

Brandteknisk riskvärdering av Hedemora Stadshotell

*Andersson, Joel
Björnfot, Johanna
Lennqvist, Andreas
Petterson, Malin*

**Brandteknik
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet**

**Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden**

Rapport 9291, Lund 2006

Brandteknisk Riskvärdering av Hedemora Stadshotell



Andersson, Joel
Björnfot, Johanna
Lennqvist, Andreas
Pettersson, Malin

Lund 2006

Avdelningen för brandteknik

Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 Lund
Telefon: 046-2227300
E-post: brand@brand.lth.se

Department of Fire Safety Engineering

Lund University
Box 118
221 00 Lund Sweden
Telephone: +46 46-2227300
E-mail: brand@brand.lth.se

Rapport/Report

9291

Titel

Brandteknisk riskvärdering av Hedemora Stadshotell

Title

Fire safety evaluation of Hedemora Stadshotell

Av/By

Joel Andersson
Johanna Björnfot
Andreas Lennqvist
Malin Petterson

Brandingenjörsprogrammet, Lunds Tekniska Högskola, december 2006
Department of Fire Safety Engineering, Lund University, December 2006
© Copyright: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund 2006.

Abstract

This report is a fire safety evaluation of Hedemora Stadshotell, Sweden. The hotel is a two-storey building from 1860. The purpose is to evaluate the safety of people during evacuation, in case of fire. Structural damages and property loss is not taken into account.

Four scenarios that represent critical fires, most likely to occur in the hotel, were chosen. For each scenario, the time to critical conditions was calculated with the two-zone model program CFAST. Smoke layer height, visibility, temperature and heat radiation were the studied parameters. The time was compared with the evacuation time calculated in the program Simulex. The conclusion is that a satisfying evacuation can not be carried out before critical conditions occur. This report therefore includes suggestions of improvements in the fire safety system.

Nyckelord

Brandteknisk riskvärdering, Hedemora Stadshotell, CFAST, Simulex, kritiska förhållanden, utrymning, personsäkerhet, dimensionerad brand

Key words

Fire safety evaluation, Hedemora Stadshotell, CFAST, Simulex, critical conditions, evacuation, life safety, dimensioned fire

Språk/Language

Svenska/Swedish

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.

Förord

Författarna vill rikta ett stort tack till följande personer för deras bidrag till arbetet kring rapporten:

Stefan Kvarnström, byggnadsinspektör Byggnadsnämnden Hedemora Kommun, för att ha försett oss med byggnadsritningar samt OVK

Joackim Eriksson, Belab Vent & Kyla AB, för viktiga tips om vart de försvunna ventilationsritningarna kunde finnas.

Sven-Ingvar Granemark, forskningsingenjör Brandteknik Lunds Tekniska Högskola, för den mätutrustning vi fått låna.

Södra Dalarnas Räddningstjänstförbund, för mat och logi.

Erik Persson, brandinspektör Södra Dalarnas Räddningstjänstförbund, för all hjälp vid besöket på objektet.

Hanna Haydo, ägare Hedemora Stadshotell, för att hjälpsamt ha visat oss runt vid objektsbesöket och svarat på frågor.

Daniel Gojkovic, universitetsadjunkt Brandteknik Lunds Tekniska Högskola och brandingenjör ÖSA, för svar på alla våra frågor om CFAST.

Daniel Nilsson, doktorand Brandteknik Lunds Tekniska Högskola, för svar på frågor och funderingar som dykt upp under arbetes gång.

Lars Jensen, professor installations- och klimatiseringslära Lunds Tekniska Högskola, för hjälp med tolkning av ventilationsritningar.

Gustaf Sandell, brandingenjör och 2:a stf räddningschef Södra Dalarnas Räddningstjänstförbund, kontaktperson, för framtagning av underlag och praktisk rådgivning.

Robert Jönsson, universitetslektor och avdelningschef Brandteknik Lunds Tekniska Högskola, handledare.

Joel, Johanna, Andreas & Malin

Lund 2006

Sammanfattning

Denna rapport är en brandteknisk riskvärdering av Stadshotellet i Hedemora. Syftet med rapporten är att utvärdera personsäkerheten i hotellet vid händelse av brand. I rapporten belyses det befintliga brandskyddet och det ges förslag på förbättringar av brandskyddet för att öka personsäkerheten.

Stadshotellet i Hedemora, Dalarnas äldsta kommun, är av gamla anor och byggdes kring 1860. Hotellet är en träbyggnad i två plan och har sedan uppbyggnaden genomgått många till- och ombyggnationer. Idag används Stadshotellet som hotell- och restaurangrörelse.

Ett besök på hotellet gjordes i ett tidigt skede av kursen. Besöket gav en uppfattning av det nuvarande brandskyddet, utrymningsmöjligheter och möjliga brandscenario i byggnaden. Efter utvärdering av olika möjliga brandscenario valdes följande fyra scenario, som är representativa för hotellets verksamhet, att studeras vidare:

- Brand i Kings Arms
- Brand i garderob
- Brand i Bakfickan
- Brand i gästrum

För respektive scenario har en dimensionerande brands effektutveckling uppskattats och använts som grund för simuleringarna av brandförloppet i datorprogrammet CFAST. Utrymningssimuleringar utfördes i programmet Simulex. Genom simuleringarna har en analys av personsäkerheten genomförts för att utvärdera om utrymning kan ske på ett tillfredställande sätt innan kritiska förhållanden uppstår.

Analysen angående personsäkerheten i hotellet visar att en tillfredsställande utrymning inte kan genomföras eftersom kritiska förhållanden inträffar relativt snabbt i samtliga scenario. För att förbättra utrymningssituationen skall objektsägaren vidta de åtgärder som krävs för att gällande regler i Boverkets Byggregler skall uppfyllas. Allt brännbart material i källaren och på vinden, samt utanför byggnaden, skall rensas bort. Hela personalen skall utbildas i brandskydd. Dessutom bör det befintliga detektionssystemet förnyas och ett sprinklersystem installeras.

Innehållsförteckning

Inledning	1
1.1 Syfte.....	1
1.2 Mål.....	1
1.3 Metod.....	1
1.4 Avgränsningar	1
1.5 Målgrupp	1
2. Objektsbeskrivning.....	2
2.1 Historia	2
2.2 Byggnaden.....	2
2.3 Personal	2
2.4 Brandskydd.....	2
2.4.1 Brandcellsindelning.....	2
2.4.2 Avskiljande dörrar.....	3
2.4.3 Fönster.....	3
2.4.4 Ytskikt.....	3
2.4.5 Sprinklersystem.....	4
2.4.6 Manuell släckutrustning	4
2.4.7 Brandgasventilation.....	4
2.4.8 Automatiskt brand- och utrymningslarm	5
2.4.9 Utrymning.....	5
2.4.10 Förutsättningar för räddningstjänsten	6
2.5 Ventilationssystem	6
3. Utrymning.....	7
3.1 Utrymningstid.....	7
3.1.1 Varseblivningstid.....	7
3.1.2 Besluts- och reaktionstid.....	7
3.1.3 Förflyttningstid	7
3.2 Beteende	8
4. Brandscenarion	9
4.1 Valda scenarion	9
4.1.1 Scenario 1 – Kings Arms	9
4.1.2 Scenario 2 – Garderoben.....	10
4.1.3 Scenario 3 – Bakfickan	11
4.1.4 Scenario 4 – Gästrum	11
4.2 Ej valda scenarion.....	12
4.2.1 Korridorerna.....	12
4.2.2 Spritförrådet	12
4.2.3 Lilla köket	13
4.2.4 Stora källaren	13
5. Simuleringar av valda scenarion	14
5.1 Effektutvecklingskurvor	14
5.2 CFAST.....	14
5.2.1 Begränsningar	15
5.2.2 Data	15
5.2.3 Kritiska förhållanden.....	16
5.3 Simulex.....	16
6. Scenario 1 - Kings Arms	18
6.1 Dimensionerande brand.....	18

6.2	Förutsättningar för CFAST.....	19
6.3	Resultat från CFAST	19
6.4	Förutsättningar för Simulex.....	20
6.5	Resultat från Simulex	20
6.6	Slutsats från resultat	21
7.	Scenario 2 - Garderoben.....	22
7.1	Dimensionerande brand.....	22
7.2	Förutsättningar för CFAST.....	23
7.3	Resultat från CFAST	24
7.4	Förutsättningar för Simulex.....	25
7.5	Resultat från Simulex	26
7.6	Slutsats från resultat	26
8.	Scenario 3 - Bakfickan	28
8.1	Dimensionerande brand.....	28
8.2	Förutsättningar för CFAST.....	29
8.3	Resultat från CFAST	29
8.4	Förutsättningar för Simulex.....	30
8.5	Resultat från Simulex	31
8.6	Slutsats från resultat	31
9.	Scenario 4 - Gästrum	33
9.1	Dimensionerande brand.....	33
9.2	Förutsättningar för CFAST.....	34
9.3	Resultat från CFAST	35
9.4	Förutsättningar för Simulex.....	35
9.5	Resultat från Simulex	36
9.6	Slutsats från resultat	36
10.	Känslighetsanalys.....	38
10.1	Scenario 1	38
10.1.1	<i>Släckt brand.....</i>	38
10.1.2	<i>Tre utrymningsvägar.....</i>	39
10.1.3	<i>Full dörrbredd</i>	40
10.1.4	<i>Slutsats från känslighetsanalys.....</i>	40
10.2	Scenario 2	41
10.2.1	<i>Stängd dörr</i>	41
10.2.2	<i>Tillväxthastighet medium.....</i>	43
10.2.3	<i>Slutsats från känslighetsanalys.....</i>	45
10.3	Scenario 3	46
10.3.1	<i>Matsalen öppen.....</i>	46
10.3.2	<i>Släckförsök.....</i>	46
10.3.3	<i>Slutsats från känslighetsanalys.....</i>	47
10.4	Scenario 4	48
10.4.1	<i>Stängd dörr</i>	48
10.4.2	<i>Förändrat brandförlopp</i>	49
10.4.3	<i>Slutsats från känslighetsanalys.....</i>	50
11.	Diskussion och slutsatser	51
11.1	Åtgärder.....	51
11.2	Validering av åtgärdsförslag.....	53
11.2.1	<i>Byta detektorer.....</i>	53
11.2.2	<i>Upprätta sprinklersystem.....</i>	54
11.2.3	<i>Diskussion.....</i>	58

Referenser	59
Bilaga A – Byggnadsritningar	60
Brandcellsindelning	60
Plan 1	61
Plan 2	62
Källare.....	63
Bilaga B – Ekvationer för beräkningar	64
Bilaga C – Beräkningar för dimensionerande bränder	66
Scenario 1.....	66
Scenario 2.....	66
Scenario 3.....	67
Scenario 4.....	69
Bilaga D – Effektutvecklingskurvor	70
Scenario 2.....	70
Scenario 3.....	70
Scenario 4.....	71
Bilaga E – Geometri i CFAST	72
Scenario 1.....	72
Scenario 2.....	73
Scenario 3.....	74
Scenario 4.....	74
Bilaga F – Utdata från CFAST	75
Scenario 1.....	75
Scenario 2.....	77
Scenario 3.....	79
Scenario 4.....	81
Bilaga G – Simulex	83
Scenario 1.....	83
Scenario 2.....	85
Scenario 3.....	87
Scenario 4.....	88
Bilaga H – Validering av sprinklersystem.....	90
Scenario 1.....	90
Scenario 2.....	90
Scenario 3.....	91
Scenario 4.....	92

Inledning

1.1 Syfte

Denna rapport är resultatet av ett projektarbete som ingår i kursen VBR054 Brandteknisk riskvärdering (BTR), som ges av avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Uppgiften med projektarbetet går ut på att genomföra en värdering av säkerhetsnivån hos ett givet objekt och ge förslag på eventuella förändringar.

Rapporten är en brandteknisk riskvärdering av Stadshotellet i Hedemora. Syftet med rapporten är att utvärdera personsäkerheten i hotellet vid händelse av brand.

1.2 Mål

Målen med kursen och projektarbetet är, förutom att tillämpa kunskaper om rapportskrivning, bland annat att lära sig tillämpa beräkningsmetoder för brand och brandgasspridning, använda sig av datorsimuleringar av brand- och utrymningsförlopp, tillämpa byggnormer och föreskrifter samt värdera utrymningssituationer.

1.3 Metod

Projektarbetet genomförs i grupp genom så kallad "Case Study-metodik", med bland annat experimentella inslag, studiebesök och rapportskrivning. Arbetet presenteras sedan vid ett offentligt seminarium.

I ett tidigt skede av projektarbetet görs ett besök på objektet för att få en uppfattning av det befintliga brandskyddet, utrymningsmöjligheter och möjliga brandscenarion i byggnaden. Brandscenariona utvärderas och de med störst inverkan på utrymning och personsäkerhet studeras sedan vidare. I de utvalda brandscenariona undersöks, med hjälp av datorprogram, när kritiska förhållanden kommer att uppstå för att kunna dra slutsatser om säker utrymning av byggnaden kan ske. Utifrån analys av resultaten kan sedan förslag på förbättringar av brandskyddet, för ökad personsäkerhet i objektet, ges.

Under arbetets gång finns handledare från Lunds Tekniska Högskola samt kontaktperson med brandingenjörskompetens till hands för att ge värdefulla kommentarer.

1.4 Avgränsningar

Fokus i denna studie ligger på personsäkerheten i byggnaden. Brandgasernas toxiska verkan på människor har inte tagits hänsyn till. Det är endast det tidiga skedet av brandförloppet som har studerats, och därför har inte brandens påverkan på byggnadens hållfasthet och räddningsmanskapets säkerhet beaktats. Några bedömningar av egendomsskydd har inte heller gjorts.

1.5 Målgrupp

Objektsägaren samt Södra Dalarnas Räddningstjänstförbund är rapportens primära målgrupp, men rapporten kan också vara av intresse för andra brandingenjörsstudenter.

2. Objektsbeskrivning

2.1 Historia

Stadshotellet i Hedemora, Dalarnas äldsta kommun, är av gamla anor och byggdes kring 1860. Konferenslokalen i hotellet, som kallas för Oscarsrummet, har sin speciella historia. Kung Oscar II höll 1897 en manöver i Dalarna och hade sin sambandscentral i just det rummet. Som tack fick hotellet kungens signerade porträtt. Förutom restaurang och logi har hotellet inrymt bank, brännvinshandel, telegraf och barberare.

Hotellet är en träbyggnad i två plan och har sedan uppbyggnaden genomgått många till- och ombyggnationer. Idag används Stadshotellet enbart som hotell- och restaurangrörelse. De senaste åren har hotellet genomgått några ägarbyten och ägs idag av Rozets Krog AB med ägaren Hanna Haydo i spetsen.

2.2 Byggnaden

Byggnadsritningar kan ses i figur A.1.-A.5. i bilaga A. Hotellet inrymmer 80 gäster i sina 30 gästrum belägna på både första och andra våningen. Av dessa gästrum är två stycken handikappanpassade och ett utgör gästsvit. Hotellet har på första våningen en liten restaurang och pub, Kings Arms, med plats för 80 gäster samt 50 gäster på uteserveringen. På första våningen finns även en bar, Stadsbaren, med tillhörande Bakficka, diskotek och bar på andra våningen. I dessa lokaler får tillsammans maximalt 550 personer vistas samtidigt, varav maximalt 250 personer i diskoteket och Bakfickan. Dessa lokaler är ombyggda och renoverade 2002. På andra våningen finns en konferenslokal som tar upp till 55 personer. Det finns även ett intilliggande grupprum för konferenser för upp till åtta personer. I anslutning till konferenslokalen ligger matsalen som dagligen används som frukostmatsal. Här anordnas också konferensluncher, fester, middagar och andra tillställningar. Matsalen kan ta upp till 140 sittande personer. På andra våningen finns ett stort kök. Källaren består av två separata delar, en mindre del med bland annat omklädningsrum och bastu, samt en större del med bland annat elcentral och tvättstuga. Den oinredda vinden är i två delar och innehåller ventilationsanläggningen.

2.3 Personal

Totalt antal anställda på hotellet är okänt eftersom det finns många del- och visstidsanställda. Personalantal på plats i hotellet är maximalt sex stycken och minimalt två stycken. Personalen saknar utbildning i brandskydd och har inte fått genomföra några utrymningsövningar.

2.4 Brandskydd

De krav som diskuteras nedan gäller för nybyggnation, men även äldre byggnader bör uppfylla dessa krav. Eftersom hotellet är en byggnad med två våningsplan och är avsedd för sovande personer som inte kan förväntas ha god lokalkännedom, skall den utföras i brandteknisk klass 1 (*Boverket, 2005, 5:21*).

2.4.1 Brandcellsindelning

Brandcellsindelningen, för att förhindra brand- och brandgasspridning, utgör huvuddelen i det passiva systemet i byggnaden och kan anses tillräcklig. I brandcellsgränserna har träväggarna förstärkts med betongplattor och uppfyller därmed klass EI60. Dörrarna uppfyller däremot på inga ställen mer än E30.

Brandcellsindelningen i byggnaden är enligt nedan, se figur A.1.-A.2. i bilaga A:

- Respektive källare utgör egen brandcell.
- Trapphusen, med undantag av stora trappan, utgör egna brandceller.

- Korridorerna utanför gästrummen utgör egna brandceller.
- Gästrummen utgör egna brandceller.
- Receptionen och Stadsbaren tillsammans med Bakfickan är en brandcell.
- Diskoteket, konferenslokalerna och matsalen utgör tillsammans en brandcell.
- Kings Arms utgör en brandcell.
- Köket på andra våningen tillsammans med intilliggande korridor, personalmatsal och förråd är en brandcell.
- Vindsvåningen är uppdelad i två brandceller. Dock upptäcktes att en stor öppning var gjord i den avskiljande väggen, vilken därför inte uppfyller sin funktion.

2.4.2 Avskiljande dörrar

Alla brandcellsavskiljande dörrar i byggnaden saknar brandgasisolerande förmåga i form av till exempel tätningslistor. Dörrarna till gästrummen är dessutom av klass E15, och uppfyller alltså inte kravet på EI₂₃₀-dörrar (*Boverket, 2005, 5:6214*). Övriga brandcellsavskiljande dörrar är av klass E30.

De avskiljande dörrarna är, med några få undantag, självstängande och på vissa ställen även magnetuppställda. Dörren till garderoben upptäcktes dock sakna dörrstängare. Trots att dörrarna till gästrummen är försedda med dörrstängare upptäcktes rum där dessa var ur funktion. De avskiljande dörrarna innanför Kings Arms entré kan inte anses uppfylla sina krav eftersom det var uppspärade med kedja. Samma problem påträffades med dörren från receptionen till varumottagningen, se figur 2.1. nedan.



Figur 2.1. Uppspärrad dörr från receptionen till varumottagningen.

2.4.3 Fönster

Inga fönster i byggnaden är av brandteknisk klass, men eftersom avståndet mellan fönstren i höjdlid är större än 1.2 meter behöver fönstren inte heller i allmänhet utföras i någon brandteknisk klass (*Boverket, 2005, 5:631*). Dock finns vissa undantag, till exempel de fönster som finns mot utvändiga utrymningstrappor, som skall vara utförda i lägst klass EI30 (*Brandkyddshandboken, 2005, 9.7*). Detta gäller alltså för fönstret mot utrymningstrappan från diskoteket. På innergården av byggnaden där vinkeln mellan väggarna är mindre än 135 grader och fönsteravståndet är mindre än två meter, skall också minst ett av fönstren vara av klass EI15 (*Boverket, 2005, 5:632*).

2.4.4 Ytskikt

Det har inte kunnat verifierats att hotellets alla ytor uppfyller ytskiktskraven:

- Väggytor C-s,d0 (klass I)
 - Taktytor B-s1,d0 (klass II).
- (*Boverket, 2005, 5:511*)

I större delen av hotellet består väggarnas ytskikt av målade gipsskivor och målade betong, vilka kan anses uppfylla ytskiktetskraven. Det upptäcktes dock väggytor av träpanel, till exempel i Kings Arms och Stadsbaren, vilka inte uppfyller kraven.

Huvuddelen av takytorna i källaren och på första våningen är av målade betong vilket uppfyller ytskiktetskraven.

2.4.5 Sprinklersystem

Ingen del av byggnaden är försedd med sprinklersystem.

2.4.6 Manuell släckutrustning

I byggnaden finns följande manuella släckutrustning:

- *Koldioxidsläckare*, i källaren vid elcentralen, bakom bardisken i Kings Arms, i köket på andra våningen, samt i Dj-båset i diskoteket.
- *Pulversläckare*, på andra våningen vid utrymningstrappan ner till Kings Arms, samt i källaren utanför dörren till tvättrummet.
- *Skumsläckare*, på bottenvåningen i entrén till Kings Arms, samt i köket på andra våningen.
- *Vattensläckare*, bakom bardisken i Stadsbaren.
- *Brandposter med slang*, i mitten av den långa korridoren på båda våningarna, samt vid stora trappan på andra våningen.
- *Brandfiltar*, bakom bardisken i Kings Arms och Stadsbaren, samt i köket på andra våningen.

