information, kontrollera ritningar och prata med personal på plats. Det kontrolleras om brandtekniska detaljer så som detektorer, utrymningsvägar och magnetupphängda dörrar finns i tillräcklig omfattning och används.



Figur 1.1 - Flödesschema över arbetsgången

Efter besöket görs avgränsningar med avseende på vilka delar av byggnaden som ska utvärderas. Avgränsningen görs så att en representativ bild fås utan att behöva studera hela objektet i detalj. Möjliga brandscenarier tas fram med hjälp av bland annat statistik och endast de scenarier, vars sannolikhet och konsekvens har störst påverkan på personsäkerheten, studeras vidare enligt devisen *värsta troliga scenarier*. Utvärderingen av scenarierna görs sedan huvudsakligen som en kvalitativ analys.

Den vidare analysen sker antingen med hjälp av datorsimuleringar och beräkningar eller som en diskuterande analys då beräkningar anses överflödiga. Om personsäkerheten bedöms vara tillfredsställande är analysen klar, i annat fall föreslås åtgärder som sedan utvärderas. Figur 1.1 visar en översiktlig bild av arbetsgången. För att avgöra hur stor inverkan utvalda parametrar har på resultaten görs känslighetsanalyser. Resultaten verifieras även i möjligaste mån.

2 Modeller och datorverktyg

I detta avsnitt ges förklaringar av begrepp, metoder och modeller som används i beräkningar och simuleringar av brand- och utrymningsförlopp.

2.1 Brandförlopp

Under detta avsnitt beskrivs modeller och datorprogram som används för att beskriva brandförlopp.

2.1.1 Effektutveckling

För att simulera ett brandförlopp vill man beskriva effektutvecklingen med ett matematiskt samband. Utifrån uppmätta effektutvecklingskurvor har man funnit att effektutvecklingen i många fall kan beskrivas som en kvadratisk funktion av tiden, $\dot{Q} = \alpha t^2$, med olika värden på tillväxthastigheten, α , beroende på bränsle. Det finns schablonvärden för α , dessa och exempel på material som tillväxer med respektive α återges i Tabell 2.1 (Karlsson, B. & Quintiere, J.G. 2000, s 41).

Vid användandet av αt^2 -kurvan måste användaren ansätta en maxgräns för effektutvecklingen. Det kan också nämnas att den initiala antändningstiden, innan branden börjar tillväxa, inte tas i beaktande vid användning av αt^2 -kurvan.

Tabell 2.1 - Tabell över schabloniserade α -värden och exempel

Tillväxthastighet	α [kW/s ²]	Exempel på material och föremål
Ultra fast	0,19	Pöl med bensin, garderob
Fast	0,047	Träpallar, kartonger
Medium	0,012	Stol stoppad med bomull, andra icke-smältbara material
Slow	0,003	Flamskyddsbehandlat material

2.1.2 Tvåzonsmodellen

Tvåzonsmodellen är en enkel modell av brandgasspridning som bygger på kontinuitetsekvationer för massa och energi, med vissa förenklingar och antaganden. Dessa medför bland annat att det går fort att göra simuleringar och att resultaten är förhållandevis enkla att tolka. Det är dock viktigt att känna till vilka begränsningar förenklingarna och antagandena innebär och tolka resultaten därefter.

Modellen bygger på att det finns ett varmt, övre brandgaslager och ett kallt, undre lager och att respektive lager är homogent med avseende på densitet och temperatur. I praktiken varierar skiktningen starkt från fall till fall och temperaturen varierar med position i brandgaslagret. Vid exempelvis en liten brand i ett stort utrymme uppstår i verkligheten ingen skiktning alls på grund av att temperaturskillnaden mellan brandgaserna och omgivande luft inte är tillräckligt stor, den termiska stigkraften blir därmed försumbar. I dessa fall är modellen uppenbart olämplig att använda.

För att resultaten ska vara giltiga måste dessutom rummen förenklas till kubisk geometri. På grund av att modellen inte heller tar hänsyn till brandgasernas transporttid ökar resultatens osäkerhet ju fler rum som läggs till (Brandskyddshandboken 2005, s 198).

2.1.3 CFAST

Ett datorprogram som bygger på tvåzonsmodellen är CFAST, Consolidate model of Fire Growth and Smoke Transport, som är utvecklat av NIST, National Institute of Standard and Technology, för simulering av rumsbränder. Programmet använder McCaffreys plymmodell, som är en svag plymmodell, vilket innebär att det ger bättre överensstämmelse på större avstånd från flammen. McCaffreys plymmodell är baserad på försök med propan och ingen hänsyn tas till olika bränslens varierande strålningsförluster. Detta innebär att den i CFAST beräknade brandgastemperaturen kan avvika något från den verkliga.

För att kunna göra simuleringar i CFAST behöver man bland annat indata om rummets geometri, bränslet och brandens effektutveckling. Programmet använder sig sedan av ideala gaslagen, kontinuitetsekvationer för massa och energi samt förhållandet mellan densitet och temperatur. Med hjälp av dessa ekvationer beräknas sedan storheter som tryck, brandgaslagrets höjd och temperatur som en funktion av tiden. Det tas inte hänsyn till transporttider för brandgaserna utan de förflyttas momentant till brandgaslagret. Detta medför att brandgaserna sprids direkt över hela taket i rummet och att ingen hänsyn tas till den tid det tar för brandgaserna att spridas radiellt när de slår i taket.

CFAST går att använda med upp till 30 rum, men osäkerheten i resultaten ökar med antalet rum som läggs till. För att utdata ska vara giltig ska vissa rumsförhållanden vara uppfyllda, dessa redovisas i Tabell 2.2 (Jones et al. 2005).

Tabell 2.2 - Tabell över gränsvärden för giltighet i CFAST

	Acceptabelt	Gränsfall	Ej acceptabelt
(L/B)max	$L/B < 3$	$3 < L/B < 5$	$L/B > 5$
(L/H)max	$L/H < 3$	$3 < L/H < 6$	$L/H > 6$
(B/H)min	$B/H > 0,4$	$0,2 < B/H < 0,4$	$B/H < 0,2$

där

L = längden av rummet [m]

B = bredden av rummet [m]

H = rummets höjd [m]

2.2 Utrymningsförlopp

Utrymningsförloppet delas in i tre delar: varseblivningstid, beslut- och reaktionstid samt förflyttningstid. Varseblivningstiden är den tid det tar för en individ att upptäcka branden, t.ex. genom visualisering, ett larm som utlöses eller liknande. Då ett larm finns installerat är varseblivningstiden den tid det tar för detektorn att aktiveras. Beslut- och reaktionstiden är den tid det tar då personen bestämmer sig vad den ska göra, till exempel utrymma, försöka släcka eller varna andra. Förflyttningstiden är sedan den tid det tar att utrymma. Det viktigaste vad gäller utrymningsförloppet är att den sammanlagda tiden måste understiga den tid det tar för kritiska förhållanden att uppstå. Detta kan beskrivas genom följande samband (Frantzich, H. 2000):

$$t_{\text{kritisk}} > t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{beslut \& reaktion}} + t_{\text{förflyttning}}$$

2.2.1 Kritiska förhållanden

När kritiska förhållanden har uppnåtts anses inte säker utrymning kunna ske. Detta innebär att utrymning ska ske innan dessa gränsvärden uppnås. De parametrar som valts som kritiska vid scenarioanalysen är brandgaslagrets höjd över golvet, strålningspåverkan, temperatur, sikt och toxiska förhållanden. De värden som är reglerade i Boverkets Byggregler (BBR 5:361, 2008) anses nöjaktiga och används i denna rapport, i Tabell 2.3 återfinns dessa värden.

För att kritiska förhållanden ska uppstå då brandgaslagrets höjd nått kritisk nivå måste även antingen sikten, temperaturen eller toxiciteten i brandgaslagret nått kritiska förhållanden. Detta för att i ett brandgaslager är det antingen sikt, temperatur eller toxicitet som medför risk för människor att inte kunna utrymma.

Tabell 2.3 - Tabell över värden för kritiska förhållanden

Mätvärde	Kriterier
Brandgaslagrets höjd	Brandgaslagrets höjd över golvet ska inte understiga $1,6+0,1 \cdot H$ m, där H är takhöjden (m).
Strålningspåverkan	Den maximalt tillåtna strålningsintensiteten är $2,5 \text{ kW/m}^2$, eller en kortvarig intensitet på 10 kW/m^2 . En maximal strålningsenergi på 60 kJ/m^2 utöver energin från en strålning på 1 kW/m^2 är även acceptabel.
Temperatur	En temperatur på högst 80°C accepteras.
Sikt	Siktbarheten bör vara minst 10 m i normala fall, men 5 m vid god lokalkännedom.
Toxiska förhållanden	För de giftiga gaserna kolmonoxid och koldioxid finns ett maximalt tillåtet värde, medan det för syre måste finnas en minsta koncentration: CO: <2000 ppm CO ₂ : <5 % O ₂ : >15 %

2.2.2 Simulex

Simulex är ett datorprogram som används för utrymningssimulering. I ritningar i digital form placerar användaren ett antal individer med varierande egenskaper. Gånghastighet, tid till reaktion och val av utrymningsväg är exempel på egenskaper som kan varieras. Det går även att använda förinställda populationer med bestämda sammansättningar, till exempel kontorsanställda, skolbarn och åldringar. Beroende på populationens sammansättning fås varierade gånghastigheter och kroppstorlekar. Gånghastigheten väljs slumpmässigt av programmet på en hastighet mellan 0,8 – 1,7 m/s (Frantzich, H. 1998).

Simulex ger förflyttningstiden vid utrymning av en byggnad. Den visar även visuellt var köbildning kan uppstå. Programmet har dock många begränsningar. Bland annat så utrymmer individerna endast till sin förutbestämda utrymningsväg oavsett om köbildning uppstår. Dessutom behandlas utrymningen som ett rent flödesproblem, om ingen köbildning uppstår finns inga hinder för utrymningen.

3 Objektsbeskrivning

Nedan följer en beskrivning av Tekniska nämndhuset, dess verksamheter och avgränsningen som har gjorts. För fullständiga ritningar över byggnaden se Figur 3.4 och Figur 3.5.

3.1 Byggnaden

Tekniska nämndhuset byggdes ursprungligen 1973 och ägs av Huga Fastigheter AB. Det är beläget i Huddinge och inhyser flera olika kommunala förvaltningar. Byggnaden består av två våningar och var från början tänkt som en provisorisk lösning. Den har dock blivit kvar och har i flera omgångar byggts om och till. Byggnaden inhyser kontorsverksamhet, sammanträdeslokaler och en motionslokal.

3.1.1 Våning ett

Entrén ligger ett halvt plan nedanför våning ett och ansluter till denna via en halvtrappa, se Figur 3.1. Planlösningen är öppen, med ett atrium som omfattar våning ett och två. Våning ett står i förbindelse med våning två genom en trappa i ariet samt trappor i korridorerna. På våning ett finns en bemannad reception. I anslutning till den finns en väntörna med soffgrupp, se Figur 3.2.

Kontorsverksamheten på våning ett är uppdelat i fyra längsgående och två tvärgående korridorer. På våningen finns även ett antal pausrum/kök och arkivrum. Mellan de längsgående korridorerna finns totalt tre innergårdar med möblemang.

I anslutning till huvudbyggnaden finns en mindre tillbyggnad med motionshall, tillhörande omklädningsrum, bastu och solarium.

3.1.2 Våning två

Ett större konferensrum och flera mindre sammanträdesrum är belägna i anslutning till trappuppgången från våning ett, se Figur 3.3. Det större konferensrummet är benämnt *Sjödalsrummet* i ritningar.

Ovanpå motionslokalen finns i våning två ett antal kontor i en korridor. I övrigt ser våningen i stort sett ut som våning ett, med kontor och pausrum/kök.



Figur 3.1 – Entrén sedd från receptionen



Figur 3.2 - Väntörnan



Figur 3.3 - Trappan till entrén, sedd från våning två

3.1.3 Passersystem

På grund av tidigare stölder har ett stöldförebyggande arbete utmynnat i bland annat ett passersystem där dörrar till kontorsverksamheten är låsta och öppnas med elektronisk nyckel. Vid strömavbrott finns ett reservsystem som upprätthåller det elektroniska passersystemet i en timme. När reservsystemet går ner fungerar endast traditionell upplåsning.

Från konferens- och sammanträdesrummen på våning två och entrén på våning ett finns endast en olåst utrymningsväg, genom huvudentrén. Det är troligt att tillfälliga besökare vistas i dessa utrymnen och de har i praktiken bara tillgång till en utrymningsväg. Det finns dörrar till angränsande brandceller på båda våningarna, dessa kräver dock elektronisk nyckel för att användas. Passersystemet medför även att återvändning genom låsta dörrar inte är möjlig utan elektronisk nyckel.

3.2 Verksamhetsbeskrivning

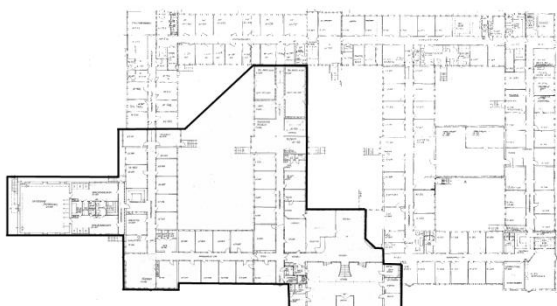
Byggnaden inhyser flera kommunala förvaltningar som sinsemellan inte har något uttalat samarbete gällande brandskyddet. I kontorslokalerna antas främst personer som arbetar på platsen befinna sig men det förekommer även besökare i verksamheten. En av förvaltningarna i byggnaden är socialförvaltningen och denna förvaltning har haft en del incidenter med de personer de arbetar med. Detta innebär att sannolikheten för anlagd brand bedöms som högre än normalt.

På våning två finns även konferensrum och sammanträdesrum som i stor utsträckning kan tänkas användas av människor som inte arbetar i byggnaden. Vid vissa tillfällen bjuds allmänheten in till dialog med förvaltningar i dessa lokaler.

Motionslokalen används både dagtid och kvällstid. Kvällstid hyrs den ut till olika föreningar, bland annat där pensionärer ingår, som inte har någon anknytning till verksamheten eller övriga byggnaden.

3.3 Avgränsning

Av praktiska skäl valdes endast en del av byggnaden för utvärdering av brandskyddet. Två korridorer, entrén och motionslokalen, fördelat på båda våningarna, valdes ut. Figur 3.4 och Figur 3.5 visar avgränsningarna som gjorts av byggnaden.

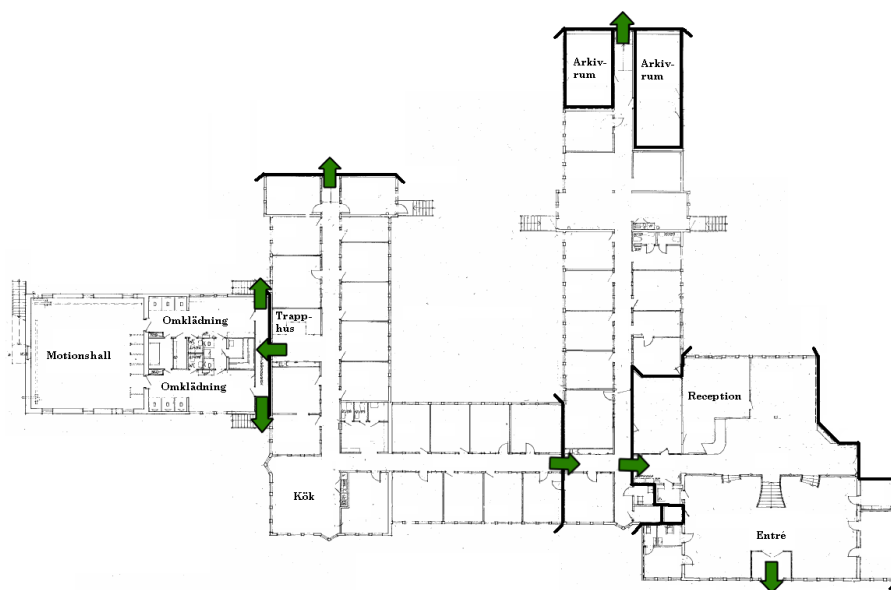


Figur 3.4 - Avgränsning av våning ett

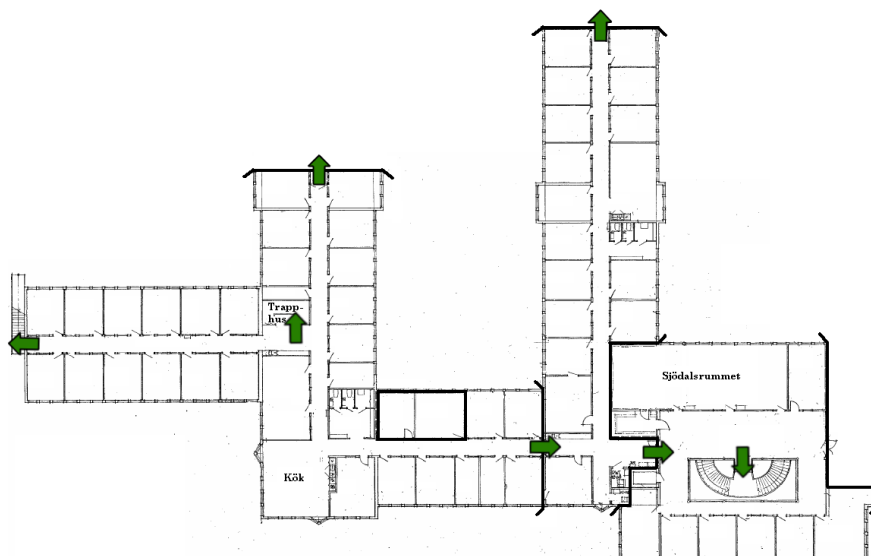


Figur 3.5 - Avgränsning av våning två

Figur 3.6 och Figur 3.7 visar detaljerade ritningar över avgränsningarna där brandcellsgränserna och utrymningsvägarna är markerade.



Figur 3.6 - Avgränsning, brandcellsindelning och utrymningsvägar för våning ett



Figur 3.7 - Avgränsning, brandcellsindelning och utrymningsvägar för våning två

Avgränsningarna har valts för att representera hela byggnaden då övriga delar av byggnaden i princip är spegelvända. Avgränsningen innefattar bland annat konferensrum, kontor, entrén och motionslokalen. Dessa delar möjliggör undersökningar i huruvida personsäkerheten är tillfredsställande i byggnaden både under dagtid i dess ordinarie verksamhet, vid särskilda konferenser/sammanträden där extra mycket folk kan befinna sig i byggnaden och under kvällstid i motionslokalen. Entrén har även inkluderats i avgränsningen då det är den huvudsakliga ingången till byggnaden och används mycket. Tillgången till utrymningsvägar i resterande delar av byggnaden är likvärdig med de i avgränsningen och när personsäkerheten bedöms tillfredsställande för avgränsningen bedöms den även tillfredsställande för hela byggnaden.

4 Befintligt brandskydd

Följande kapitel är en beskrivning av det existerande brandskyddet på Tekniska nämndhuset vid tiden för platsbesöket.

4.1 Larmsystem

Ett automatiskt brand- och utrymningslarm finns installerat i motionslokalen, i övrigt saknas larmsystem. Ingen information har erhållits om vilken typ av system larmet består av, till exempel om det är rök- eller värmedetektorer eller om manuell aktivering finns.

4.2 Ventilationssystem

Ventilationssystemet i Tekniska nämndhuset är ett till- och frånluftssystem. Till- och frånluft finns kopplat till varje kontor. Inga ventilationskanaler överskrider brandcellsgränserna.

Rökdetektorer i ventilationssystemet är kopplade till frånluftshuvar som ska öppnas och brandgasspjäll som ska stängas vid brand. Detta för att förhindra spridning, skydda fläktutrustning och leda ut brandgaser.

Motionslokalen är en avskild lokal och har ett avskilt ventilationssystem.

4.3 Släckutrustning

Inomhusbrandposter är placerade i varje brandcell, förutom arkivrummen. Vissa av dessa är dock dolda av exempelvis soffgrupp, se Figur 4.1, och klädhängare, se Figur 4.2. Vid några kopiatorrum och pausrum finns även handbrandsläckare. Skyltning finns och är överlag tillfredställande.

4.4 Räddningstjänsten

Räddningstjänsten i Huddinge har en 10 min lång insatstid. Utrymning bör vara avslutad innan denna tid passerat varför utrymningslösningarna inte förutsätter räddningstjänstens medverkan.

4.5 Brandcellsindelning

Brandcellerna avskiljs med väggar och dörrar i klass EI30. Vissa av dörrarna är magnetupphängda vilka stängs via rökdetektorer som sitter i närheten av dörren.

Vid objektsbesöket uppmärksammades det att flera brandcellsavskiljande dörrar hade skruvar och dylikt insatta i stängmekanismen för att förhindra dörren från att stängas, se Figur 4.3, andra var uppställda med kilar. Flera brandcellsavskiljande dörrar hade en ca 3 cm hög glipa mellan golv och dörr. Ovanför dörrarna fanns också



Figur 4.1 – Inomhusbrandpost blockerad av soffgrupp



Figur 4.2 – Inomhusbrandpost blockerad av klädhängare



Figur 4.3 – Brandcellsavskiljande dörr med skruv insatt i stängmekanismen.

kabelrör genom väggen för till exempel elinstallationer.

Brandcellsgränsernas placering framgår av Figur 3.6 och Figur 3.7. Observera att entrén, reception, väntrum och ovanpåliggande del av våning två ingår i samma brandcell.

4.6 Utrymningsvägar

Nedan följer en beskrivning av utrymningsvägarna från de delar av byggnaden som faller inom avgränsningen.

4.6.1 Våning ett

Från våning ett finns tre utrymningsvägar till det fria och flera där man utrymmer till annan brandcell. Två av de utrymningsvägar som leder till det fria finns i motionslokalen, av dessa är dock den ena inte skyltad som utrymningsväg. Vid entrén finns den tredje utrymningsvägen till det fria, den består av en sluss med dubbeldörrar. Den ena dörren var öppen medan denna andra har ett nödvred, dock av svärmanövrerad typ och det är tveksamt om den dörren kommer att användas vid utrymning. Den yttre dörren hade även en postlåda placerad i dörren, vilken försvårar utrymning, se Figur 4.4. För skiss över utrymningsvägarna se Figur 3.6.



Figur 4.4 – Postlåda i utrymningsväg vid entrén

4.6.2 Våning två

Från våning två finns en utrymningsväg till det fria via trappa på utsidan av huset och flera utrymningsvägar till angränsande brandceller. Dörren till trappan på utsidan av huset var dock mycket svår att öppna. För utrymning av konferens- och sammanträdesrummen på andra våningen måste entréns utgång på våning ett användas. För skiss över utrymningsvägarna se Figur 3.7.



Figur 4.5 – Exempel på vägledande markering

4.6.3 Skyltning

De flesta utrymningsvägarna var skyltade med vägledande skyltar av efterlysande typ, se Figur 4.5 för exempel. På vissa ställen finns dock brister, så som att vissa skyltar inte var ordentligt uppsatta eller helt nedplockade. Exempelvis var den ena utrymningsvägen från motionslokalen inte skyltad, se Figur 4.6.

4.7 Systematiskt brandskyddsarbete

Tekniska nämndhuset inhyser flera olika förvaltningar som var och en ska ta sin egen del av ansvaret för det systematiska brandskyddsarbetet. Alla kommunanställda måste genomgå en obligatorisk utbildning i grundläggande brandskydd, där de bland annat får lära sig handhavande av viss släckutrustning, till exempel handbrandsläckare. Det ska även inom varje förvaltning finnas ett flertal personer som har gått en vidareutbildning, en så kallad egenkontrollutbildning. De har en djupare kunskap om systematiskt brandskyddsarbete och ska



Figur 4.6 – Oskyltad utrymningsväg i motionslokalen

exempelvis kunna fungera som brandskyddsansvariga på sin arbetsplats och utföra regelbundna kontroller av brandskyddet. För husets gemensamma byggnadstekniska brandskydd och samordningen av de enskilda förvaltningarnas brandskyddsarbete står ägaren Huga Fastigheter AB. (e-post, Hultman, P. och Wickenberg, J.)

Vid besöket observerades brister i det systematiska brandskyddsarbetet. På en förvaltning fanns en pärm för det systematiska brandskyddsarbetet som dock var eftersatt och inte uppdaterad på en längre tid. På de övriga avdelningarna fanns ingen tillgänglig dokumentation över det systematiska brandskyddsarbetet.

5 Scenarier

Följande scenarier valdes ut för att ge en heltäckande bild av tänkbara brandrisker i byggnaden. Dimensionerande scenarier har sedan valts för analys utifrån en avvägning mellan sannolikhet och konsekvens för att erhålla värsta troliga scenarier. Sannolikheten och konsekvensen bedöms som *låg*, *medel* eller *hög* utifrån valda parametrar. Då anlagd brand är den vanligaste kända brandorsaken inom Stockholms län och Huddinge kommun anses det kunna vara en trolig brandorsak i samtliga scenarier (Räddningstjänststatistik 1998-2006). Som tidigare nämnts finns dessutom socialförvaltningen i byggnaden och då denna förvaltning har haft en del incidenter bidrar även detta till att anlagd brand anses som en trolig brandorsak i samtliga scenarier. Vid bedömning av sannolikhet har statistik från *NFPA* (Flynn, J. 2007) och Räddningsverket använts i stor utsträckning. Konsekvensen har bedömts utifrån persontätheten och utrymningsmöjligheterna. Sannolikhet, konsekvens och vilka scenarier som analyseras vidare redovisas i Tabell 5.1.

5.1 Bastu i motionslokalen

Bastuaggregatet är en uppenbar värmekälla och sätts på utanför själva bastun. Något kvarglömt ovanpå aggregatet kan antända utan att det upptäcks. Då samtliga ytor i bastun består av träpanel kan branden tillväxa och brandgaser spridas till de angränsande omlädningsrummen.

Enlig statistik från Räddningsverket (Räddningstjänststatistik 1998-2006) har 250 bränder startat i bastuutrymmen under 2005-2006 i Sverige, varför sannolikheten anses vara *hög*. Konsekvensen för scenariot bedöms vara *hög* då planlösningen möjliggör att samtliga utrymningsvägar riskerar att blockeras.

5.2 Kök

Köksspisar och köksapparater som till exempel kaffekokare är vanliga startföremål vid brand (Flynn, J. 2007). Det händer att köksutrustning glöms på eller att den felar och orsakar brand. Sannolikheten bedöms vara *hög*. Väggen ovanför öppningen in till köket försenar rökspridning ut i korridoren vilket kan försena upptäckt. Konsekvensen bedöms som *medel* då persontätheten är måttlig och tillgången till utrymningsvägar är god. Se Figur 5.1 för bild på kök.



Figur 5.1 - Kök

5.3 Kontor

Kontoren har generellt hög brandbelastning då papper, datorutrustning och övrig kontorsmateriel ska få plats. Elfel eller levande ljus kan vara möjliga antändningskällor. Statistik visar att sannolikheten för brand i kontor kan bedömas som *medel* (Flynn, J. 2007). Konsekvensen anses vara *medel* på grund av måttlig persontäthet. Se Figur 5.2 för bild på kontor.



Figur 5.2 - Kontor

5.4 Förvaringsrum i huvudentrén

I anslutning till entrén används ett rum för upplag för kartong- och elektronikavfall samt skrivarpapper, se Figur 5.3. Sannolikheten för en brand i detta utrymme bedöms som *medel* utifrån statistik (Flynn, J. 2007). Konsekvensen av brand bedöms *hög*. I rummet finns mycket lättantändligt material och en brand skulle tillväxa snabbt. I angränsande utrymmen bedöms persontätheten som hög och människor med dålig lokalkännedom antas vistas där. Brandgaser kan spridas upp i atriet och huvudentrén riskerar att blockeras.