Nästan all släckutrustning har väl synlig skylt och är placerad på lämpliga, lättillgängliga ställen. Ett undantag är i entrén i Kings Arms där släckaren är blockerad av andra föremål, se figur 2.2. nedan. Två av tre brandposter saknar också skylt och beskrivning. Tillgången till manuell släckutrustning kan i de flesta delar av hotellet anses god, det vill säga avståndet mellan släckutrustningen överstiger inte kravet på 25 meter (*Brandskyddshandboken, 2005, 12.3.5*). Enda undantaget, där 25 meters avstånd överskrids, är på första våningen i korridoren kring garderoben, där handbrandsläckaren saknas.



Figur 2.2. Blockerad brandsläckare i hallen till Kings Arms.

2.4.7 Brandgasventilation

Ingen specifik brandgasventilation finns i byggnaden.

2.4.8 Automatiskt brand- och utrymningslarm

Det automatiska brandlarmet är kopplat direkt till SOS-alarm, via en centralapparat som sitter dold i ett skåp i receptionen. Från SOS-alarm larmar sedan en operatör ut till räddningstjänsten. Det är ett gammalt automatiskt brandlarm där huvuddelen av detektorerna utgörs av maximalvärmedetektorer, med undantag av de i korridorerna, köket på andra våningen, källaren samt vinden, där rökdetektorer finns. Det är oklart om någon revisionsbesiktning, av huruvida anläggningen fungerar eller inte, har genomförts trots att detta av brandinspektören vid tillsyn har påpekats att det borde genomföras. I vissa delar av byggnaden är avståndet mellan detektorerna dessutom för långt och på till exempel uteserveringen i Kings Arms saknas detektor helt.

Utrymningslarmet kan inte antas fungera väl eftersom det inte finns tillräckligt många larmklockor och larmdon i byggnaden. På vinden och i källaren under Kings Arms saknas larmdon helt, dock är detta ställen där personer normalt inte förväntas vistas. I matsalen, uteserveringen i Kings Arms och Stadsbarens pub saknas också larmdon. Huruvida larmdon i intilliggande lokaler hörs till dessa lokaler har inte kunnat verifieras. I övrigt finns larmdon i den andra källardelen utanför bastun, bakom bardisken i Kings Arms, i entrén, samt i korridorerna på båda våningarna. Diskoteket saknar helt larmdon och där finns istället en lampa i Dj-båset som blinkar vid larm. När denna lampa blinkar är det Djns uppgift att stänga av musiken, tända ljuset och informera gästerna.

Larmknappar finns på åtkomliga platser på samtliga våningsplan.

2.4.9 Utrymning

Från källaren där bastun är belägen finns en utrymningstrappa som leder upp till bottenvåningen. I den andra källaren under Kings Arms finns en utrymningstrappa vid tvättrummet som leder direkt ut till det fria, samt en utrymningstrappa som leder upp till Kings Arms. I den sistnämnda trappan påträffades en del löst material som kan försvåra utrymning.

På första våningen kan utrymning till det fria ske genom hotellentrén, varumottagningen, Stadsbaren, Kings Arms entré, Kings Arms uteservering samt genom trapphuset i korridoren utanför gästrummen. Utrymningsvägen genom varumottagningen var låst och försedd med vred, samt öppnades med ett litet handtag. Entrén till Kings Arms består av två dörrar in till en hall, varav den ena är öppningsbar utåt och den andra inåt. Dörren som öppnas utåt och lämpligen till största del borde fungera som utrymningsväg var dock blockerad av föremål på utsidan och istället användes enbart den inåtgående dörren. Samma problem påträffades också vid de två dörrarna innanför dessa, det vill säga från hallen in till Kings Arms, där den ena var blockerad av en klädhängare.

Från andra våningen kan utrymning ske genom de fyra trapphusen och via de två utvändiga spiraltrapporna som är belägna utanför matsalen och diskoteket. Spiraltrapporna monterades för några år sedan för att uppfylla kravet om två av varandra oberoende utrymningsvägar. Denna typ av trappa bör dock inte användas som utrymningsväg från samlingslokal (*Brandskyddshandboken, 2005*). I trapphuset som leder ner till Kings Arms påträffades löst material som kan försvåra utrymningen. Utanför byggnaden, nedanför den utvändiga trappan som leder ner till hotellets innergård, fanns mycket material som delvis blockerade utrymningsvägen, se figur 2.3.

Det maximala gångavståndet på 30 meter (*Boverket, 2005, 5:332*), uppfylls i samtliga delar av hotellet. Kraven på utrymningsvägarnas dimensioner på 0.9 meters bredd och 2.1 meters höjd, samt 1.2 meters bredd från samlingslokal för mer än 150 personer (*Boverket, 2005, 5:341*) uppfylls. Dock finns ett undantag, vilket är dörren från dansgolvet i Stadsbaren till korridoren som är för smal. Samtliga dörrar i utrymningsvägarna öppnas utåt, även i gästrummen där dörrarna öppnas utåt i korridoren, vilket kan försvåra utrymning genom korridorerna.

Utrymningsskyltar finns på lämpliga ställen vid samtliga utrymningsvägar. Huruvida alla dessa är i fungerande skick har inte verifierats. Utrymningsplaner finns på synliga och lämpliga ställen i byggnaden, såsom i gästrummen, korridorerna etcetera.



Figur 2.3. Delvis blockerad utrymningsväg från diskoteket.

2.4.10 Förutsättningar för räddningstjänsten

Räddningstjänsten i Hedemora utgörs av en deltidsstation med en anspänningstid på fem minuter. Tiden för räddningstjänsten att komma på plats vid larm på hotellet är uppskattningsvis maximalt tio minuter eftersom transporttiden från stationen till hotellet är kort. Styrkan består av 1+4 med en extra insatsledare från Avesta. Framkomligheten till byggnaden för räddningstjänsten är god. Möjligen kan den begränsas eftersom många bilar står på parkeringen framför hotellets entré och mycket folk är i rörelse. Inne i byggnaden kan framkomligheten begränsas av utrymmande gäster.

Från insatsrapporterna kan konstateras att det under de senaste åren endast varit ett brandtillbud i hotellet, en anlagd brand i Stadsbaren som inte ledde till några större konsekvenser. Under dessa år har räddningstjänsten också larmats för utryckning till hotellet vid fellarm vid några tillfällen, på grund av sängrökning, hantverksarbete och andra okända anledningar.

2.5 Ventilationssystem

Stadshotellet är som tidigare nämnt en mycket gammal byggnad som byggts om ett antal gånger, och detsamma gäller ventilationssystemet. Nuvarande ventilation är till största del från ombyggnaden 1972. Tillägg har gjorts i köken där imkanaler har installerats. Den senaste obligatoriska ventilationsbesiktningen (OVK) som finns att tillgå är genomförd år 2000. Denna pekar på att stora delar av ventilationssystemet är väldigt gammalt och borde bytas.

De enda tillgängliga ventilationsritningarna som finns att tillgå för byggnaden visar ventilationen i den långa korridoren och gästrummen vid denna. I korridorerna och gästrummen saknas mekanisk tilluft, vilken istället sker genom fasaden. Frånluften är här ihopkopplad till ett system. Detta system kan med avseende på brandgasspridning anses säkert eftersom det innehåller en samlingslåda och kanalerna är så grova att de kan ses som att de befinner sig i samlingslådan (*Jensen L, 2006*²). På vinden finns ett till- och frånluftsaggregat som troligen är kopplat till kök, restaurang och diskoteksdelen. Eftersom ventilationsritningar saknas för dessa delar av byggnaden kan det dock inte med säkerhet verifieras. Vid besöket på objektet kunde det konstateras att ventilationen är ganska begränsad i fråga om antal don.

3. Utrymning

Avsikten med utrymningsdimensionering är att personer i en byggnad ska kunna lämna byggnaden vid brand utan att utsättas för kritiska förhållanden. En utrymningsdimensionering innebär att personerna ska uppfatta att det brinner, förstå att det brinner, kunna omformulera det till ett beslut att utrymma samt ta sig ut ur byggnaden. I sin tur betyder det att byggnaden måste vara försedd med anordningar som underlättar denna process. Beroende på vilken lokal och roll personen är i, har personer olika lätt att förstå en brandsituation och betar sig därefter.

3.1 Utrymningstid

En fullt acceptabel modell för att beskriva utrymningsförlopp för scenarioanalys, är att dela upp utrymningstiden i tre faser:

- Varseblivningstid
- Besluts- och reaktionstid
- Förflyttningstid

Summan av dessa tider måste vara kortare än tiden till då kritiska förhållanden uppstår, för att säker utrymning ska kunna ske. Detta kan skrivas enligt nedan:

$$t_{kritisk} > t_{var\ seblivning} + t_{beslut\ \&\ reaktion} + t_{förflyttning}$$

(Frantzich H, 2001)

3.1.1 Varseblivningstid

Varseblivningstiden är den tid som förflyter fram till att personen upptäcker att något onormalt har inträffat. Denna tid kan variera från några få sekunder till flera minuter och beror på om branden ses av personen eller inte, samt kan påverkas av närvaro av automatiskt brandlarm. Finns ett automatiskt brandlarm kan denna tid beräknas enligt reaktionstiden för detektorer som larmet är kopplat till. Är det automatiska brandlarmet kopplat enligt larmlagring bör det också räknas med. Varseblivningstiden beror också på vilka som vistas i lokalen, dessa personers relation, överblickbarheten i lokalen etcetera.

3.1.2 Besluts- och reaktionstid

Besluts- och reaktionstiden består av den tid det tar för personen att förstå att det brinner, lyssna på utrymningslarmet, hjälpa andra, förbereda sig för utrymning, försöka bekämpa branden med mera. Ett informativt talat utrymningslarm kan hjälpa personen att snabbare fatta ett beslut och börja utrymma. Bra orienterbarhet i lokalen, det vill säga synliga utgångar, utrymningsskyltar och belysning, kan också bidra till en kortare besluts- och reaktionstid. Att personalen är utbildad i utrymningsituationer, kan också vara till stor hjälp. I hotell, danslokaler, restauranger eller andra lokaler där folk är förhindrade att reagera snabbt, bör längre reaktionstider förutsättas.

3.1.3 Förflyttningstid

Förflyttningstiden ut ur lokalen kan bero på hur många och vilka som vistas där. Denna tid kan beräknas med hjälp av datorprogram eller med handberäkningar. Datorprogram är lämpligare att använda vid större antal personer i lokalen där köbildning kan uppstå. Yttre faktorer kan påverka gånghastigheten vilket är svårt att räkna med i handberäkningar.

3.2 Beteende

Utrymning är ett förlopp som är obekant för de flesta, och det är dessutom något som ska utföras under ökad grad av stress. Personer har olika lätt att uppfatta en brandsituation beroende på vilken omgivning de befinner sig i, till exempel om de är hemma, på jobbet eller i en offentlig lokal. Känner man sig inte bekväm i omgivningen kan det ta längre tid att reagera på brandens signaturer samt larmsystemen, och det tar även längre tid att ta beslut om hur man ska agera (*Boverket, 2006*). För att försöka undvika panik, allt för stor oro och osäkerhet hos dem som utrymmer kan ett talat utrymningslarm användas.

Det är ett väldigt vanligt fenomen att personer vid en utrymning väljer samma väg ut som de kom in, trots att det finns andra vägar som är närmare. Man väljer det som känns bekant och tryggt. Ett annat vanligt utrymningsfenomen är att personer i stor grad hjälper varandra. När det finns många personer i en lokal som inte känner varandra, finns det en viss tvekan till att ta ett initiativ på grund av rädsla att sticka ut och göra bort sig. När någon väl intar en ledarposition, sker utrymningen i grupper som samarbetar. (*Frantzich H, 2001*)

4. Brandscenarion

4.1 Valda scenarion

I brandförloppen studeras enbart de tio första minuterna, eftersom studien syftar till att undersöka säkerheten vid personutrymning. Hotellet är av sådan storlek att personer i byggnaden bör hinna utrymma under denna tid. Scenarion har valts där branden kan tänkas leda till kritiska förhållanden i en eller flera utrymningsvägar tidigt i brandförloppet. Därför har inte bara brandbelastning utan också placeringen i byggnaden varit viktig vid val av scenario. Hänsyn har också tagits till hur många personer som kan tänkas påverkas av branden, och tidigare brandincidenter i byggnaden. Därför har följande fyra brandscenarion valts att studeras vidare:

- Scenario 1 - Brand i Kings Arms
- Scenario 2 - Brand i garderoben
- Scenario 3 - Brand i Bakfickan
- Scenario 4 - Brand i gästrum

Bilder på dessa lokaler kan ses i figur 4.1.-4.4.

4.1.1 Scenario 1 – Kings Arms

Ett möjligt brandscenario är brand i hotellets pub Kings Arms. Kings Arms består av en publokal med bar, två matsalar för drygt 20 personer vardera, uteservering, litet kök och toaletter, se figur A.3. i bilaga A. Större delen av lokalens ytskikt och inredning är av trä. Puben har tillstånd för 80 gäster inne och ytterligare 50 på uteserveringen. Uteserveringen är ett tempererat inglasat rum i direkt anslutning till puben.



Figur 4.1. Kings Arms.

Utrymning från Kings Arms kan ske genom entrén, nödutgång från uteserveringen eller in till hotelldelen. Entrén består av dubbla dörrar med en hall däremellan. I båda dörrpartierna öppnas en dörr inåt och en dörr utåt. Den utåtgående yttre dörren var vid besöket blockerad av en mycket tung sopkorg och kan därför inte användas vid utrymning. Endast den inåtgående dörren går därför att använda, vilket kan försvåra utrymningen. Framför den inåtgående inre dörren står en klädhängare och denna dörr kan därför inte heller användas. Den inre utåtgående dörren är uppspärрад med en kedja och kan inte stängas. Således sker utrymning denna väg genom två på varandra följande enkeldörrar av normal bredd. Till hallen mynnar en trappa från hotelldelens övervåning, vilken fungerar som utrymningsväg för hotellgästerna. Utrymningsvägen till hotelldelen är magnetuppställd. Till uteserveringen från puben finns en dubbeldörr av trä med glasfönster, vilken inte är brandklassad.

Brandbelastningen i Kings Arms är stor, eftersom ytskikt och inredning till största del består av trä. Tänkbara tändkällor är stearinljusen som står på borden, eller anlagd brand. I matsalen, utanför ingången till matsalen, samt mellan baren och ytterväggen sitter gamla värmedetektorer. Ett larmdon och en brandfilt är placerad på väggen i borte änden av baren, från entrén sett. Utanför öppningen till lilla matsalen sitter en koldioxidsläckare och i entrén sitter en skumsläckare som är blockerad av en stor gipsfigur.

4.1.2 Scenario 2 – Garderoben

Garderoben är belägen vid hotellentrén angränsande till Stadsbaren. Ur utrymningssynpunkt kan detta anses som en ogynnsam miljö på grund av mörk belysning, hög ljudnivå och persontäthet, samt alkoholkonsumtion. En brand i garderoben kan förhindra utrymning genom hotellentrén vilket kan orsaka problem, eftersom utrymmande personer har stor benägenhet att vilja gå ut samma väg de kom in (*Frantzich H, 2001*). I Stadsbaren kan det dessutom förväntas ske en fördröjd upptäckt av branden eftersom där inte finns några speciella anordningar av utrymningslarm. Närmaste larmdon är placerad i hotellentrén, men det är inte verifierat att detta hörs i Stadsbarens höga ljudnivå, framförallt om musiken inte stängs av. Att modellera detta scenario är på sin plats eftersom scenariot kan ha potential att bli ödesdigert för besökarna på hotellet.

Eftersom det i Stadsbaren, diskoteket och restaurangen sammanlagt får vistas maximalt 550 personer kan man förvänta sig att det i garderoben kan finnas lika många jackor. Värsta tänkbara scenario i garderoben kan alltså vara en fullsatt kväll, vintertid när jackorna är extra tjocka. Möjlig brandorsak kan vara rökning eller anlagd brand.

Från garderoben finns en lucka på väggen mot hotellentrén, genom vilken gästerna lämnar in sina jackor. Vid brand föreligger därför risk för brandgasspridning till hotellentrén med intilliggande hotellreception och Stadsbaren, vilket möjligen kan försvåra utrymning av dessa utrymmen. Dörren från garderoben ut till korridoren saknar självstängare och kan därför förväntas bli stående öppen när personal i garderoben utrymmer. Därför kan branden också orsaka brandgasspridning till korridoren och försvåra utrymning från de gästrum som är belägna där.

Rummet är försett med en maximalvärmedetektor mitt i taket. Rummet skall egentligen också vara försett med en handbrandsläckare, men vid besöket på hotellet saknades denna.



Figur 4.2. Garderoben.

4.1.3 Scenario 3 – Bakfickan

Bakfickan ligger på andra våningen i direkt anslutning till stora trappan, som leder ner till foajén vid receptionen. I anslutning till Bakfickan finns ett antal toaletter. I hörnet bakom trappan, där det tidigare låg en garderob, återfinns nu en soffgrupp och ett dussin stolar. Bakfickan ansluter även till matsalen och till diskoteket. Det finns ytterliggare en dörr, som leder till konferensrummet, men denna hålls normalt stängd. Från diskoteket finns det två utgångar som kan användas vid utrymning. Den ena går till Bakfickan och den andra utgången är belägen i andra änden av rummet och leder till ett litet rum. Från detta rum leder en extern spiraltrappa ut till det fria. För att mörklägga festlokalen är fönstren förspikade med träskivor. Värsta tidpunkt för en brand i Bakfickan är när diskoteket är fullsatt, det vill säga 250 personer vistas i lokalen.

I Bakfickan, precis intill dörren till diskoteket, finns en soffgrupp. Vid en brand i denna soffgrupp kan dörren till diskoteket bli blockerad. Då denna dörr står uppspärrad, vilket brukar vara fallet när personer vistas i diskoteket, föreligger risk för brandgasspridning till diskoteket. Enda utrymningsväg för personerna i diskoteket blir därför via den externa spiraltrappan. Brandorsak kan till exempel vara anlagd brand. I taket ovanför soffgruppen sitter en maximalvärmedetektor. Mitt emot matsalens dörr finns en brandpost som saknar markering.



Figur 4.3. Bakfickan.

4.1.4 Scenario 4 – Gästrum

Ett troligt brandscenario är brand i ett gästrum. Det rum som ur utrymningssynpunkt är sämst beläget har valts att studeras vidare. Dock kan händelseförloppet även gälla för de andra gästrummen, eftersom de är liknande inredda. Visar det sig att utrymningen vid brand i det valda rummet, rum 137, fungerar tillfredställande så kan den antas göra det även vid brand i något av de andra gästrummen.

Det valda gästrummet ligger på andra våningen, beläget så att dörren från rummet befinner sig bara någon meter från dörren till trapphuset i korridoren. Förutom detta trapphus finns det bara en annan utrymningsväg, vilken är belägen i andra änden av korridoren, ovanför Kings Arms. Vid den utrymningsvägen är en pulversläckare placerad. I mitten av korridoren finns en brandpost.

Gästrummen är försedda med dörrstängare, men vid objektsbesöket visade det sig att vissa av dessa inte fungerar som de ska. I scenariot kommer därför dörrstängaren vara ur funktion. Detektorn i rummet är en värmedetektor. Ute i korridoren finns det rökdetektorer utplacerade med jämna mellanrum. Larmdon finns inte i varje enskilt gästrum, utan är placerat i korridoren. Signalen från detta larmdon ska vara av sådan styrka att det vid kudden i alla gästrum ger 75 dB (*Boverket, 2006*). Detta kunde dock inte verifieras vid objektsbesöket.



Figur 4.4. Gästrum.

4.2 Ej valda scenarion

Förutom de fyra ovan valda brandscenariona har följande scenarion också beaktats men inte valts att undersökas vidare i rapporten, eftersom dessa inte uppskattas ha lika stor påverkan på utrymningen.

4.2.1 Korridorerna

I korridorerna utanför gästrummen på båda våningarna i den långsträckta delen av byggnaden, finns mycket brännbart material. Korridorerna är möblerade med stoppade soffor och fåtöljer, stolar, gardiner, bord samt tidskrifter. På första våningen står dessutom en trätunna och på några ställen i korridorerna finns också byxpressar hängandes på väggarna, som kan vara tänkbara tändkällor på grund av elfel eller trasig timer. Rökning kan också vara en trolig orsak till brand. Visserligen är rökning förbjuden i hela hotellet men eftersom där finns många festutrymmena med alkoholservingen kan man inte räkna med att det alltid efterlevs. Anlagd brand brukar också vara en vanlig brandorsak i festlokaler och hotell (*Abrahamsson M, 1997*). En brand i möblerna i en korridor skulle kunna resultera i brandgasspridning längs korridoren med blockerade utrymningsvägar som följd. Men då korridorerna är försedda med rökdetektorer, vilka kan anses detektera branden relativt snabbt, kan branden inte antas fortgå oupptäckt och därför inte ha någon större påverkan på utrymningen. Ett av de valda scenariona som kommer studeras vidare i rapporten är en brand i ett gästrum på andra våningen. Under brandförloppet i gästrummet antas dörren till korridoren stå delvis öppen med följd av brandgasspridning till korridoren. Eftersom gästrummet är försett med en värmedetektor kan en senare detektion av branden förväntas än om brand skulle ske i korridoren som är försedd med rökdetektorer. Därför förväntas scenariot med brand i gästrummet resultera i större konsekvenser än en brand i korridoren.

4.2.2 Spritförrådet

Spritförrådet ligger i den ena änden av den långa korridoren på första våningen. Rummet är litet och där finns stora mängder spritflaskor, vinflaskor i kartonger samt en maskin som pumpar ölen. Pumpen drivs på el och koldioxid. Varningsskylt för att där förvaras gasflaskor saknas. Vid inspektionen av förrådet upptäcktes att där luktade sprit varför det kan antas att det på golvet finns spilld sprit. Vidare hittades en stor gasolflaska stående i ett av hörnen i rummet. Tänkbara antändningskällor är elfel eller rökning. Konsekvenserna av en brand i spritförrådet kan bli förödande för byggnaden eftersom det kan bli ett häftigt brandförlopp. Dock är det inte troligt att de kommer att påverka utrymningen i någon större utsträckning eftersom rummet är stängt och utrustat med en värmedetektor. Rummet är dessutom ur utrymningssynpunkt inte farligt beläget eftersom en brand där inte blockerar någon utrymningsväg.

4.2.3 Lilla köket

Det lilla köket i Kings Arms är utrustat med fritös, ugn, stekhäll och arbetsytor. Maximalt förväntas två personer vistas där. Köket är inte försett med någon släckutrustning eller detektor. Köket har ett öppet fönster ut mot uteserveringen som fungerar som frånluft, då annan ventilation saknas, och en stor serveringsöppning mot matsalen. Dörren in till köket stängs inte ordentligt. Överhettning av olja i fritösen är den mest troliga antändningskällan. Fritösen innehåller flera liter olja och kan därför brinna med en stor effektutveckling. Eftersom fritösen är placerad under en imkåpa och inga brännbara föremål, som brandspridning kan ske till, finns i dess omedelbara närhet, antas en brand i fritösen inte få allt för stora konsekvenser, och framförallt inte påverka utrymningen.

4.2.4 Stora källaren

I den stora källaren under Kings Arms finns ett kylrum, tvättrum, elcentral och fjärrvärmecentral. Där förvaras dessutom stora mängder stolar, extrasängar, flyttkartonger, textilier och annat bråte. Där finns också två stora kvävgasflaskor och tre mindre koldioxidflaskor. Varningsskylt för att där förvaras gasflaskor finns på dörren till källaren. Brandbelastningen i källaren är med andra ord mycket stor. Dörren upp till puben har ingen självstängare. Taket i källaren bärs upp av djupa stålbalkar, vilket kan resultera i att brandgaserna senare når de få rökdetektorer som finns. I tvättutrymmet finns en tvättmaskin och en torktumlare. Även här finns en pump som skickar öl och läsk upp till baren ovan. Troliga tändkällor är elfel i tvättmaskin, torktumlare eller pump. En brand i källaren skulle kunna leda till allvarliga konsekvenser för hela byggnaden. Ur utrymningssynpunkt kommer dock denna brand troligen inte ha så stora konsekvenser, eftersom inga personer förväntas finnas i källaren och övriga delar av byggnaden borde hinna utrymmas innan branden vuxit sig stor.

5. Simuleringar av valda scenarion

5.1 Effektutvecklingskurvor

I vissa av de valda brandscenariona beskrivs effektutvecklingskurvorna med hjälp experimentellt utförda brandtester på liknande föremål. I de brandscenarion där tester på liknande föremål inte har funnits att tillgå kommer brandförloppen att grovt beskrivas med så kallade αt^2 -kurvor. Detta är ett förenklat sätt att beskriva tillväxtfasen av ett brandförlopp. Effektutvecklingen för branden kommer alltså att öka med tiden i kvadrat. För att ta hänsyn till olika tillväxthastigheter kommer detta multipliceras med en konstant α . Fyra olika standardvärden på tillväxthastigheten, α , brukar användas:

- *Ultra fast* 0.19kW/s
- *Fast* 0.047kW/s
- *Medium* 0.012kW/s
- *Slow* 0.003kW/s

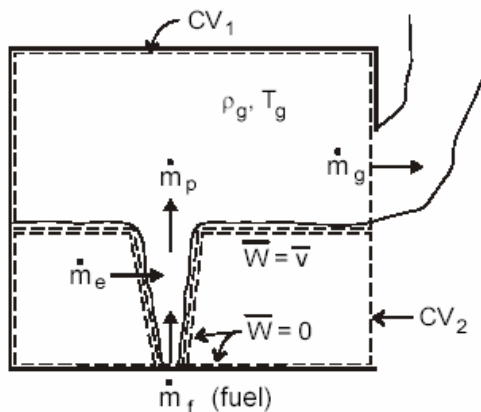
(Karlsson B, 2000)

Från experimentella data har det visat sig att tillväxtfasen för en brand ganska väl stämmer överens med dessa kurvor, men endast då förbrinntiden är bortsedd från. För ett mer konservativt resultat bortses förbrinntiden från i de kurvor som uppskattas med en αt^2 -kurva. Förbrinntiden är den tid det tar innan en brand börjar sin tillväxtfas, då det antända materialet pyrolyseras och rök bildas. Med en inkluderad förbrinntid skulle det egentligen ta längre tid för branden att uppnå maximal effekt.

5.2 CFAST

För att simulera brandförloppen har datorprogrammet CFAST använts. CFAST är en del av HAZARD I, vilket är ett amerikanskt programpaket framtaget av National Institute of Standards and Technology. CFAST är ett bra verktyg men det är viktigt att inte helt ersätta sina ingenjörsmässiga bedömningar med det. Programmet har sina begränsningar.

CFAST kan användas för att beräkna effekterna av ett specificerat brandförlopp i ett eller flera rum. Datorprogrammet simulerar brandförloppet genom att använda sig av en tvåzonsmodell. Med tvåzonsmodell menas att det bildas en tydlig skiktning mellan det övre varma brandgaslagret och det undre kalla lagret, och mellan dessa lager sker ingen eller endast lite blandning. Förbränning i det övre brandgaslagret är inte tillåten att ske samtidigt som transporttider av den rök som bildas inte tas hänsyn till, utan momentant antas befinna sig och fördelas jämnt i det övre lagret. CFAST löser de grundläggande ekvationer för massans och energins bevarande, se figur 5.1. nedan. Samtliga ekvationer löses parallellt för varje zon och tidssteg.



- Conservation of mass

$$\frac{dm}{dt} + \sum_{j=1}^n \dot{m}_j = \frac{dm}{dt} + \dot{m}_g - \dot{m}_e - \dot{m}_f = 0$$

- Conservation of species (fuel, O₂, products)

$$m \frac{dY_i}{dt} + \sum_{j=1}^n \dot{m}_j \cdot (Y_{i,j} - Y_i) = y_i \dot{m}_f - \dot{m}_{i,loss}$$

- Conservation of energy

$$V c_p \frac{dT_g}{dt} - V \frac{dP}{dt} + c_p \sum_{j=1}^n \dot{m}_j \cdot (T_j - T_g) = \dot{m}_{react} \Delta H_{eff} - \dot{q}_{loss}$$

Figur 5.1. Tvåzonsmodell med ekvationer för massans och energins bevarande. (Gojkovic D, 2006)

5.2.1 Begränsningar

I fråga om hur brandgaserna fördelar sig i rummet finns två ytterligheter, tvåzonsmodellen och det väl omblandade fallet. Vid genomförande av en brandteknisk dimensionering måste en bedömning av hur bra modellerna avspeglar verkligheten göras. Resultaten från CFAST-simuleringarna stämmer inte om branden inte ger tvåzonskiktning. Tvåzonskiktning kan sägas uppkomma om skillnaden i temperatur mellan de två skikten överstiger cirka 30°C, i annat fall uppkommer det väl omblandade fallet. Vid kraftigare bränder, då det bildas brandgaser med hög temperatur, samt i rum med låg takhöjd då brandgaserna inte hinner suga in så mycket kall luft att temperaturskillnaden utjämnas, uppkommer tvåzonskiktningen. Vid en enormt kraftig brand i ett litet rum kan däremot turbulens uppstå, vilket gör att zonskiktningen förstörs och ett väl omblandat fall uppkommer. Samma problem kan också uppstå när golvytan är väldigt stor i förhållande till rumshöjden.

Det finns även vissa begränsningar av vilka indata som kan ges till CFAST, i form av begränsningar i lokalens geometri, se figur 5.2. nedan. Denna begränsning beror på att tvåzonsmodellen skickar upp brandgaser i övre lagret där de momentant sprids i hela rummet. Detta stämmer dock inte med verkligheten i stora rum eller i långa korridorer där brandgasspridningen tar längre tid. För en mer verklighetstrogen brandgasspridning kan rummen eller korridorerna delas in i flera tänkta rum med hjälp av 10-20 cm djupa avgränsande lister i taket.

$(L/W)_{\max}$	$L/W < 3$
$(L/H)_{\max}$	$L/H < 3$
$(W/H)_{\min}$	$W/H > 0.4$
\dot{Q}	$\dot{Q} \geq 5 \cdot A \cdot \sqrt{H}$

Figur 5.2. Begränsningar i lokalernas geometri. (Gojkovic D, 2006)

Resultaten från CFAST stämmer inte med verkligheten efter det att övertändning skett, vilket innebär att allt brännbart material i rummet antänds. De två vanligaste definitionerna på när övertändning sker är när temperaturen i brandgasskiktet överskrider 500-600°C, eller när strålningsnivån från brandgasskiktet mot golvet överskrider 15-20 kW/m².

5.2.2 Data

Den indata som användaren måste specificera i CFAST är bland annat:

- Rumsgeometri
- Öppningar
- Material i omslutande konstruktioner
- Det brinnande objektets effektutveckling, förbränningsvärme, vikt, storlek, placering och bränslesammansättning
- Detektortyp och detektorplacering

Den utdata som fås som en funktion av tiden för varje rum omfattar bland annat:

- Siktbarhet
- Brandgaslagrets höjd från golvet
- Temperaturen i de olika zonerna
- Strålning från brandgaslagret
- Effektutveckling

5.2.3 Kritiska förhållanden

För det tidiga brandförloppet är det personsäkerheten som prioriteras. Därför måste vissa kriterier definieras för acceptabla förhållanden vid brand. Dessa förhållanden benämns ”kritiska förhållanden”. Vid dimensionering av utrymningssäkerheten får förhållandena i byggnaden inte bli sådana att gränsvärden för kritiska förhållanden överskrids under den tid som behövs för utrymning. Vid värdering av kritiska förhållanden bör följande gränsvärden för siktbarhet, värmestrålning, samt temperatur beaktas:

- I okänd miljö skall siktsträckan vara minst tio meter eller brandgasnivå vara på lägst $1.6+(0.1 \cdot H)$ meter, där H är rumshöjden.
- Strålningsintensiteten får vara maximalt 2.5 kW/m^2 .
- Temperaturen som utrymmande människor utsätts för får högst vara 80°C .

(Boverket, 2005, 5:361)

Observeras bör att dessa förhållanden dock inte behöver innebära personskador eller förluster i människoliv. Vissa kombinationer av förhållandena är också acceptabla. Även om i en utrymningsituation den kritiska nivån för brandgaslagrets höjd har uppnåtts, kan utrymningen möjligen fortgå under förutsättning att kriterierna för sikt och temperatur inte uppnåtts (Brandskyddshandboken, 2005).

För att ta reda på om säker utrymning kan ske ur hotellet kommer den tid det tar tills det uppstår kritiska förhållanden vid brand jämföras med den tid det tar att utrymma byggnaden.

5.3 Simulex

Vid simulering av utrymning används datorprogrammet Simulex. Simulex har utvecklats av forskare vid Edinburgh University, Scotland och Lunds Universitet, Sverige och används för att simulera utrymning och beräkna utrymningstider.

Som bas för simuleringarna i Simulex används planskisser ritade i CAD-format. På planskisserna placeras sedan utgångar, trappor och människor ut som är aktuella för utrymningen ifråga. Utrymningsvägar markeras och dess bredd definieras. Bredden på öppningarna måste vara större än 0.6 meter, annars finns det en risk att personer ”fastnar” där under simuleringen. Även trappor som förbinder olika våningsplan markeras ut och bredden anges. I programmet ger man sedan personerna en avståndskarta där kortaste vägen ut är markerad. Flera avståndskartor kan skapas med avseende på olika utgångar, vilket kan innebära att två personer på samma plats med olika kartor väljer skilda vägar ut. Innan simuleringarna påbörjas finns det också möjlighet att reglera vilka utgångar som personer ska utrymma genom. Anges inte detta så utrymmer personerna automatiskt genom närmsta utgång.

I programmet finns det en hel del olika inställningar som påverkar de olika personernas utrymning. De egenskaper som kan anges är persontyp, kön och storlek. Beroende på vilken persontyp som väljs för enstaka personer eller en grupp, så varierar sammansättningen av kvinnor, män, barn och äldre. Beräkningsrutinerna som beräknar individernas förflyttning baseras på data från verkliga försök. Maximal gånghastighet och fördröjningstid, det vill säga den tid det tar innan personen börjar röra sig mot en utgång, fördelas slumpvis inom ett intervall. Oberoende av persontyp så är den maximala gånghastigheten mellan 0.8 och 1.7 m/s. Gånghastigheten påverkas dock under utrymningens gång, eftersom den är beroende av avståndet till framförvarande person. Minskar avståndet till personen framför så minskar alltså gånghastigheten. Gånghastighetsreduceringar finns även inlagda för transport i trappor. De är 0.5 gånger horisontell gånghastighet i nedåtgående trappor, och 0.35 gånger horisontell gånghastighet i uppåtgående trappor. (Frantzich H, 1997)

Hela utrymningsscenariot kan spelas upp på planskissen där man överskådligt ser rörelsemönster och var eventuella köbildningar uppstår. Programmet har sin största fördel i att finna flaskhalsar i utrymningsvägarna.

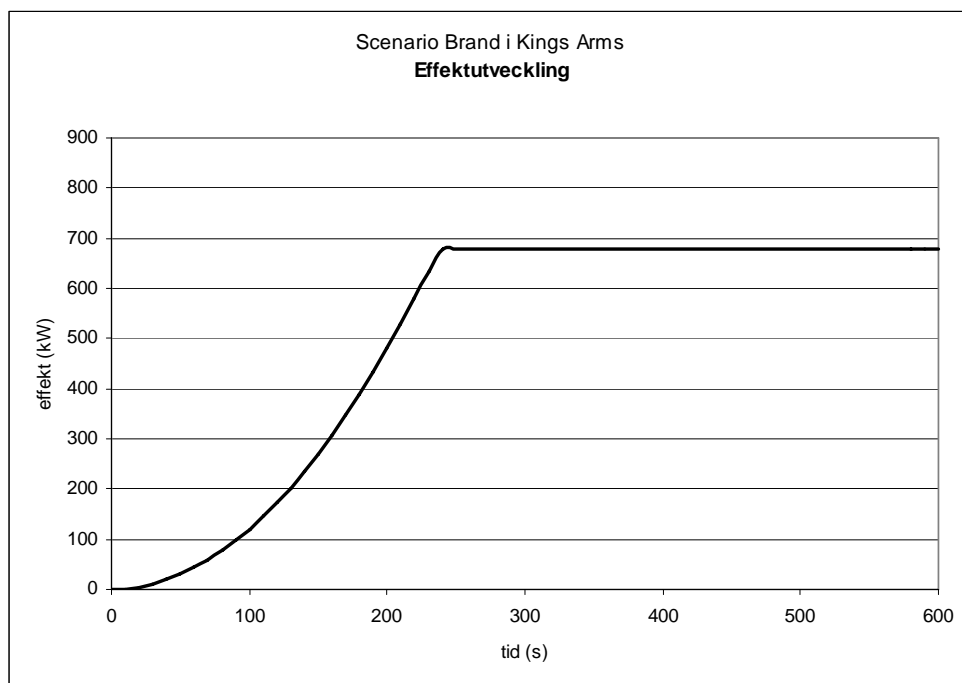
6. Scenario 1 - Kings Arms

6.1 Dimensionerande brand

Risken för en brand i Kings Arms kan inte uteslutas eftersom anlagd brand är en vanlig brandorsak (*Abrahamsson M, 1997*). Dessutom har en anlagd brand vid tidigare tillfälle inträffat på hotellet i dess andra bar, Stadsbaren. En brand i entrén skulle kunna blockera en nödutgång, men i detta utrymme finns inte tillräckligt med brännbart material för att underhålla en brand i någon större omfattning. Dessutom kan man inte förvänta sig att en brand i entrén kan fortgå oupptäckt den tid som är nödvändig för att resultera i kritiska förhållanden. I uteserveringen finns inte heller någon större brandbelastning som skulle kunna resultera i en större brandspridning. Ett möjligt scenario kan däremot vara en brand i det lilla utrymmet till vänster om utgången till uteserveringen. Detta utrymme ligger lite avsidet och innehåller tillräckligt med brännbart material för att underhålla en brand.

Utrymmet är möblerat med ett träbord och två träbänkar. Där finns två små fönster ut mot det fria. Branden antas starta i bordsduken, genom antändning av till exempel ett ljus eller genom anlagd brand. Branden antas tillväxa enligt en t^2 -kurva med tillväxthastighet medium (*Karlsson B, 2000*).

Brandutrymmet har en golvyta på cirka $2 \times 2 \text{m}^2$. Möblerna i detta rum antas konservativt täcka hela golvytan. Trä som brinner avger cirka 170 kW/m^2 (*Abrahamsson M, 1997*). Därför kan branden maximalt på denna yta utveckla 680 kW . Brandutrymmet är öppet mot resten av lokalen och syretillgången är därför god. Branden är bränslekontrollerad och kommer att uppnå sin maximala effektutveckling, och sedan kvarstå konstant över den studerade tiden. Ingen brandspridning antas ske eftersom avståndet till närmaste brännbara föremål, förutom golvet, är för stort. Golvet antänds oftast inte förrän ett brandförlopp går till övertändning och därför antas branden inte sprida sig till golvet. Den totala effektutvecklingen för branden redovisas i figur 6.1. nedan.



Figur 6.1.

6.2 Förutsättningar för CFAST

CFAST-geometrin kan ses i figur E.1. i bilaga E. I geometrin är hallen i entrén, lilla matsalen, toaletterna, köket och trappan till källaren borttagna. Alla rum i CFAST måste ha räta vinklar, vilket innebär att den vinklade väggen är uträtad. De rum som är för stora för att simuleras är uppdelade i mindre boxar. Mellan de olika boxarna finns en fullbred öppning med en höjd som sträcker sig till 0.2m från taket. Eftersom det finns träbjälkar i taket som kommer att förhindra brandgasspridningen är detta antagande är inte helt felaktigt. Entrédörren är den enda öppningen till utsidan. Alla fönster är stängda. Vägg- och takmaterial är gipsplattor och golvet är trä. Takhöjden är i alla boxar 2.9 meter.

Branden utvecklas enligt figur 6.1. Den dimensionerande branden är placerad mitt i brandrummet. Branden har samma bränslekvoter som trä, det vill säga C/CO₂ har värdet 0.012 och H/C 0.14 (*Hultqvist H, 2000*). Som ΔH_c -värde för trä har 19MJ/kg använts (*Drysdale D, 2003*).

Detektorerna är placerade i matsalen, mellanrummet och serveringsrum 1. Detektorerna är värmedetektorer, med aktiveringstemperatur 68°C och är placerade mitt i taken i rummen.

6.3 Resultat från CFAST

Detektorn i mellanrummet aktiverade efter drygt en och en halv minut. Därefter aktiverade detektorn i serveringsrum 1 efter nästan fem minuter och den i matsalen efter ungefär sju och en halv minut.