Figur 5.3 - Förvaringsrummet

5.5 Receptionen

I receptionen finns det elektronisk utrustning som kan orsaka brand. Elektronisk utrustning som startföremål är dock relativt ovanligt (Flynn, J. 2007) och sannolikheten anses därför vara *låg*. Obehindrad utveckling av branden skulle kunna medföra att brandgaser blockerar entrén varför konsekvensen bedöms vara *hög*. En brand skulle troligtvis upptäckas tidigt då lokalen är öppen och persontätheten hög. Se Figur 5.4 för bild över receptionen.



Figur 5.4 - Receptionen

5.6 Konferensrum på våning två

Det finns få troliga startföremål i ett konferensrum. Vid brand skulle brandgaserna kunna blockera trappan till entrén för personerna på våning två. Branden skulle upptäckas tidigt om konferensrummet används och om rummet inte nyttjas bedöms brand som osannolikt då antändningskällor som till exempel en overhead skulle vara avstängd. Sannolikheten anses vara *låg* men konsekvensen *hög*.

5.7 Korridor i motionslokalen

Det finns få antändningskällor och knappt något brännbart material i korridoren. Sannolikheten för brand är därför *låg*. En brand skulle däremot få konsekvensen att båda utrymningsvägarna blockeras varför konsekvensen bedöms som *hög*. Se Figur 4.6 för bild över korridor med oskyldad utrymningsväg i motionslokal.

5.8 Kontorskorridor

Det finns vanligtvis få tändkällor i korridorerna, men då det byggs, renoveras och ändras i byggnaden föreligger risk att exempelvis ett hantverksarbete eller bristfälligt installerad el orsakar brand. Sannolikheten för brand i korridorerna bedöms som *medel*. Konsekvensen om en brand skulle uppstå graderas till *medel*. Sannolikheten att branden upptäcks i ett tidigt skede är stor men om den

mot förmodan hinner växa till sig riskerar människor i kontoren intill att bli instängda. Detta scenario förväntas ge liknande brandförlopp som brand i kontor.

5.9 Trapphuset

Att en brand skulle uppstå i trapphuset bedöms osannolikt då det inte finns några uppenbara tändkällor. Om det skulle börja brinna har branden möjlighet att tillväxa då trappan är av trä och då det förvaras brännbara material i utrymmet. Korridoren på våning två skulle kunna påverkas av brandgaser men tillgången till utrymningsvägar är god. Sannolikheten för brand anses vara *låg* medan konsekvensen bedöms vara *medel*. Se Figur 5.5 för bild över trapphus.



Figur 5.5 - Trapphus

5.10 Motionshallen

Det finns få troliga antändningskällor, förutom eventuellt en musik-anläggning, och brandbelastningen är låg. Sannolikheten för brand är *låg* och konsekvensen är även denna *låg*. Detta eftersom motionshallen är enkelt överblickbar och man bör därmed snabbt kunna detektera branden.

5.11 Toalett

På toaletter finns det visserligen brännbart material i form av papper och papperskorgar men i övrigt är den mesta inredningen av porslin, kakel och metall. Sannolikheten att scenariot skulle inträffa är *låg*. Spridningsrisken är liten och därför är också konsekvensen *låg*.

5.12 Brand på två ställen

Den enda troliga orsaken till att brand uppstår på två ställen samtidigt är en anlagd brand, men sannolikheten för att någon anlägger bränder på två ställen samtidigt bedöms vara *låg*. En brand som denna skulle kunna innebära att flera utrymningsvägar blockeras och på så sätt stänga inne folk. Konsekvensen är därför *hög*.

5.13 Sammanställning av sannolikhet och konsekvens

Samtliga scenarier redovisas nedan i en sammanfattning över sannolikhet och konsekvens. De scenarier vars sannolikhet och konsekvens har störst påverkan på personsäkerheten analyseras vidare. I Tabell 5.1 redovisas en sammanställning.

Tabell 5.1 - Sammanfattning av brandscenarier med sannolikhet- och konsekvensbedömning

Brandscenario	Sannolikhet	Konsekvens	Vidare analys
Bastu	Hög	Hög	Ja
Kök	Hög	Medel	Ja
Kontor	Medel	Medel	Ja
Förvaringsrum	Medel	Hög	Ja
Reception	Låg	Hög	Nej
Konferensrum på våning två	Låg	Hög	Nej
Korridor i motionslokal	Låg	Hög	Nej
Kontorskorrridor	Medel	Medel	Nej
Trapphuset	Låg	Medel	Nej
Motionshallen	Låg	Låg	Nej
Toalett	Låg	Låg	Nej
Brand på två ställen	Låg	Hög	Nej

Några av de scenarier som inte valts ut har förutom en lägre sannolikhet eller konsekvens ansetts kunna ha ett liknande brandförlopp som något av de scenarier som studeras vidare. Exempelvis anses en brand i en kontorskorrridor kunna ge liknande konsekvenser som en kontorsbrand, och en brand i receptionen anses påverka samma utrymmen som en brand i förvaringsrummet. De valda scenarierna förväntas representera händelser i alla verksamheter som finns i byggnaden under både dag- och kvällstid.

6 Scenarieanalyser

De utvalda scenarierna analyseras med hjälp av datorsimuleringar och beräkningar eller som en diskuterande analys då beräkningar anses överflödiga. Vid utrymnings-simuleringar i Simulex tas ingen hänsyn till varseblivningstid. Detta för att larm saknas i byggnaden och varseblivningstiden blir svår att uppskatta. Istället jämförs tiden till kritiska förhållanden med tiden för beslut- och reaktion samt förflyttning för att få fram en kritisk varseblivningstid. Denna får inte överskridas för att utrymning ska kunna ske på ett säkert sätt.

Enligt en Kanadensisk undersökning om utrymning från kontor och småhus har personer som upptäcker brand genom rök, flamma eller värme en beslut- och reaktionstid på ungefär 50 s (Frantzich, H. 2000, s 37). Detta används i samtliga utrymnings-simuleringar då varseblivningen troligast kommer ske genom att en person upptäcker branden på grund av att larm saknas. En spridning på ± 10 s har använts för samtliga personer i samtliga utrymnings-simuleringar. Ett antagande som har gjorts i simuleringen i Simulex är att den person som visuellt detekterar branden varnar de andra personerna i brandcellen och därför kommer samtliga personer i brandcellen påbörja utrymning samtidigt. Detta för att dels kunna se var köer bildas då alla utrymmer samtidigt som om ett larm hade utlöst, och dels för att det är svårt att uppskatta fördröjningen till när en annan person kan tänkas upptäcka branden visuellt.

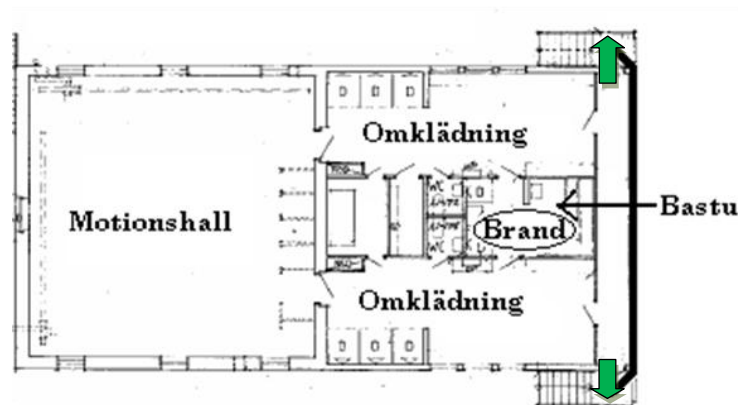
Den grupp av människor som användes i Simulex var *office staff*. Denna population representeras av 60 % män och 40 % kvinnor och passar bra in på personalsammansättningen i byggnaden. Denna population består enbart av vuxna och de har en gånghastighet som väljs av programmet.

I CFAST sektioneras de längre korridorerna upp för att ta hänsyn till begränsningar i rumsförhållanden och till viss del till transporttider.

Resultaten från både brand- och utrymnings-simuleringarna presenteras i 30 s intervall. Resultaten från simuleringarna ges från programmen i hela sekunder men då osäkerhetsfaktorerna är många har lämpliga avrundningar gjorts.

6.1 Bastu

Det första scenariot som valdes ut för vidare analys utgörs av en brand i bastun. Bastun är belägen i mitten av motionslokalen, mitt emellan herrarnas och damernas omklädningsrum. Omklädningsrummen förbinder motionshallen med en mindre korridor som har en dörr in till resten av byggnaden samt två dörrar till det fria. Planlösningen illustreras i Figur 6.1.



Figur 6.1 - Ritning över motionslokalen

Ett föremål på bastuaggregatet antas antändas då aggregatet sätts igång från bastuns utsida. Samtliga ytskikt i bastun kan delta i brandförloppet då de består av träpanel. Tillväxt av brand och brandgaser är möjlig då det finns flera dörrar som kan försena detektion.

Det finns två utrymningsvägar från motionslokalen. Dessa är lokaliserade i varsin ände av korridoren utanför omklädningsrummen. Utrymning från motionshallen sker via omklädningsrummen, ut i korridoren och till det fria. Utrymning via fönster i motionshallen anses inte vara möjlig då fönstren är små, ungefär 0,4 m², och högt placerade, ungefär 1,5 meter över golvet. Utrymningsvägarnas placering framgår av Figur 6.1.

Beräkningar för detta scenario anses överflödiga då slutsatser om lokalens utrymningssäkerhet kan dras utan några resultat från diverse simuleringar eller ekvationer.

6.1.1 Diskussion

Generellt gäller att båda utrymningsvägarna löper hög risk att blockeras vid händelse av brand i motionslokalen, oavsett startutrymme. Problemet orsakas av att utrymningsvägarna är belägna i samma del av motionslokalen med en gemensam korridor varav endast den ena dörren är skyltad som utrymningsväg. Problemet förvärras av att omklädningsrummen, som utgör väg till utrymningsväg, står i förbindelse med varandra. Brand vid ena utrymningsvägen påverkar ofrånkomligen även den andra.

Utrymning via fönster anses som en olämplig lösning för samtliga personer som nyttjar lokalen, speciellt då den även används äldre personer.

Med hänsyn till de äldre personer som nyttjar motionslokalen så bedöms utrymning via fönster som en olämplig lösning.

Då ingen information finns om var detektorer kopplade till det automatiska brand- och utrymningslarmet är placerade kan det inte garanteras att detta hinner aktiveras innan brandgasspridning har skett och människor hindras att utrymma.

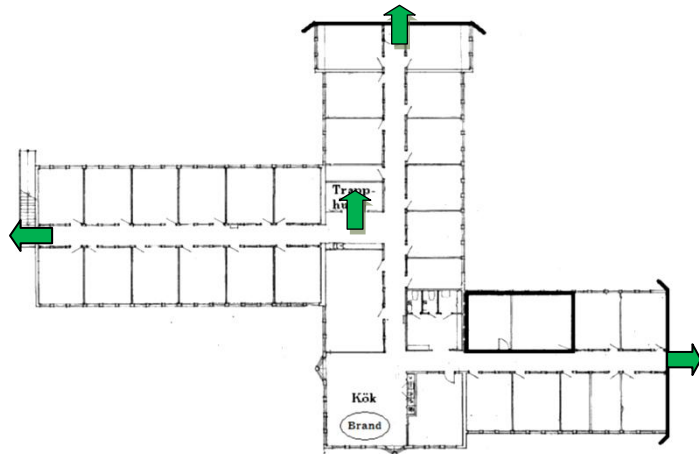
6.1.2 Slutsats

Utrymningsvägarnas placering och motionslokalens planlösning gör att utrymningsvägarna inte kan anses vara oberoende av varandra. Då rök kan spridas mellan omklädningsrummen kan detta medföra att båda utrymningsvägarna påverkas och utrymning försvåras eller förhindras. För att möjliggöra säker utrymning krävs nya utrymningslösningar.

Utrymningssäkerheten är i dagsläget inte acceptabel.

6.2 Kök på andra våningen

Scenariot äger rum i köket i den vänstra korridoren på våning två. I rummet finns ett fullt utrustat kök, tre matbordsgrupper, en soffgrupp utgörandes av soffa, fåtölj och soffbord samt en bokhylla fylld med pärmar. Branden antas starta vid spisen varefter den sprids till överskåpen. Brandgasspridning sker från brandrummet och vidare ut i de närliggande korridorerna och kontoren.



Figur 6.2 - Ritning över korridorerna på våning två där scenariot med brand i kök utspelar sig

Köket är ungefär 4,3x4 m² stort och 2,5 m högt i tak. Det finns flera fönster i rummet.

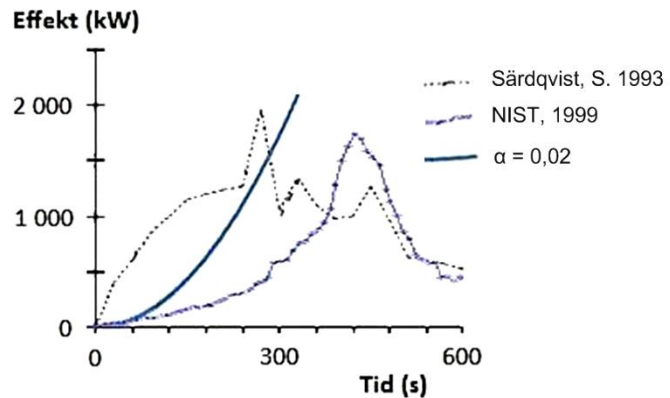
För ritning se Figur 6.2.

6.2.1 Effektutvecklingskurva

Vid val av effektutvecklingskurva har försöksresultat från en garderob av spånskivematerial (NIST, 1999) och en träbyrå (Särdqvist, S. 1993) använts. Utifrån effektutvecklingskurvor från försöken approximeras α -värdet till 0,02 kW/s².

Detta är något högre än schablonvärdet *medium*, se Tabell 2.1, som rekommenderas för bostäder (Karlsson, B. och Quintiere, J.G. 2000, s 43) där kök bedöms ingå. Se Figur 6.3 för jämförelse mellan försöksresultaten och den använda tillväxthastigheten.

Den maximala effektutvecklingen uppgår enligt försöken till omkring 2 000 kW för respektive material. För simuleringen valdes ett maxvärde på 2 500 kW. För att



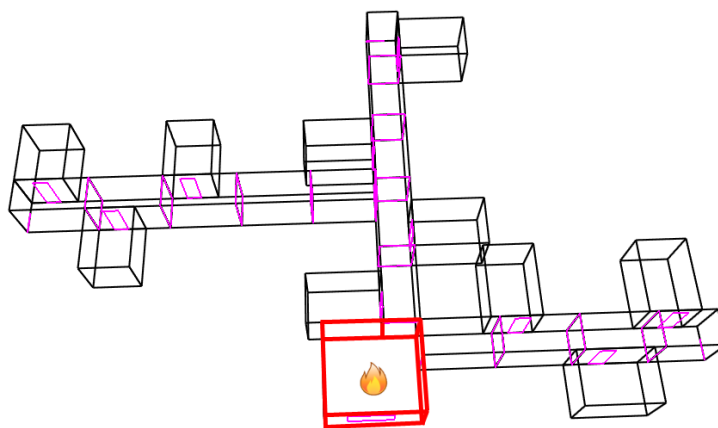
Figur 6.3 - Jämförelse av försöksresultat och använd tillväxthastighet.

avgöra om branden blir ventilationskontrollerad görs handberäkningar, se Bilaga F. I detta scenario blir branden inte ventilationskontrollerad. Då maxeffekten inte uppnås förrän vid cirka 6 min, då utrymning av brandcellen bör vara avslutad, antas den inte ha någon inverkan på resultaten.

Materialen som användes i försöken, som α -värdet är framtaget utifrån, anses vara likvärdiga de material som deltar i branden. I köket antas köksskåpen ovanför diskbänken vara det som brinner och stora likheter finns mellan garderob, träbyrå och köksskåp med avseende på konstruktion och material. Då både en garderob och en träbyrå är större än ett köksskåp anses maxeffekten från garderoben och träbyrån överensstämma med brandförloppet då flera köksskåp är involverade i branden.

6.2.2 Brandsimulering

Vid simulering i CFAST delades korridoren upp i sektioner för att ta hänsyn till transporttid av brandgaser och begränsningar gällande rumsgeometri. Vissa kontorsdörrar antas stå öppna och dessa har inkluderats i modellen. I köket finns fönster som antas spricka då temperaturen i rummet uppnår 300°C, detta sker vid 240 s. Det har även lagts in 2 cm höga springor i nederkant av dörrar mot angränsande brandceller och mot det fria för att simulera läckor i fasaden. Det material som antas brinna är trä och schablonvärden för detta har använts i simuleringen. Se Figur 6.4 för översikt av rumsgeometrin. Indata från CFAST finns i Bilaga A.



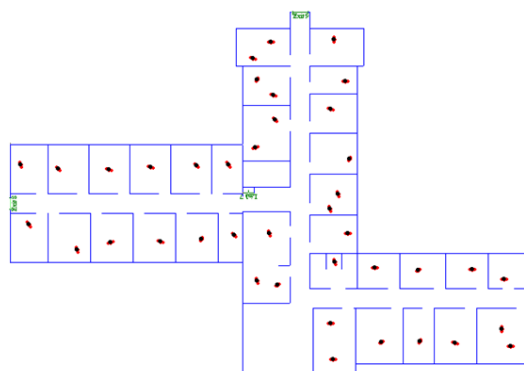
Figur 6.4 - Rumsgeometri i CFAST

De personer som vistas i den berörda delen av byggnaden bedöms arbeta där och antas ha god lokalkännedom. Det kritiska förhållandet för siktbarhet sätts därför till 5 m (BBR 5:361, 2008). Brandgaslagrets kritiska höjd är 1,85 m.

6.2.3 Utrymningssimulering

Totalt befinner sig 40 personer i kontoren under simuleringen, vilket bedöms vara rimligt för en arbetsdag då samtliga anställda är på plats samt några besökare. Det anses som osannolikt att det skulle vistas fler personer på avdelningen då kontoren är avsedda för en person och bara de anställda med eventuellt ett fåtal besökare befinner sig i utrymna.

Det enda som beaktas i utrymningssimuleringen är beslut- och reaktionstiden samt förflyttningstiden. För uppställning i Simulex, se Figur 6.5.



Figur 6.5 - Startupställning i Simulex

6.2.4 Resultat

Redan efter 30 s har brandgaslagrets höjd nått kritiska nivåer i korridoren utanför brandrummet, men varken sikten eller temperaturen i det övre lagret är kritiskt vid detta tillfälle. Detta inträffar först efter 1 min och 30 s i samma utrymme. Kritiska förhållanden inträffar sedan efterhand i korridorerna i brandcellen men tiden är tagen från den plats där det först inträffar, på detta sätt erhålls ett konservativt värde.

Temperaturen i det undre lagret och toxiska förhållanden uppnådde aldrig de värden som betraktas som kritiska. För fler värden på de olika parametrarna och de olika delarna i brandcellen hänvisas till Tabell B.1 i Bilaga B.

Resultaten från utrymningssimuleringen visar att beslut- och reaktionstiden samt förflyttningstiden uppgår till 1 min, vilket innebär att förflyttningstiden endast uppgår till ungefär 10 s. Detta var den tid det tog för de personer som har längst till en utrymningsväg att utrymma.

6.2.5 Verifiering av resultat

För att verifiera om resultaten från brandsimuleringen är rimliga har handberäkningar genomförts för att jämföra de uppnådda resultaten med teoretiska värden. Beräkningarna återfinns i Bilaga F.

Handberäkningarna visar att temperaturen i det övre brandgaslagret överensstämmer med en beräknad temperatur under de inledande 3 min av brandförloppet. Efter detta skiljer sig resultaten åt men då tiden till kritiska förhållanden redan uppstått vid denna tidpunkt anses inte skillnaderna efter detta påverka utvärderingen av personsäkerheten. Detta gör att antagandet om att resultaten från brandsimuleringen antas vara representativa för scenariot och värdena används i utvärderingen om personsäkerheten.

6.2.6 Känslighetsanalys

För detta scenario görs känslighetsanalys för ökad tillväxthastighet samt då färre kontor har öppna dörrar. Dessa parametrar analyseras då tillväxthastigheten förväntas minska tiden till kritiska förhållanden och information önskas om hur mycket de stängda respektive öppna dörrarna påverkar tiden till kritiska förhållanden.

Ytterligare känslighetsanalyser kan genomföras på parametrar, som till exempel då fler personer befinner sig i brandcellen, för att undersöka om utrymningen tar längre tid på grund av ökad köbildning, eller på beslut- och reaktionstiden för att undersöka hur mycket utrymningstiden ökar. Dessa har dock inte gjorts då antalet personer i brandcellen i scenariot anses vara den maximala realistiska mängd som befinner sig där. Då beslut- och reaktionstiden är samma för samtliga i brandcellen kommer inte en ökning av denna påverka utrymningen mer än att den tar lika mycket längre tid som beslut- och reaktionstiden ökas med.

6.2.6.1 Tillväxthastighet

Vid en ökning av α -värdet från 0,02 till 0,047 kW/s², som är tillväxthastighet *fast*, se Tabell 2.1, förkortades tiden till dess att kritiska förhållanden uppstod med 30 s. För fullständiga resultat hänvisas till Tabell B.2 i Bilaga B.

6.2.6.2 Stängda kontorsdörrar

I stället för att tio kontor har öppna dörrar antas bara fyra ha öppna dörrar, i övrigt används samma ingångsvärden. Tiden till kritiska förhållanden är ungefär den samma. Ingen entydig försämring, eller förbättring, kunde ses. Resultaten för känslighetsanalysen återfinns i Tabell B.3 i Bilaga B.

6.2.7 Diskussion

I brandsimuleringen har det antagits att brandgaser inte sprids mellan olika brandceller. Detta förutsätter att brandcellernas integritet upprätthålls. På flera håll uppmärksammades dock brister i brandcellsgränserna under objektsbesöket vilket medför att det i verkligheten kan komma att spridas brandgaser mellan brandcellerna.

Resultaten i brandsimuleringen visar att kritiska förhållanden uppstår snabbt efter att antändning har skett, men man ska ha i beaktande att simuleringen inte tar hänsyn till tiden från antändning till

dess att flammor uppstår. En begränsning med programmet är även att det inte tar hänsyn till transporttiderna av brandgaserna, korridorerna sektionerades upp för att ta hänsyn till rumsförhållandena och för att inte hela korridoren skulle rökfyllas samtidigt. En annan begränsning är att CFAST räknar med tvåzonsmodellen och på grund av temperaturförlusterna hos brandgaserna då dessa sprids längre och längre bort från brandrummet är det osäkert om tvåzonsmodellen verkligen är giltig i slutet på korridorerna. I praktiken kanske det är ett omblandat fall vilket medför att sikt-förhållandena istället måste beräknas på hela korridorsvolymen.

I utrymningssimuleringen uppstod inga köer eller proppar i utrymningsvägarna vilket tyder på att förflyttningssdelen av utrymningen kan ske obehindrat.

De handberäkningar som genomförts för att verifiera resultaten från brandsimuleringen visar att temperaturen i det övre brandgaslagret är liknande de resultat som erhöles från brandsimuleringen under de första 3 min. Vid denna tidpunkt spricker fönstret i köket och därmed ökar den totala öppningsarean till brandrummet. Förmodligen kan beräkningen i CFAST erhålla större temperaturskillnader vid förändringar av olika parametrar jämfört med den ekvation som användes i handberäkningen. Innan 3 min har passerat har dock kritiska förhållanden redan inträffat vilket medför att den ökade skillnaden mellan den beräknade temperaturen och den som erhöles från brandsimuleringen inte har någon betydelse för analysen av utrymningssäkerheten.

Känslighetsanalysen av tillväxthastigheten påvisar som förväntat en förkortad tid till kritiska förhållanden vid ökat α -värde. Därigenom påverkas utrymningssituationen negativt och den tillgängliga tiden för utrymning blir kortare. Detta är inget orimligt scenario då en soffa kan brinna med tillväxthastigheten *fast*. Det är därför av största vikt att utrymning ska kunna inledas och genomföras snabbt.

Det är svårt att förutsäga hur många dörrar till intilliggande kontor som är öppna eller stängda. Känslighetsanalysen visar inte någon entydig förändring av tiden till kritiska förhållanden då fler dörrar är stängda. En klar försämring förväntades men exempelvis har sikten förbättrats på vissa platser i brandcellen. Detta skulle kunna bero på vilka dörrar som öppnas. En öppen dörrs placering kan förbättra förhållandena på en plats och samtidigt försämma dem på en annan. Då resultaten inte påvisar någon entydig förändring är det svårt att dra några slutsatser om hur de påverkar utrymningssituationen.

6.2.8 Slutsats

Tiden till kritiska förhållanden är 1 min och 30 s. Beslut- och reaktionstid samt förflyttningstid uppgår till totalt 1 min. Ur sambandet:

$$t_{\text{kritisk}} > t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{beslut \& reaktion}} + t_{\text{förflyttning}}$$

fås den kritiska varseblivningstiden 30 s, som inte får överstigas för att säker utrymning ska kunna ske. I praktiken kan det skilja mellan var i brandcellen personen befinner sig, men detta värde är det kritiska för att de som först drabbas av kritiska förhållanden ska hinna utrymma. I nuläget finns dock inget brand- och utrymningslarm varför varseblivningstiden inte kan säkerställas, vilket medför att risken är stor för att det kritiska värdet överskrids.

Utrymningssäkerheten är i dagsläget därför inte acceptabel.

6.3 Kontor

Scenariot utgörs av brand i ett kontor på första våningen. Kontoret innehåller ett skrivbord med dator och bokhylla där pärmar och papper förvaras. Antändningskällan antas vara ett kvarglömt stearinljus som antänder papper på skrivbordet. Kontoret ligger på vänster sida i den högra korridoren. Brandgaserna kan spridas ut i korridoren och sedan vidare till angränsande kontor. För ritning över korridoren, se Figur 6.6.

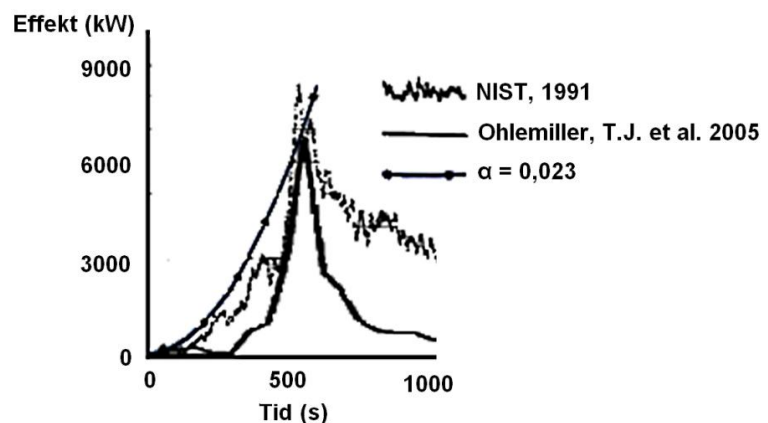
Rummets dimensioner är $3 \times 2,5 \text{ m}^2$ stort och 2,5 m högt i tak. Ett stort fönster finns i kontoret med utsikt över innergården.

En kontorsbrand som denna skulle förmodligen utvecklas på samma sätt oavsett startutrymmets placering i byggnaden.

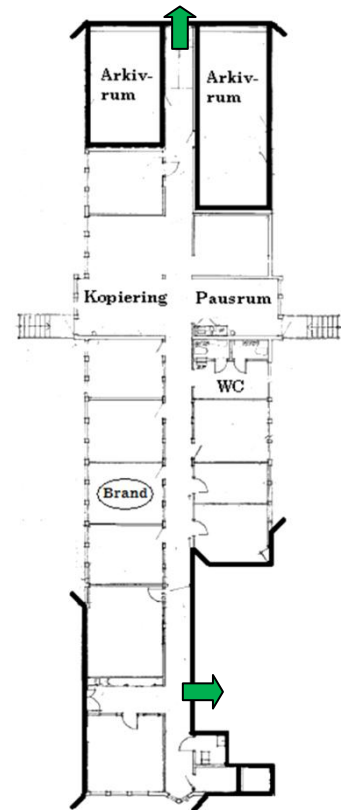
6.3.1 Effektutvecklingskurva

För att bestämma brandens tillväxthastighet och maximala effektutveckling användes experimentella data från ett försök utfört av NIST (NIST, 1991) och försök gjorda i samband med utredningen av World Trade Center-katastrofen (Ohlemiller, T.J. et al. 2005). Inredningarna från de båda försöken är likvärdiga med inredningen i kontoren på Tekniska nämndhuset. Försöken jämfördes med avseende på effektutveckling och tillväxthastighet. Utifrån försöken togs ett approximativt värde på tillväxthastigheten fram, α -värdet sattes till $0,023 \text{ kW/s}^2$. Figur 6.7 visar effektutvecklingskurvorna från de båda försöken samt det använda α -värdet. Detta är något lägre än schablonvärdet *fast*, se Tabell 2.1, som rekommenderas för kontor (Karlsson, B. & Quintiere, J.G. 2000, s 43).

Den maximala effektutvecklingen uppgår enligt försöken till ca 6 500 kW och 8 500 kW. Båda dessa försök är dock fritt brinnande och för att få fram den maximala effektutvecklingen för scenariot beräknades syretillförseln, beräkningsgången återfinns i Bilaga F. Den maximala effektutvecklingen blev då 2 500 kW för simuleringen. Maxeffekten uppnås inte förrän efter cirka 5 min, då utrymning av brandcellen bör vara avslutad och antas inte ha någon inverkan på resultaten.



Figur 6.7 - Effektutvecklingskurva från försök, samt en uppskattad α -kurva

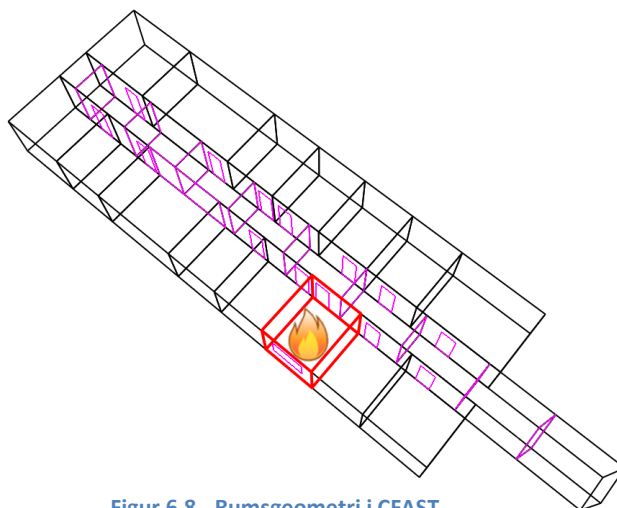


Figur 6.6 - Ritning över korridoren där scenariot med brand i kontor utspelar sig

6.3.2 Brandsimulering

Vid simulering i CFAST delades korridoren upp i sektioner för att ta hänsyn till transporttiden av brandgaserna och begränsningarna. En översiktsbild över brandrummet och korridoren med angränsande kontor återfinns i Figur 6.8. Indata till simuleringen finns i Bilaga A.

Personerna i brandcellen förväntas ha god lokalkännedom och det kritiska förhållandet för siktbarhet sätts därför till 5 m (BBR 5:361, 2008). Brandgaslagrets kritiska höjd är 1,85 m. Fönstret i brandrummet antas spricka när temperaturen i rummet uppgår till 300°C, detta sker vid 100 s. Dörren ut till korridoren förväntas vara öppen under hela brandscenariot. För att göra simuleringen mer realistisk antas även några dörrar till kontor vara öppna.



Figur 6.8 - Rumsgeometri i CFAST

6.3.3 Utrymningssimulering

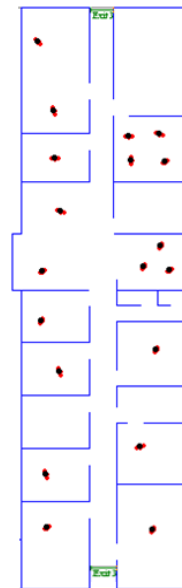
Vid simuleringen befinner det sig drygt en person per kontor, ingen i brandrummet, samt några fler i pausrummet. Det totala antalet personer i brandcellen bestäms till 19 personer. Se Figur 6.9 för uppställningen i Simulex.

Korridoren och kontoren beräknas i detta fall bara inrymma anställda med god lokalkännedom. Utrymning sker till angränsande brandcell genom båda ändarna av korridoren och utrymningsväg väljs så att personer inte passerar brandrummet.

6.3.4 Resultat

Redan efter 1 min har sikten i det övre lagret nått kritiska nivåer i korridoren utanför brandrummet, men brandgaslagrets höjd har inte nått en kritisk nivå vid detta tillfälle. Efter 2 min inträffar kritiska förhållanden gällande både brandgaslagrets höjd och sikten i korridoren mot entrén. Kritiska förhållanden uppstår sedan ungefär samtidigt i hela korridoren, men den angivna tiden till kritiska förhållanden är tagen från den plats där det först inträffar.

Temperaturen i det undre lagret, strålningspåverkan och toxiska förhållanden uppnår aldrig de värden som betraktas som kritiska. Resultaten från simuleringen presenteras utförligt i Tabell C.1 Bilaga C.



Figur 6.9 - Startuppställning i Simulex

Resultaten från utrymningssimuleringen visar att beslut- och reaktionstiden samt förflyttningstiden uppgår till 1 min, vilket innebär att förflyttningstiden endast uppgår till ungefär 10 s. Detta värde är för de personer som har längst till en utrymningsväg.

6.3.5 Verifiering av resultat

För att verifiera om resultaten från brandsimuleringen är rimliga har handberäkningar genomförts för att jämföra de uppnådda resultaten med teoretiska värden. Beräkningarna återfinns i Bilaga F.

Handberäkningarna visar att sikten i det övre brandgaslagret i korridoren utanför brandrummet ska nå kritisk värde, 5 m, efter ungefär 1 min. Resultaten från beräkningarna överensstämmer med resultaten från brandscenariot som anger att kritiska förhållanden angående sikten i det övre lagret inträffar efter 1 min. Detta gör att antagande om att resultaten från brandsimuleringen antas vara representativa för scenariot och värdena används i utvärderingen om personsäkerheten.

6.3.6 Känslighetsanalys

I detta scenario undersöks hur mycket tillväxthastigheten påverkar tiden till kritiska förhållanden och hur förflyttningstiden förändras då bara en utrymningsväg används. Dessa parametrar analyseras då tillväxthastigheten förväntas minska tiden till kritiska förhållanden och information önskas om hur mycket endast en tillgänglig utrymningsväg påverkar köbildning och förflyttningstid.

Ytterligare känslighetsanalyser kan genomföras för till exempel då fler eller färre dörrar till angränsande kontor står öppna för att se hur detta påverkar tiden till kritiska förhållanden och hur personantalet i brandcellen påverkar utrymningen. Dessa genomförs inte då det inte anses troligt att personantalet kan öka, och en minskning av personantalet inte anses kunna förvärra utrymningen och därför inte är relevant. Den påverkan antalet öppna dörrar har på tiden till kritiska förhållanden undersöks inte då resultaten på känslighetsanalysen från kökscenariot anses representativ även för detta scenario.

6.3.6.1 Tillväxthastighet

Tillväxthastigheten, α , ökas från 0,023 till 0,047 kW/s², *fast*. Simuleringen visar att tiden till kritiska förhållanden minskar med 30 s. För fullständiga resultat se Tabell C.2 i Bilaga C.

6.3.6.2 Blockerad utrymningsväg

En känslighetsanalys gjordes även då alla utrymde genom samma utrymningsväg, mot entrén. Detta för att undersöka om utrymning av hela korridoren är möjlig genom bara en utrymningsväg och hur stora skillnader som uppstod. I övrigt var uppställningen den samma. Simuleringen visar att den totala tiden ökades med maximalt 30 s jämfört med tidigare utrymningssimulering.

6.3.7 Diskussion

I stort liknar scenariot det föregående och de diskussioner som förs om utrymning, tid från antändning till kritiska förhållanden, brandcellsgränsernas integritet är tillämpbara även för detta scenario.

I brandsimuleringarna har en del anmärkningsvärda resultat erhållits. Bland annat sjunker brandgaslagret snabbare längre bort i korridoren än vad det gör precis utanför brandrummet. Det kan bero på att mer luft blandas in under transporten genom korridoren vilket medför att brandgasvolymen ökar och dess temperatur sjunker. Det framgår som att brandgaslagret sjunker fortare, egentligen handlar det om ett väl omblandat tillstånd.

I utrymningssimuleringen uppstår inga proppar och förflyttningstiden är kort. Detta är att förvänta då geometrin är enkel, persontätheten är låg och brandrummet ligger i mitten av korridoren vilket gör att båda utrymningsvägarna är tillgängliga.

De handberäkningar som genomförts för att verifiera resultaten från brandsimuleringen visar att sikten i det övre brandgaslagret i korridoren utanför brandrummet blir kritisk efter 1 min. Detta är samma tid som erhållits från brandsimuleringen. Höjden på brandgaslagret och därmed den volym

som siktförhållandet beräknats på, är dock taget från CFAST vid 1 min. Dock har värdet om rökpotentialen erhållits från andra källor. Det som sikten främst beräknas utifrån är rökpotentialen som avgör hur mycket ett material sotar, och därför anses det framräknade värdet ändå giltigt.

Känslighetsanalysen visar inga dramatiska förändringar i tid till kritiska förhållanden då brandens tillväxthastighet ökas. Då endast en utrymningsväg användes i känslighetsanalysens utrymnings-simulering ökades den totala tiden med 30 s. Detta troligen för att längden till närmaste utrymningsväg ökades. Inga proppar bildades trots att bara en utrymningsväg användes, vilket tyder på att tillgången till utrymningsvägar är tillräcklig för antalet människor som antas vistas där även då en är blockerad.

6.3.8 Slutsats

Tiden till kritiska förhållanden är 2 min. Beslut- och reaktionstid samt förflyttningstid uppgår till totalt 1 min. Ur sambandet

$$t_{\text{kritisk}} > t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{beslut \& reaktion}} + t_{\text{förflyttning}}$$

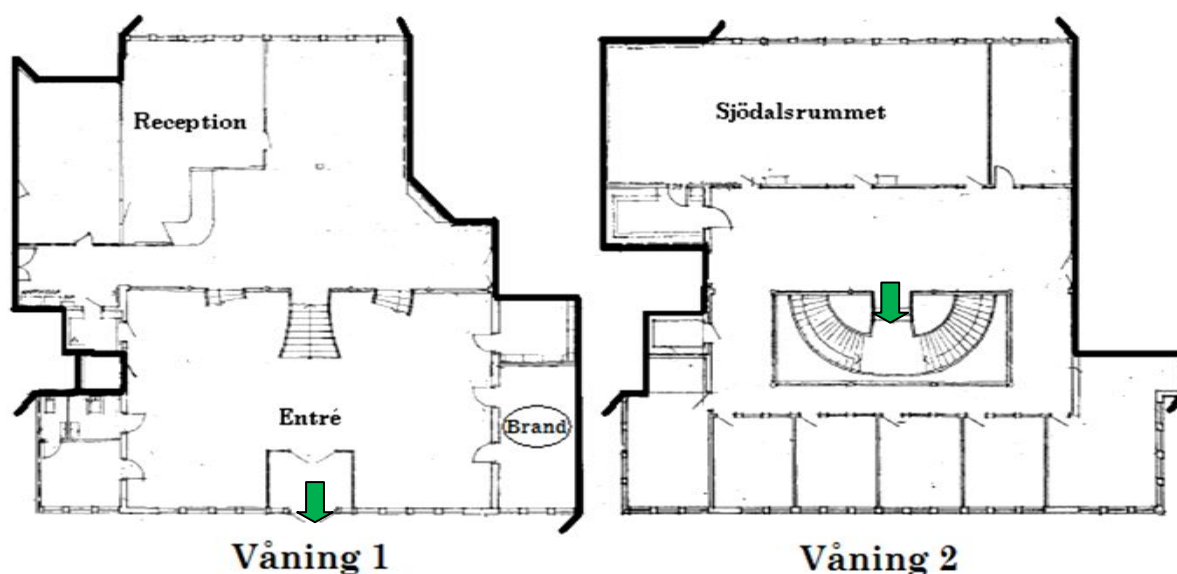
fås den kritiska varseblivningstiden 1 min, som inte får överstigas för att säker utrymning ska kunna ske. Detta värde kan i praktiken skilja mellan var i brandcellen personen befinner sig, men detta värde är det kritiska för att de som först drabbas av kritiska förhållanden ska hinna utrymma. I nuläget finns dock inget brand- och utrymningslarm varför varseblivningstiden inte kan säkerställas, vilket medför att risken är stor för att det kritiska värdet överskrids.

Utrymningssäkerheten är i dagsläget därför inte acceptabel.

6.4 Förvaringsrum

Följande scenario äger rum i förvaringsrummet vid entrén. Förvaringsrummet är 2,4x3,8 m² stort och 2,5 m högt i tak med tre fönster. Här förvaras papper, kartong och elektronikavfall. Rummet är ingen egen brandcell vilket innebär att brandgaserna sprider sig till närliggande utrymmen. I scenariot antas brandorsaken vara anlagd brand. För ritning över våningarna se Figur 6.10.

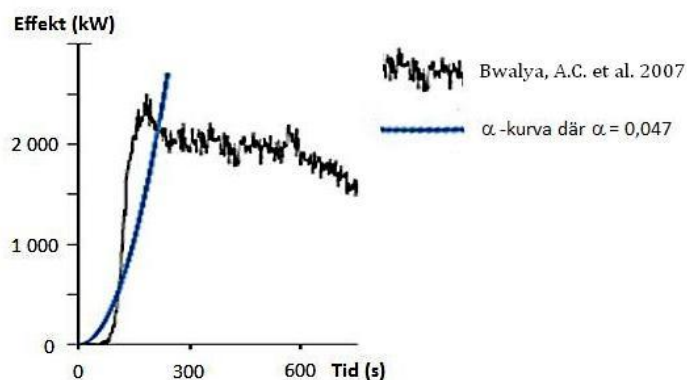
Entrén bedöms som den viktigaste utrymningsvägen för byggnaden vilket medför att en blockering kan få stora konsekvenser. De personer som antas vistas i väntrummet, i grupprummen och i konferensrummet på våning två antas dessutom vara personer som inte arbetar i huset. Dessa har dålig lokalkännedom och ingen möjlighet att låsa upp dörrarna till de angränsande korridorerna. Gränsen för siktförhållanden sätts därför till 10 m i dessa utrymmen på grund av dålig lokalkännedom (BBR 5:361, 2008).



Figur 6.10 - Ritning över våning ett och två, på våning ett finns rummet där scenariot med brand i förvaringsrum utspelar sig

6.4.1 Effektutvecklingskurva

Valet av effektkurva utgick från ett försök i ett förrådsutrymme, innehållande papper, trä och plast, hämtat från *Design Fires for Commercial Premises – Results of Phase 2* (Bwalya, A.C. et al. 2007). Mängden brännbart material är visserligen större i det utrymme där scenariot äger rum jämfört med försöket, men bara omkring hälften av detta bedöms delta i branden initialt. Det approximativa inflödet av syre kontrollerades och ventilationskontrollerad brand kunde uteslutas. Beräkningsgången återfinns i Bilaga F.

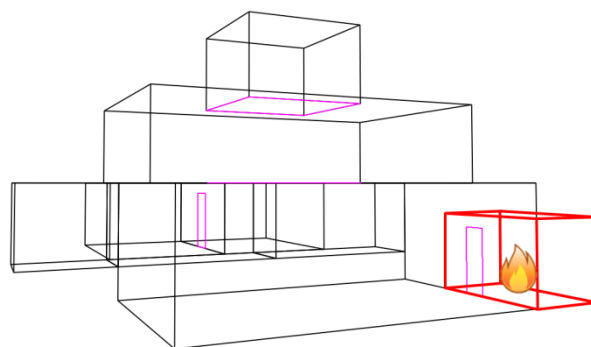


Figur 6.11 - Effektutvecklingskurva från försök, samt en uppskattad α -kurva

Utifrån försöket approximerades ett α -värde *fast*, $0,047 \text{ kW/s}^2$. Se Figur 6.11 för jämförelse med uppmätt effektutveckling. Branden antar konstant effektutveckling vid $2\,500 \text{ kW}$, detta värde är det samma som maxeffekten som uppnåddes i försöket. Då maxeffekten inte uppnås förrän vid cirka 4 min, då utrymning av brandcellen bör vara avslutad, antas den inte ha någon inverkan på resultaten.

6.4.2 Brandsimulering

Simuleringen gjordes för entrén, med reception och väntrum, samt den ovanpåliggande våningen som tillsammans utgör en sammanhängande brandcell. Det antas att dörrarna in till konferens- och sammanträdesrummen på våning två är stängda. Dörren in till förvaringsrummet antas vara öppen, med öppningsfaktorn 0,7. Fönstren bedöms spricka då temperaturen uppgår till 300°C , vilket sker efter 100 s. Det har även lagts in 2 cm höga springor i golvnivå för att simulera läckor i fasaden. För skiss se Figur 6.12. Indata från CFAST finns i Bilaga A.



Figur 6.12 – Rumsgeometri i CFAST

6.4.3 Utrymningssimulering

I simuleringen befann sig 11 personer på våning ett. Antalet personer är en uppskattning utifrån hur många som jobbar i receptionen och antalet besökare som kan tänkas befinna sig i vänthörnan. För uppställningen i Simulex, se Figur 6.13.

I det stora konferensrummet på våning två antas 30 personer befinna sig, i de mindre grupprummen cirka 5 personer per rum och totalt på hela våning två 80 personer. Detta är en uppskattning utifrån hur många sittplatser det fanns i rummen vid objektsbesöket. Figur 6.14 visar startuppställningen i Simulex på våning två.

För personer som befinner sig i dessa utrymmen finns bara en utrymningsväg, genom entrén. För att kunna utrymma genom närliggande korridorer måste man ha nyckel, vilket det antas att dessa personer inte har.

6.4.4 Resultat

Redan efter 1 min har brandgaslagrets höjd nått kritiska nivåer på våning ett, men varken sikten eller temperaturen i det övre lagret är kritiskt vid detta tillfälle. Efter 2 min uppstår kritiska förhållanden gällande både brandgaslagrets höjd och sikten i entrén, strax därefter i väntrummet och ytterligare en kort tid senare på våning två. Tiden till kritiska förhållanden i entrén är dimensionerande, detta för att alla måste utrymma genom entrén vilket förhindras om kritiska förhållanden uppstått där.

Temperaturen i det undre lagret, strålningspåverkan och toxiska förhållanden uppnådde aldrig de värden som betraktas som kritiska. För fler värden på de olika parametrarna och de olika delarna i brandcellen se Tabell D.1 i Bilaga D.

Resultatet från utrymningssimuleringen ger en beslut- och reaktionstid samt förflyttningstid på 1 min från våning ett och 2 min och 30 s från våning två. Figur 6.15 och Figur 6.16 visar bilder över utrymningsituationen på våning två vid valda tidpunkter. På våning ett uppstod ingen köbildning varför bilder över detta inte anses intressant.

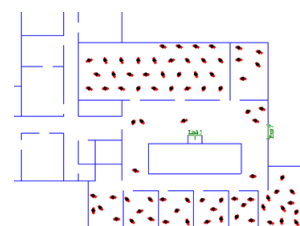
6.4.5 Känslighetsanalys

I detta scenario undersöks hur mycket tillväxthastigheten påverkar tiden till kritiska förhållanden och hur utrymningsförloppet förändras då persontätheten ökas. Dessa parametrar analyseras då tillväxthastigheten förväntas minska tiden till kritiska förhållanden och information önskas om hur mycket en ökad persontäthet påverkar utrymningen.

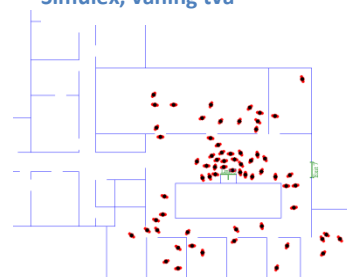
Ytterligare känslighetsanalyser kan genomföras på till exempel öppningsfaktorn på dörren till förvaringsrummet för att undersöka tiden till kritiska förhållanden. Detta har inte gjorts då en ökning av



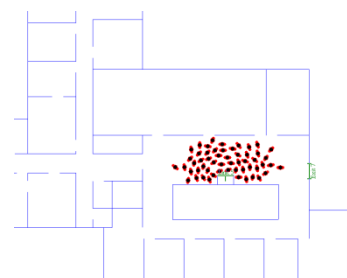
Figur 6.13 - Startuppställning i Simulex, våning ett



Figur 6.14 - Startuppställning i Simulex, våning två



Figur 6.15 - Bild över utrymningen på våning två 1 min in i förloppet



Figur 6.16 - Bild över utrymningen på våning två 1 min och 15 s in i förloppet

tillväxthastigheten förväntas ha större inverkan och är därmed mer intressant ur personsäkerhets-synpunkt.

6.4.5.1 Tillväxthastighet

Vid känslighetsanalys av tillväxthastigheten valdes det att brandens effektutveckling antog en tillväxthastighet som motsvarar α -värdet *ultra fast*, istället för *fast* som användes vid tidigare simulering, i övrigt var indata identiska. Resultaten från känslighetsanalysen visar att kritiska förhållanden inträffar 1 min tidigare än den ursprungliga simuleringen. För fullständiga resultat hänvisas till Tabell D.2 i Bilaga D.

6.4.5.2 Ökad persontäthet

Känslighetsanalys görs även då persontätheten ökas till 100 personer på våning ett och 100 personer på våning två. I övrigt användes samma beslut- och reaktionstid, 50 s, som tidigare. Resultatet visar att den totala tiden uppgår till 3 min och 30 s, vilket är en ökning med cirka 1 min.

6.4.6 Diskussion

De diskussioner som tidigare förts om utrymning, tid från antändning till kritiska förhållanden, brandcellsgränsernas integritet är tillämpbara även för detta scenario.

Vid utrymning måste huvudentrén användas och vid en brand i förvaringsrummet finns risk att just denna utrymningsväg blockeras. Blockeras den återstår ingen utrymningsväg. Simuleringarna för scenariot i förvaringsrummet tyder dessutom på att den befintliga utrymningsvägen är otillräcklig, detta oavsett varseblivningstid. Problemet grundar sig i att tillträdet till flera angränsande brandceller är begränsat genom passersystemet. En lösning behöver utformas så att personerna kan utrymma via fler utrymningsvägar än huvudentrén.

Känslighetsanalysen visar att en ökning av tillväxthastigheten ger en förkortad tid till kritiska förhållanden, det inträffar cirka 1 min tidigare. Då slutsatsen från det ursprungliga scenariot visar att utrymningen är problematisk blir den än värre då tillväxthastigheten ökas. Åtgärderna behöver inte dimensioneras utifrån resultaten från känslighetsanalysen, men bör tas i beaktande.

Då persontätheten ökas från totalt 90 personer till 200 personer ökas beslut- och reaktionstiden, samt förflyttningstiden med cirka 1 min. Skillnaderna i resultaten är förvånansvärt små. Trots att persontätheten har ökats avsevärt ökas inte förflyttningstiden särskilt mycket. Förmodligen beror detta på att det i den ursprungliga simuleringen befann sig 80 personer på våning två och 10 på våning ett, alltså har den större ökningen skett på våning ett. Personerna på våning ett har kort avstånd till utrymningsväg och har mer eller mindre hunnit utrymma innan personerna från våning två gått ner för trappan. Då avstånd till utrymningsväg inte har ändrats beror ökningen av den totala tiden främst på att det överallt uppstod större proppar än i den ursprungliga simuleringen.

Verifiering av resultaten med hjälp av handberäkningar kunde inte genomföras i detta scenario på grund av komplex rumsuppbyggnad. Även om beräkningar inte genomförs bedöms resultaten ändå vara rimliga då de inte skiljer sig speciellt mycket från de andra scenarierna.

6.4.7 Slutsats

Tiden till kritiska förhållanden är 2 min. Beslut- och reaktionstid samt förflyttningstid uppgår till totalt 1 min på våning ett och 2 min 30 s på våning två. Ur sambandet

$$t_{\text{kritisk}} > t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{beslut \& reaktion}} + t_{\text{förflyttning}}$$

fås den kritiska varseblivningstiden 1 min för våning ett, som inte får överstigas för att säker utrymning ska kunna ske. Detta värde kan i praktiken skilja mellan var i brandcellen personen befinner sig, men detta värde är det kritiska för att de som först drabbas av kritiska förhållanden ska hinna utrymma. I nuläget finns dock inget brand- och utrymningslarm varför varseblivningstiden inte kan säkerställas, vilket medför att risken är stor för att det kritiska värdet överskrids. På våning två överskrids tiden till kritiska förhållanden oavsett varseblivningstid, se Tabell 6.1.

Tabell 6.1 - Kritisk varseblivningstid

	Tid till kritiska förhållanden	Beslut- & reaktionstid samt förflyttningstid	Kritisk varseblivningstid
Våning ett, tid (mm:ss)	2:00	1:00	1:00
Våning två, tid (mm:ss)	2:00	2:30	-*

*Tid till kritiska förhållanden överskrids oavsett varseblivningstid.

Problemet beror på att det är otillräckligt med endast en utrymningsväg, vilket i sin tur orsakas av att dörrar till angränsande brandceller hålls låsta.

Utrymnings säkerheten är i dagsläget därför inte acceptabel.

7 Diskussion och slutsats

Efter analys av simuleringar och handberäkningar och med begränsningar och antaganden i beaktande bedöms personsäkerheten vid Tekniska nämndhuset inte vara acceptabel.

När byggnaden besöktes framgick det att den från början var tänkt som en temporär lösning, en lösning som trots detta har bestått i 25 år. Byggnadens temporära natur märks i dess brandtekniska åtgärder, eller brist på dessa. Detta avspeglas även i en otydlig rollfördelning vad gäller det systematiska brandskyddsarbetet vilket har lett till att detta är kraftigt eftersatt. Ingen tar sitt fulla ansvar.

Människor som blir varse en brand genom värme, rök eller flammor har enligt undersökning en beslut- och reaktionstid på 50 s. Detta har använts i simuleringarna då larm saknas och beslut- och reaktionstiden uppskattas. Kombinationen larm och till exempel röklukt borde rimligtvis ge en kortare beslut- och reaktionstid.