I tabell 6.1 redovisas tiden till kritiska förhållanden för siktbarhet, brandgaslagrets höjd, strålning och temperatur. Sikten och temperaturen är för brandgaslagret. Resultat från brandrummet har inte presenterats eftersom ingen utrymning sker därifrån.

Tid till kritiska förhållanden (s)					
Lokal	Siktbarhet 10m	Brandgaslager 1.6+0.1H m	Strålning 2.5kW/m ²	Temperatur 80°C	Dimensionerande
Serveringsrum 1	90	120	-	240	120
Serveringsrum 2	120	110	-	340	120
Mellanrummet	70	140	-	130	140
Matsalen	110	120	-	230	120
Uteservering 1	160	210	-	500	210
Uteservering 2	180	200	-	-	200

Tabell 6.1.

Grafer från CFAST-resultaten för siktbarhet, brandgaslagrets höjd, strålning och temperatur kan ses i figur F.1.-F.4. i bilaga F. Brandgaslagrets höjd är i de flesta rum det dimensionerande kritiska förhållandet. Sikten i brandgaslagret kan inte själv utgöra ett kritiskt förhållande om brandgaslagrets höjd fortfarande är tillräckligt. Detsamma gäller för brandgaslagrets höjd då sikten är god och temperaturen är låg, eftersom eventuell toxicitet bortses från. Detta sker till exempel i serveringsrum 2 där brandgaslagret når sin kritiska höjd vid 110 sekunder men både sikt och temperatur är inte kritiska. Den dimensionerade kritiska tiden är därför 120 sekunder då sikten blivit för dålig. Effekttutvecklingen för branden, som erhålls ur CFAST, är i princip identisk med den dimensionerade brandens effekttutveckling.

6.4 Förutsättningar för Simulex

Personerna som används i simuleringen i Simulex är kontorspersonal som består av 60% vuxna män och 40% vuxna kvinnor. Från resultaten i CFAST fås detektionstiden, som är drygt en och en halv minut. I presentation av resultaten är detektionstiden likställd med varseblivningstiden. Om det uppstår kritiska förhållanden innan larmet utlöser är det rimligt att anta att de drabbade personerna blir varse tidigare. Puben är fullsatt för att få en konservativ utrymningstid. 50 personer placeras på uteserveringen. Dessa personer är endast tillåtna att utrymma genom nödutgången från uteserveringen eftersom dörren in till puben blockeras av branden. Inne i puben placeras 80 personer, vilka endast är tillåtna att utrymma genom entrén. Av dessa 80 placeras 30 personer i serveringsrum 1 och serveringsrum 2, 22 personer i lilla matsalen, 22 personer i matsalen, fyra personer på toaletterna och två i köket. Personfördelningen kan ses i figur G.1. i bilaga G.

En första simulering är utförd på personer enbart i Kings Arms. I den andra simuleringen antas alla hotellgäster på våningen ovan Kings Arms utrymma genom entrén till Kings Arms. Den andra simuleringen är mer verklighetstrogen eftersom utrymning med största sannolikhet sker i hela hotellet på samma gång. På våning två placeras två personer i varje gästrum vilket innebär att ytterligare 34 personer kommer att utrymma genom entrén. Persontypen på dessa är hotell, vilken utgörs av 49% vuxna män, 35% vuxna kvinnor, 5% barn och 11% äldre personer.

Varseblivningstiden är den tid det tar för detektorn att aktivera, det vill säga knappt en minut. Om det uppstår kritiska förhållanden innan larmet utlöser är det rimligt att anta att de drabbade personerna blir varse tidigare. Där tiden till kritiska förhållanden är kortare än detektionstiden antas därför personerna bli varse när kritiska förhållanden har uppstått i den lokal de vistas i. Reaktions tiden för alla i puben antas vara två och en halv minut och för personerna i gästrummen tre minuter (*Abrahamsson M, 1997*).

6.5 Resultat från Simulex

I den första simuleringen blir utrymningstiden fem och en halv minut. Den totala utrymningstiden är någon sekund längre än tid till samtliga utrymda för serveringsrum 1 vilket beror på att personerna även skall ta sig genom entrén. Vid simulering två är tid till samtliga utrymda samma för personerna i Kings Arms. Att gästerna från våning två utrymmer ner genom entrén till King Arms påverkar inte utrymningstiden. Personfördelningen vid olika tidpunkter under utrymningen kan ses i figur G.1-G.3. i bilaga G. I tabell 6.2. nedan redovisas utrymningstider från respektive lokaler. Förflyttningstiden för respektive lokal är när sista personen lämnat lokalen, då även inkluderat personer som passerar lokalen utan att de från början befunnit sig där.

Utrymningstider					
Lokal	Varseblivningstid (s)	Reaktionstid (s)	Förflyttningstid (s)	Total tid (s)	Kritiska förhållanden (s)
Serveringsrum 1	103	150	75	328	120
Serveringsrum 2	103	150	21	274	120
Mellanrummet	103	150	18	271	140
Matsalen	103	150	18	271	120
Uteservering 1	103	150	7	260	210
Uteservering 2	103	150	23	276	200

Tabell 6.2.

6.6 Slutsats från resultat

Den totala utrymningstiden överstiger i alla rum med marginal tiderna till kritiska förhållanden från CFAST. Detta visar att utrymning inte kan genomföras säkert i det givna scenariot. Om initialbranden i brandrummet får spridas och utvecklas till en omfattande brand kan detta definitivt utgöra ett stort potentiellt hot mot gästerna med risk för dödlig utgång.

Tiden till kritiska förhållanden är visserligen mindre än detektionstiden i alla boxar men marginalen är liten. Detta innebär att det i dessa lokaler finns litet eller obefintligt utrymme för besluts-, reaktions-, och förflyttningstid för att klara säker utrymning. Det enda sättet att klara säker utrymning är alltså genom att korta detektionstiden avsevärt. Besluts- och reaktionstiden kommer antagligen att vara kortare än två och en halv minut eftersom kritiska förhållanden uppstår kort efter detektion.

Avsaknaden av larmdon kan ge en längre reaktionstid för personerna på uteserveringen jämfört med de personer som befinner sig inne i puben. Kritiska förhållanden uppnås dock senare och förflyttningstiden är mycket kort, mindre än en halv minut. Därför kan man generellt säga att det är säkrare att befinna sig på uteserveringen än inne i själva puben.

Ur resultaten från Simulex kan slutsatsen dras att utrymningen från hotelldelen på ovanvåningen inte påverkar utrymningen från Kings Arms. Simuleringen visar att det är dörren ut till hallen och inte dörren ut till det fria som är den dimensionerande för utrymningen. Om båda de inre dörrarna skulle vara möjliga att utrymma genom skulle stockningen av utrymmande personer flyttas ut till hallen, och då skulle utrymningen av gästerna från övervåningen påverka betydligt mer.

7. Scenario 2 - Garderoben

7.1 Dimensionerande brand

Branden kommer grovt att beskrivas enligt en α^2 -kurva. Brandens effektutveckling bygger på Markus Abrahamssons uppgifter angående att 100 jackor som hänger på ett rack avger 3MW med en tillväxt som är medium eller fast (*Abrahamsson M, 1997*). Björn Johansson har visserligen genom experiment i eldningscontainer kommit fram till att 105 jackor på ett rack avger en effekt på drygt 4MW med en snabbare tillväxt än ultrafast (*Johansson B, 2004*). I experimentet var dock containerns geometri sådan att klädlandet hängde enbart någon decimeter från väggar och tak vilket resulterar i en större återstrålning och därav högre effektutveckling, än vad som i det verkliga fallet skulle ske i garderoben. För den dimensionerade branden kommer därför istället en fast tillväxthastighet att väljas, som bättre överensstämmer med den givna garderobens geometri.

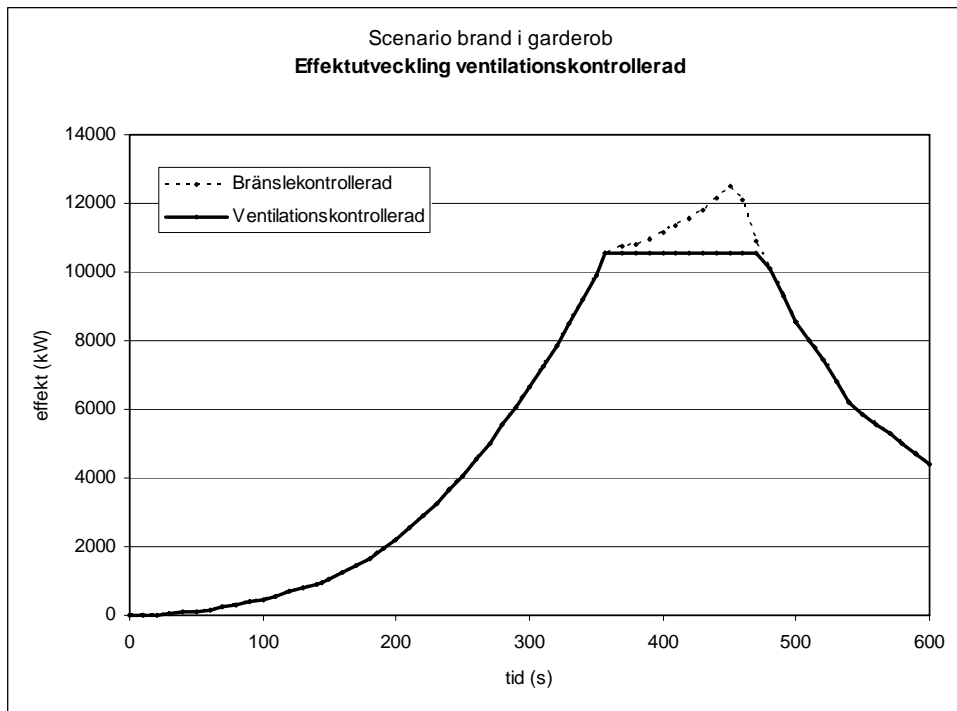
Jackupphängningen i garderoben kan liknas vid tre klädställningar, ett mittrack och två sidorack, som står parallellt. Mittracket uppskattas innehålla 200 jackor och de båda sidoracken 175 jackor vardera. Avståndet mellan mittracket och sidoracken är ungefär en meter. Branden antas starta i nedre delen av mittracket, för att få en vertikal flamspridning och därav snabbast effektutveckling som ett konservativt scenario. Brandspridningen från mittenracket till övriga rack är svår att förutse och därmed minskar möjligheterna att korrekt modellera brandscenariot. Björn Johansson kommer dock i sina försök fram till att racken på en meters avstånd från det brinnande racket börjar brinna efter cirka 50 sekunder, det vill säga när effektutvecklingen uppgått till ungefär 975kW (*Johansson B, 2004*). Därför kommer det i detta scenario antas att de två sidoracken antänds när branden i mittracket har uppnått denna effekt.

Mittracket antas uppnå en maximal effektutveckling på 6MW, grundat på ovannämnda siffror ur Abrahamssons rapport. Johansson gör i sin rapport ett antagande att sidoracken endast uppnår en maximal effektutveckling på 3.5MW i jämförelse med mittenrackets effektutveckling på 4.1MW, trots att alla racken innehåller lika många jackor. Detta kan dock anses som ett rimligt antagande eftersom brandförloppet i sidoracken begränsas av väggarna och därmed erhålls en lägre effektutveckling. I detta scenario innehåller dessutom sidoracken något färre antal jackor än mittracket. Med dessa två förutsättningar adderade, antas att de två ytterracken har en maximal effektutveckling på 4.5MW vardera.

Från brandförsök utförda på kläder och tyger kan ses att branden snabbt växer till sin maximala effektutveckling varefter effektutvecklingen avtar nästan lika snabbt, det vill säga brandförloppet sker under en relativt kort tid (*Särdqvist S, 1993*). Delar av bränslet kan förväntas falla ner på golvet allteftersom brandutvecklingen fortgår och effektutvecklingen är lägre i liggande jackor är i hängande. Denna brand kommer därför dimensioneras med en snabbt avtagande effektutveckling efter att den maximala effektutvecklingen har uppnåtts.

Eftersom garderoben är ett begränsat utrymme med mycket brännbart material, kommer bränslevolymer bli stor i förhållande till volymen luft. Branden kommer därför bli ventilationskontrollerad. I beräkningar för maximala effektutvecklingen vid ventilationskontrollerad brand, se bilaga C, är det förutsatt att tillgången till syre är obegränsad genom de tre öppningarna. De tre öppningarna är dörren ut till korridoren, luckan ut till entrén samt fönstret som antas gå sönder när temperaturen i garderoben har uppgått till ungefär 300°C (*Jensen L, 2006¹*). Eftersom fönstret mynnar ut i det fria kan antagandet om oändlig tillgång till syre genom denna öppning anses rimligt. Genom dörren och luckan är dock tillgången till syre egentligen begränsad. Mycket konservativt har också antagits att 100% av syret förbrukas vid förbränningen. Därför borde den verkliga brandeffekten egentligen bli lägre än den beräknade på 10.5MW.

Effektutvecklingskurvor för mittracket respektive sidoracken kan ses i figur D.1. i bilaga D. I figur 7.1. ses den totala effektutvecklingen för alla racken, för bränsle- respektive ventilationskontrollerad brand.



Figur 7.1.

7.2 Förutsättningar för CFAST

Geometrin är i CFAST uppdelad i 21 boxar, vilket kan ses i figur E.2. i bilaga E. I garderoben antas dörren och luckan stå fullt öppna från brandförloppets start och fönstret antas gå sönder när temperaturen i rummet uppgått till ungefär 300°C, det vill säga efter ungefär två och en halv minut. Dörren från korridor 1 till entrén är stängd under hela brandförloppet, eftersom den är försedd med dörrstängare. Dörrarna från receptionen till kontoret och varumottagningen är öppna eftersom dessa saknar dörrstängare respektive är uppspärрад. Övriga öppningar i geometrin är alla öppna under hela brandförloppet. Takhöjden i korridorerna är 2.45 meter och höjden i alla andra utrymmen är 2.8 meter. Material i omslutande konstruktioner är de som i CFAST är förinställda, det vill säga gipsskiva för väggar och tak samt ospecificerat för golvet, vilket innebär att golvet inte deltar i branden.

Brandobjektet har placerats mitt på golvet i garderoben och effektutveckling har definierats enligt den ventilationskontrollerade branden i figur 7.1. I Johanssons rapport används ett ΔH_c på 25MJ/kg. Detta värde motsvarar ganska bra medelvärdet av ΔH_c -värden för olika klädmateriäl (*Johansson B, 2004*). I simuleringen i CFAST antas därför detta värde på ΔH_c . I Johanssons rapport presenteras urvalet av de olika typer av jackor som användes i försöken. Från dessa värden kan en medelvikt på en jacka som används vintertid uppskattas till 1kg. Totalt kommer det alltså i garderoben finnas 550kg bränsle i form av jackor.

Bränslesammansättningen i jackorna antas bestå av huvudsakligen polyester och bomull. Kvoten H/C har därför satts till 0.12875 respektive 0.046 för C/CO₂, som ett medelvärde av polyester och trä, eftersom trä till största del består av cellulosa vilket också är fallet för bomull (*Hultqvist H, 2000*).

En värmedetektor, med aktiveringstemperatur 68°C är placerad mitt i taket i garderoben.

7.3 Resultat från CFAST

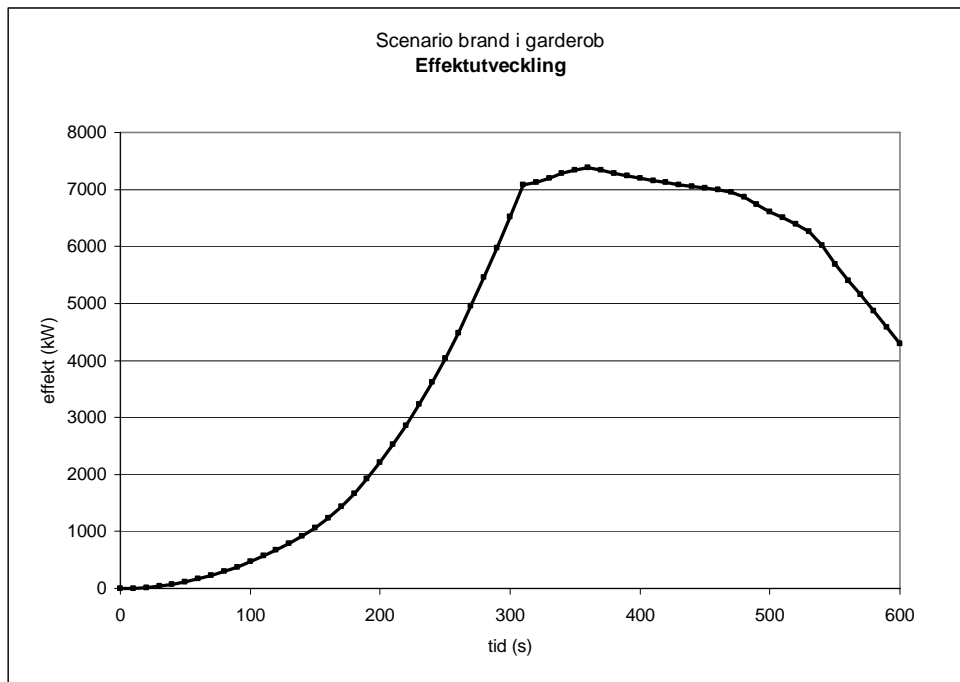
Resultat från geometrierna foajé 1, foajé 2, stadsbaren 1, stadsbaren 2, korridor 2 och korridor 4, se figur E.2. i bilaga E, har valts att analyseras. Foajén och Stadsbaren har valts för att det i dessa lokaler kan förväntas vistas mycket folk och stor del av utrymningen sker därifrån. Korridor 2 har valts eftersom denna box är den första biten av korridoren där gästrum ansluter. Eftersom korridor 2 ligger väldigt nära brandrummet kan detta utrymme tidigt förväntas påverkas av branden varför även korridor 4 valts att studeras, för att få en uppfattning av spridningen vidare i korridoren. Resultaten i de mer avlägsna rummen från garderoben, till exempel dansgolven och resterande del av korridoren, har dock inte studerats eftersom osäkerheten i resultaten ökar med avståndet från branden (Gojkovic D, 2006).

Detektorn aktiverar efter ungefär två och en halv minut. I tabell 7.1 redovisas tiden till kritiska förhållanden för siktbarhet, brandgaslagrets höjd, strålning och temperatur. Sikten och temperaturen är för brandgaslaget.

Tid till kritiska förhållanden (s)					
Lokal	Siktbarhet 10m	Brandgaslager 1.6+0.1H m	Strålning 2.5kW/m ²	Temperatur 80°C	Dimensionerande
Foajé 1	50	100	410	120	100
Foajé 2	60	90	-	150	90
Stadsbaren 1	60	240	-	190	240
Stadsbaren 2	70	210	-	300	210
Korridor 2	50	50	440	100	50
Korridor 4	70	70	-	250	70

Tabell 7.1.

Grafer från CFAST-resultaten för siktbarhet, brandgaslagrets höjd, strålning och temperatur kan ses i figur F.5.-F.8. i bilaga F. I samtliga lokaler utgör sikt och brandgaslagrets höjd tillsammans det dimensionerande kritiska förhållandet. Brandens effektutvecklingskurva som erhålls ur utdatan kan ses i figur 7.2.



Figur 7.2.

7.4 Förutsättningar för Simulex

I Stadsbaren, diskoteket och restaurangen får det sammanlagt maximalt vistas 550 personer. Restaurangen kan totalt inrymma 140 personer och det kan förväntas finnas drygt 200 personer i och kring diskoteket. Dessa personer kan utrymma genom externa trappor och berörs därför inte direkt av branden i garderoben. Därför kommer simuleringen i Simulex omfatta enbart 200 personer i berört område på första våningen. Huvuddelen av dessa personer är placerade i Stadsbaren men några är också placerade i berörda gästrum. Inga personer har placerats i foajén eftersom dessa antagligen i ett tidigt skede kommer uppmärksamma branden och utan större problem kunna utrymma. Personfördelningen kan ses i figur G.4. i bilaga G. Personerna tillåts inte utrymma genom huvudentrén eftersom denna utrymningsväg anses blockerad av branden. Övriga utrymningsvägar är alla tillgängliga.

Persontypen på personerna i Stadsbaren har valts till kontorspersonal. Denna persontyp utgörs av enbart vuxna människor, med en för lokalen ansedd rimlig könsfördelning på 60% män och 40% kvinnor. Personerna i gästrummen har däremot valts till persontyp hotell vilket utgörs av 49% vuxna män, 35% vuxna kvinnor, 5% barn och 11% äldre personer.