Man bör ha i åtanke att utrymningsförloppet beror på tre olika delar där beslut- och reaktionsdelen endast är en del. En annan del av utrymningsförloppet är varseblivningstiden. Utan larmsystem är varseblivningstiden en obestämd faktor och beror på en mängd olika omständigheter, som till exempel tid till visuell upptäckt och huruvida man blir varnad av andra. Avsaknaden av ett brand- och utrymningslarm anses som en av de allvarligaste brandskyddstekniska bristerna. I en tid då brandvarnare ses som en självklar skyddsåtgärd i bostäder är det anmärkningsvärt att en så stor arbetsplats i stort sett saknar detta. Införandet av ett larmsystem är därför nödvändigt för att säkerställa en acceptabel varseblivningstid och därmed se till att en säker utrymning kan ske innan kritiska förhållanden uppstår.

I entrén med ovanpåliggande del förväntas personer som inte arbetar i byggnaden vistas i stor utsträckning. Eftersom brandcellen omfattar delar av två våningsplan är det inte realistiskt att tro att en vanlig brandvarnare kan varsko samtliga som vistas i utrymmet. För alla i byggnaden och främst för besökare kan även ett centralt utrymningslarm uppfattas som en tydligare uppmaning till utrymning än en vanlig brandvarnare. För att göra utrymningen så säker som möjligt för dessa personer måste därför ett centralt larmsystem installeras i denna brandcell.

Avsaknaden av tillgängliga utrymningsvägar i entrén och ovanpåliggande del samt motionslokalen är ännu ett allvarligt brandskyddstekniskt problem, vilket får allvarliga konsekvenser vid utrymning. Problemen skulle kunna lösas genom att göra potentiella utrymningsvägar tillgängliga där det är möjligt. I annat fall måste nya utrymningsvägar ordnas.

I entrén och ovanpåliggande del saknas tillgängliga utrymningsvägar då dörrar är låsta med ett elektroniskt låssystem som leder till att personer utan nyckel nekas tillgång till vissa utrymningsvägar. Detta innebär att besökare endast får tillgång till en enda utrymningsväg. Dessutom kan det inte förväntas att alla anställda ständigt har med sig sin elektroniska nyckel. Problemet med de låsta utrymningsvägarna har uppkommit som en följd av tidigare stölder. Att ta bort låsfunktionen helt skulle visserligen vara en enkel lösning på utrymningsproblemet men skulle samtidigt återinföra problemet med obehöriga i byggnaden. Att häva låsfunktionen vid brand är en kompromisslösning som medför att passersystemet upprätthålls samtidigt som utrymningssäkerheten blir acceptabel.

I motionslokalen grundas problemet i att de utrymningsvägar som finns inte är oberoende av varandra. Att skapa en ny, oberoende utrymningsväg är en lämplig lösning. Denna placeras med fördel i motionshallen. Andra åtgärder som till exempel uppdelning av korridoren i vilken utrymningsvägarna är placerade är inte en fullgod lösning. Båda utrymningsvägarna skulle ändå kunna bli blockerade vid till exempel en brand i bastun.

Känslighetsanalyserna visar att förändring av olika faktorer kan ha stor inverkan på utrymningsförloppen. En ökning av tillväxthastigheten bör ge en förkortad tid till kritiska förhållanden och ökning av persontätheten bör medföra större flödesproblem och därmed förlänga utrymningsförloppet. Om känslighetsanalyserna hade visat större förändringar i resultatet än förväntat så hade slutsatserna fått omvärderas. Känslighetsanalyserna visar att vid alla simuleringar bör ingående parametrar underbyggas väl.

Sammantaget tyder bristerna på att det saknas ett brandskyddstänk i verksamheten och förvaltandet. Genom ett systematiskt brandskyddsarbete med tydliga rollfördelningar och rutiner kan detta åtgärdas och förbättras. Att ett systematiskt brandskyddsarbete upprättas och följs är därför av största vikt.

7.1 Giltighet

Vid simulering i CFAST har giltighet gällande geometri beaktats genom att till exempel dela upp korridorer i mindre sektioner. På detta sätt har även viss hänsyn tagits till transporttider. Anmärkningsvärda resultat erhöles från simuleringen av branden i kontoret där brandgaslagrets höjd sjönk snabbare längre bort från brandrummet. De kan bero på att mer luft blandas in under transporten genom korridoren och brandgasernas volym därmed ökar. Man bör alltid ha i åtanke att simuleringar endast är en modell av verkligheten.

I Simulex användes en spridning på 10 s i beslut- och reaktionstiden. Denna spridning kan vara betydligt större i ett verkligt fall, då beslut- och reaktionstiden beror av många faktorer. I Tekniska nämndhuset handlar det om så pass små utrymnen att det ändå bedöms troligt att man börjar utrymma då man ser att andra påbörjat utrymning. Vid utrymningssimuleringen gavs även samtliga individer liknande beslut- och reaktionstid ($50 \text{ s} \pm 10 \text{ s}$) för att erhålla ett visst mått av flödesproblematik under brandförloppet. Detta anses vara konservativt, och representativt för situationen om ett larmsystem installeras. I Simulex är det svårt att ta hänsyn till sociala faktorer, personer har istället styrts till närmsta utrymningsväg. Förmodligen skulle andra val göras med hänsyn till sociala faktorer och alltså skulle ett verkligt scenario i viss utsträckning se sig annorlunda. De resultat som erhållits från Simulex ses ändå som rimliga uppskattningar på hur verkliga utrymningar skulle förlopa.

Allmänt har korta tider till kritiska förhållanden erhållits och två-zonsmodellens giltighet kan vara en orsak till detta. Tiderna till kritiska förhållanden kan eventuellt förlängas i praktiken. Slutsatsen från resultaten anses ändå giltiga.

8 Åtgärder

Under följande avsnitt föreslås och diskuteras åtgärder för att säkerställa personsäkerheten på objektet.

8.1 Åtgärdsförslag

Åtgärdsförslagen delas in i *skall* och *bör*, där *skall* är de åtgärder som måste genomföras för att personsäkerheten ska vara acceptabel och *bör* är de åtgärder som rekommenderas för ytterligare förbättrad personsäkerhet.

När åtgärdsförslagen är genomförda bedöms personsäkerheten i hela Tekniska nämndhuset vara tillfredsställande.

Följande **skall** åtgärdas:

- Brandvarnare **skall** installeras fördelat över hela byggnaden samt på vissa strategiska ställen, exempelvis i anslutning till kök. Vidare **skall** ett gemensamt brand- och utrymningslarm för entrén med ovanpåliggande del installeras.
- Passersystemet med elektroniska nycklar **skall** ses över så att utrymningsvägar inte är låsta vid utrymning.
- En alternativ utrymningsväg från motionslokalen **skall** ordnas.
- Ett systematiskt brandskyddsarbete **skall** finnas.
- Vägar till utrymningsvägar **skall** hållas fria och utrymningsplaner **skall** sättas upp. Utrymningsvägar **skall** vara lättillgängliga.
- Dörrar i brandcellsgränser som ej är utrustade med automatisk stängningsmekanism **skall** hållas stängda.
- Brister i brandcellsgränserna **skall** kontrolleras och åtgärdas. Detta inkluderar dörrars täthet och genomföringar genom brandcellsgränser, exempelvis elinstallationer. De springor som fanns under många dörrar i brandcellsgränser **skall** tätas.
- Skyltning av utrymningsvägar **skall** kontrolleras och brister **skall** åtgärdas.
- Släckutrustningens tillgänglighet **skall** ses över och brister **skall** åtgärdas.

Följande **bör** åtgärdas:

- Ett gemensamt brand- och utrymningslarmsystem för hela byggnaden **bör** installeras. Detta kan med fördel kopplas till dörrars låsmekanism för att lösa problematiken med låsta utrymningsvägar.
- Samtliga dörrar i brandcellsgränser **bör** utrustas med automatisk stängningsfunktion för att kringgå problemet med uppställda dörrar.
- Varje brandcell **bör** vara utrustad med minst en handbrandsläckare.

8.2 Motivering av åtgärder

I de flesta fall motiveras åtgärderna diskuterande utan beräkningar, men då det har varit möjligt har verifieringar utförts i simuleringsprogram.

Brandvarnare skall installeras fördelat över hela byggnaden samt på vissa strategiska ställen, exempelvis i anslutning till kök. Vidare skall ett gemensamt brand- och utrymningslarm för entrén med ovanpåliggande del installeras.

och

Ett gemensamt brand- och utrymningslarmsystem för hela byggnaden bör installeras.

Utan detektionssystem blir varseblivningstiden högst oförutsägbar. I bästa fall upptäcks en brand tidigt ändå, men i värsta fall kan det leda till att utrymning påbörjas först efter att kritiska förhållanden har uppstått. Följaktligen måste någon form av brand- och utrymningslarm installeras i hela byggnaden för att personsäkerheten ska kunna anses vara tillfredsställande. Vidare måste ett gemensamt brand- och utrymningslarm installeras i entrén med ovanpåliggande del på grund av brandcellens storlek och utformning.

Lägsta kravet är att någon form av brandvarnare installeras i övriga delar av byggnaden, men det rekommenderas att ett gemensamt brand- och utrymningslarm för hela byggnaden installeras. Detta för att undvika förvirring och osäkerhet som kan uppstå då endast en del av byggnaden utryms.

Passersystemet med elektroniska nycklar skall ses över så att utrymningsvägar inte är låsta vid utrymning.

I objektsbeskrivningen beskrivs det passersystem som är installerat i ett flertal dörrar som leder ut från entréns brandcell. Detta är problematiskt främst på grund av att det begränsar antalet utrymningsvägar till att endast utgöras av huvudentrén i utrymmen där människor med dålig lokal-kännedom regelbundet vistas. Problematiken med låsta dörrar skulle kunna lösas genom exempelvis en larmad nödöppningsknapp eller genom att koppla låsmekanismen till ett brandlarm så att låsningen hävs och utrymningsvägarna går att använda vid larm.

Vid sammanställning av resultaten från brand- och utrymningssimuleringarna för brand i förvaringsrummet framkom det att personer på våning två utan tillgång till elektronisk nyckel inte hann utrymma innan kritiska förhållanden uppstått. Detta oavsett varseblivningstid. Då simuleringen gjordes om med dessa dörrar upplåsta så kunde säker utrymning ske. Verifieringen redovisas i Bilaga E.

En alternativ utrymningsväg från motionslokalen skall ordnas.

Nuvarande lösning innebär att utrymningsvägarna från motionslokalen utgörs av två dörrar som ligger i varsin ände på ena kortsidan. Att båda blockeras av samma brand anses långt ifrån osannolikt varför utrymningsvägarna inte ses som oberoende. Följaktligen måste en alternativ utrymningsväg ordnas, exempelvis med en nödutgång från motionshallen.

Ett systematiskt brandskyddsarbete skall finnas.

I dagsläget är det systematiska brandskyddsarbetet i Tekniska nämndhuset mycket bristfälligt. Ett fungerande systematiskt brandskyddsarbete är en förutsättning för att brandskyddet ska fungera i byggnaden samt att regler och ansvarsfördelning ska bli tydligare och lättare att följa. En översikt över det systematiska brandskyddsarbetet bör vara lättillgängligt för samtlig personal inom byggnaden. Ett systematiskt brandskyddsarbete kan innehålla:

- Verksamhets-, byggnads- och brandskyddsbeskrivning.
- En organisation för brandskydd med tydlig ansvarsfördelning. Det är av största vikt att brandskyddet i byggnaden samordnas mellan de olika avdelningarna.
- Regelbunden utbildning av och information till personalen.
- Dokumentation samt regelbunden kontroll och underhåll av tekniska brandskyddsåtgärder.
- Regelbundna utrymningsövningar bör genomföras.
- Uppföljning av brandskyddsarbetet samt eventuella tillbud.

Vägar till utrymningsvägar skall hållas fria och utrymningsplaner skall sättas upp. Utrymningsvägar skall vara lättillgängliga.

Exempel på vägar till utrymningsvägar som var fyllda med bråte fanns vid platsbesöket. Det mesta verkar kunna tillskrivas tillfälliga hantverksarbeten, men detta ska ändå inte förekomma. Dessutom fanns det bristfälligt med utrymningsplaner i hela byggnaden.

Svåröppnade dörrar i utrymningsvägar skall ses över och åtgärdas. Postlådans placering i entrén skall ses över.

Dörrar i brandcellsgränser som ej är utrustade med automatisk stängningsmekanism skall hållas stängda. Personalen skall kontinuerligt informeras om vikten av att dörrar i brandcellsgränser hålls stängda.

och

Samtliga dörrar i brandcellsgränser bör utrustas med automatisk stängningsfunktion för att kringgå problemet med uppställda dörrar.

Ett flertal brandklassade dörrar stod uppställda med kilar eller dylikt och en del låsmekanismer var spärrade med spikar för att tillåta genompassering. Om det beror på bristfällig utbildning eller bristfälligt omdöme går inte att säga, men personalen ska informeras om varför brandklassade dörrar skall hållas stängda.

Ett sätt att kringgå den mänskliga faktorn är att uppföra dörrar i brandcellsgränser med automatiskt stängningsfunktion, exempelvis magnetupphängning. På detta sätt undviks både medvetna och omedvetna avsteg.

Brister i brandcellsgränserna *skall kontrolleras och åtgärdas.*

Vid platsbesöket noterades även att flera brandcellsgränser, framför allt brandklassade dörrar, brister i integritet. Bland annat så fanns det höga springor under ett flertal dörrar som måste åtgärdas och genomföringar i brandcellsgränser måste kontrolleras.

Bristerna i brandcellsgränserna medför att brandgaser kan komma att spridas mellan olika brandceller vid händelse av brand. Detta kan medföra att en brand kan sprida sig mellan brandceller samt att utrymning via en annan brandcell kan vara omöjlig att genomföra då även kritiska förhållanden kan råda i en angränsande brandcell.

Skyltning av utrymningsvägar *skall kontrolleras och brister skall åtgärdas.*

Vid platsbesöket noterades ett antal brister i skyltningen av utrymningsvägar vilka redovisas i kapitlet Befintligt brandskydd. Korrekt skyltning är en förutsättning för att säker utrymning ska ske, varför skyltningen bör ses över för samtliga utrymningsvägar.

Släckutrustningens tillgänglighet *skall ses över och brister skall åtgärdas.*

Vid platsbesöket noterades bland annat släckutrustning dold bakom möbleman. Se kapitlet Befintligt brandskydd för exempel.

Varje brandcell *bör vara utrustad med minst en handbrandsläckare.*

Alla bränder har tillfälle att släckas i det initiala skedet om släckutrustning finns lättillgänglig. Handbrandsläckare är att föredra då personalen har utbildning i dess handhavande. Visserligen finns ett flertal inomhusbrandposter i byggnaden, men dessa bedöms ej användas på grund av komplicerat handhavande och lång klargöringstid.

Referenser

- BBR (2008). *Regelsamling för byggande, BBR*. Boverket, Karlskrona. (5:361)
- Brandskyddshandboken* (2005). Rapport 3134. Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH (Lunds Tekniska Högskola), Lund.
- Bwalya, A.C. Zalok, E. & Hadjisophocleous, G. (2007). *Design Fires for Commercial Premises – Results of Phase 2*. Institute for Research in Construction, National Research Council Canada.
- Flynn, J. (2007). *U.S Structure Fires In Office Properties*. NFPA (National Fire Protection Association), Fire Analysis and Research Division, Quincy, MA.
- Frantzich, H. (2000). *Tid för Utrymning vid Brand*. Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH (Lunds Tekniska Högskola), Lund.
- Frantzich, H. (1998). *Användarmanual för Simulex 1.2*. Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LU (Lunds Universitet), Lund.
- Jones W.W., Peacock R. D., Forney R. D. & Reneke P. A. (2005). *CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6), Technical Reference Guide*. NIST (National Institute of Standards and Technology) Special Publication 1026, Fire Research Division, Building and Fire Research Laboratory, Washington D.C.
- Karlsson, B. & Quintiere, J.G. (2000). *Enclosure Fire Dynamics*. Boca Raton, Florida: CRC Press LLC.
- Nilsson, D. & Holmstedt, G. (2008). Rapport 7030. *Kompendium i Aktiva system – Detektion*. Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH (Lunds Tekniska Högskola), Lund.
- NIST (National Institute of Standards and Technology) (1991). *Three Panel Workstation Fire*. Building and Fire Research Laboratory, Gaithersburg, MD.
Tillgänglig: <http://fire.nist.gov/fire/fires/work3/work3.html> (2008-10-07)
- NIST (National Institute of Standards and Technology) (1999). *FAST Data Dresser fire*. Building and Fire Research Laboratory, Gaithersburg, MD.
Tillgänglig: <http://www.fire.nist.gov/fastdata/data/SD2/SD2.htm> (2008-10-07)
- Ohlemiller, T.J., Mulholland, G.W., Maranghides, A., Filliben, J.J. & Gann, R.G. (2005). *Fire Tests of Single Office Workstations*. Washington D.C. NIST (National Institute of Standards and Technology), Department of Commerce & Technology Administration. Washington D.C.:U.S. Government Printing Office.
- Rasbash, D.J. & Phillips, R.P. (1978). *Quantification of smoke produced at fires. Test methods for smoke and methods of expressing smoke evolution*. (Fire and Materials, vol. 2, page 102-109).
- Räddningstjänststatistik 1998-2006*, Räddningsverket.
Tillgänglig: <http://pxweb.srv.se/Insatsstatistik/Database/Insatsstatistik/Insatsstatistik.asp>
(2008 -10-31)

Särdqvist, S. (1996). *Initial Fires*. Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH (Lunds Tekniska Högskola), Lund.

Muntlig referens

Hultman, Per och Wickenberg, Johan, brandingenjörer Södertörns Brandförsvarsförbund, e-post den 6 november 2008.

Bilaga A Indata CFAST

Nedan presenteras indata från CFAST för de olika scenarierna.

I samtliga CFAST-simuleringar har trä antagits som bränsle. För trä använder CFAST dessa värden på kolmonoxidproduktion och sotproduktion.

Parameter	Värde
Kolmonoxidproduktion $\left(\frac{\text{Kolmonoxid (kg)}}{\text{Koldioxid (kg)}}\right)$	0,003053435
Sotproduktion $\left(\frac{\text{Kol (kg)}}{\text{Koldioxid(kg)}}\right)$	0,01181102

A.1 Köket

VERSN,6,CFAST Simulation

!!

!!Environmental Keywords

!!

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

EAMB,293.15,101300,0

TAMB,293.15,101300,0,50

CJET,WALLS

CHEMI,10,393.15

WIND,0,10,0,0.16

!!

!!Compartment keywords

!!

COMP,A,Kok,4.3,4,2.5,14,0,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,korridorhö1,3.5,1.2,2.5,18.3,2.8,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,korridorhö2,3.5,1.2,2.5,21.8,2.8,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,korridorhö3,3.5,1.2,2.5,25.3,2.8,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,korridorhö4,2.6,1.2,2.5,28.8,2.8,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,korridorvän1,1.2,3.5,2.5,17.1,4,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,korridorvän2,1.2,3.5,2.5,17.1,7.5,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,korridorvän3,1.2,3.5,2.5,17.1,11,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,korridorvän4,1.2,3.5,2.5,17.1,14.5,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,korridorvän5,1.2,2.8,2.5,17.1,18,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,vänkor1,3.5,1.2,2.5,0,9.9,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,vänkor2,3.5,1.2,2.5,3.5,9.9,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,vänkor3,3.5,1.2,2.5,7,9.9,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,vänkor4,3.5,1.2,2.5,10.5,9.9,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,vänkor5,3.1,1.2,2.5,14,9.9,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,kontorvävn1,2.3,3,2.5,0,11.1,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,kontorvävn2,2.3,3,2.5,3.5,6.9,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,kontorvävn3,2.3,3,2.5,7,11.1,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,kontorhöger3,2.3,3.4,2.5,28.8,4,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,kontorhöger1,2.3,3.4,2.5,21.8,4,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,kontorhöger2,3,2.8,2.5,25.3,0,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,kontorvän1,3.4,2.3,2.5,13.7,4,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMP,A,kontorvän2,3.4,2.3,2.5,18.3,7.5,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,kontorvän3,3.4,2.3,2.5,13.7,12,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,kontorvän4,3.4,2.3,2.5,18.3,18,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

!!

!!vent keywords

!!

HVENT,1,26,1,2,2,1,1,1,0,1,0

HVENT,1,26,2,2,2,1,1,1,0,4,0

HVENT,2,3,1,1,2,2.5,0,1,0,0,2,1

HVENT,3,4,1,1,2,2.5,0,1,0,0,2,1

HVENT,4,5,1,1,2,2.5,0,1,0,0,2,1

HVENT,6,7,1,1,2,2.5,0,1,0,0,3,1

HVENT,1,6,1,1,2,2.1,0,1,3.1,0,3,1

HVENT,7,8,1,1,2,2.5,0,1,0,0,3,1

HVENT,8,9,1,1,2,2.5,0,1,0,0,3,1

HVENT,9,10,1,1,2,2.5,0,1,0,0,3,1

HVENT,15,7,1,1,2,2.5,0,1,2.4,0,4,1

HVENT,15,14,1,1,2,2.5,0,1,0,0,2,1

HVENT,14,13,1,1,2,2.5,0,1,0,0,2,1

HVENT,13,12,1,1,2,2.5,0,1,0,0,2,1

HVENT,12,11,1,1,2,2.5,0,1,0,0,2,1

HVENT,1,2,1,1,2,2.1,0,1,2.8,0,2,1

HVENT,1,26,3,4.3,0.01,0,1,0,0,1,1

HVENT,1,26,4,4,0.01,0,1,0,0,4,1

HVENT,5,26,1,1,0.01,0,1,0,0,2,1

HVENT,10,26,1,1,0.01,0,1,0,0,3,1

HVENT,11,26,1,1,0.01,0,1,0,0,4,1

HVENT,16,11,1,0.7,2.1,0,1,0.75,0,3,1

HVENT,17,12,1,0.7,2.1,0,1,0.75,0,1,1

HVENT,18,13,1,0.7,2.1,0,1,0.75,0,3,1

HVENT,19,5,1,0.7,2.1,0,1,0.75,0,3,1

HVENT,21,4,1,0.7,2.1,0,1,0.75,0,1,1

HVENT,20,3,1,0.7,2.1,0,1,0.75,0,3,1

HVENT,22,6,1,0.7,2.1,0,1,0.75,0,4,1

HVENT,23,7,1,0.7,2.1,0,1,0.75,0,2,1

HVENT,24,8,1,0.7,2.1,0,1,1.75,0,4,1

HVENT,25,10,1,0.7,2.1,0,1,0.75,0,2,1

EVENT,H,1,26,1,240,1,1

EVENT,H,1,26,2,240,1,1

!!

!!fire keywords

!!

OBJECT,koksbrand 2.5mw,1,2.15,2,0,1,1,0,0,0,1

A.2 Kontoret

VERSN,6,CFAST Simulation

!!

!!Environmental Keywords

!!

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

EAMB,293.15,101300,0

TAMB,293.15,101300,0,50

CJET,WALLS

CHEMI,10,393.15

WIND,0,10,0.16

!!

!!Compartment keywords

!!

COMPA,Kontor 1,3,2.5,2.5,0,11,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,Korridor 1,1.6,3,2.5,3,0,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,Korridor 2,1.6,3,2.5,3,3,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,Korridor 3,1.6,3,2.5,3,6,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,Korridor 4,1.6,3,2.5,3,9,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,Korridor 5,1.6,3,2.5,3,12,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,Korridor 6,1.6,3,2.5,3,15,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,Korridor 7,1.6,3,2.5,3,18,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,Korridor 8,1.6,3,2.5,3,21,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,Korridor 9,1.6,3,2.5,3,24,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,Korridor 10,1.6,1,2.5,3,27,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,A1-117,3,3,2.5,0,5.5,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,A1-118,3,2.5,2.5,0,8.5,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,A1-120,3,2.5,2.5,0,13.5,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,A1-121,3,2.5,2.5,0,16,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,Granskning bygglov,3,4,2.5,0,18.5,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,A1-123,3,2.5,2.5,0,22.5,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,A1-124,3,3,2.5,0,25,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,A1-135,3,4,2.5,4.6,5.5,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,A1-133,3,2.5,2.5,4.6,9.5,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,A1-132,3,2.5,2.5,4.6,12,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,A1-131,3,2.5,2.5,4.6,14.5,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,Kpr,3,2.5,2.5,4.6,17,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,Pausrum,3,5,2.5,4.6,19.5,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

COMPA,Arkiv,3,3.5,2.5,4.6,24.5,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM

HALL,2,-1,-1,-1

!!

!!vent keywords

!!

HVENT,1,6,1,0.7,2,0,1,1.6,0,2,1

HVENT,2,3,1,1.6,2.5,0,1,0,0,3,1

HVENT,3,4,1,1.6,2.5,0,1,0,0,3,1

HVENT,4,5,1,1.6,2.5,0,1,0,0,3,1

HVENT,5,6,1,1.6,2.5,0,1,0,0,3,1

HVENT,6,7,1,1.6,2.5,0,1,0,0,3,1

HVENT,7,8,1,1.6,2.5,0,1,0,0,3,1

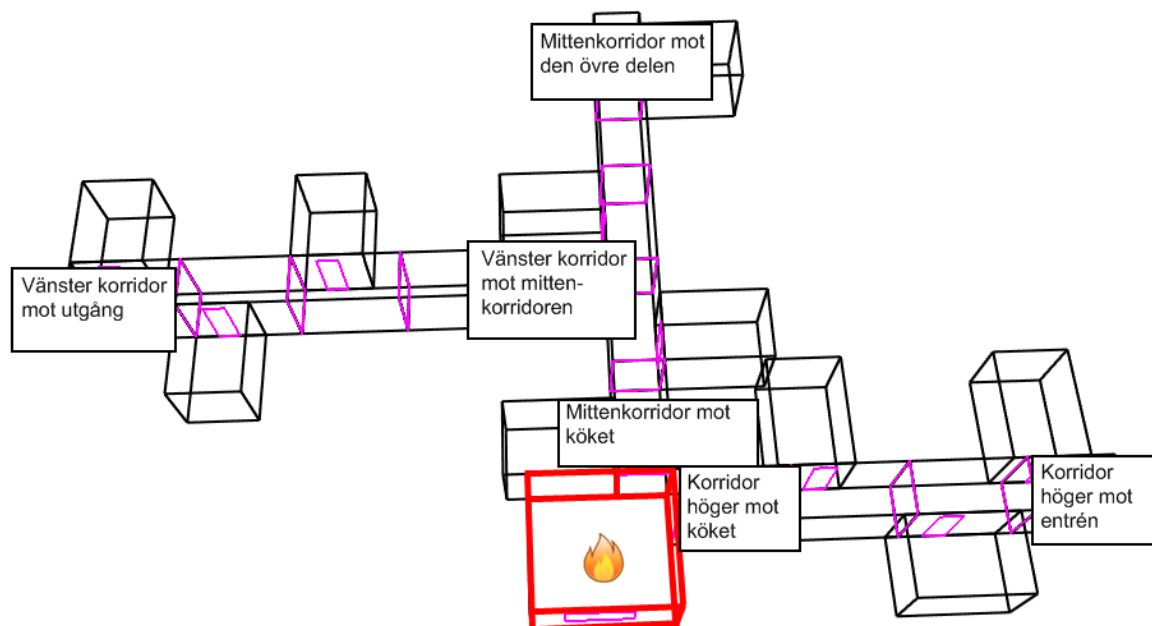
HVENT,8,9,1,1.6,2.5,0,1,0,0,3,1

HVENT,9,10,1,1.6,2.5,0,1,0,0,3,1
HVENT,10,11,1,1.6,2.5,0,1,0,0,3,1
HVENT,1,26,1,1.5,2,1,1,0.5,0,4,0.3
HVENT,1,26,2,2.5,0.1,0,1,0,0,4,1
HVENT,12,4,1,0.7,2,0,1,1.3,0,4,1
HVENT,13,5,1,0.7,2,0,1,1,0,4,0
HVENT,14,6,1,0.7,2,0,1,1.7,0,4,0
HVENT,15,7,1,0.7,2,0,1,1.2,0,4,0
HVENT,16,8,1,2.5,2.5,0,1,0.5,0,4,1
HVENT,16,9,1,1.5,2.5,0,1,0,0,4,1
HVENT,17,9,1,0.7,2,0,1,1.7,0,4,0
HVENT,18,10,1,0.7,2,0,1,1.5,0,4,0
HVENT,19,4,1,0.7,2,0,1,1.5,0,2,0
HVENT,20,5,1,0.7,2,0,1,1.5,0,2,1
HVENT,21,6,1,0.7,2,0,1,0.5,0,2,0
HVENT,22,7,1,0.7,2,0,1,1,0,2,0
HVENT,23,7,1,0.7,2,0,1,2.1,0,2,1
HVENT,24,8,1,0.7,2,0,1,2,0,2,1
HVENT,25,10,1,0.7,2,0,1,1,0,2,1
EVENT,H,1,26,1,100,1,1
!!
!!fire keywords
!!
OBJECT,Startbrand,1,1,1,1,1,1,0,0,0,1
!!
!!target and detector keywords
!!
TARGET,3,0.5,0.5,0,0,0,1,GYPSUM,IMPLICIT,PDE
TARGET,10,0.5,2.5,0,0,0,1,GYPSUM,IMPLICIT,PDE
TARGET,6,0.5,0.5,0,0,0,1,GYPSUM,IMPLICIT,PDE

A.3 Förvaringsrummet

VERSN,6,CFAST Simulation
!!
!!Environmental Keywords
!!
TIMES,900,-50,0,10,10
EAMB,293.15,101300,0
TAMB,293.15,101300,0,50
CJET,WALLS
CHEMI,10,393.15
WIND,0,10,0.16
!!
!!Compartment keywords
!!
COMPA,Entré,10.4,6,3.5,2.9,0,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM
COMPA,Förvaringsrum,2.4,3.8,2.5,13.3,0,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM
COMPA,Väntrum,4,5.3,2.5,7,7.9,1,GYPSUM,OFF,GYPSUM
COMPA,Reception,4,5.3,2.5,3,7.9,1,GYPSUM,OFF,GYPSUM
COMPA,Atrium,10.4,6.5,2.5,3,2.6,3.5,GYPSUM,OFF,GYPSUM
COMPA,Atriumet,3.8,3.8,2.5,6.2,3.8,6,GYPSUM,OFF,GYPSUM
COMPA,Hall del3,5.2,1.9,2.5,8.1,6,1,GYPSUM,OFF,GYPSUM
COMPA,Hall del2,5.2,1.9,2.5,2.9,6,1,GYPSUM,OFF,GYPSUM
COMPA,Hall del1,2.9,1.9,2.5,0,6,1,GYPSUM,OFF,GYPSUM
!!
!!vent keywords
!!
HVENT,1,2,1,0.7,2.1,0,1,2.1,0,2,0.7
HVENT,2,10,1,2,2,0.7,1,0.2,0,1,0
HVENT,7,8,1,1.9,2.5,0,1,0,0,4,1
HVENT,8,9,1,1.9,2.5,0,1,0,0,4,1
HVENT,4,3,1,0.9,2.1,0,1,2.1,0,4,1
HVENT,1,8,1,5.2,3.5,1,1,0,0,3,1
HVENT,4,8,1,4,2.5,1.2,1,0,0,1,1
HVENT,1,7,1,5.2,3.5,1,1,5.2,0,3,1
HVENT,3,7,1,2.9,2.5,0,1,1.1,0,1,1
HVENT,3,8,1,1.1,2.5,0,1,0,0,1,1
HVENT,1,10,1,10.4,0.01,0,1,0,0,1,1
HVENT,3,10,1,4,0.01,0,1,0,0,3,1
HVENT,4,10,1,4,0.01,0,1,0,0,3,1
HVENT,5,10,1,10.4,0.01,0,1,0,0,3,1
HVENT,2,10,2,3.8,0.01,0,1,0,0,2,1
VVENT,6,5,14.44,2,1
VVENT,5,1,14.44,2,1
EVENT,H,2,10,1,100,0.5,1
!!
!!fire keywords
!!
OBJECT,Sopbrand 2.5K,2,-1,-1,-1,1,1,0,0,1

Bilaga B Resultat köket



Figur B.1 - Förklaring till tabelltext för köksbranden

Tabell B.1 - Tid till kritiska förhållanden, brand i kök

Rum	Brandgaslagrets höjd (mm:ss)	Temperatur i övre lager (mm:ss)	Sikt (mm:ss)	Strålningspåverkan (mm:ss)
Höger korridor (mot köket)	0:30	1:30	1:30	6:00
Höger korridor (mot entrén)	1:00	6:00	2:30	-
Mittenskorridoren (mot köket)	0:30	1:30	1:30	8:00
Mittenskorridoren (övre del)	1:30	-	2:30	-
Vänster korridor (mot mittenskorridoren)	1:30	2:30	2:00	-
Vänster korridor (mot utgång)	2:00	-	3:00	-

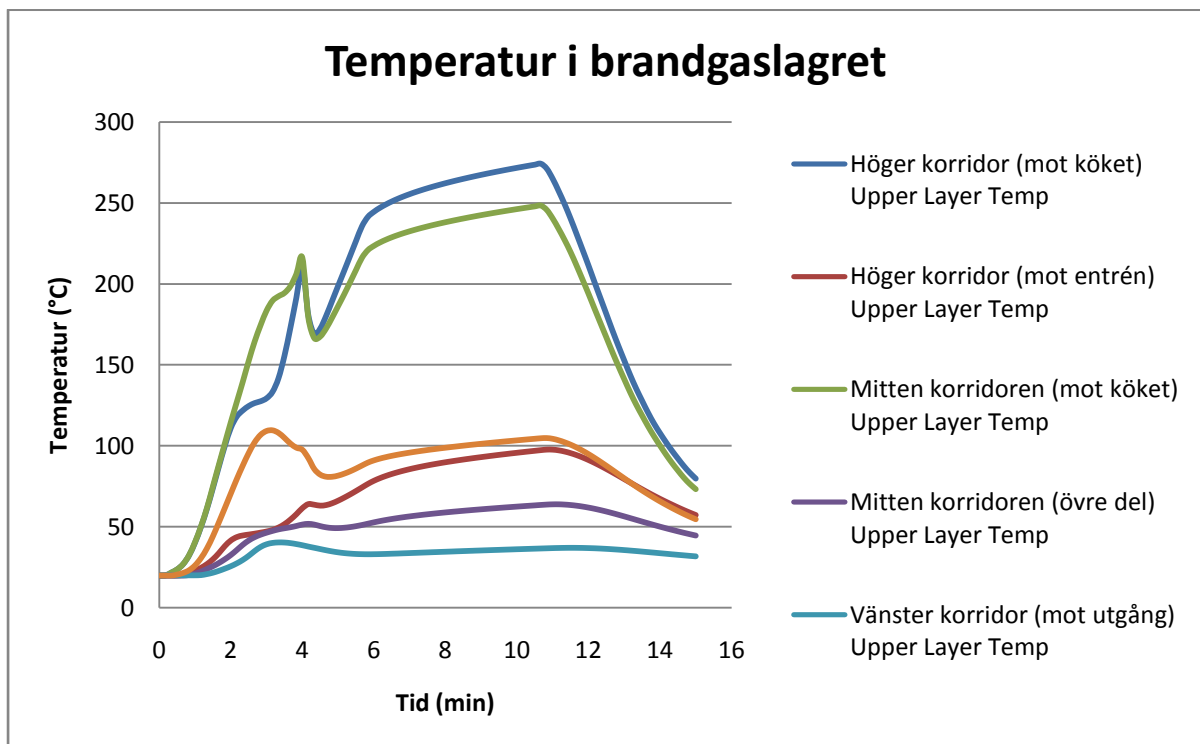
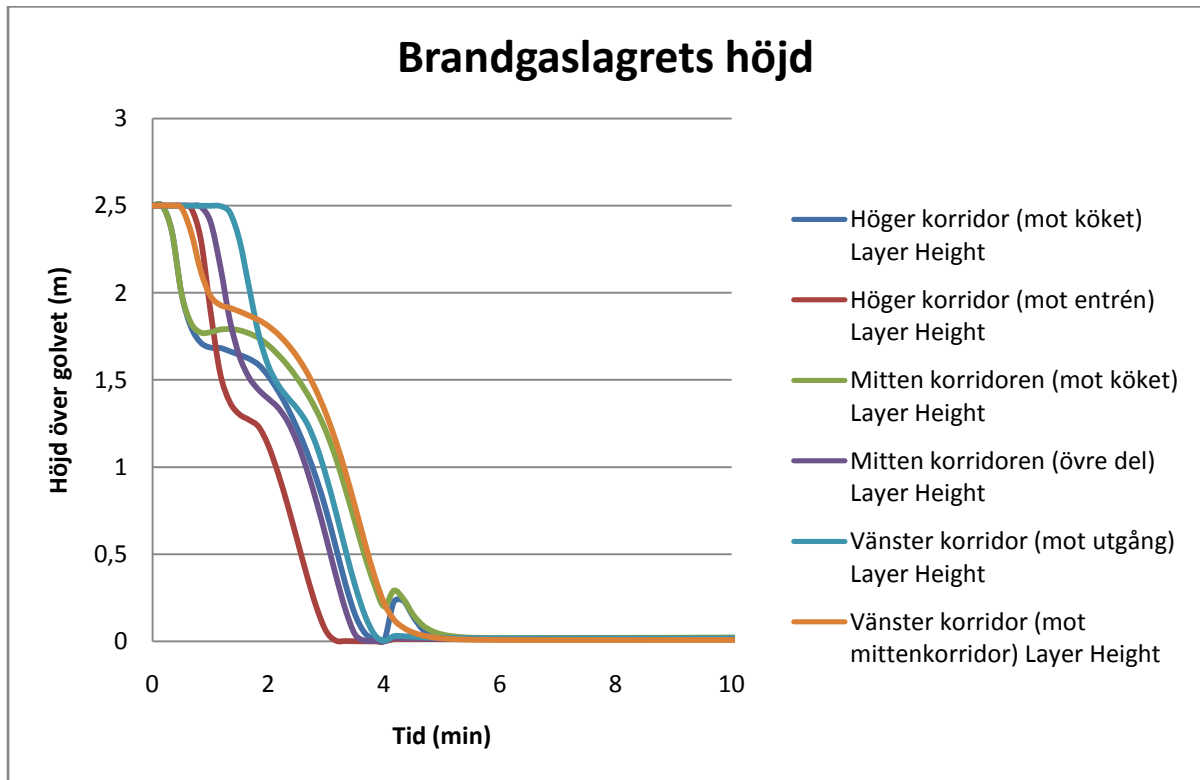
Tabell B.2 - Tid till kritiska förhållanden för simuleringen med ökad tillväxthastighet

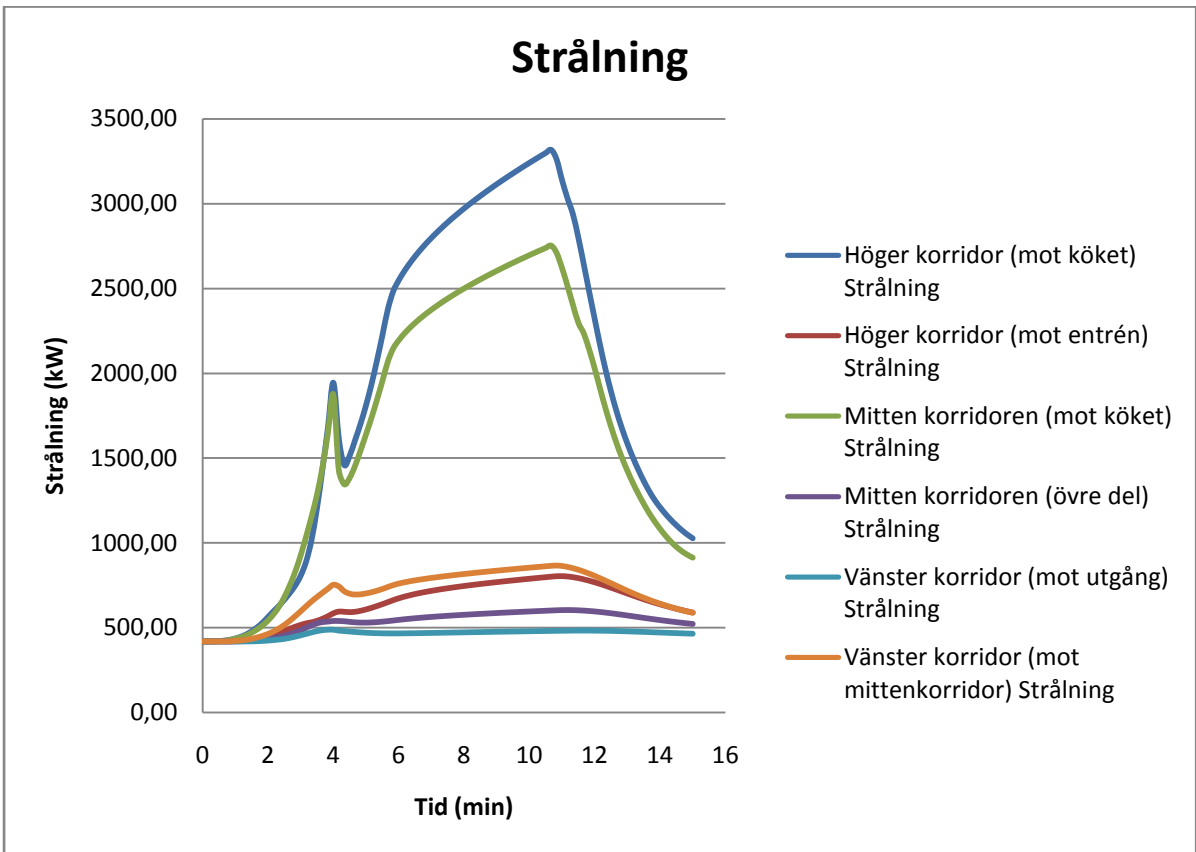
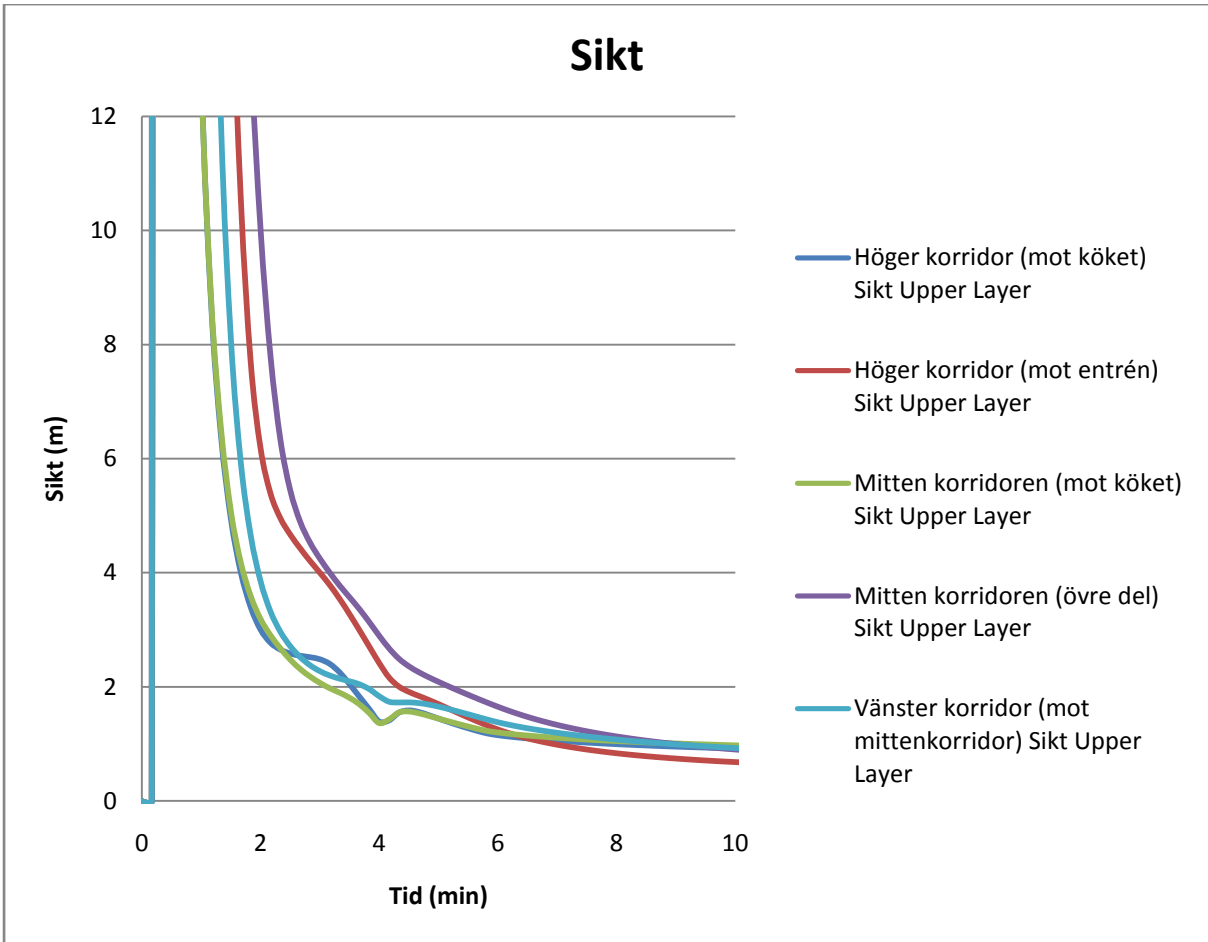
$\alpha=0,047$	Brandgas-lagrets höjd (mm:ss)	Temperatur i övre lager (mm:ss)	Sikt (mm:ss)	Strålningspåverkan (mm:ss)
Höger korridor (mot köket)	0:30	1:00	1:00	3:00
Höger korridor (mot entrén)	1:00	3:30	1:30	-
Mittenkorridoren (mot köket)	0:30	1:00	1:00	3:30
Mittenkorridoren (övre del)	1:00	-	2:00	-
Vänster korridor (mot mittenkorridoren)	1:30	1:30	1:30	-
Vänster korridor (mot utgång)	1:30	-	2:00	-

Tabell B.3 - Tid till kritiska förhållanden för simuleringen med stängda dörrar

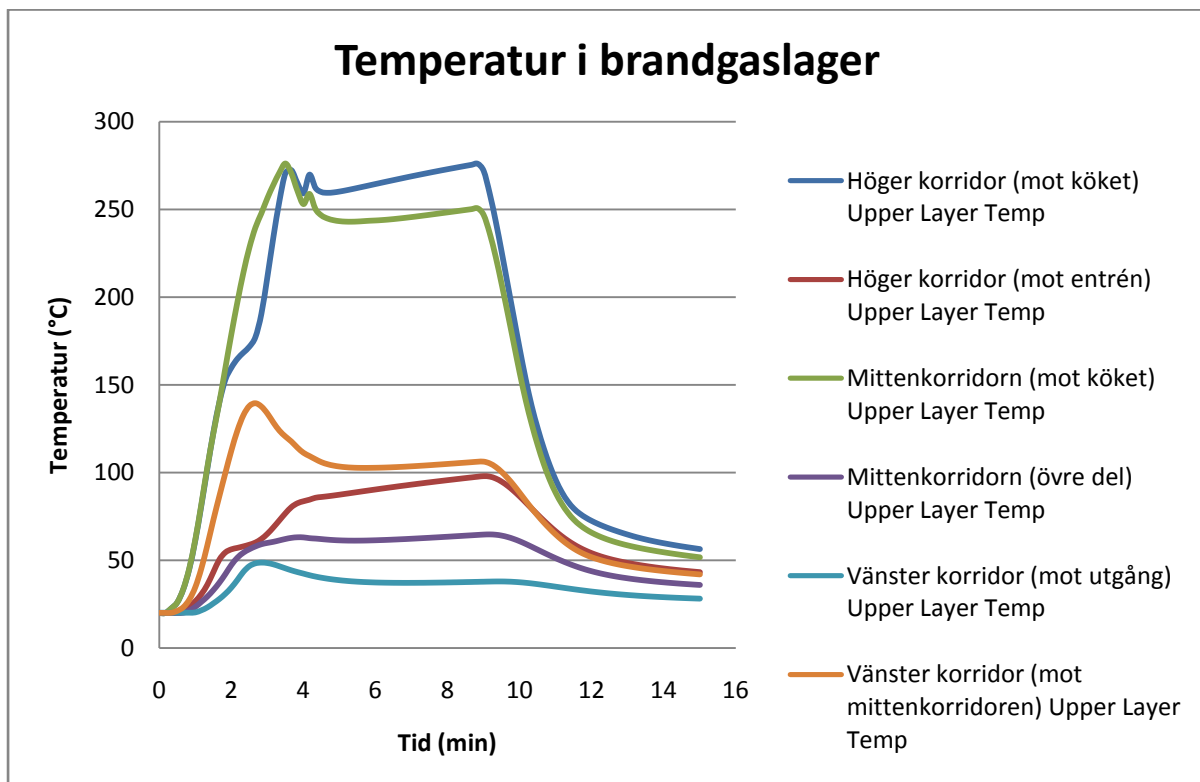
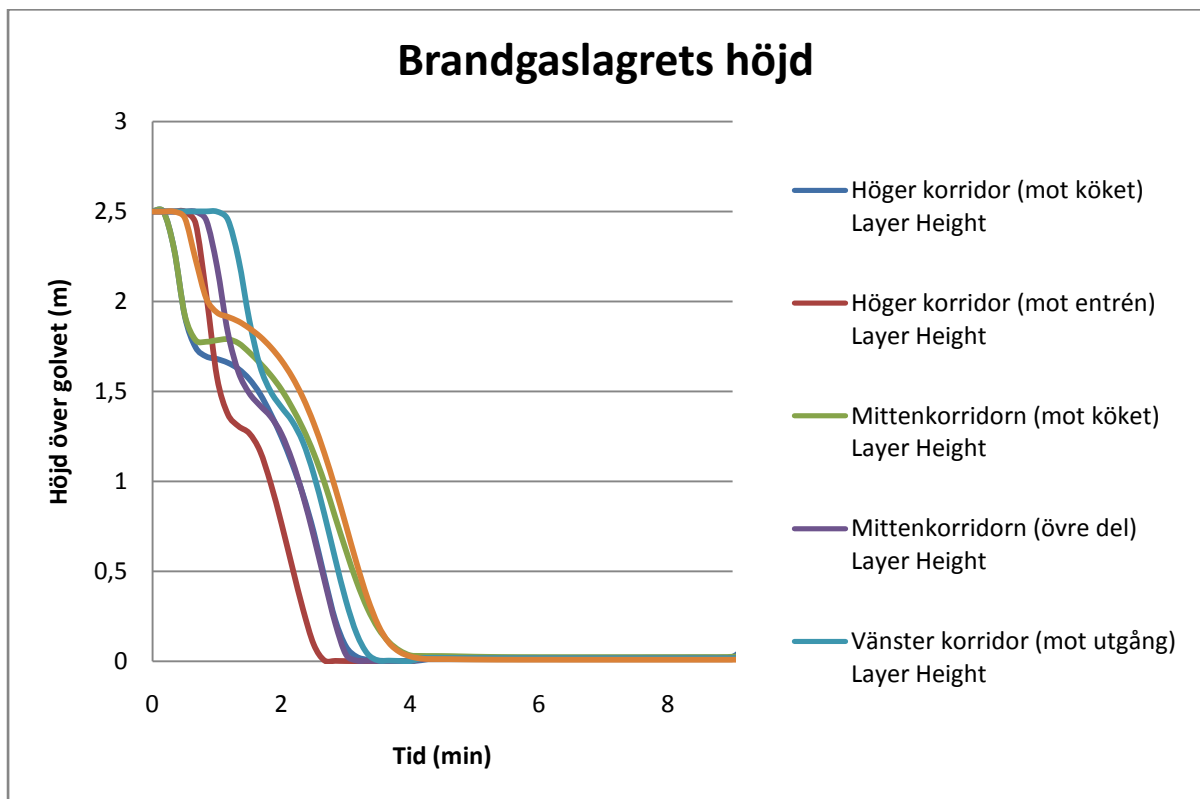
Stängda dörrar	Brandgas-lagrets höjd (mm:ss)	Temperatur i övre lager (mm:ss)	Sikt (mm:ss)	Strålningspåverkan (mm:ss)
Höger korridor (mot köket)	0:30	2:00	1:30	5:30
Höger korridor (mot entrén)	1:00	4:30	3:00	-
Mittenkorridoren (mot köket)	0:30	1:30	1:30	6:30
Mittenkorridoren (övre del)	1:30	-	3:00	-
Vänster korridor (mot mittenkorridoren)	1:30	2:00	1:30	-
Vänster korridor (mot utgång)	1:30	-	3:00	-

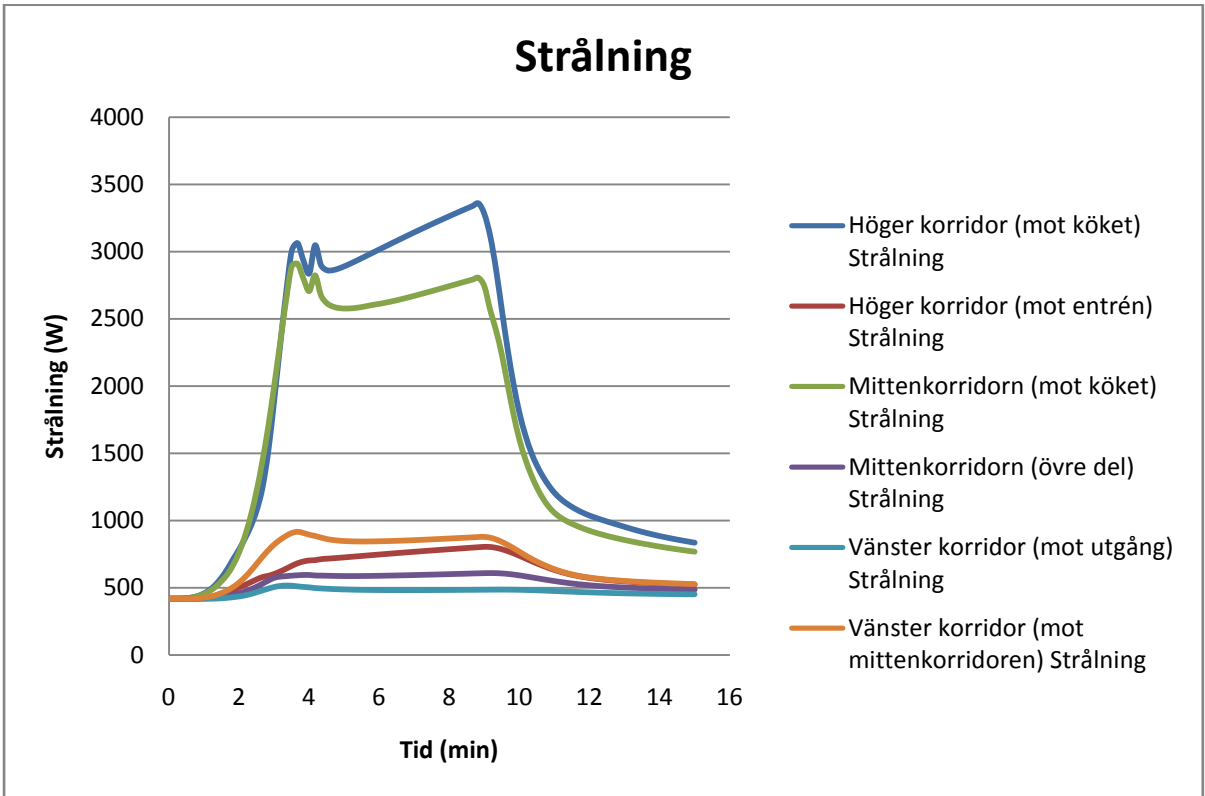
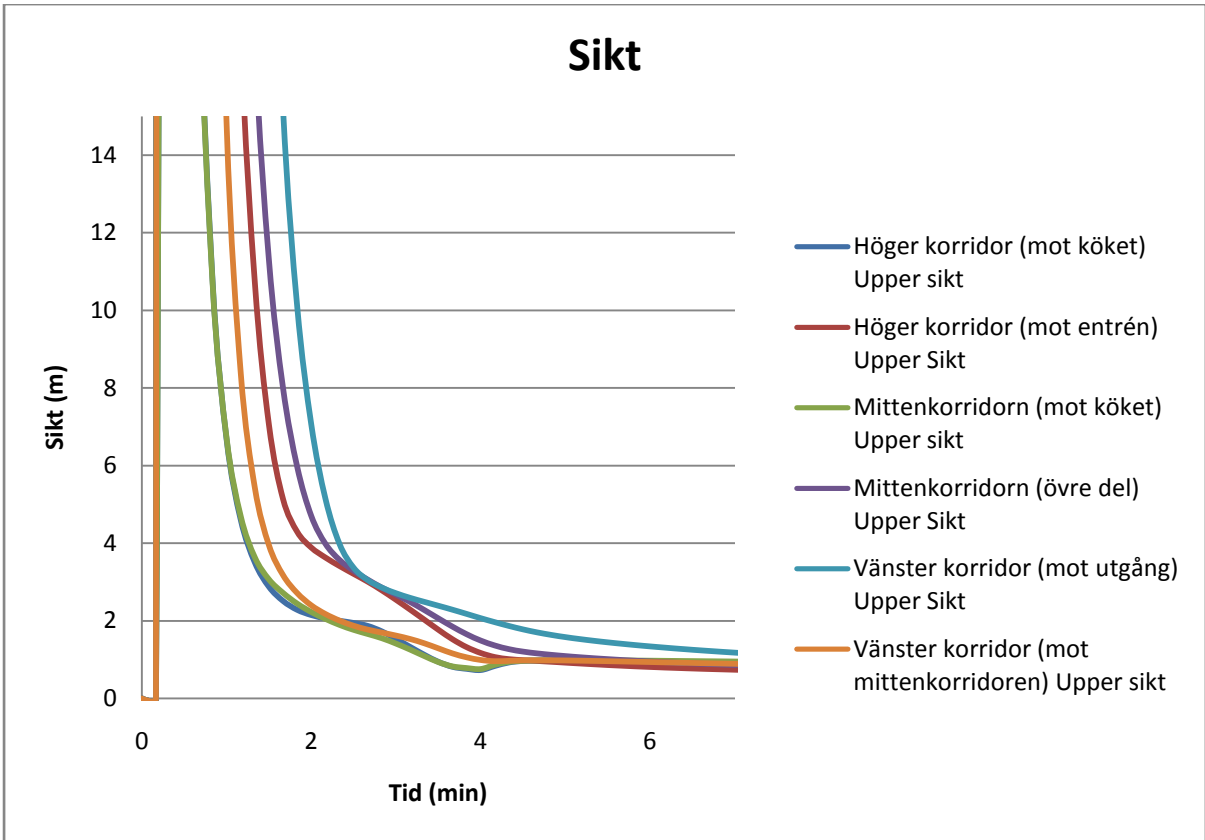
Följande diagram presenterar de viktigaste resultaten som erhölls från simuleringen i CFAST. Olika delar i brandcellen representerar olika färger. I de flesta kurvor syns tydligt när fönstret i brandrummet spricker.