Varseblivningstiden är den tid det tar för detektorn att aktivera, det vill säga knappt en minut. Om det uppstår kritiska förhållanden innan larmet utlöser är det rimligt att anta att de drabbade personerna blir varse tidigare. Där tiden till kritiska förhållanden är kortare än detektionstiden antas därför personerna bli varse när kritiska förhållanden har uppstått i den lokal de vistas i. Längsta reaktions- och beslutstider antas personerna som befinner sig på dansgolvet och kring baren ha, eftersom detta område har en hög persontäthet och alkoholkonsumtion. Förslag till reaktions- och beslutstider för gäster på en nattklubb med utrymningslarm där personerna inte ser branden kan uppskattas till mellan tre och fem minuter (*Boverket, 2006*). Eftersom det är en relativt liten nattklubb med bra överblickbarhet antas därför denna tid till tre minuter. Hotellgäster som inte ser branden men uppmärksammas av ett larmdon har en uppskattad reaktions- och beslutstid på tre minuter (*Abrahamsson M, 1997*). Tre minuter anses som en rimlig tid eftersom dessa personer kan vara sovandes.

7.5 Resultat från Simulex

Total utrymningstid från brandens start är nästan sju minuter. Personfördelningen vid olika tidpunkter under utrymningen kan ses i figur G.4.-G.7. i bilaga G. I tabell 7.2. nedan redovisas utrymningstider från respektive lokaler.

Utrymningstider					
Lokal	Varseblivningstid (s)	Reaktionstid (s)	Förflyttningstid (s)	Total tid (s)	Kritiska förhållanden (s)
Stadsbaren 1	148	180	77	405	240
Stadsbaren 2	148	180	82	410	210
Korridor 2	148	180	10	338	50
Korridor 4	148	180	18	346	70

Tabell 7.2.

Att varseblivningstiden och besluts- och reaktionstiden för korridorerna är längre än tiden till kritiska förhållanden beror på att denna tid gäller för personerna som vistas i gästrummen, eftersom det är dessa personer som ska utrymma genom korridoren. Eftersom kritiska förhållanden aldrig uppstår i gästrummen blir personerna i dessa rum inte varse om branden förrän det automatiska brandlarmet aktiverar.

7.6 Slutsats från resultat

Om initialbranden i garderoben får utvecklas till en mer omfattande brand kan detta definitivt utgöra ett stort potentiellt hot mot besökarna, där risk för dödlig utgång på grund av branden föreligger.

Sannolikheten för en brand i garderobsutrymnet är om man tittar på statistiken liten, i och med att en anlagd brand nästan kan uteslutas eftersom personal hela tiden finns i garderoben. Rökning orsakar dock cirka fyra till fem bränder om året i restaurang och danslokaler vilket motsvarar cirka tre procent av det totala antalet bränder. Det är med andra ord inte helt uteslutet att cigaretter och tändare på fel ställen orsakar bränder i denna typ av lokaler (Abrahamsson M, 1997).

Personalens möjligheter att släcka branden bedöms vara dåliga eftersom handbrandsläckare saknas och personalen på hotellet dessutom saknar utbildning på handbrandsläckare. Något som också talar emot ett ingripande av personalen är att brandförloppet är snabbt med omfattande rök- och värmeutveckling. Ett sådant förlopp kan tvinga den person som finns i garderoben att retirera utan att ha hunnit genomföra ett släckförsök.

Kritiska förhållanden uppnås snabbt i de flesta utrymmen och då detektionstiden är relativt lång kommer inte mycket utrymme för reaktions-, besluts- och förflyttningstid att finnas. Uppskattningen av reaktions- och beslutstider har alltså ingen större påverkan på utgången av resultaten. I synnerhet är spridningen av brandgaser från garderoben ut genom dörren till korridoren snabb och omfattande, mycket beroende på den låga takhöjden och smala bredden på korridoren. Möjligheten för gästerna i gästrummen att utrymma via korridoren är liten. Enda utrymningsmöjlighet för dessa gäster blir alltså genom gästrummens fönster, trots att dessa inte kan klassas som utrymningsväg. Att alla fönster är öppningsbara har inte heller verifierats. Ett av gästrummen i korridoren är anpassat för rörelsehindrade personer. Det får alltså inte förutsättas att utrymning från gästrummen via fönstren kan ske. Brandgasspridningen till foajén är också relativt snabb. Persontätheten i foajén är dock troligen inte hög och chansen för de personer som vistas där att tidigt uppmärksamma branden är god. Eftersom

larmdonet är beläget i entrén är ljudet av detta mycket tydligt i detta område varför reaktions- och beslutstiden kan antas vara kort.

Stadsbaren är ett mycket kritiskt område. Persontätheten, ljudnivån och alkoholkonsumtionen kan i denna lokal vara hög. Eftersom närmaste larmdon sitter i entrén kan avsaknaden av talat utrymningslarm, avstängning av musik och tändning av lyset, avsevärt försvåra för personerna i denna lokal att uppmärksamma larmet. Med den ur Simulex framtagna förflyttningstiden för personerna i Stadsbaren kan det ses att det inte finns utrymme för någon reaktion- och beslutstid för dessa personer, för att klara en säker utrymning. Om denna korta tid skall kunna uppfyllas skall utrymningslarmet definitivt ses över. Från Stadsbaren finns enbart två utrymningsvägar, bortsett från den via foajén. En utrymningsväg leder direkt ut till det fria och en ut till korridoren i angränsande brandcell. Vid den förstnämnda utrymningsvägen blir andelen utrymmande personer stor vilket försvårar utrymningen. Den sistnämnda utrymningsvägen är mycket smal och i allmänt dåligt skick, till exempel sitter inte handtaget fast ordentligt. Eftersom denna utrymningsväg inte är lika synlig, som den förstnämnda, är andelen utrymmande personer genom denna lägre. Om fler personer skulle utrymma genom denna utrymningsväg skulle utrymningstiden ur Stadsbaren bli kortare. Passagen från dansgolvet till bardisken är väldigt smal och tendensen till ”flaskhalsar” är där stor vid utrymning. I Simulexsimuleringen har det bortsetts från att utrymmande personer har en benägenhet att vilja utrymma samma väg som de kom in, det vill säga via huvudentrén. Detta har bortsetts från eftersom kritiska förhållanden i entrén uppstår snabbt och omöjliggöra utrymning där igenom. Om utrymmande personer först beger sig till entrén, men därefter måste söka sig till en annan utrymningsväg, kan det försena utrymningen ytterligare.

Antagandet att alla personer som vistas på övre plan i och kring diskoteket ska utrymma via de externa trapporna är egentligen inte rimligt. En stor del av dessa personer har säkerligen en benägenhet att utrymma via huvudentrén till hotellet, eftersom det var denna väg de kom in, vilket skulle försvåra utrymningen ytterligare. Eftersom tillfredställande utrymning inte kan påvisas utan dessa personer skulle en utrymning med dem ytterligare försämra situationen.

Den erhållna effektutvecklingskurvan ur CFAST visar en lägre maximal effektutveckling än den dimensionerade. Det lägre värdet beror på att det i den dimensionerade branden är konservativt antaget att branden kan fortsätta växa tills allt tillgängligt syre är förbrukat. CFAST tar däremot hänsyn till att branden inte kan fortsätta växa när syrenivån i rummet är under 10%, varför en lägre effekt därmed uppnås. Den erhållna effektutvecklingskurvan ur CFAST kan alltså anses verkligare än den dimensionerade. Egentligen är det bara en del av syret som förbrukas, ett vanligt värde på förbränningseffektiviteten är 0.7 (Karlsson B, 2000). Om hänsyn tas till förbränningseffektiviteten eller inte, påverkar dock inte tiden till kritiska förhållanden. Detta eftersom dessa sker innan den maximala effektutvecklingen har uppnåtts.

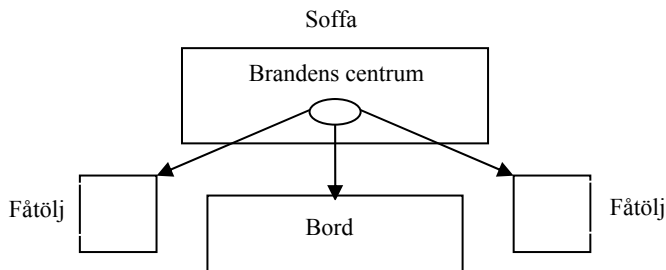
Att simuleringen är genomförd på en väldigt stor geometri bör beaktas. Detta kan resultera i missvisande resultat från CFAST på grund av osäkerheten om tvåzonsskiktningen kommer kvarstå eller inte över en så stor geometri. Detta har beaktats genom att testa simuleringar på en begränsad del av denna geometri, utan bland annat kontoret och varumottagningen. Resultaten från denna simulering skiljde sig inte markant från resultaten vid simulering av hela geometrin. Det var enbart brandgaslagrets höjd som blev lägre något snabbare i detta fall, vilket kan anses som missvisande eftersom detta beror på att de brandgaser som egentligen ska spridas till kontoret och varumottagningen istället bara sprids till övriga utrymmen.

Övertändning i garderoben kommer att ske när temperaturen har uppgått till ungefär 600°C det vill säga efter drygt fyra minuter. Resultaten från CFAST efter att övertändning har skett bör beaktas med försiktighet då dessa tenderar att vara felaktiga. I alla studerade utrymmen har dock kritiska förhållanden redan uppstått innan övertändning sker, så i beaktande av personsäkerhet vid utrymning påverkar inte resultaten efter övertändningen detta.

8. Scenario 3 - Bakfickan

8.1 Dimensionerande brand

Branden startar i soffgruppen som är placerad intill dörren till diskoteket. Soffgruppen består av en tresitsig soffa, två fåtöljer och ett soffbord i trä, som är placerade enligt figur 8.1. nedan. Branden börjar i mitten av soffan.

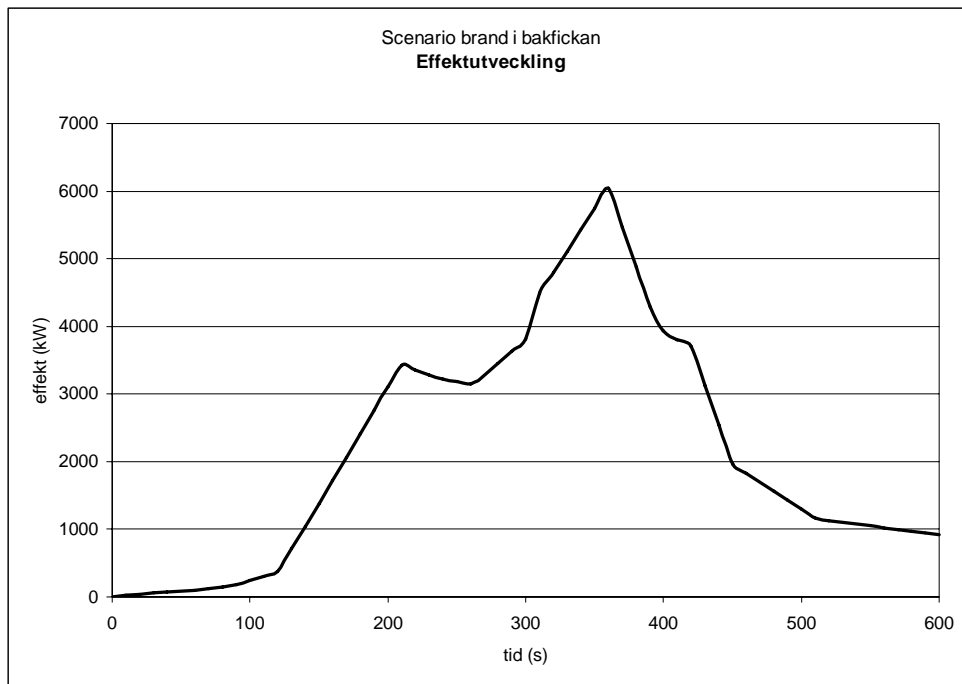


Figur 8.1. Branden sprider sig från soffan till bordet och därefter till fåtöljerna.

Branden i träbordet antas tillväxa enligt en αt^2 -kurva med tillväxthastighet medium (Karlsson B, 2000). Trä som brinner avger cirka 170 kW/m^2 (Brandskyddshandboken, 2005). Mått och vikt för bordet är $1.8 \times 1.0 \text{ m}^2$ respektive 56 kg . Dessa värden är tagna från ett liknande bord på Ikea. Bordet kommer att kunna generera en effekt på maximalt 300 kW , se beräkningar i bilaga C. Förbränningsvärmets för trä är antaget till 19.4 MJ/kg (Drysedale D, 2003). På grund av bordets vikt och förbränningsvärme kommer branden i bordet att tillväxa upp till sin maximala effekt, där den kommer att kvarstå konstant under resten av den studerade tiden.

Effektkurvorna för soffan och fåtöljen grundas på experimentellt framtagna värden ur Initial Fires (Särdqvist S, 1993). De kurvor som används är Y5.4/21 respektive Y5.3/10. Soffan har måtten $0.84 \times 2.0 \text{ m}^2$ och väger 51.5 kg . Fåtöljerna har måtten $0.84 \times 0.84 \text{ m}^2$ och väger 28.34 kg vardera. I bilaga C beräknas den maximala effekten av soffgruppen till drygt 6 MW . På grund av de stora rumsvolymerorna på andra våningen och att den stora trappan till nedervåningen alltid är öppen, blir branden bränslekontrollerad. Lufttillförseln in i brandrummet kan underhålla en brand på upp till 8.2 MW , se beräkningar i bilaga C. Effekttutvecklingen för möblerna kan ses i figur D.2. i bilaga D.

Beräkningarna för brandspridning på grund av strålning, i bilaga C, visar att branden inom loppet av drygt en halv minut sprider sig från soffan till bordet. Eftersom bordet inte bidrar med så stor effekttutveckling, kan brandens centrum antas ligga kvar i mitten av soffan. Det tar drygt två minuter innan branden sprider sig vidare till fåtöljerna. Den totala effekttutvecklingen kan ses i figur 8.2.



Figur 8.2.

8.2 Förutsättningar för CFAST

Geometrin i CFAST är begränsad till diskoteket och Bakfickan. Diskotekets geometri beskrivs av två lika stora boxar. Bakfickan är också uppdelad i två boxar, en som beskriver utrymmet där branden är och en som beskriver utrymmet vid och bakom trappan. Geometrin kan ses i figur E.3. i bilaga E. Eftersom fönstren i diskoteket är förspikade antas dessa inte gå sönder. Trappan har beskrivits som ett vertikalt inflöde vid golvet i Bakfickan. De båda utrymningsvägarna från diskoteket är öppna. Alla ytmaterial är standardvärden, det vill säga gipsskivor på väggar och tak samt ospecificerat för golvet. Takhöjden i diskoteket är 4.46 meter och i Bakfickan 2.8 meter.

Brandens effektutveckling är enligt figur 8.2. Materialen som förbränns är trä och polyuretanskum. Förbränningsvärmets värde för dessa är 19.4MJ/kg respektive 25MJ/kg (*Drysdale D, 2003*). Därför är medelvärdet 22.2MJ/kg antaget. Soffan och fåtöljernas vikt är 51.5 kg respektive 28.34 kg. Dessa vikter är tagna från försöken Y5.4/21 och Y5.3/1 i Initial Fires (*Särdqvist S, 1993*). Bordets vikt är 56 kg och är tagen från ett liknande bord på Ikea. Den totala vikten för möblerna som läggs in i CFAST är därför 165 kg. Bränslesammansättningen är framtaget som ett medelvärde för trä och polyester (*Hultqvist H, 2000*). Bränslekvoterna blir för H/C och C/CO₂ därför, 0.12875 respektive 0.046.

I Bakfickan finns en detektor placerad i taket ovanför branden. Denna detektor är en värmedetektor med aktiveringstemperatur 68°C.

8.3 Resultat från CFAST

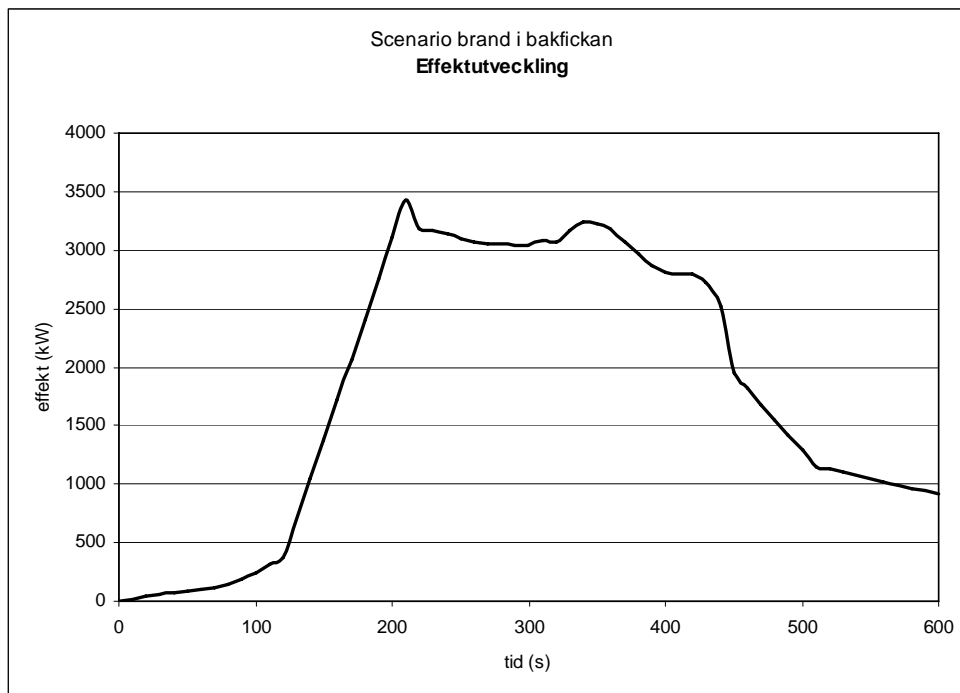
Detektorn aktiverar efter knappt tre minuter. I tabell 8.1 redovisas tiden till kritiska förhållanden för siktbarhet, brandgaslagrets höjd, strålning och temperatur. Sikten och temperaturen är för brandgaslagret.

Tid till kritiska förhållanden (s)

Lokal	Siktbarhet 10m	Brandgaslager 1.6+0.1H m	Strålning 2.5kW/m ²	Temperatur 80°C	Dimensionerande
Disco 1	130	190	-	230	190
Disco 2	120	200	-	150	200
Gamla garderoben	10	110	240	190	110
Bakfickan	10	120	130	80	120

Tabell 8.1.

Grafer från CFAST-resultaten för siktbarhet, brandgaslagrets höjd, strålning och temperatur kan ses i figur F.9.-F.12. i bilaga F. I samtliga lokaler utgör sikt och brandgaslagrets höjd tillsammans det dimensionerande kritiska förhållandet. Den dimensionerade brandens effektutvecklingskurva som erhålls ur utdatan kan ses i figur 8.3. nedan.



Figur 8.3.

8.4 Förutsättningar för Simulex

Ett rimligt antagande för scenariot är att det i diskoteket endast befinner sig vuxna människor. Därför används persontyp kontorspersonal. Inställningen innebär en fördelning av 60% män och 40% kvinnor. I diskoteket och Bakfickan får det totalt vistas 250 personer. Förmodligen befinner sig ett antal personer i Bakfickan. Dessa och några personer i diskoteket kan förväntas upptäcka branden i ett tidigt skede och påbörja utrymning via stora trappan eller matsalen. De människor som eventuellt hinner utrymma från Bakfickan och diskoteket är inte inräknade i simuleringen, eftersom problematiken är fokuserad på utrymning från diskoteket via spiraltrappan. Därför är 190 personer placerade i diskoteket vid simuleringen, vilket kan ses i figur G.8. i bilaga G.

Detektionstiden är knappt tre minuter. I presentation av resultaten är detektionstiden likställd med varseblivningstiden. Om det uppstår kritiska förhållanden innan larmet utlöser är det rimligt att anta att de drabbade personerna blir varse tidigare. Där tiden till kritiska förhållanden är kortare än detektionstiden antas därför personerna bli varse när kritiska förhållanden har uppstått i den lokal de vistas i. Reaktions- och beslutstiden för personerna vid brandlarm kan också tänkas förlängas på grund av discorök och alkoholkonsumtion. När larmet utlöses börjar en röd lampa blinka i Dj-båset. Uppskattningsvis tar det ungefär en halv minut från det att den röda lampan börjar blinka tills Djn slår av musiken och informerar människorna om situationen. Dj-båset förutsätts alltid vara bemannat vid disco, dock har Djn begränsad uppsikt över diskoteket och framförallt Bakfickan. Vid utrymning av nattklubb uppskattas reaktionstiden för gäster till tre minuter (*Frantzich H, 2001*). Hade det inte varit ett talat utrymningsmeddelande skulle denna tid uppskattas vara längre. Eftersom diskoteket är relativt litet och överblickbarheten god kan många personer antas se branden. Därför antas reaktions- och beslutstiden för personerna i diskoteket vara två minuter. Sammanfattningsvis tar det ungefär fem och en halv minut från det att branden börjar till att människorna i diskoteket börjar utrymma.