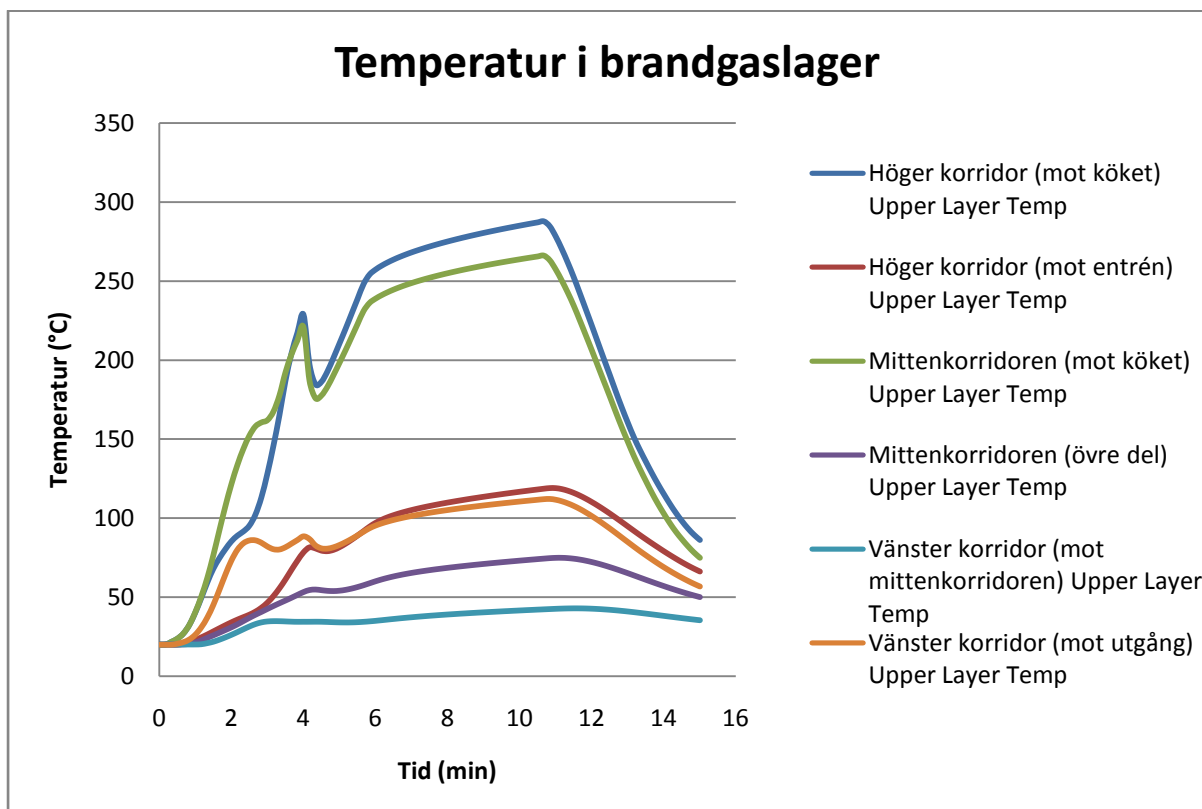
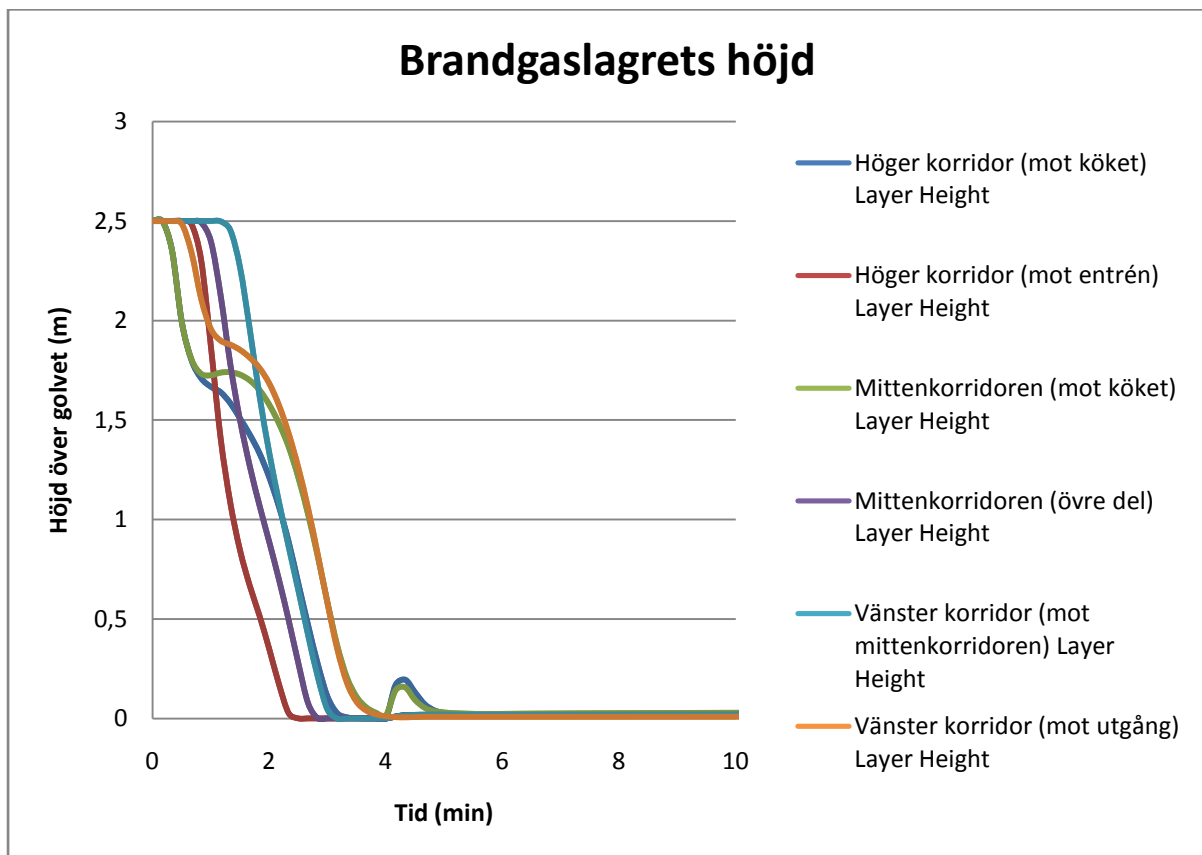


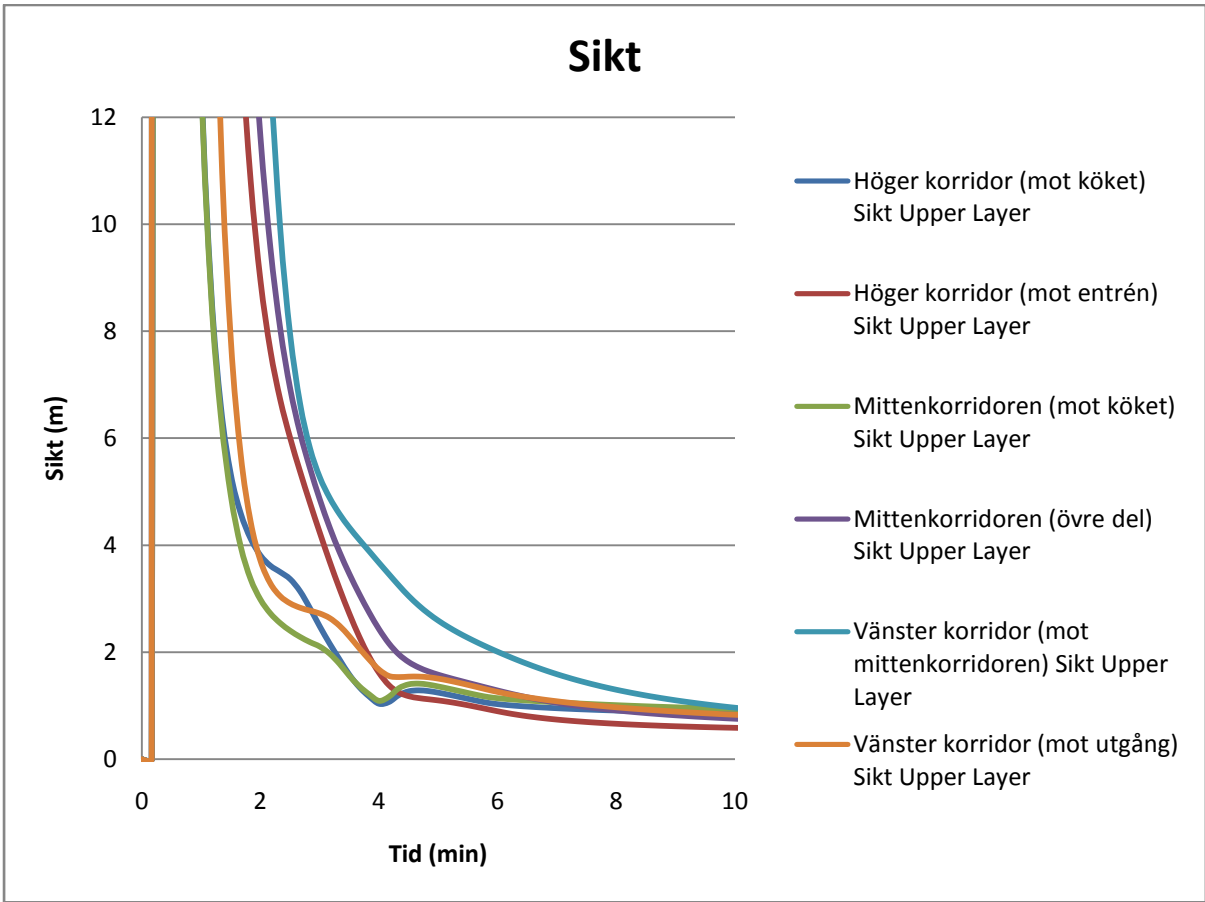
Följande diagram presenterar de viktigaste resultaten som erhölls från simuleringen av känslighetsanalysen då $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$. Olika delar i brandcellen representerar olika färger. I de flesta kurvor syns tydligt när fönstret i brandrummet spricker.



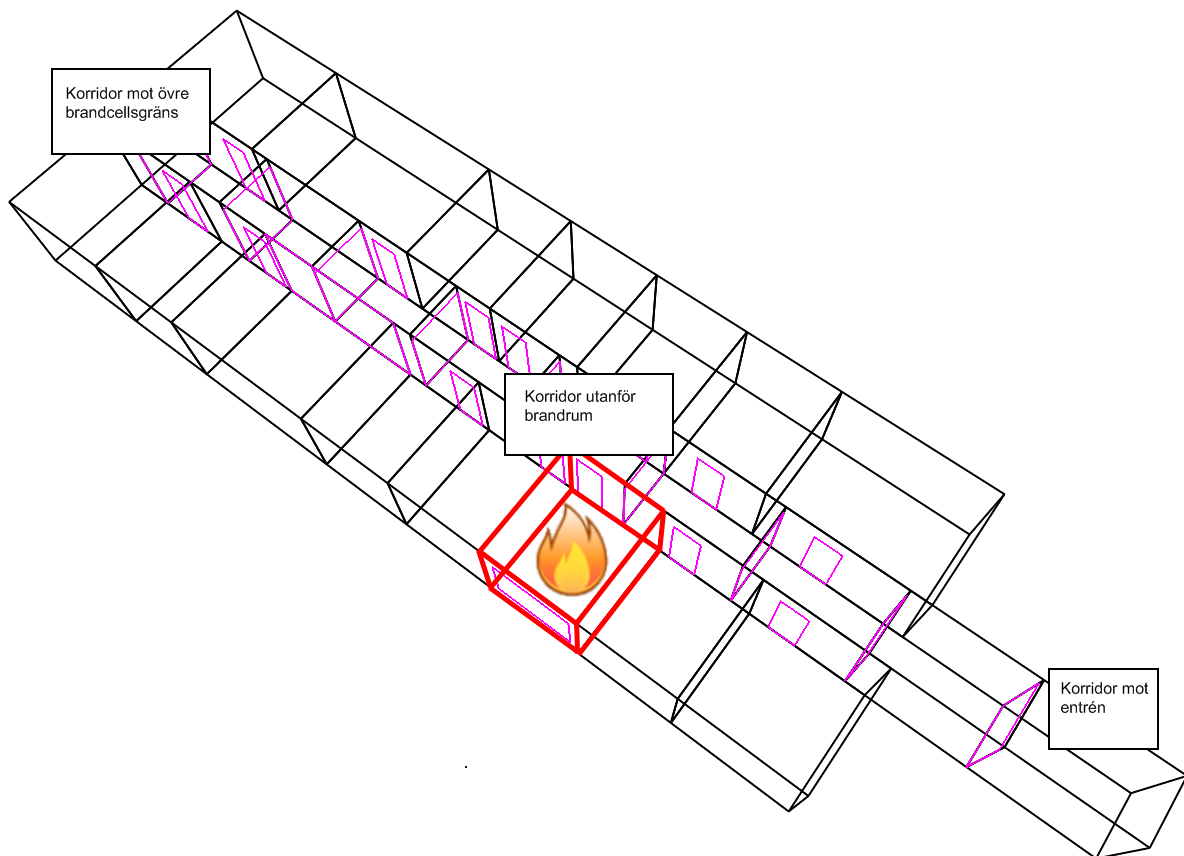


Följande diagram presenterar de viktigaste resultaten som erhölls från simuleringen av känslighetsanalysen då en del kontorsdörrar stängs. Olika delar i brandcellen representerar olika färger. I de flesta kurvor syns tydligt när fönstret i brandrummet spricker.





Bilaga C Resultat kontoret



Figur C.1 - Förklaring till tabelltext för kontorsbranden

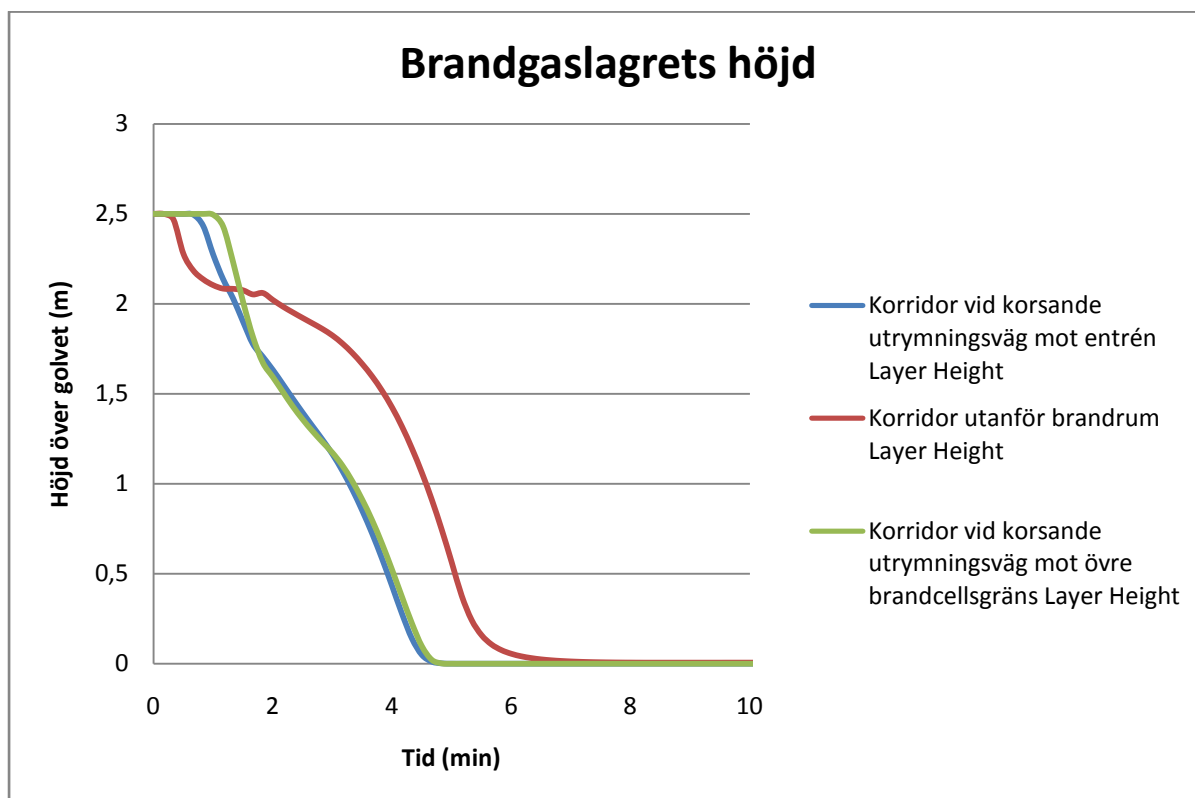
Tabell C.1 - Tid till kritiska förhållanden, brand i kontor

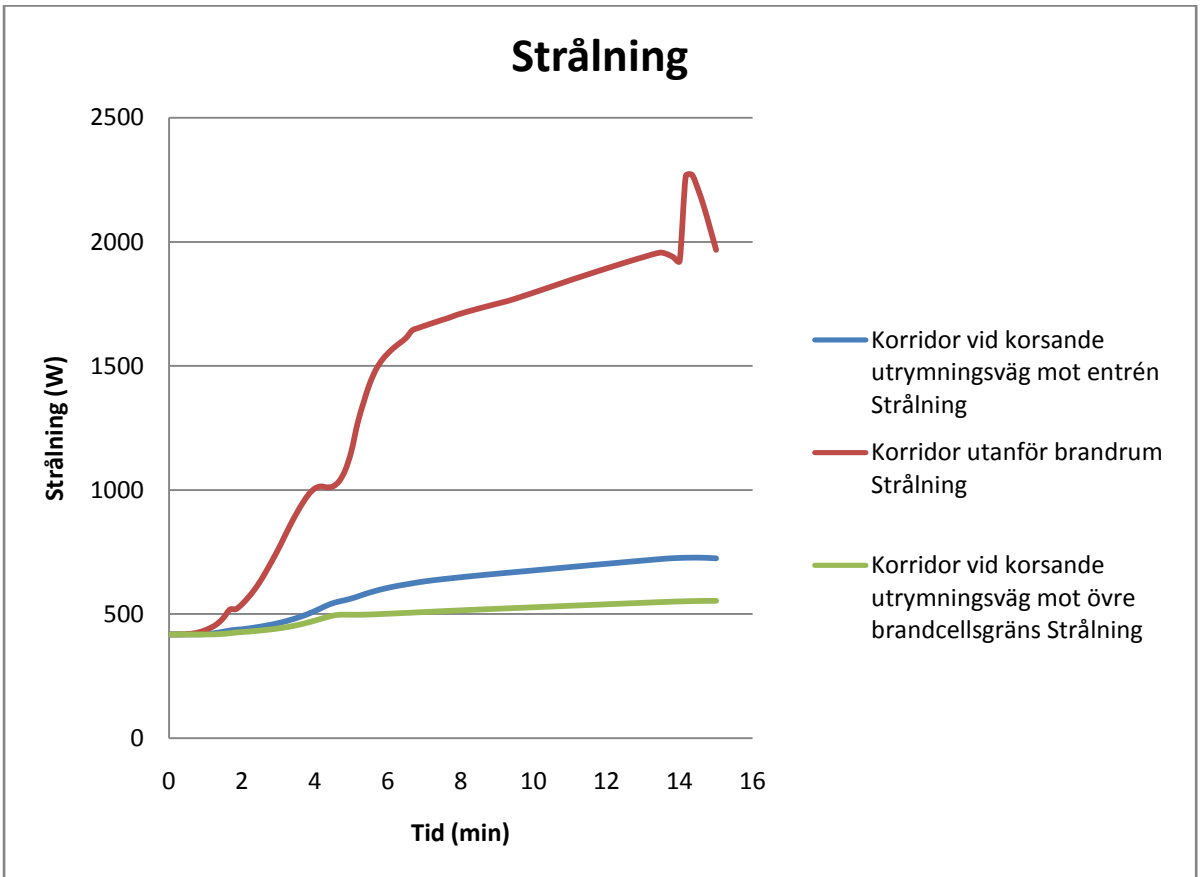
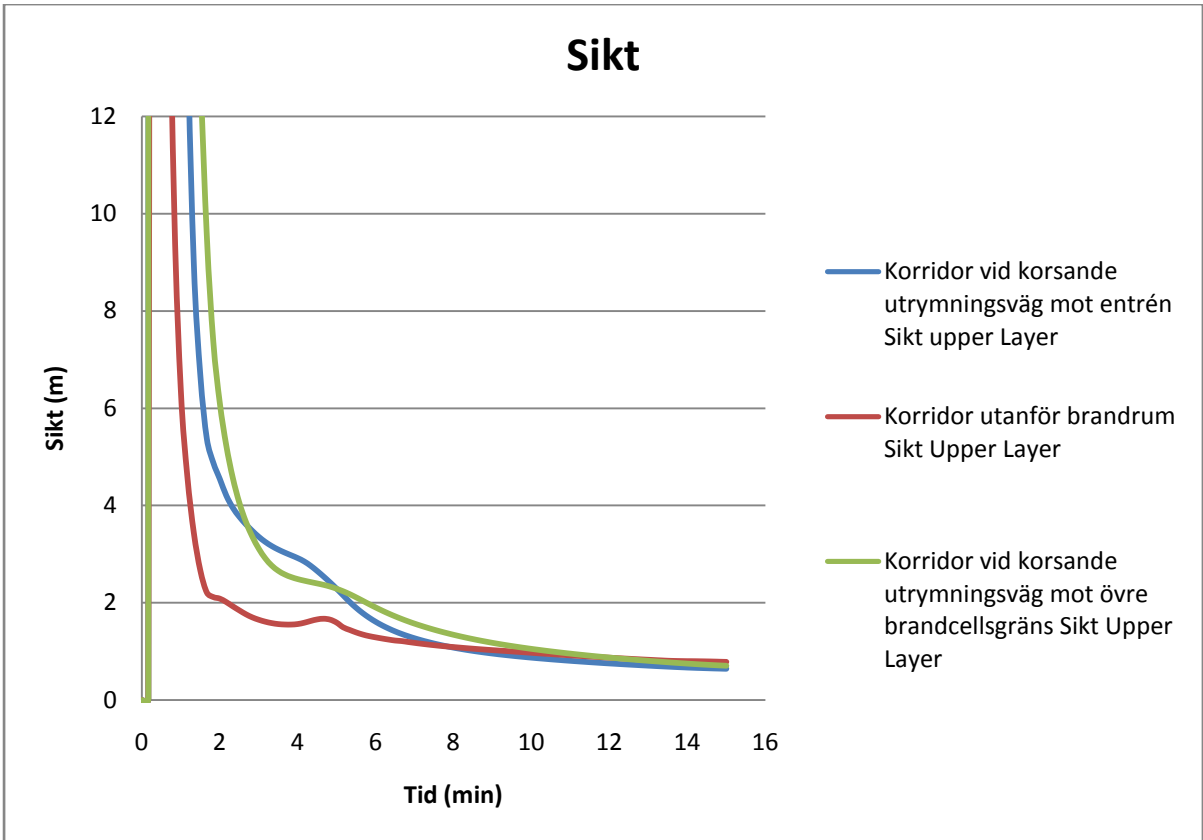
Rum	Brandgaslagrets höjd (mm:ss)	Temperatur i övre lagret (mm:ss)	Sikt (mm:ss)
Korridor utanför brandrum	3:00	1:30	1:00
Korridor vid korsande utrymningsväg mot entrén	1:30	-	2:00
Korridor vid korsande utrymningsväg mot övre brandcellsgräns	1:30	-	2:30