8.5 Resultat från Simulex

Förflyttningstiden för personerna i diskoteket är tre minuter. Simulex beräknar att det tar knappt åtta och en halv minut för alla människor att utrymma diskoteket från det att branden startar. Personfördelningen vid olika tidpunkter under utrymningen kan ses i figur G.8.-G.10. i bilaga G. I tabell 8.2. nedan redovisas utrymningstider från lokalen.

Utrymningstider					
Lokal	Varseblivningstid (s)	Reaktionstid (s)	Förflyttningstid (s)	Total tid (s)	Kritiska förhållanden (s)
Diskoteket	174	150	180	504	190

Tabell 8.2.

8.6 Slutsats från resultat

Om branden får fortgå som beräknats kommer förhållandena för de personer som befinner sig i diskoteket att bli mycket dåliga. De kritiska nivåerna uppnås långt innan alla hinner utrymma lokalen. Den effektutvecklingskurva som erhålls ur utdatan från CFAST fortgår inte som beräknats efter knappt tre och en halv minut. Detta eftersom handberäkningarna, i bilaga C, är utförda på att syretillförseln som sker via trappan är genom en vertikal öppning, vilket är det verkliga fallet. CFAST räknar dock att öppningen är horisontell, varför ett mindre luftinflöde fås. Den framräknade kurvan stämmer därför bättre med verkligheten än den erhållna ur CFAST. Eftersom kritiska förhållanden uppstår under den tid som effektutvecklingskurvorna är likvärdiga, påverkar detta inte resultaten, personsäkerheten vid utrymning kan fortfarande inte garanteras.

Soffans ytskikt är av läder och är därför svår att antända. Endast en cigarettfimp eller gnista är inte tillräckligt för att starta en brand. Statistiken visar att anlagd brand kan vara en trolig orsak till brand i Bakfickan (*Abrahamsson M, 1997*). Dessutom har anlagd brand redan inträffat på hotellet vid ett tidigare tillfälle.

Det finns tillgång till en brandpost i brandrummet, men både markering och beskrivning för denna saknas. Därför är det inte troligt att någon besökare kommer att använda denna för att försöka släcka branden. Släckförsök med brandposten kommer förmodligen inte ske överhuvudtaget, eftersom personalen på hotellet saknar utbildning vad det gäller brandsläckning. Dessutom försvåras eventuell

släckning av att branden har hunnit utveckla hög temperatur och lågt brandgaslager då brandlarmet utlöser, och eventuellt släckförsök kan förväntas påbörjas.

Kritiska förhållanden uppnås snabbt i diskoteket och eftersom detektionstiden, varseblivningstiden, är relativt lång kommer inte mycket utrymme för reaktions-, besluts- och förflyttningstid att finnas.

Uppskattningen av reaktions- och beslutstider har alltså ingen större påverkan på utgången av resultaten. Förflyttningstiden och tiden till kritiska förhållanden är nästintill samma, varför personerna knappt har någon tid att upptäcka branden och påbörja utrymningen.

De personer som befinner sig i Bakfickan, när branden utbryter, kan sannolikt utrymma antingen via stora trappan eller via matsalen. Detta eftersom branden förmodligen tidigt kan uppmärksammas av dessa personer, med undantag av personerna på toaletterna. Ett toalettbesök vid Bakfickan kan få katastrofala konsekvenser, eftersom det hinner bli kritiska förhållanden utanför dessa redan efter knappt två minuter.

9. Scenario 4 - Gästrum

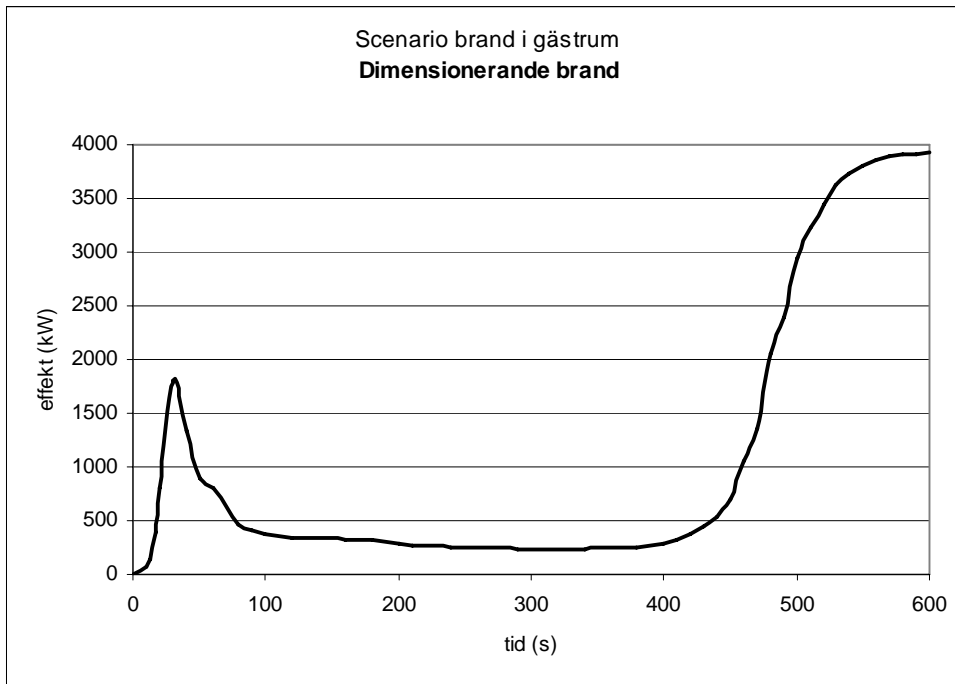
9.1 Dimensionerande brand

Inredningen i gästrummet som antas delta i branden utgörs av en dubbelsäng, en papperskorg och fyra gardinlängder. Branden antas starta i papperskorgen, innehållande papper. Denna är placerad mitt mellan sängen och väggen där gardinerna hänger. Avståndet mellan sängen och papperskorgen, respektive mellan gardinen som först börjar brinna och papperskorgen, är ungefär en halv meter. Papperskorgen fungerar därmed som tändkälla för både sängen och gardinen.

För att ta fram en dimensionerande effektkurva så har komponenterna i rummet liknats vid testobjekt presenterade i Initial Fires (*Särdqvist S, 1993*). För sängen har test Y6/16 används, vilket är en madrass av latex. Denna madrass valdes eftersom den bäst motsvarar hotellets sängar, vilka är Dux-sängar med madrass av latex. Gardinerna representeras av test Y7/13, vilka består av bomull. Gardinen i testförsöket var 3×3 m² och hängde fritt vid en vägg. Detta jämförs med att gardinerna i gästrummet är fördragna och därmed får en ungefär lika stor yta. I testet med sängen användes en papperskorg med blandat innehåll som tändkälla. En papperskorg utvecklar ungefär 100 kW (*Karlsson B, 2000*), vilket överensstämmer väldigt bra med testet för gardinen där en 100 kW gasbrännare användes som tändkälla. Effekttutvecklingen för möblerna kan ses i figur D.3. i bilaga D.

I beräkningarna, se bilaga C, har en antändningsenergi på 8kW/m² använts, vilket är ett ungefärligt värde för bomull (*Babrauskas V, 2003*). Detta värde kan användas för både sängen och gardinerna, eftersom både gardinerna och sängkläderna består av bomull. Från sängkläderna sprider sig sedan branden till sängens övriga delar via flamspridning. Gardinerna utvecklar snabbt en hög effekt och det är strålningen från dem som får gardinerna vid det andra fönstret och den andra sängen att antända. Avståndet från de brinnande gardinerna till gardinerna vid det andra fönstret är en meter. Mellan de brinnande gardinerna och den andra sängen är avståndet en och en halv meter. Gardinerna och den andra sängen antänder efter mindre än en halv minut, se beräkningar i bilaga C. Dessa tider är väldigt konservativa eftersom föremålen börjar brinna direkt när strålningsintensiteten som krävs för antändning uppnås. Ingen hänsyn tas till att föremålet egentligen måste utsättas för denna strålningsintensitet under en viss tid för att antända.

Genom beräkningar av tillgången till syre i rummet, se bilaga C, kan konstateras att branden blir bränslekontrollerad. Inströmningen till rummet antas endast ske från det fria in genom de båda fönstren, som antas gå sönder vid 300°C (*Jensen L, 2006¹*). Den halvöppna dörren har inte räknats med som lufttillförsel eftersom tillförseln genom fönstren är tillräcklig för att underhålla branden. Brandens maximala effekt uppgår till ungefär 4MW, men hade kunnat uppgå till 8MW om mängden bränsle varit obegränsad, och branden istället hade varit ventilationskontrollerad. Den totala effekttutvecklingen kan ses i figur 9.1.



Figur 9.1.

9.2 Förutsättningar för CFAST

Simuleringen har begränsats till det valda gästrummet och den angränsande korridoren, se figur E.4. i bilaga E. Korridoren har delats upp i tio boxar. Dörren från gästrummet till korridoren är till hälften öppen eftersom dess dörrstängare antas vara ur funktion. Dörrarna till de övriga gästrummen som angränsar till korridoren är stängda, och det är även dörrarna till de två trapphusen. Takhöjden i korridoren är 2.45 meter och höjden i gästrummet är 2.8 meter. I gästrummet finns två fönster som går sönder när temperaturen i rummet når 300°C (Jensen L, 2006¹). Ytskikten är gipsskivor för tak och väggar, och ospecificerat för golvet.

Brandens effektutveckling är enligt figur 9.1. Branden placeras mitt mellan fönstren på en halv meters avstånd från fasadväggen. Massan för sängarna har uppskattats till 45 kg med hjälp av Initial Fires (Särdqvist S, 1993), och tillägg för ben och sängkläder, och massan för den totala mängden gardiner uppskattas till fem kg. Den totala massan för bränslet blir därför 50 kg. Det dimensionerande förbränningsvärdet för branden är sammanvägt av förbränningsvärdet för bomull och PUR-skum. Värdet för bomull varierar mellan 15-20 MJ/kg och PUR-skumets värde varierar mellan 25-32 MJ/kg (Abrahamsson, M. 1997). Eftersom sängens massa är större än gardinens dominerar det sammanvägda förbränningsvärdet av PUR-skumets och det uppskattas till 25 MJ/kg. Bränslesammansättningen är framtagen som ett medelvärde mellan uretan, som anges i CFAST, och cellulosa (Hultqvist H, 2000). Kvoten C/CO₂ är därmed 0.0687 och H/C är 0.1537.

I gästrummet finns det en värmedetektor placerad mitt i taket. Denna har en aktiveringstemperatur på 68°C. I korridoren, cirka fyra meter från dörren till gästrummet, finns en rökdetektor. I CFAST används aktiveringstemperaturen 32°C på rökdetektorn.

9.3 Resultat från CFAST

Då dörren lämnas halvöppen detekterar detektorn i korridoren efter knappt en halv minut. Detektorn i gästrummet detekterar däremot inte förrän efter drygt en och en halv minut.

Gästrummet, korridor 5, korridor 7 och korridor 10 väljs att studeras vidare, se figur E.4. i bilaga E. Gästrummet studeras eftersom sannolikheten att personer befinner sig där är stor. Genom korridoren måste personer från alla de övriga rummen som angränsar till korridoren utrymma. Det är därför viktigt att det kan ske en säker utrymning därigenom. Till korridor 7, som ligger precis utanför gästrummet där det brinner, angränsar den ena utrymningsvägen. Därför är denna box viktig att studera. De andra två boxarna, korridor 5 och korridor 10, väljs för att kontrollera när de kritiska förhållandena i resten av korridoren uppstår. Korridor 5 väljs för att korridoren smalnar av där, och korridor 10 väljs för att det är den yttersta boxen av korridoren på den sidan av gästrummet. Säkerheten i resultaten från CFAST minskar med ökande avstånd från branden (*Gojkovic D, 2006*), vilket gör att resultaten i de boxar som befinner sig längre bort än korridor 5 inte utvärderas. I tabell 9.1. redovisas tiden till kritiska förhållanden för siktbarhet, brandgaslagrets höjd, strålning och temperatur. Sikten och temperaturen är för brandgaslagret.

Tid till kritiska förhållanden (s)					
Lokal	Siktbarhet 10m	Brandgaslager 1.6+0.1H m	Strålning 2.5kW/m ²	Temperatur 80°C	Dimensionerande
Gästrum	5	15	30	20	15
Korridor 5	70	130	-	-	130
Korridor 7	10	25	-	30	25
Korridor 10	10	65	-	-	65

Tabell 9.1.

Grafer från CFAST-resultaten för siktbarhet, brandgaslagrets höjd, strålning och temperatur kan ses i figur F.13.-F.16. i bilaga F. I samtliga lokaler utgör sikt och brandgaslagrets höjd tillsammans det dimensionerande kritiska förhållandet. Effekttutvecklingen för branden, som erhålls ur CFAST, är i princip identisk med den dimensionerade brandens effekttutveckling.

9.4 Förutsättningar för Simulex

I simuleringen är de utplacerade personerna av persontyp hotell, vilket innebär en blandning av äldre, barn samt vuxna män och kvinnor. Fördelningen är 49% män, 35% kvinnor, 5% barn och 11% äldre. De flesta rummen i hotellet är tvåbäddsrum, med undantag för några enbäddsrum och några rum med möjlighet att sova tre personer i. I simuleringen har därför ett medelvärde använts och två personer har placerats i varje rum, se figur G.11. i bilaga G.

Varseblivningstiden är densamma som detektionstiden, vilken är knappt en halv minut. Om det uppstår kritiska förhållanden innan larmet utlöser är det rimligt att anta att de drabbade personerna blir varse tidigare. Där tiden till kritiska förhållanden är kortare än detektionstiden antas därför personerna bli varse när kritiska förhållanden har uppstått i den lokal de vistas i. Reaktions- och beslutstiden är uppskattad till tre minuter för personer på hotell (*Abrahamsson, M. 1997*). Denna tid anses rimlig eftersom personerna kan vara sovandes.

9.5 Resultat från Simulex

Total utrymningstid från korridoren är ungefär fyra och en halv minut. Personfördelningen vid olika tidpunkter under utrymningen kan ses i figur G.11.-G.13. i bilaga G. I tabell 9.2. redovisas utrymningstider från lokalerna.

Utrymningstider					
Lokal	Varseblivningstid (s)	Reaktionstid (s)	Förflyttningstid (s)	Total tid (s)	Kritiska förhållanden (s)
Gästrum	15	-	2	-	15
Korridor 5	20	180	27	227	130
Korridor 7	20	180	14	214	25
Korridor 10	20	180	8	208	65

Tabell 9.2.

Att varseblivningstiden och besluts- och reaktionstiden för korridorerna är längre än tiden till kritiska förhållanden beror på att denna tid gäller för personerna som vistas i gästrummen, eftersom det är dessa personer som ska utrymma genom korridoren. Eftersom kritiska förhållanden aldrig uppstår i gästrummen blir personerna i dessa rum inte varse om branden förrän det automatiska brandlarmet aktiverar.

9.6 Slutsats från resultat

Vid dimensionering av branden är det väldigt konservativt antaget att gardinerna i rummet är av sämsta tänkbara material ur brandsynpunkt samt att dessa antänds först. Därför kan detta inte anses motsvara ett generellt brandförlopp i gästrum, utan värsta tänkbara.

Den totala tiden för utrymningen av korridoren är ungefär fyra och en halv minut. I den tiden är förflyttning ner för trappan till Kings Arms och genom utgången inte inkluderad, eftersom trapphuset är en annan brandcell. De utrymmande personerna är därmed i säkerhet när de passerat dörren in till trapphuset.

Spridningen av brandgaser från gästrummet ut till korridoren är snabb och omfattande, mycket beroende på den låga takhöjden och smala bredden på korridoren. Den längsta tiden till att den dimensionerande kritiska nivån uppstår är i korridor 5 och är drygt två minuter. Detektorn i korridoren aktiverar redan efter knappt en halv minut och förflyttningstiden är kort, vilket betyder att utrymningsförhållandena helt beror på reaktions- och beslutstiden. För utrymning genom korridor 5 finns utrymme för ungefär en och en halv minuts besluts- och reaktionstid. I gästrummet och korridor 7 är besluts- och reaktionstiden av mindre betydelse eftersom detektionstiden och förflyttningstiden överstiger tiden till då kritiska förhållanden uppstår. Samma sak gäller för korridor 10, eftersom utrymmande personer i denna korridorsdel också måste passera korridor 7.

Eftersom det finns brandpost och handbrandsläckare i korridoren finns en möjligheten att någon hinner släcka branden innan kritiska förhållanden uppstår. Denna möjlighet bedöms dock vara liten, eftersom brandförloppet är snabbt och släckutrustningen är placerad en bit bort från branden.

I gästrummet uppstår kritiska förhållanden redan innan detektorn aktiverar. En person som är sovande eller befinner sig inne på toaletten när branden startar har därmed ingen chans att hinna utrymma under tillfredsställande förhållanden. Det är svårt att uppskatta besluts- och reaktionstiden i

gästrummet eftersom kritiska förhållanden uppstår så tidigt. I samtliga boxar som studeras uppträder kritiska förhållanden innan utrymning hinner ske. Även då alla boxar i korridoren inte studerats, kan det konstateras att en tillfredsställande utrymning inte kan genomföras från gästrummen i denna korridor.

10. Känslighetsanalys

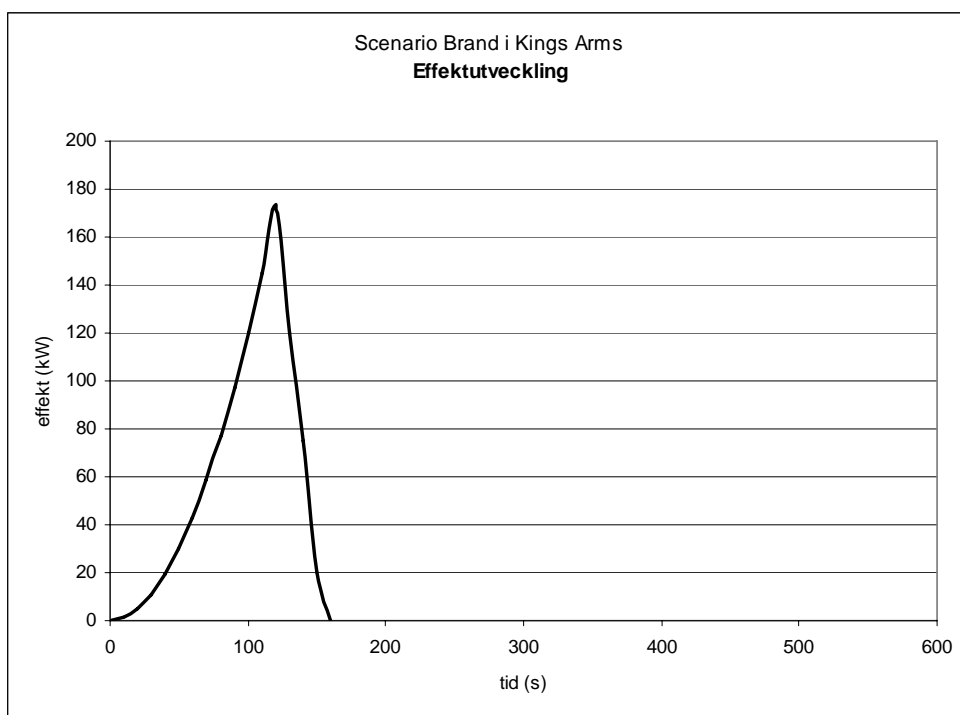
Känslighetsanalysen genomförs för att hitta eventuella variabler som påverkar slutresultatet. Här varierar vissa av de antagna parametrarna för att dra slutsatser om vad som är mest kritiskt för brandförloppet.

10.1 Scenario 1

Det finns huvudsakligen tre känslighetsparametrar på brandscenariot i Kings Arms. Den första är om brandförloppet tillåts fortgå ostört eller om släckinsats genomförs. Den andra känslighetsparametern är antalet utrymningsvägar från Kings Arms och den tredje är bredden på utrymningsvägarna.

10.1.1 Släckt brand

I det ordinarie scenariot antogs brandförloppet fortgå ostört. Eftersom det i Kings Arms finns två handbrandsläckare att tillgå finns chansen att någon tidigt uppmärksammar branden och påbörjar släckinsats. Efter två minuter, när det börjar bli kritiska förhållanden i brandrummet, börjar en person att släcka branden. Det tar ytterliggare drygt en halv minut att släcka branden. Effektutvecklingen med släckinsats kan ses i figur 10.1.



Figur. 10.1.

Tid till kritiska förhållanden för siktbarhet, brandgaslagrets höjd, strålning och temperatur kan ses i tabell 10.1. Resultat från brandrummet har inte presenterats eftersom ingen utrymning sker därifrån.

Tid till kritiska förhållanden (s)

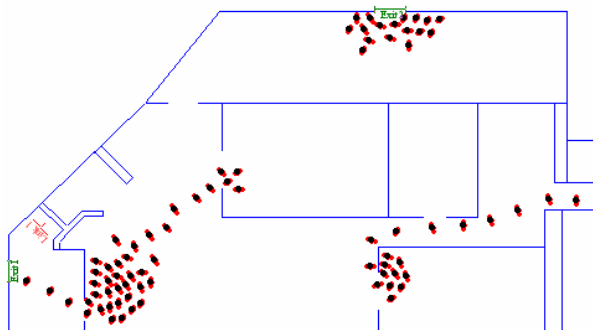
Lokal	Siktbarhet 10m	Brandgaslager 1.6+0.1H m	Strålning 2.5kW/m ²	Temperatur 80°C	Dimensionerande
Serveringsrum 1	90	120	-	-	120
Serveringsrum 2	110	110	-	-	110
Mellanrummet	150	150	-	-	150
Matsalen	120	120	-	-	120
Uteservering 1	-	-	-	-	-
Uteservering 2	-	-	-	-	-

Tabell. 10.1.

10.1.2 Tre utrymningsvägar

I det ordinarie scenariot antogs ingen utrymma genom utrymningsvägen till hotelldelen, eftersom denna utgång är svår att uppmärksamma. Om denna utrymningsväg används kan utrymningstiden förkortas. Därför studeras detta vidare.

Placeringen av personer i Simulex är densamma som i det ordinarie scenariot, men personerna på toaletterna, i köket och lilla matsalen utrymmer genom utrymningsvägen till hotelldelen. De räknas som säkert utrymda när de har passerat dörren in i hotellkorridoren och då befinner sig i en annan brandcell. I figur 10.2. nedan åskådliggörs utrymningen från Kings Arms via de tre utrymningsvägarna.



Figur 10.2.

Den totala utrymningstiden blir då endast fem minuter, en förbättring med nästan en halv minut jämfört med det ordinarie scenariot. Förflyttningstiden förbättras här med nästan en halv minut. I tabell 10.2. redovisas utrymningstider från lokalen.

Utrymningstider				
Lokal	Varseblivningstid (s)	Reaktionstid (s)	Förflyttningstid (s)	Total tid (s)
Serveringsrum 1	103	150	49	302
Serveringsrum 2	103	150	29	282
Mellanrummet	103	150	23	276
Matsalen	103	150	18	271
Uteservering 1	103	150	7	260
Uteservering 2	103	150	23	276

Tabell. 10.2.

10.1.3 Full dörrbredd

Då en av dörrarna till hallen respektive från hallen vid objektsbesöket var blockerad antogs de också vara det i det ordinarie scenariot. Om de föremål som blockerar dörrarna flyttas kommer dörrbredden att dubblas. Detta kan minska utrymningstiden, varför scenariot studeras vidare.

Bortsett från en dubblerad dörrbredd är förutsättningarna för Simulex samma som i det ordinarie scenariot. Den totala utrymningstiden blir då endast fem minuter, en förbättring med en halv minut jämfört med det ordinarie scenariot. Ingen hänsyn tas till att dörren som blockeras av en klädhängare är inåtgående. I tabell 10.3. nedan redovisas utrymningstider från lokalen.

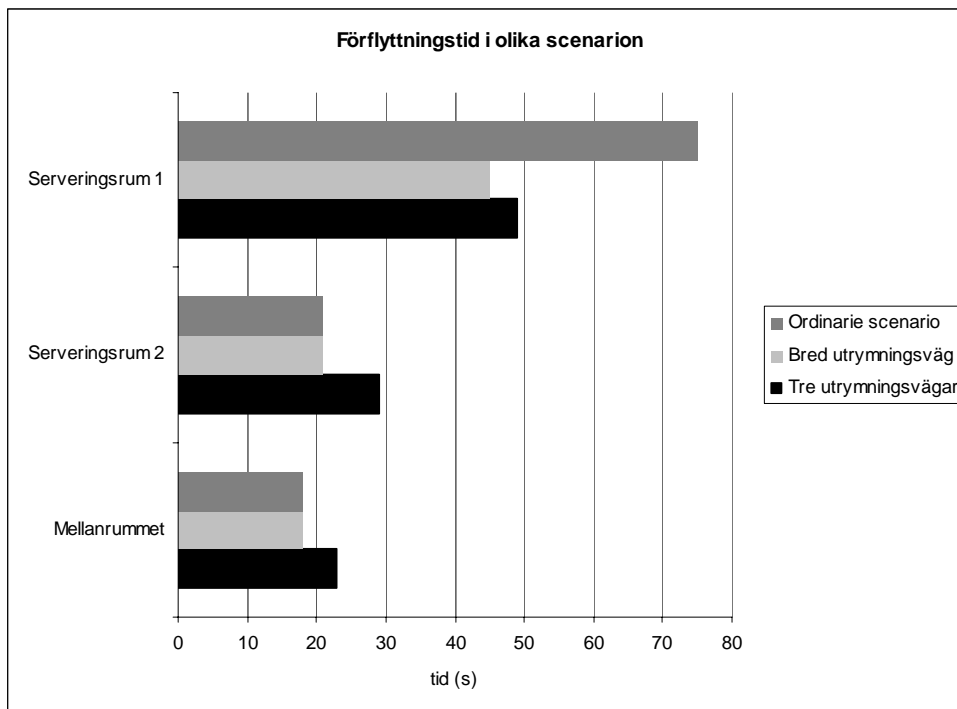
Utrymningstider				
Lokal	Varseblivningstid (s)	Reaktionstid (s)	Förflyttningstid (s)	Total tid (s)
Serveringsrum 1	103	150	45	298
Serveringsrum 2	103	150	21	274
Mellanrummet	103	150	18	271
Matsalen	103	150	18	271
Uteservering 1	103	150	7	260
Uteservering 2	103	150	23	276

Tabell. 10.3.

10.1.4 Slutsats från känslighetsanalys

I släckförsöket börjar personen släcka branden precis innan kritiska förhållanden uppstår i mellanrummet. Någon analys huruvida en person kan släcka branden manuellt vid denna tidpunkt har inte gjorts. Detta eftersom scenariot genomförts enbart för att påvisa vilka förhållanden som uppstår om branden inte får fortsätta växa ostört. I scenariot ses skillnad mot det ordinarie scenariot där branden tillåts tillväxa ostört. I uteservering 1 och 2 uppnås aldrig kritiska förhållanden. Temperaturen blir inte kritisk i någon box. Denna tydliga skillnad visar att brandens storlek är mycket avgörande för möjligheten till säker utrymning. En tidigare släckinsats är dock nödvändig för att säker utrymning skall kunna ske.

Utrymningen från uteserveringen påverkas varken av ett ökat antal utrymningsvägar eller av en bredare dörr i entrén. Personerna som vistas där antas använda sig av utrymningsvägen på uteserveringen. Utrymningstiden från uteserveringen är godtagbar. I figur 10.3. åskådliggörs skillnaderna i förflyttningstid mellan de olika scenarierna. Den totala utrymningstiden är nästan lika lång i scenariot med tre utrymningsvägar som i det med full dörrbredd. Den förstnämnda utrymningstiden kan kortas ytterligare om en större del av personerna använder utrymningsvägen till hotelldelen. Det är dock inte troligt att många väljer att använda sig av den utgången i en utrymningsituation, eftersom den inte är lika känd och synlig som de övriga. Figur 10.3. är dock något missvisande eftersom det vid utrymning med tre utrymningsvägar erhålls längre tider för utrymning ur serveringsrum 2 än för det ordinarie scenariot. Detta beror på att personerna i Simulex går kortaste vägen runt alla hörn vilket leder till att de stockas när de ska lämna lilla matsalen. Att undvika denna stockning i Simulex skulle kunna vara möjligt men eftersom den inte påverkar den totala utrymningstiden anses det inte nödvändigt att genomföra.



Figur 10.3.

Av känslighetsanalysen kan slutsatsen dras att den känsligaste parametern är huruvida brandförloppet får fortgå ostört eller inte. Utrymningsvägarnas storlek och antal påverkar förflyttningstiden, men med den typ av detektor som finns i Kings Arms idag finns det knappt någon tid för förflyttning.

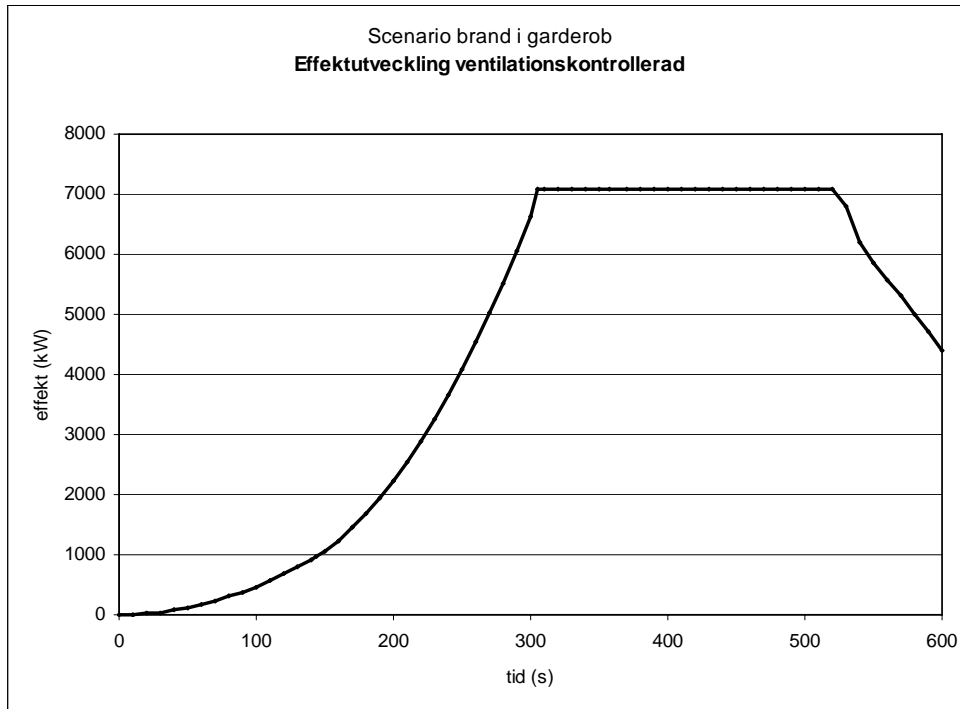
10.2 Scenario 2

Det finns huvudsakligen två känslighetsparametrar på brandscenariot i garderoben. Den första är huruvida dörren från garderoben till korridoren är öppen eller inte och den andra är brandens tillväxthastighet.

10.2.1 Stängd dörr

I det ordinarie scenariot gjordes antagandet att dörren från garderoben till korridoren står öppen under brandförloppet. Detta eftersom den saknar dörrstängare och utrymmande personer ur garderoben kan antas lämna den öppen. Detta är en känslig parameter, varför ett scenario då dörren är stängd bör studeras. Med stängd dörr kommer inte korridoren, och därför personerna i intilliggande gästrum,

direkt påverkas av branden. Eftersom dörren är stängd kommer lufttillförseln till garderoben också minska i förhållande till om den är öppen. Med en minskad lufttillförsel kommer alltså branden bli ventilationskontrollerad i ett tidigare skede. Genom likadana beräkningar som i det ordinarie scenariot för syretillförsel till garderoben, i bilaga C, men i detta fall utan dörren som öppning, fås att den maximala effektutvecklingen som kan uppnås är ungefär 7MW. Liksom i det ordinarie scenariot är det här mycket konservativt antaget att det är en fullständig förbränning. Brandens effektutveckling blir enligt figur 10.4. nedan.



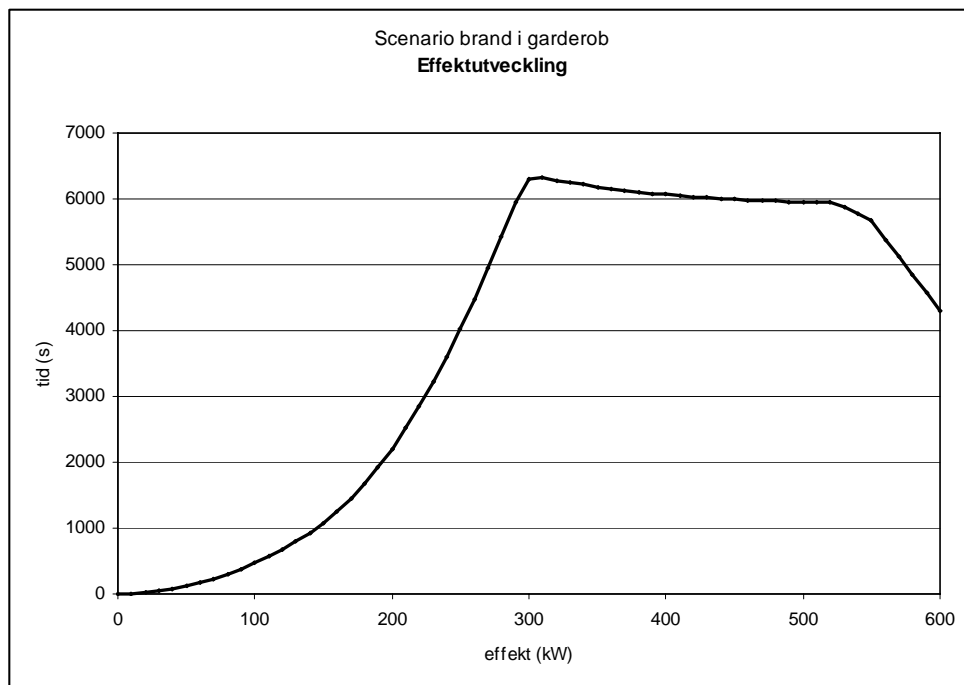
Figur 10.4.

Simulering i CFAST genomförs med dörren stängd och brandens effektutveckling enligt figur 10.4. och i övrigt samma förutsättningar, som i det ordinarie scenariot. Fönstret i garderoben går sönder efter 130 sekunder. Detektorn detekterar branden efter ungefär två och en halv minut. Tid till kritiska förhållanden kan ses i tabell 10.4. nedan.

Tid till kritiska förhållanden (s)					
Lokal	Siktbarhet 10m	Brandgaslager 1.6+0.1H m	Strålning 2.5kW/m²	Temperatur 80°C	Dimensionerande
Foajé 1	50	90	-	120	90
Foajé 2	60	80	-	160	80
Stadsbaren 1	60	230	-	190	230
Stadsbaren 2	70	200	-	310	200
Korridor 2	-	-	-	-	-
Korridor 4	-	-	-	-	-

Tabell 10.4.

I samtliga lokaler utgör sikt och brandgaslagrets höjd tillsammans det dimensionerande kritiska förhållandet, där tiden till när brandgaslagret når den kritiska höjden är dimensionerande. Den dimensionerade brandens effektutvecklingskurva som erhålls ur utdatan kan ses i figur 10.5. Denna effektutvecklingskurva tar hänsyn till att branden inte kan fortsätta växa när syrenivån i rummet understigit 10%.

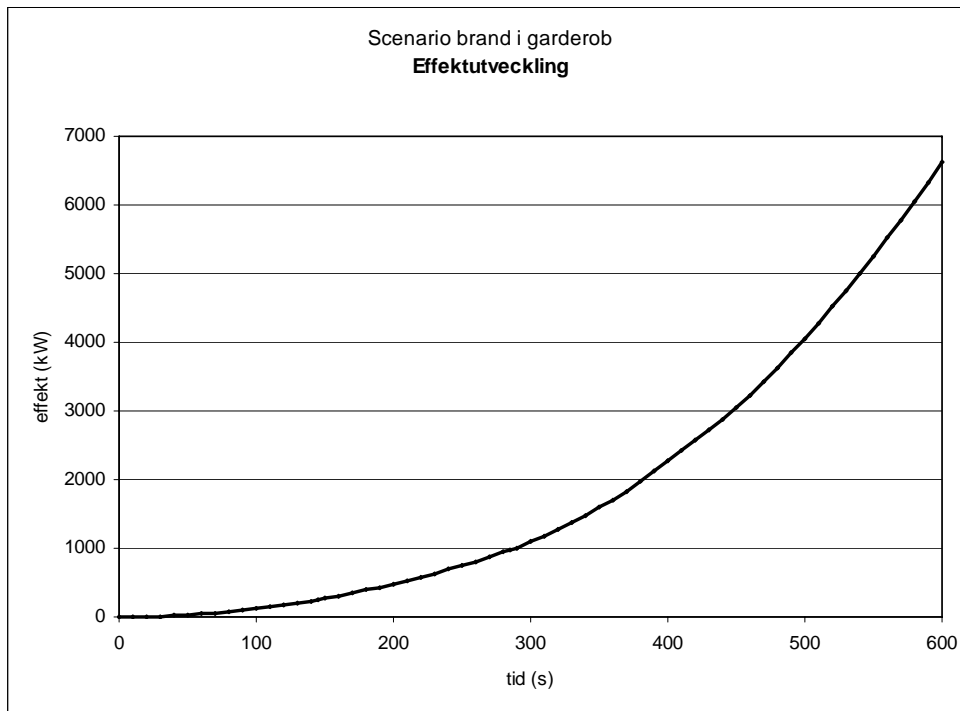


Figur 10.5.

10.2.2 Tillväxthastighet medium

Tillväxthastigheten fast, i det ordinarie brandscenariot byggde på Markus Abrahamssons uppgifter angående att jackor som hänger på ett rack har en tillväxt som är medium eller fast (Abrahamsson M, 1997), samtidigt som Björn Johansson genom experiment i eldningscontainer kommit fram till en snabbare tillväxt än ultrafast (Johansson B, 2004). Tillväxthastigheten är en känslig parameter, varför ett scenario med en tillväxt som är medium bör studeras. Tillväxten ultrafast behöver inte studeras eftersom det redan vistas att tillfredsställande utrymning inte kan ske för tillväxthastigheten fast.

Med en tillväxthastighet medium uppnår mittracket effekten 975kW efter 285 sekunder. Det är då sidorackerna antänds. Branden kommer att tillväxa under hela den studerade tiden och hinner inte bli ventilationskontrollerad. Effektutvecklingen kan ses i figur 10.6.



Figur 10.6.

Simulering i CFAST genomförs med brandens effektutveckling enligt figur 10.6. och i övrigt samma förutsättningar, som i det ordinarie scenariot. Fönstret i garderoben går sönder efter ungefär 300 sekunder. Detektorn detekterar branden efter ungefär tre och en halv minut. Tid till kritiska förhållanden kan ses i tabell 10.5. nedan.

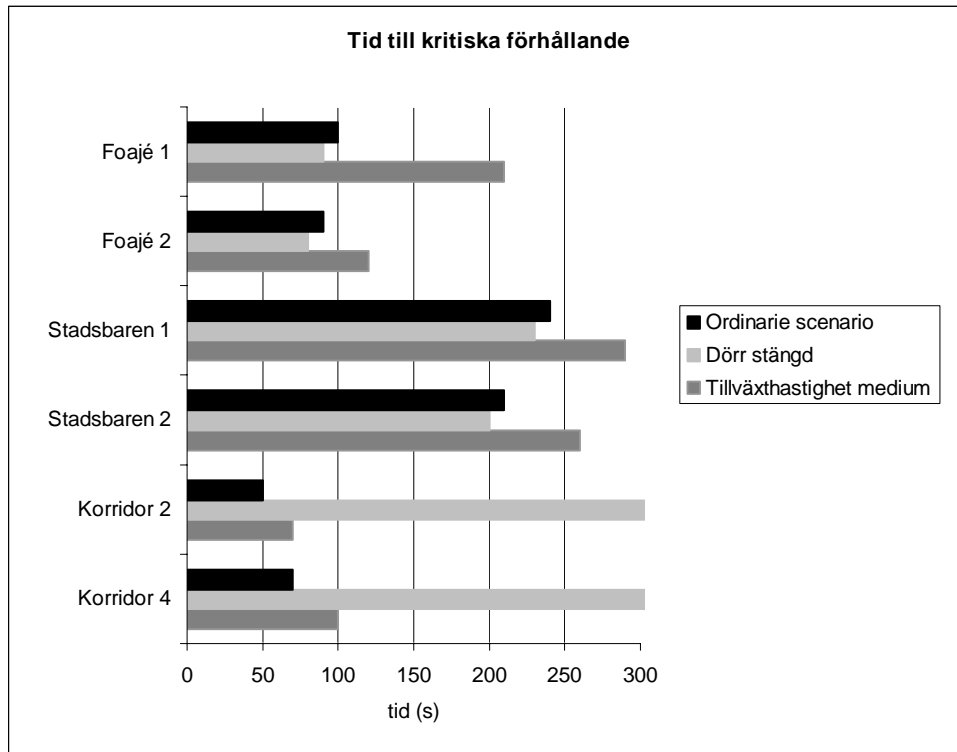
Tid till kritiska förhållanden (s)					
Lokal	Siktbarhet 10m	Brandgaslager 1.6+0.1H m	Strålning 2.5kW/m²	Temperatur 80°C	Dimensionerande
Fojé 1	70	210	-	150	210
Fojé 2	90	120	-	250	120
Stadsbaren 1	90	290	-	410	290
Stadsbaren 2	120	260	-	600	260
Korridor 2	70	60	-	180	70
Korridor 4	100	90	-	460	100

Tabell 10.5.