Tabell C.2 - Tid till kritiska förhållanden vid $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$

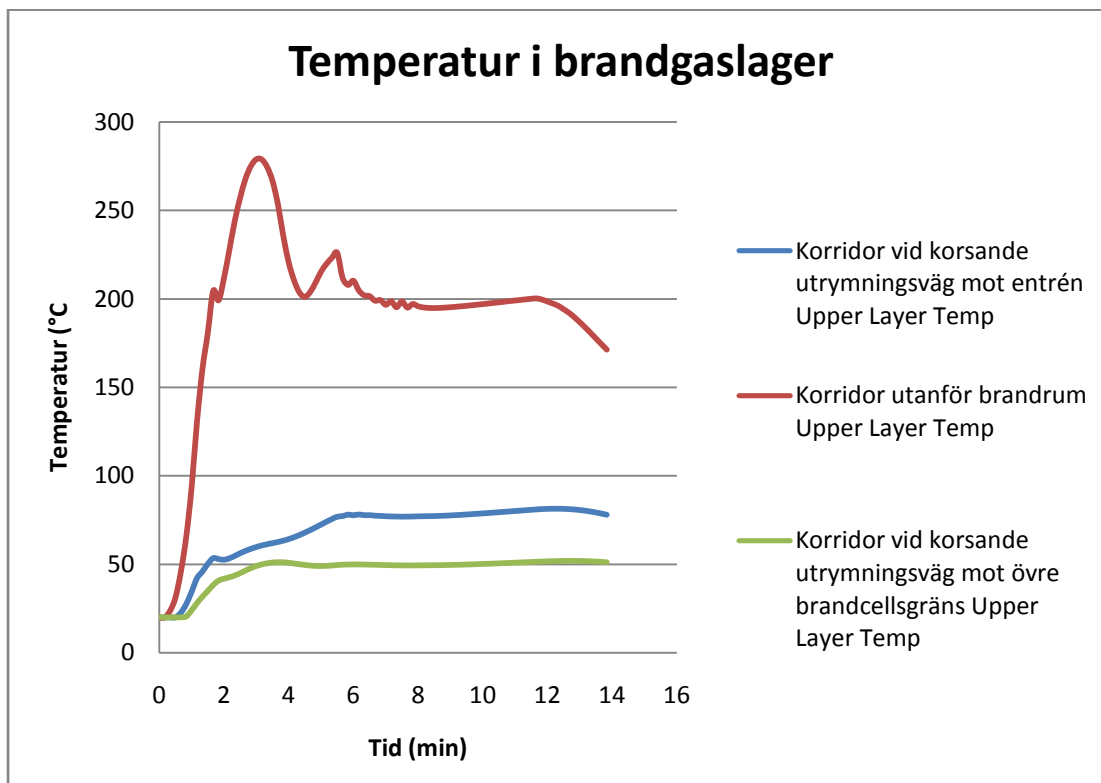
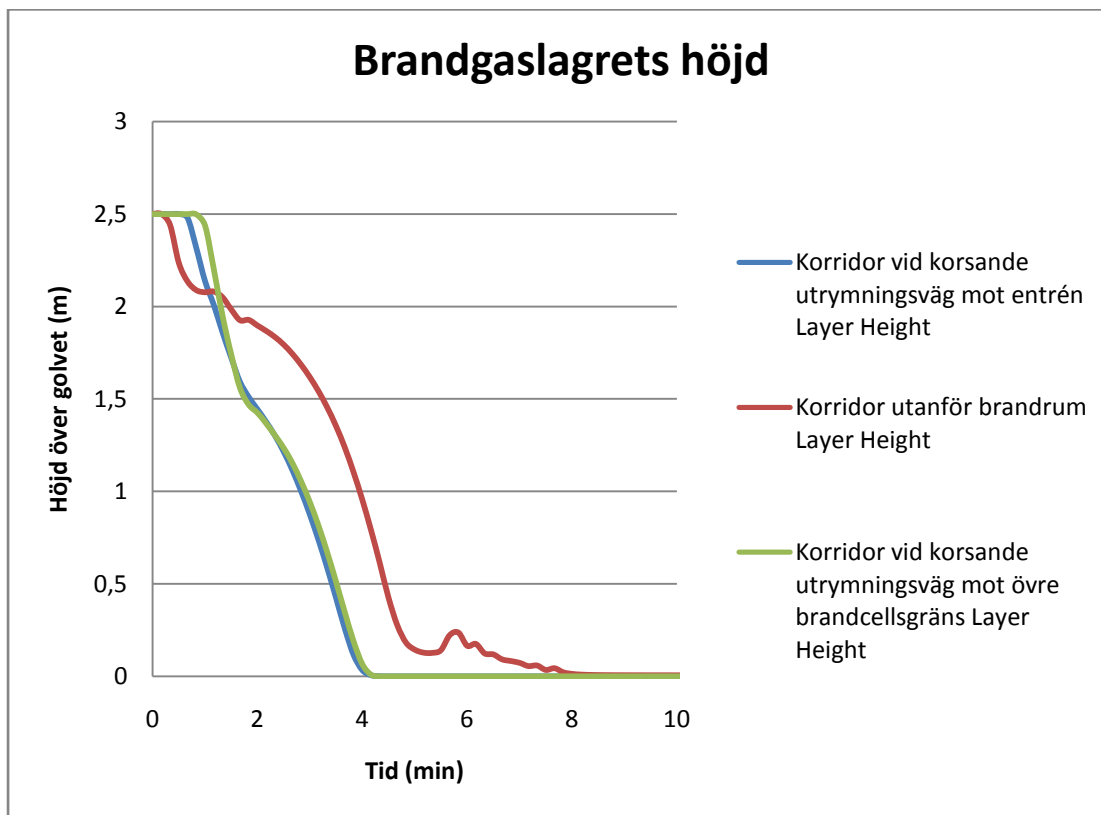
	Brandgaslagrets höjd (mm:ss)	Temperatur i övre lagret (mm:ss)	Temperatur i undre lagret (mm:ss)	Sikt (mm:ss)
Korridor utanför brandrum	2:00	1:00	5:00	1:00
Korridor vid korsande utrymningsväg mot entrén	1:30	-	-	1:30
Korridor vid korsande utrymningsväg mot övre brandcellsgräns	1:30	-	-	1:30

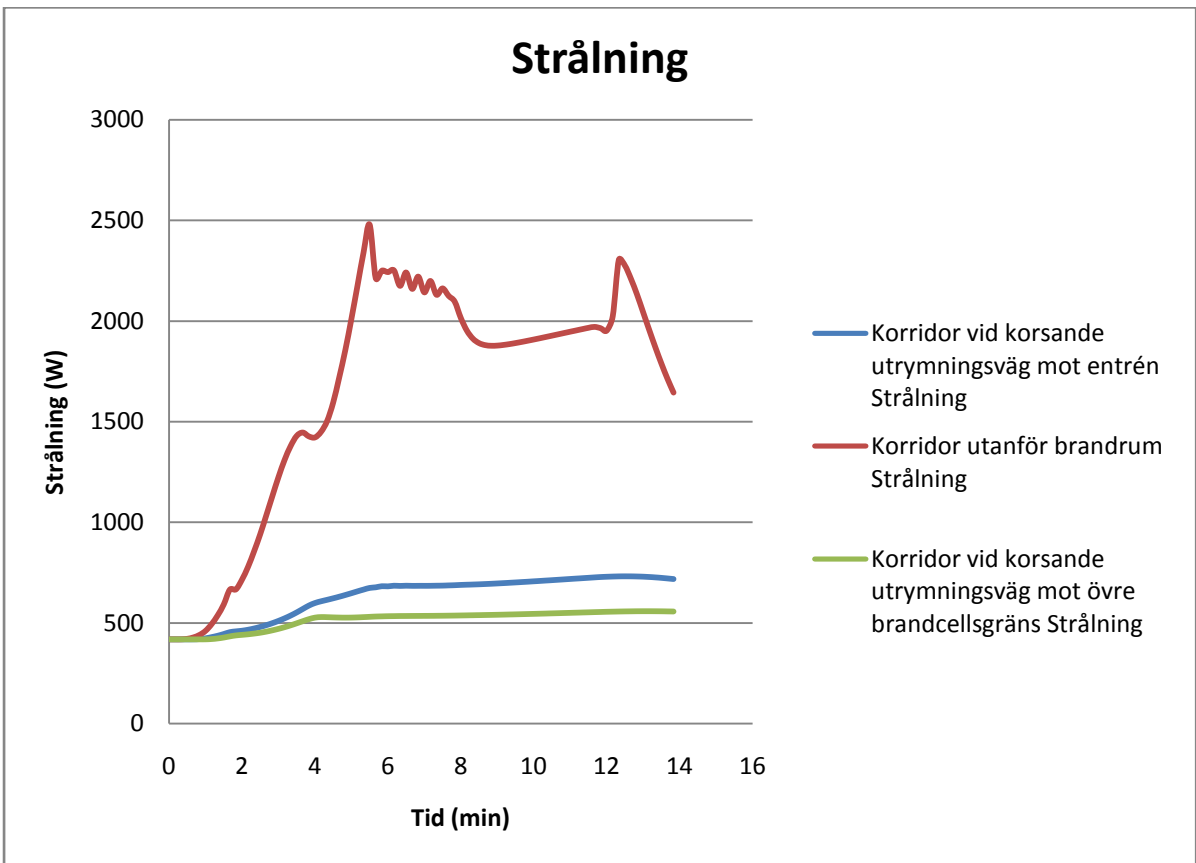
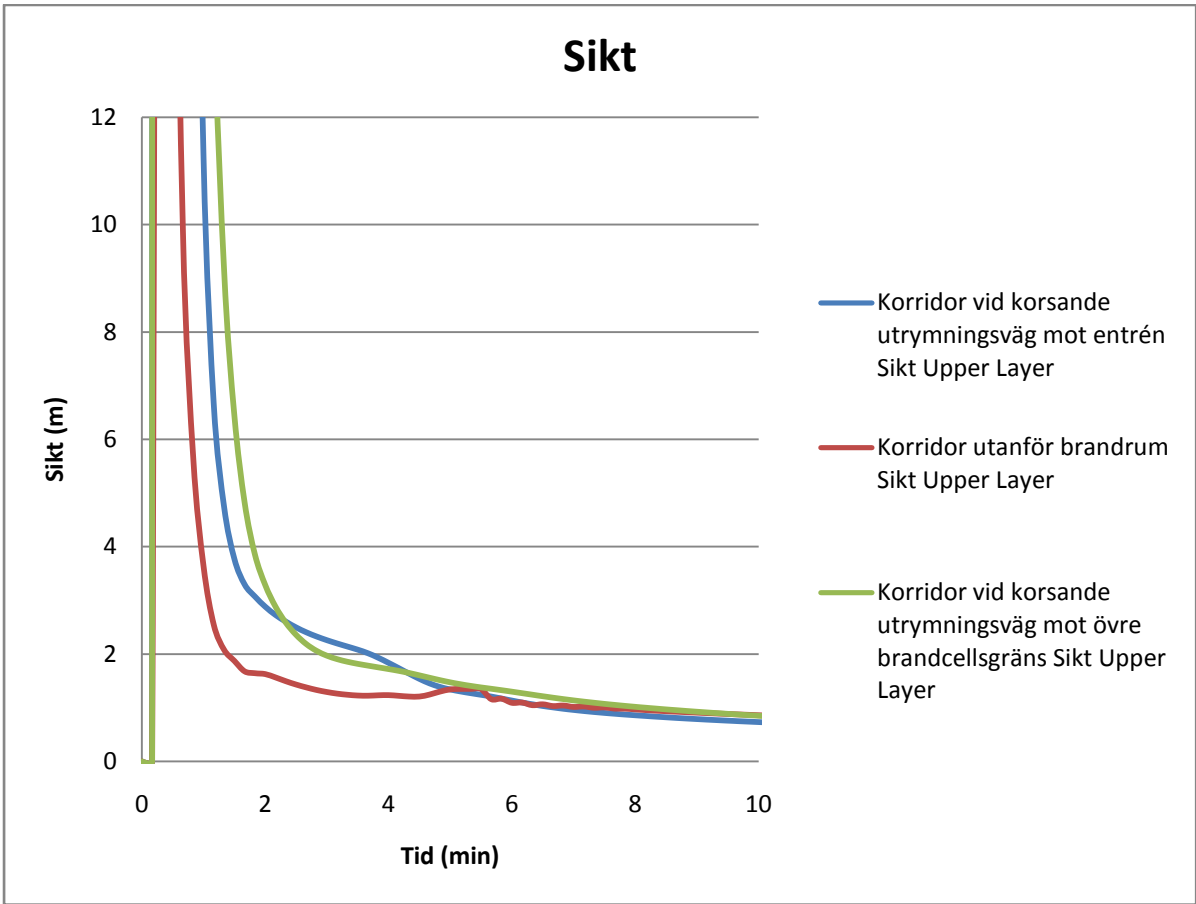
Följande diagram presenterar de viktigaste resultaten som erhöles från simuleringen i CFAST. Olika delar i brandcellen representerar olika färger. I de flesta kurvor syns tydligt när fönstret i brandrummet spricker.



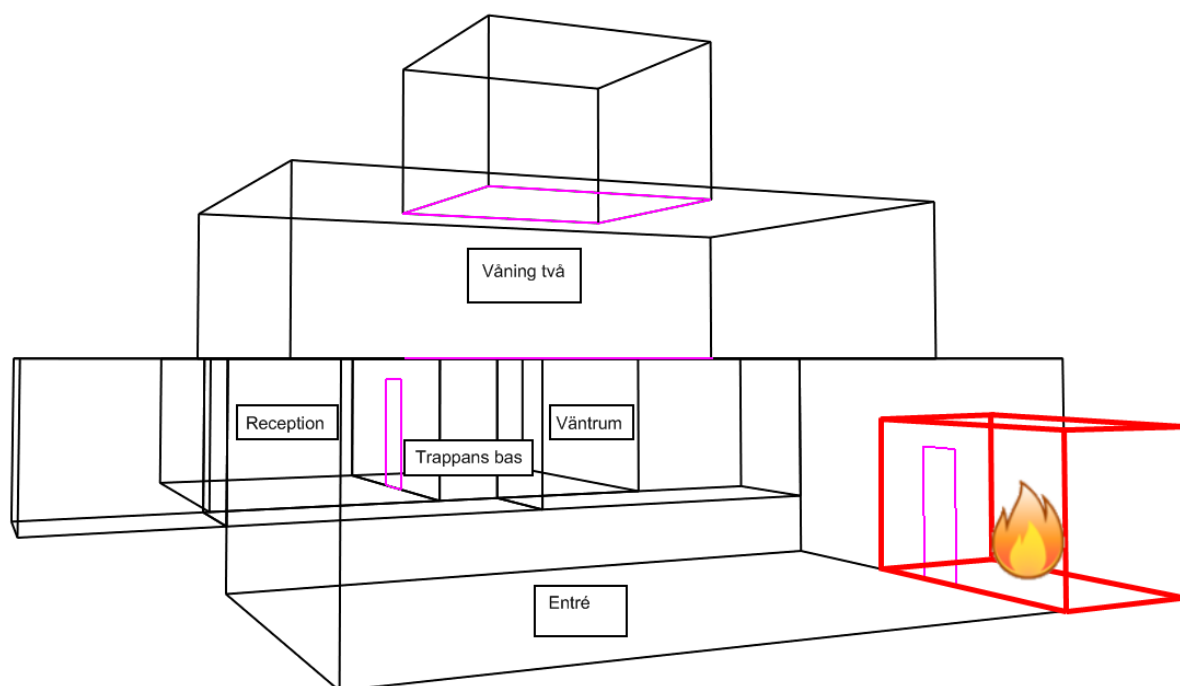


Följande diagram presenterar de viktigaste resultaten som erhölls från simuleringen av känslighetsanalysen då $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$. Olika delar i brandcellen representerar olika färger. I de flesta kurvor syns tydligt när fönstret i brandrummet spricker.





Bilaga D Resultat förvaringsrummet



Figur D.1 - Förklaring till tabelltext för branden i förvaringsrummet

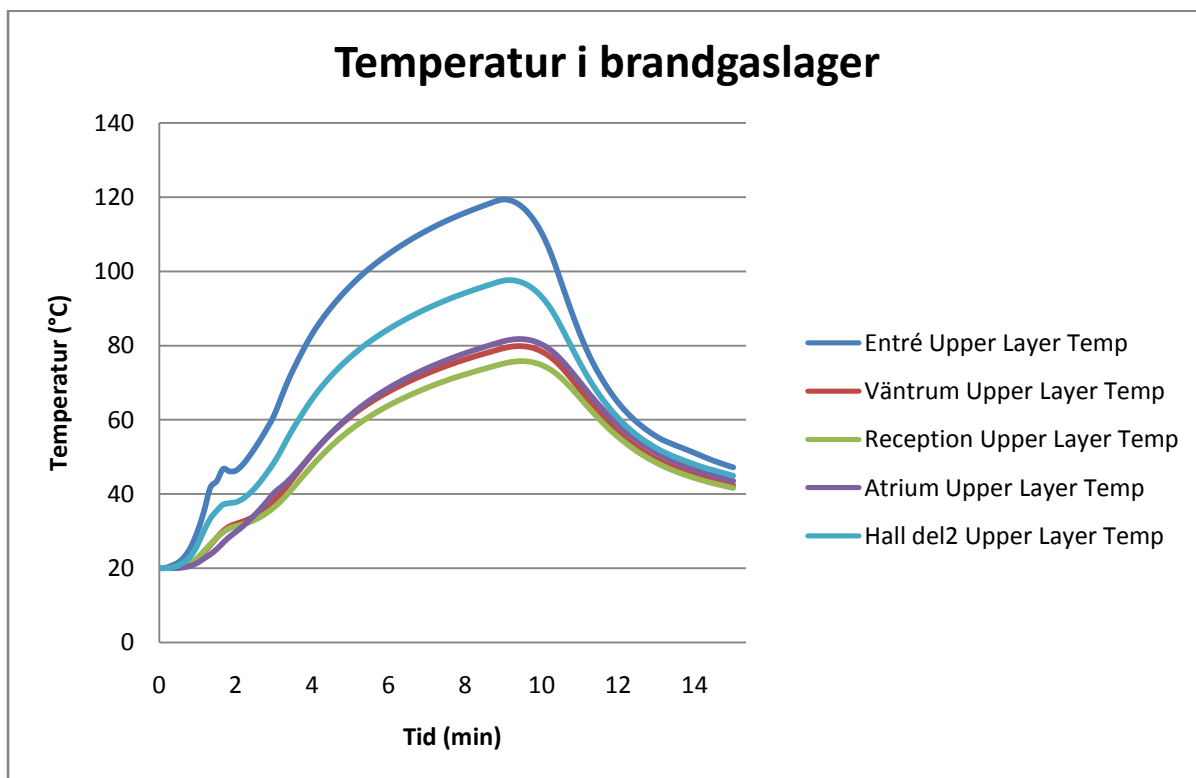
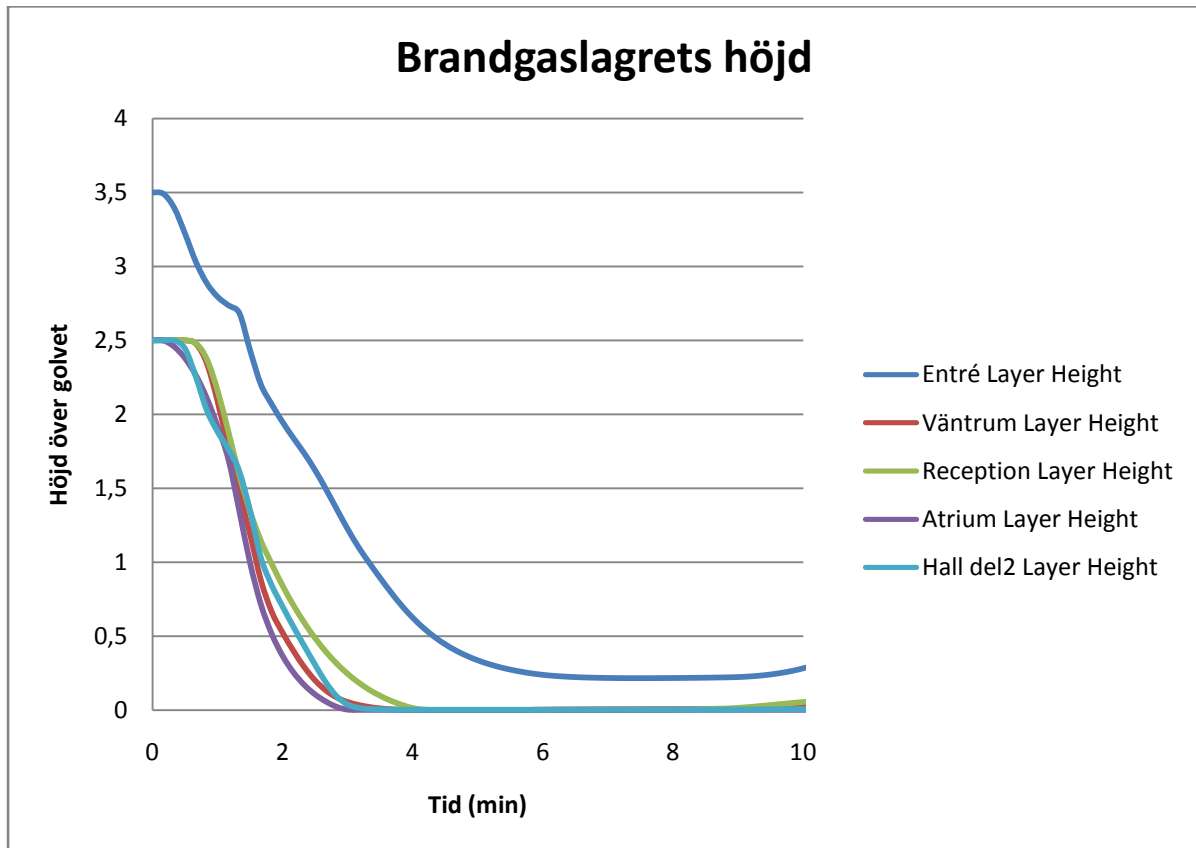
Tabell D.1 - Tid till kritiska förhållanden, brand i förvaringsrum

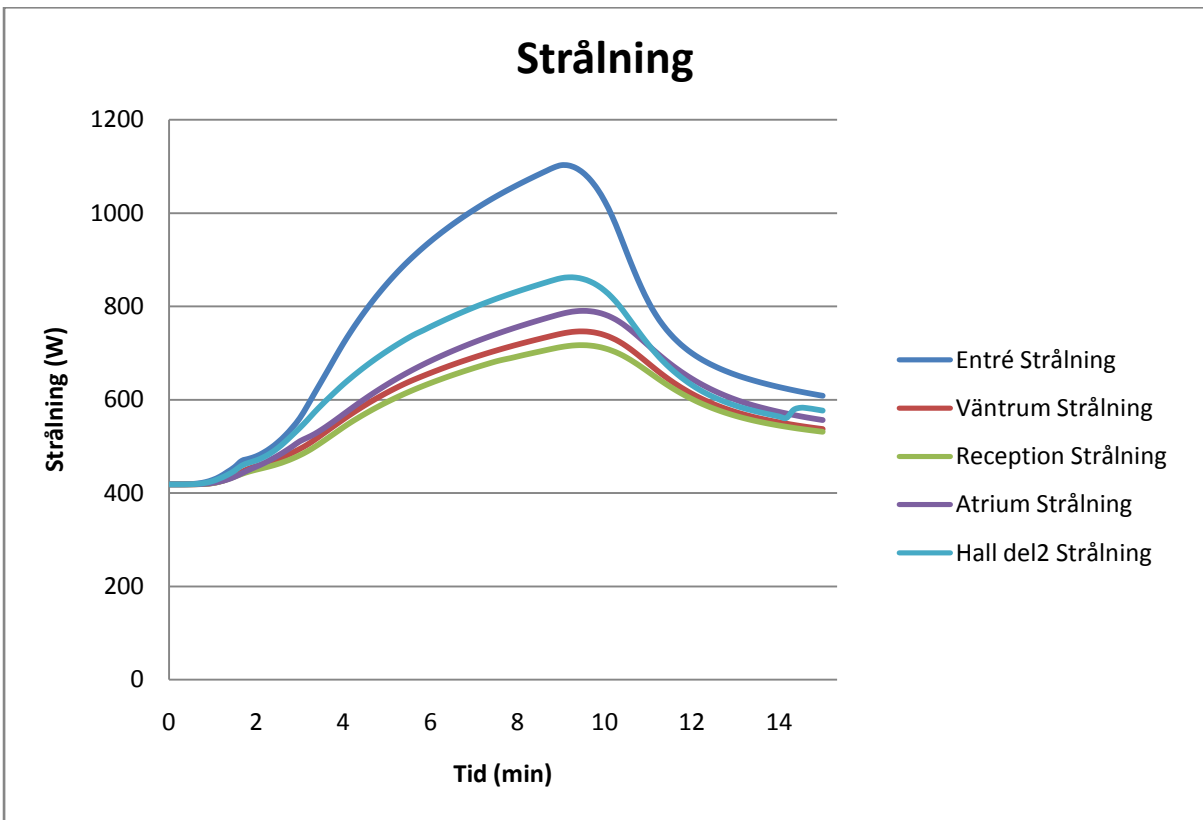
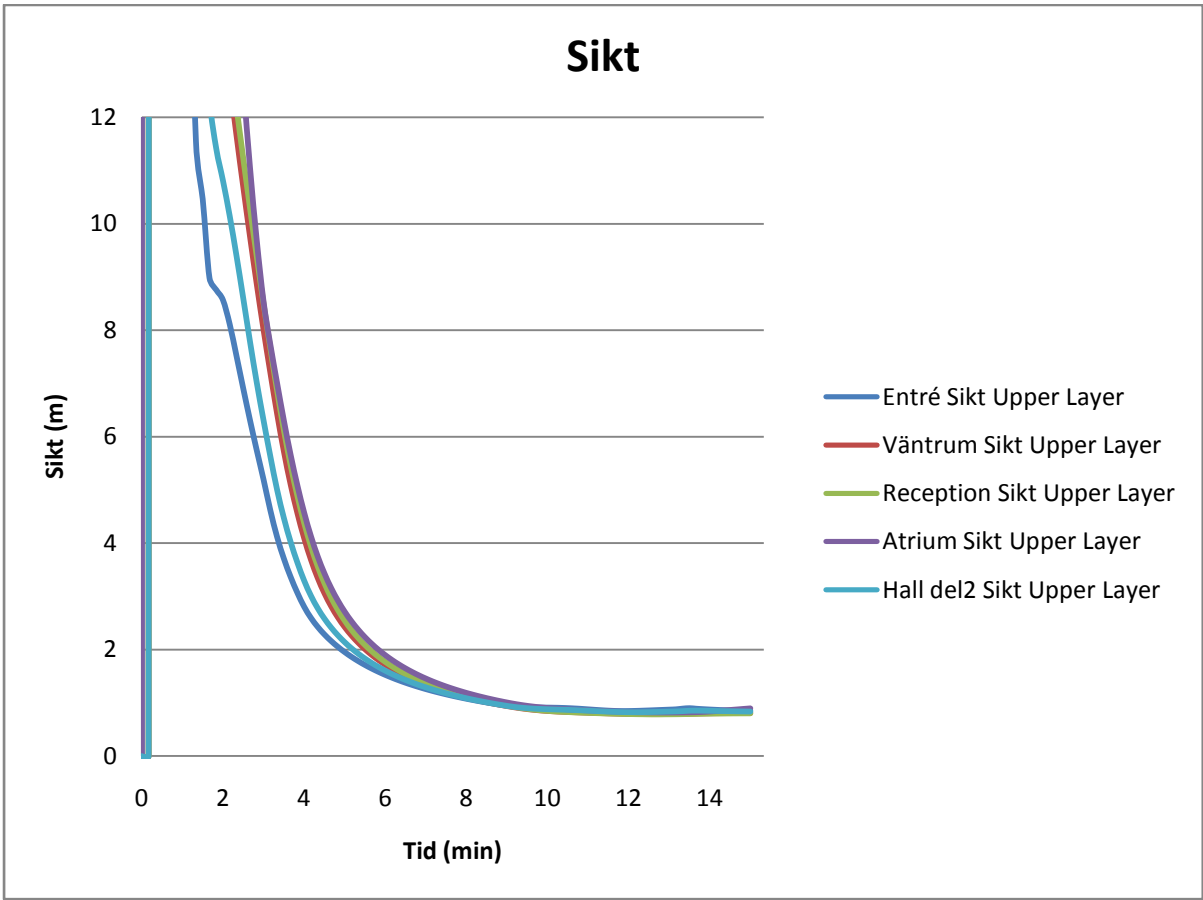
Rum	Brandgaslagrets höjd (mm:ss)	Temperatur i övre lager (mm:ss)	Sikt (mm:ss)
Entré	2:00	4:00	1:30
Väntrum	1:00	-	2:30
Reception	1:00	-	3:00
Trappans bas	1:00	5:30	2:30
Våning två	1:00	8:30	3:00

Tabell D.2 - Tid till kritiska förhållanden med α -värdet ultra fast, brand i förvaringsrum

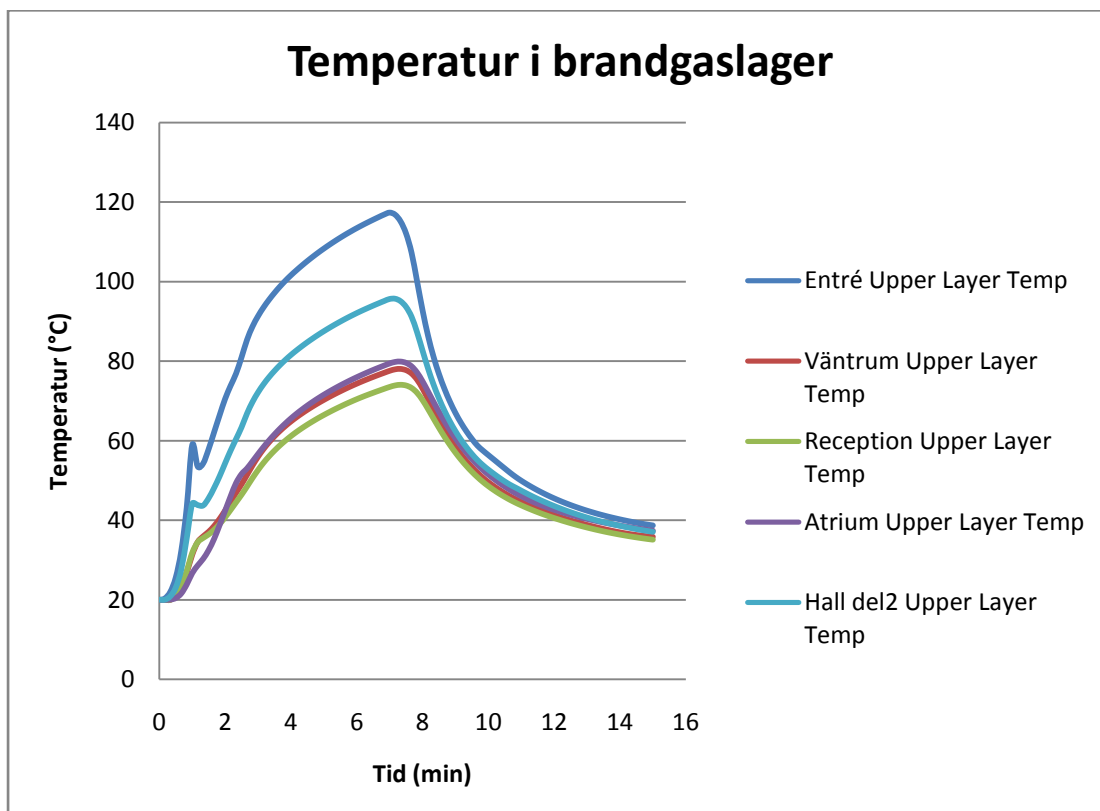
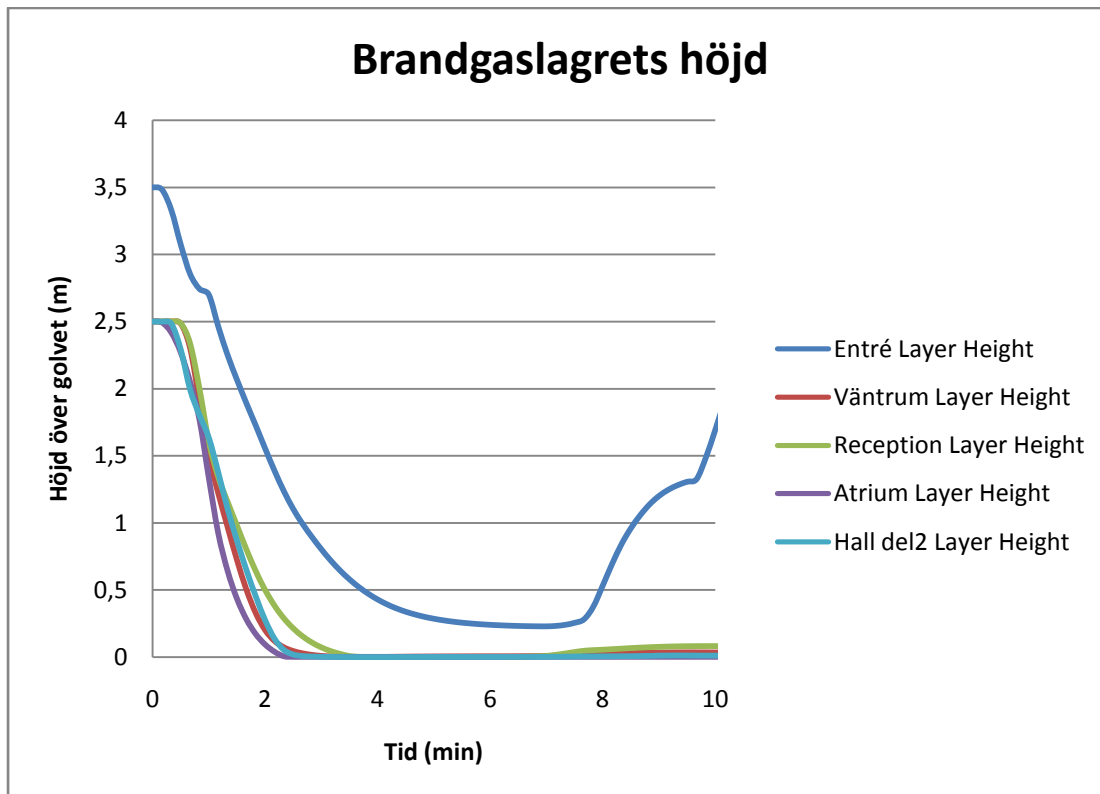
Rum	Brandgaslagrets höjd (mm:ss)	Temperatur i övre lager (mm:ss)	Sikt (mm:ss)
Entré	1:30	2:30	1:00
Väntrum	1:00	-	1:30
Reception	1:00	-	1:30
Trappans bas	1:00	4:00	1:00
Rum plan 2	1:00	-	2:00

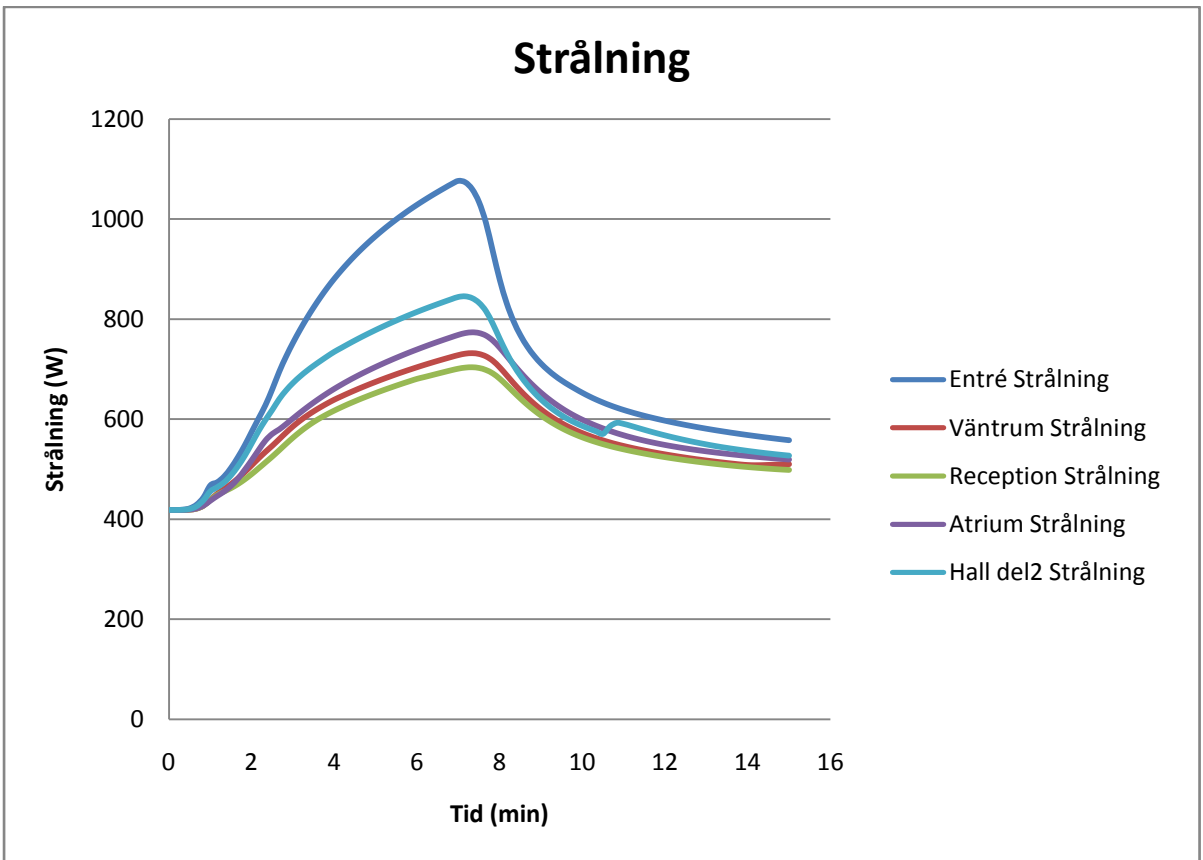
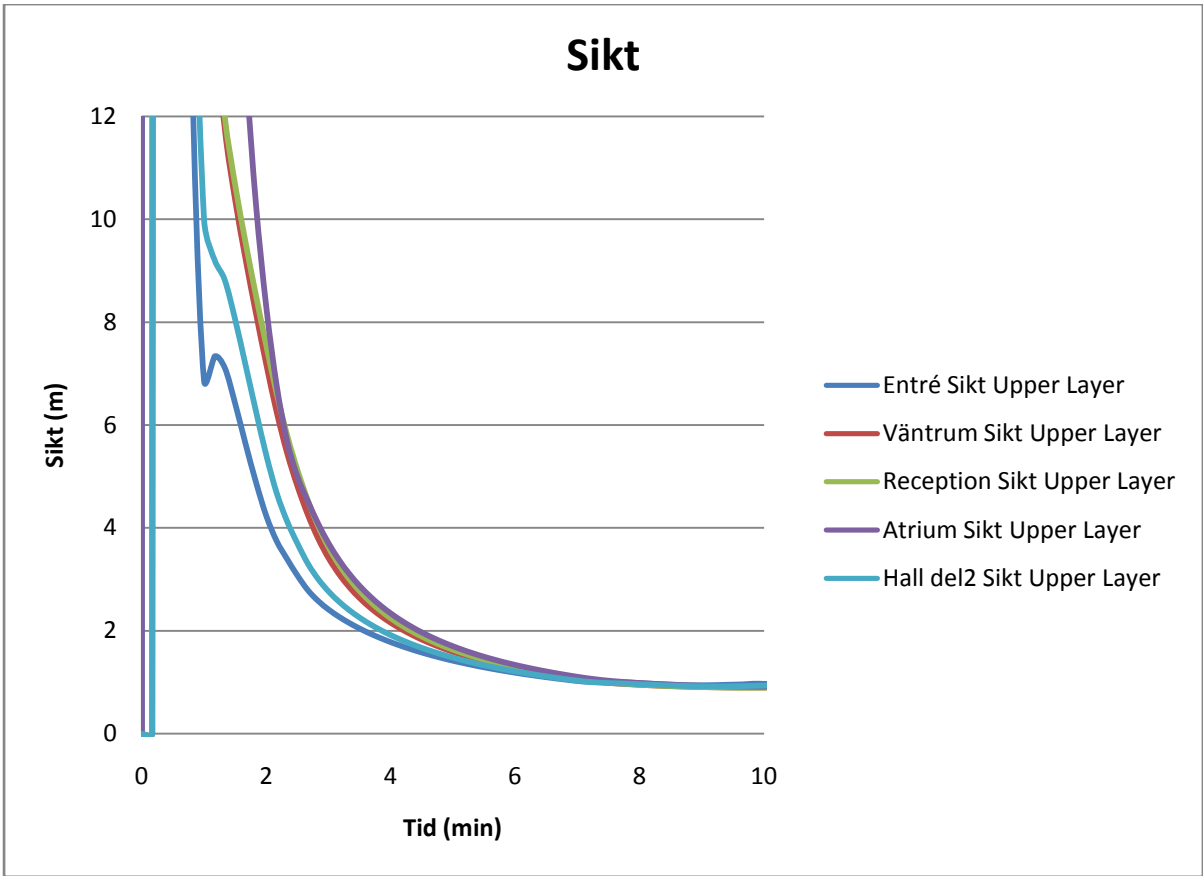
Följande diagram presenterar de viktigaste resultaten som erhöles från simuleringen av CFAST. Olika delar i brandcellen representerar olika färger. I de flesta kurvor syns tydligt när fönstret i brandrummet spricker.





Följande diagram presenterar de viktigaste resultaten som erhölls från simuleringen av känslighetsanalysen då $\alpha = 0,19 \text{ kW/s}^2$. Olika delar i brandcellen representerar olika färger. I de flesta kurvor syns tydligt när fönstret i brandrummet spricker.





Bilaga E Verifiering av åtgärdsförslag

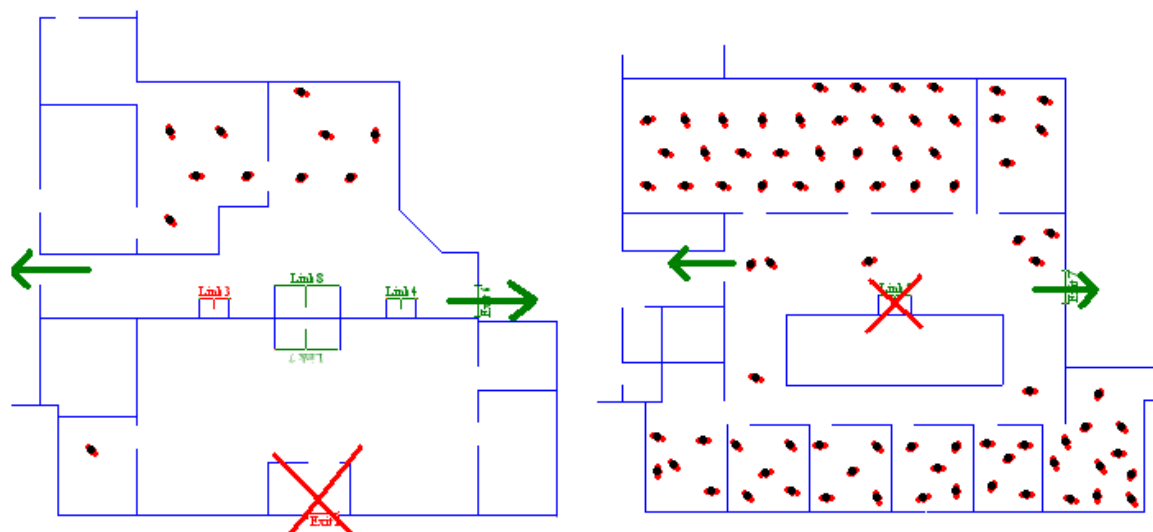
Enligt åtgärdsförslagen behöver dörrarna från entrén till angränsande korridorer vara öppningsbara för samtliga personer vid händelse av brand. En simulering visar att förflyttningstiden förbättras avsevärt när utrymning till korridorerna är möjlig. Det kan också tilläggas att en säker utrymning kan ske även om entrédörrarna blockeras av brandgaser eller flammor då utrymningstiden i simuleringen gäller för ett scenario där samtliga personer utrymmer till angränsande korridorer.

För samtliga personer blev beslut- och reaktionstiden samt förflyttningstiden ca 1 min och 30 s vid utrymning av brandcellen till angränsande korridorer. Tiden för personerna på våning två har alltså förkortats med ca 1 min. Detta resultat kan jämföras med tiden till kritiska förhållanden som är 2 min för båda våningarna. Resultatet redovisas i Tabell E.1.

Tabell E.1 - Kritisk varseblivningstid

	Tid till kritiska förhållanden	Beslut- & reaktionstid samt förflyttningstid	Kritisk varseblivningstid
Våning ett, tid (mm:ss)	2:00	1:30	0:30
Våning två, tid (mm:ss)	2:00	1:30	0:30

En kritisk varseblivningstid kan alltså tillåtas uppgå till ca 30 s vilket är en klar förbättring jämfört med tidigare fall. Figur E.1 visar förutsättningarna i utrymningssimuleringen.



Figur E.1 - Startuppställning på våning ett och två samt utvalda utrymningsvägar

Bilaga F Handberäkningar

Under denna rubrik redovisas beräkningsgången för de handberäkningar som används för att verifiera de uppmätta resultaten till kritiska förhållanden i CFAST.

F.1 Maximal effektutveckling

För att bestämma den maximala effektutvecklingen för branden i förvaringsrummet användes ekvation 6.27 för massflöde syre in genom en öppning ur *Enclosure Fire Dynamics* (Karlsson, B. & Quintiere, J.G. 2000, s 130). Ekvationen förutsätter följande:

1. Branden är ventilationskontrollerad och styrs därmed av mängden syre som tillförs via öppningen.
2. Branden är fullt utvecklad.

Ekvationen som används är följande:

$$\dot{Q}_{max,O_2} = 1,518 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0}$$

där

A_0 = öppningens area (m^2)

H_0 = öppningens höjd (m)

Då samtliga scenarier har likadana dörröppningar kan en och samma beräkning tillämpas.

$$\dot{Q}_{max,O_2} = 1,518 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} \approx 3,2 \text{ MW}$$

där $A_0 = 2,1 \cdot 0,7 = 1,47 \text{ m}^2$ och $H_0 = 2,1 \text{ m}$.

Ingen av bränderna blir alltså ventilationskontrollerade då den antagna maximala effektutvecklingen understiger 3,2 MW.

F.2 Brandgaslagrets temperatur i kökscenariot

För temperaturberäkningarna används MQH-metoden (Karlsson, B. & Quintiere, J.G. 2000).

Begränsningarna för denna metod kan summeras som följande:

1. Temperaturhöjningen måste vara mellan 20-600°C men kan utökas en aning upp över 600°C.
2. Metoden kan antas för både transient och konstant effektutvecklingstillväxt.
3. Metoden är inte tillämpbar för höga utrymmen där det tar en betydlig tid för brandgaslagret att nå öppningarna och flöda utåt.
4. Branden antas vara bränslekontrollerad.
5. Branden antas inte vara belägen intill en vägg eller i ett hörn.
6. Beräkningarna gäller för en brand innan övertändning.
7. Omgivningstemperaturen antas vara 20°C.

Tiden t för vilken temperaturen beräknas sätts till 0(60)300 sekunder och väggarna antas bestå av skivor av fiberisolering.

$$\text{Thermal penetration time, } t_p = \frac{\delta^2}{4(\alpha_{\text{fiber insulating board}})} = \frac{0,016^2}{4 \cdot 8,6 \cdot 10^{-8}} = 744 \text{ s,}$$

där $\alpha_{\text{fiber insulating board}} = \frac{k}{\rho c} = \frac{0,041}{2090 \cdot 229} = 8,6 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ och δ är taget ur CFAST-simuleringen.

Eftersom $t_p > t$ används följande ekvation för beräkning av värmekonduktivitetskoefficienten h_k :

$$h_{k,\text{fiber insulating board}} = \sqrt{\frac{k\rho c}{t}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^3}{t}} \text{ W/mK, där } t \text{ går från } 0\text{-}300 \text{ med } 60 \text{ sekunders intervall.}$$

t (s)	0	60	120	180	240	300
h_k (kW/mK)	-	$18,3 \cdot 10^{-3}$	$12,9 \cdot 10^{-3}$	$10,5 \cdot 10^{-3}$	$9,1 \cdot 10^{-3}$	$8,2 \cdot 10^{-3}$

Temperaturskillnaden kan nu beräknas,

$$\Delta T = 6,85 \cdot \left(\frac{\dot{Q}^2}{A_0 \cdot \sqrt{H_0} \cdot h_k \cdot A_T} \right)^{\frac{1}{3}}$$

där $\dot{Q} = \alpha t^2$ kW (för $t = 0(60)300$ och $\alpha = 0,02$)

$A_T = A_{\text{väggar}} + A_{\text{tak}} + A_{\text{golv}} - A_{\text{öppning}} = 41,5 + 17,2 + 17,2 - 6,72 = 69,18 \text{ m}^2$ vid $t = 0 - 240 \text{ s}$ och $A_T = 65,18 \text{ m}^2$ vid $t = 300 \text{ s}$,

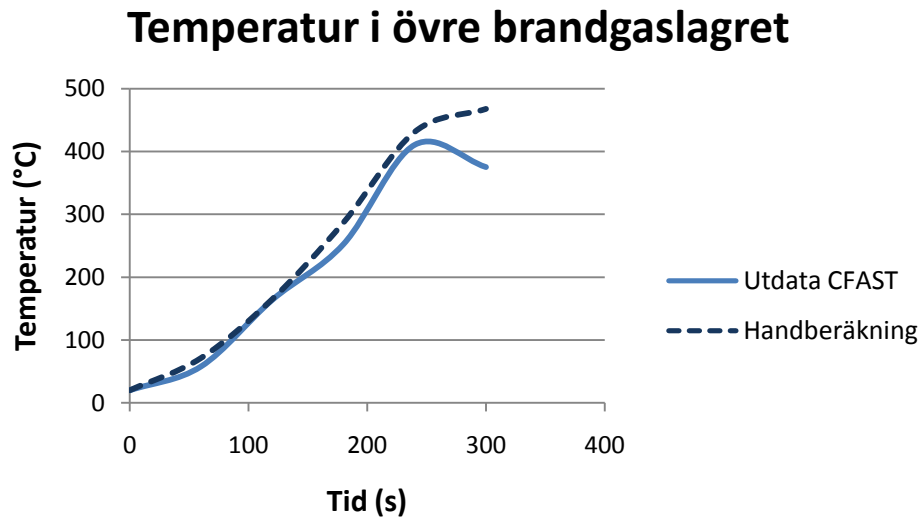
öppningsarean $A_0 = 6,72 \text{ m}^2$ vid $t = 0 - 240 \text{ s}$ och $A_0 = 10,72 \text{ m}^2$ vid $t = 300 \text{ s}$ och

den totala höjden på samtliga öppningar $H_0 = 2,1 \text{ m}$ vid $t = 0 - 240 \text{ s}$

och $H_0 = 4,1 \text{ m}$ vid $t = 300 \text{ s}$.

Anledningen till att A_0 och H_0 antar olika värden vid olika t beror på att hänsyn har tagits till $t = 240$ s då fönstret i köket antas spricka.

Resultatet redovisas i Figur F.1. Jämförelsen mellan CFAST utdata för temperaturen i det övre brandgaslagret och handberäkningen visar att de stämmer väl överens. Detta innebär att resultaten från CFAST är verifierade i detta scenario.



Figur F.1 - Jämförelse av handberäkning och resultat från CFAST

F.3 Siktförhållandet i kontorsscenariot

Siktförhållandet i brandgaslagret beräknas med ekvationer ur kapitel 7 i *Kompendium i Aktiva system – Detektion* (Nilsson, D. & Holmstedt, G. 2008). De viktigaste begränsningarna med metoden är följande:

1. Ekvationen för rökpotential förutsätter välventilerade förhållanden.
2. Rökpotentialen kan ibland överskatta rökutvecklingen i ett initialt skede av branden.
3. Rökpotentialen tar inte hänsyn till avbrinningshastigheten för materialet.
4. Beräkningarna förutsätter ett homogent brandgaslager i volymen dvs. ingen skiktning.

Sikten sätts till 5 m då personalen i lokalen har god lokalkännedom (BBR 5:361, 2008).

Siktförhållandet beräknas inom brandgaslagret som ligger på en höjd av 1,65 m över golvet i brandrummet och 1,93 m över golvet i en del av korridoren utanför, vid tidpunkten för kritiska siktförhållanden i CFAST. Höjden på den volym som ska beräknas blir 0,85 m i brandrummet och 0,57 m i korridoren.

Sikten motsvarar en optisk densitet per meter $D_{L,10log} = \frac{10}{S} = 2$ obscura, där $S = 5$ m.

Massan brunnet material som ger upphov till 5 meters sikt $m = \frac{D_{L,10log} \cdot V}{D_0} = 101,23 \cdot 10^{-3}$ kg

där rökpotentialen $D_0 = 0,18 \text{ obm}^3/g$ (Rasbash, D.J. & Phillips, R.P. 1978. "External plywood") och $V = 3 \cdot 2,5 \cdot 0,85 + 1,6 \cdot 3 \cdot 0,57 = 9,111 \text{ m}^3$.

Brandeffekten som avges $Q = m \cdot \Delta H_c \cdot \chi = 1\,417,2$ kJ

där $\Delta H_c = 20\,000 \text{ kJ/kg}$ (hämtat ur CFAST) och $\chi = 0,7$.

Brandeffekten per tidsenhet kan uttryckas $\dot{Q} = \alpha \cdot t^2$

där $\alpha = 0,023 \text{ kW/s}^2$.

Integrering av uttrycket $\frac{dQ}{dt} = \alpha \cdot t^2$ ger

$$\int_0^{2024,6} dQ = \int_0^t \alpha \cdot t^2 dt \rightarrow 1\,417,2 = \left[\frac{\alpha \cdot t^3}{3} \right]_0^t = \frac{0,023 \cdot t^3}{3}$$

Tiden då 5 meters sikt uppnås, $t = \sqrt[3]{\frac{1\,417,2 \cdot 3}{0,023}} = 56,96 \text{ s} \approx 1 \text{ min}$.

Tiden till dess då kritiska siktförhållanden inträffar är 1 min enligt handberäkningen. Detta stämmer väl överrens med CFAST som säger att tiden då kritiska siktförhållanden inträffar i det övre brandgaslagret är 1 min. Detta innebär att utdata från CFAST bedöms vara verifierade.