I samtliga lokaler utgör sikt och brandgaslagrets höjd tillsammans det dimensionerande kritiska förhållandet, där tiden till brandgaslagret når den kritiska höjden är dimensionerande i de flesta lokaler.

10.2.3 Slutsats från känslighetsanalys

I samtliga scenarion utgör siktbarhet och brandgaslagrets höjd tillsammans det dimensionerande kritiska förhållandet. I figur 10.7. kan ses en jämförelse av tid till kritiska förhållanden för de olika scenariona. I jämförelsen har ingen hänsyn tagits till detektionstiden eftersom denna var mer än en minut längre för scenariot med en tillväxthastighet medium än i övriga scenarion.



Figur 10.7.

Någon generell känslighetsanalys om korridoren kan inte göras eftersom korridoren inte alls påverkas i scenariot där dörren är stängd. I de övriga två scenariona är tiden till kritiska förhållanden där så kort att det med de givna detektionstiderna inte finns något utrymme för reaktions- och förflyttningstid. Tiden till kritiska förhållanden är visserligen något längre i scenariot med en tillväxthastighet medium, men det gör ingen skillnad för utrymningssäkerheten genom korridoren eftersom detektionstiden är längre.

Angående de andra lokalerna kan slutsatsen dras att brandens tillväxthastighet är den känsligaste parametern. En lägre tillväxthastighet visade sig dock ha en negativ inverkan på detektionstiden för värmedetektorn, vilket bör beaktas. På grund av den längre detektionstiden får en brand i garderoben lika förödande konsekvenser vid de båda tillväxthastigheterna. I scenariot där dörren är stängd blir tiden till kritiska förhållanden något kortare än i det ordinarie scenariot, trots att den maximala effektutvecklingen här är lägre. Detta visar tydligt att det inte är den maximala effektutvecklingen som är den känsligaste parametern, eftersom kritiska förhållanden hinner uppstå innan denna uppnås. Anledningen till att scenariot med stängd dörr blir värre än det ordinarie scenariot är att de brandgaser som skulle transporteras ut till korridoren istället transporteras till övriga lokaler.

Ingen känslighetsanalys har genomförts på utrymningssimuleringen. Detta eftersom simuleringen i det ordinarie scenariot visade på att säker utrymning inte kan garanteras, då tillgänglig tid för reaktion och beslut är knapp. Denna simulering var ändå inte allt för konservativ eftersom personer utrymmande via stora trappan från övervåningen bortsågs från.

10.3 Scenario 3

I det ordinarie scenariot antogs att dörren från Bakfickan till matsalen var stängd. Vad som händer ifall denna dörr öppnas analyseras nedan. I brandrummet finns en brandpost som kan tänkas användas. Detta scenario analyseras också vidare.

10.3.1 Matsalen öppen

I det ordinarie scenariot antogs dörren från Bakfickan till matsalen vara stängd. Möjligheten att diskoteket och matsalen är öppna samtidigt finns, varför ett scenario med dörren öppen bör studeras. Att ha matsalsdörren öppen innebär att en stor volym öppnas upp för brandgasernas spridning. Takhöjden är 3.53 meter i matsalen. Samma effektutvecklingskurva används som i det ordinarie scenariot. Bortsett från en utökad geometri behålls alla inställningar i CFAST. De nya tiderna till kritiska förhållanden visas i tabell 10.6. nedan.

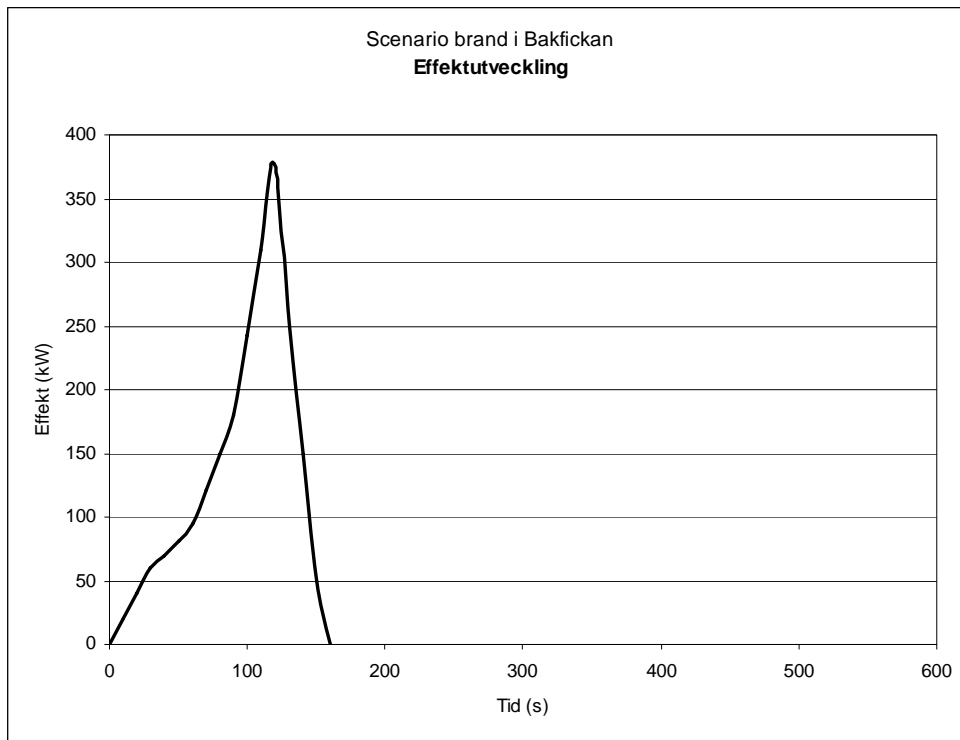
Tid till kritiska förhållanden (s)					
Lokal	Siktbarhet 10m	Brandgaslager 1.6+0.1H m	Strålning 2.5kW/m²	Temperatur 80°C	Dimensionerande
<i>Disco1</i>	130	200	-	250	200
<i>Disco2</i>	120	210	-	200	210
<i>Gamla Garderoben</i>	20	110	280	130	110
<i>Bakfickan</i>	10	120	130	70	120

Tabell 10.6.

Eftersom detektorn detekterar branden vid samma tid som i det ordinarie scenariot kommer utrymningstiderna bli samma.

10.3.2 Släckförsök

I det ordinarie scenariot antogs brandförloppet fortgå ostört. Eftersom det i Bakfickan finns en brandpost finns chansen att någon tidigt uppmärksammar branden och påbörjar släckinsats. Eftersom brandposten är omärkt, förväntas endast personal ha vetskap om den. Efter två minuter, när det börjar bli kritiska förhållanden i brandrummet, börjar en person att släcka branden. Det tar ytterligare drygt en halv minut för personen att släcka branden. Effektutvecklingen med släckinsats kan ses i figur 10.8.



Figur 10.8.

Bortsett från en ny effektutveckling, enligt figur 10.8, behålls alla inställningar i CFAST. Vid simuleringen av släckförsöket aktiveras aldrig värmedetektorn. De nya tiderna till kritiska förhållanden visas i tabell 10.7. nedan.

Tid till kritiska förhållanden (s)					
Lokal	Siktbarhet 10m	Brandgaslager 1.6+0.1H m	Strålning 2.5kW/m²	Temperatur 80°C	Dimensionerande
<i>Disco1</i>	-	-	-	-	-
<i>Disco2</i>	150	-	-	-	-
<i>Gamla Garderoben</i>	30	110	-	130	110
<i>Bakfickan</i>	20	120	-	70	120

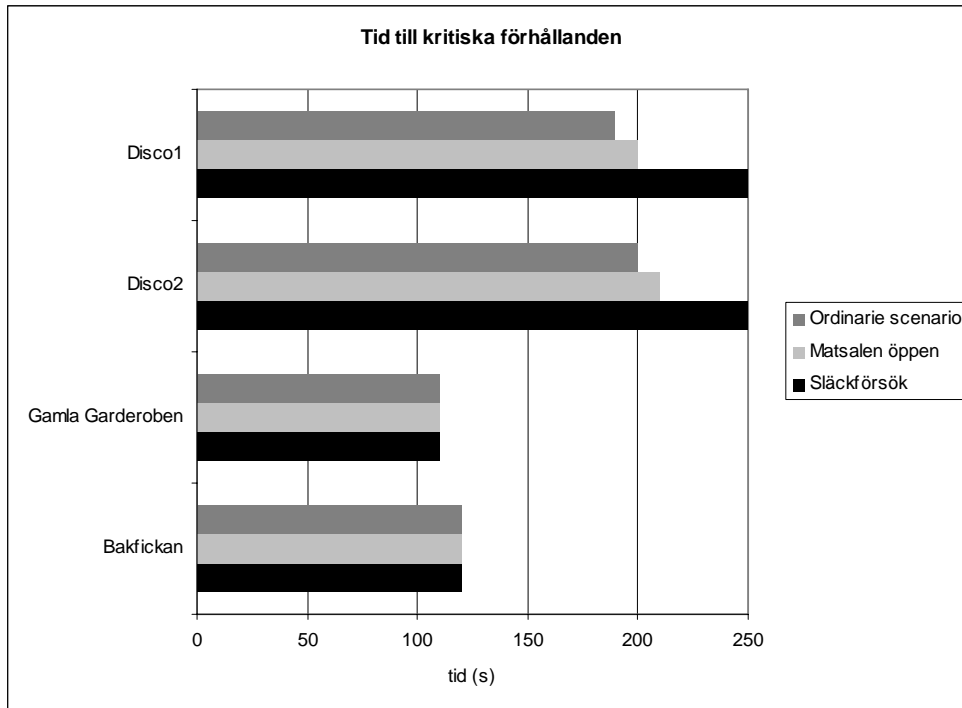
Tabell 10.7.

10.3.3 Slutsats från känslighetsanalys

Att dörren in till matsalen är öppen i samband med disco, händer förmodligen endast när det varit någon form av tillställning med dans i matsalen. Att lämna matsalsdörren öppen innebär dock inga större förändringar för de kritiska förhållandena. Brandgaserna sprids ut över en större volym varför temperaturen i brandgaslagret blir lägre. En lägre temperatur leder till en sämre tvåzonsskiktning och höjden på brandgaslagret minskar snabbare. Eftersom utrymningen sker på exakt samma sätt som i det ordinarie scenariot, kommer många personer fortfarande få en mycket problematisk utrymning.

Om ett släckförsök lyckas kommer däremot alla personer i diskoteket att kunna utrymma via spiraltrappan under tillfredsställande förhållanden, eftersom kritiska förhållanden aldrig uppstår i diskoteket. Vid släckförsöket uppstår aldrig tillräckligt hög temperatur för att värmedetektorn skall

detektera branden, varför brandlarmet inte kommer att utlösa automatiskt. Om det manuella larmet inte aktiveras kan det därför bli komplikationer när personer försöker ta sig ut från diskoteket via Bakfickan, eftersom de kritiska förhållandena kvarstår där ytterliggare ett tag. I släckförsöket börjar personen släcka branden precis innan kritiska förhållanden uppstår i rummet. Någon analys huruvida en person kan släcka branden manuellt vid denna tidpunkt har inte gjorts. Detta eftersom scenariot genomförts enbart för att påvisa vilka förhållanden som uppstår om branden inte får fortsätta växa ostört. Eftersom kritiska förhållanden inte uppstår i diskoteket vid detta scenario betyder det att släckförsök som påbörjas tidigare också kommer leda till tillfredställande förhållanden. En sammanfattning av de olika scenarierna som analyserats i samband med brand i Bakfickan kan ses i figur 10.9. nedan.



Figur 10.9.

Av känslighetsanalysen kan slutsatsen dras att den känsligaste parametern är huruvida brandförloppet får fortgå ostört eller inte.

10.4 Scenario 4

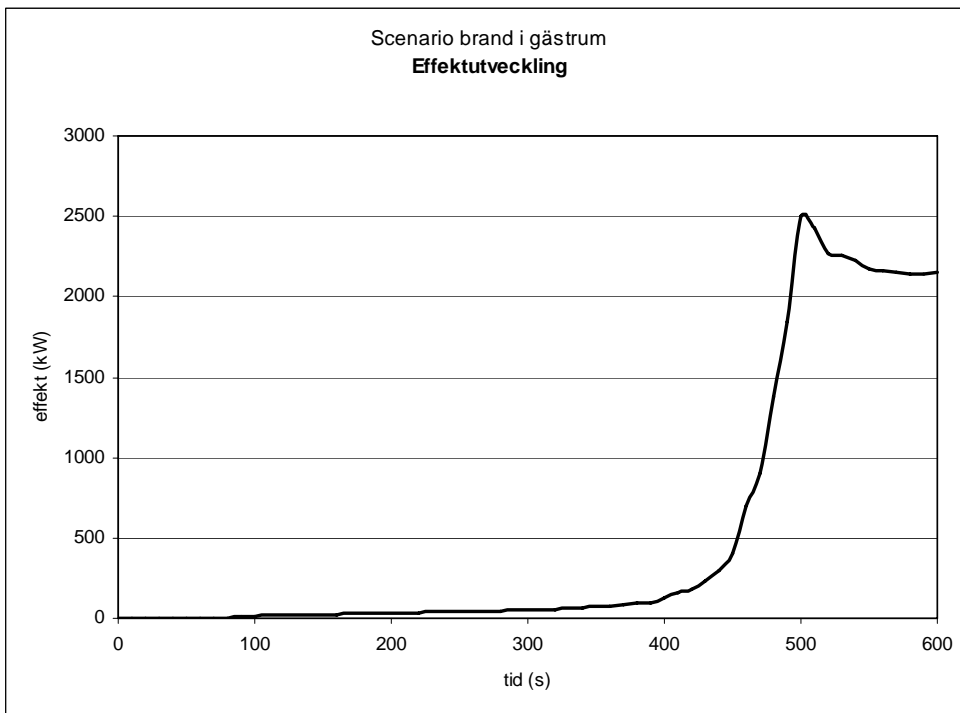
Det finns huvudsakligen två känslighetsparametrar på brandscenariot i gästrummet. Den första är huruvida dörrstängaren fungerar eller inte och dörren till korridoren därför är öppen eller stängd. Den andra är brandförloppet.

10.4.1 Stängd dörr

I det ordinarie scenariot antogs att dörrstängaren var ur funktion och dörren stod delvis öppen under brandförloppet. Om dörrstängaren däremot skulle fungera kan inte dörren förväntas stå öppen. Då dörren är stängd påverkas inte utrymningen genom korridoren, eftersom ingen brandgasspridning kan ske dit och därför inga kritiska förhållanden uppstår. I gästrummet där det brinner kommer brandförloppet att fortgå ungefär som när dörren är öppen och tiden till kritiska förhållanden, samt detektionstiden blir därmed ungefär desamma. Eftersom tiderna blir samma redovisas inte dessa i en ny tabell.

10.4.2 Förändrat brandförlopp

I det ordinarie scenariot antogs papperskorgen, i vilken branden startar, vara placerad mellan sängen och gardinerna. Placeringen av papperskorgen kan lätt ändras, varför ett scenario med tändkällan placerad vid andra sidan av sängen bör studeras. Med denna placering av tändkällan antänds inte gardinerna i början av brandförloppet och effektutvecklingen av branden blir en helt annan. Istället för den väldigt snabba tillväxten som gardinerna bidrar med i det ordinarie scenariot, tillväxer branden väldigt långsamt. Denna brand kan anses bättre beskriva ett troligt brandförlopp i ett gästrum. Spridningen, på grund av strålning, till den andra sängen och till gardinerna sker efter nästan sju respektive sju och en halv minut, enligt likadana beräkningar som i det ordinarie scenariot i bilaga C. Det är strålningen från den först sängen som antänder gardinerna eftersom den effektutveckling som behövs för antändning av gardinerna först uppnås av den första sängen. Effektutvecklingskurvan för brandförloppet kan ses i figur 10.10. nedan.



Figur 10.10.

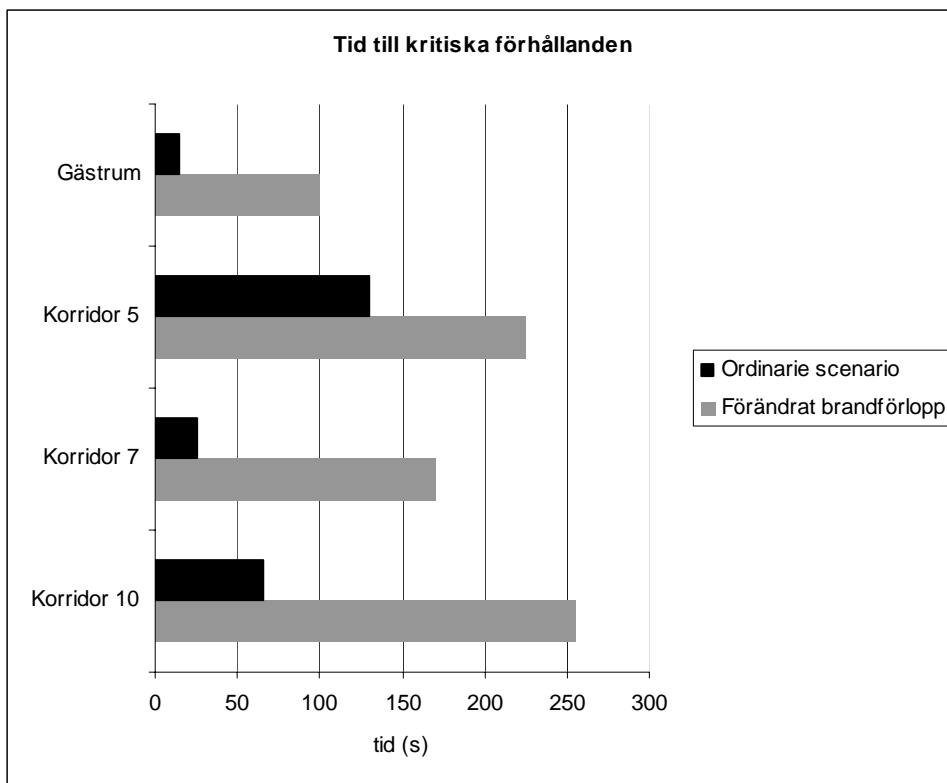
Vid simulering i CFAST med den nya effektutvecklingskurvan, figur 10.10, är övriga parametrar samma som i den ordinarie simuleringen. Dörren till gästrummet är halvöppen och fönstren går sönder efter 480 sekunder. Detektorn i gästrummet aktiverar efter drygt sju och en halv minut och detektorn i korridoren efter drygt fyra och en halv minut. Resultat på när kritiska förhållanden uppstår i de olika boxarna kan ses i tabell 10.8. nedan.

Tid till kritiska förhållanden (s)					
Lokal	Siktbarhet 10m	Brandgaslager 1.6+0.1H m	Strålning 2.5kW/m ²	Temperatur 80°C	Dimensionerande
Gästrum	85	100	470	370	100
Korridor 5	210	225	-	-	225
Korridor 7	130	170	-	-	170
Korridor 10	245	255	-	-	255

Tabell 10.8.

10.4.3 Slutsats från känslighetsanalys

När dörren är stängd uppstår kritiska förhållanden i gästrummet efter mindre än en halv minut, det vill säga långt innan detektorn aktiverar. Är personerna i gästrummet i vaket tillstånd så att de tidigt hinner uppmärksamma branden har de en chans att utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Är de i sovande tillstånd eller inne på toaletten finns ingen tid till säker utrymning. Detta resultat fås även för det ordinarie scenariot när dörren är öppen, vilket visar att situationen för personer i gästrummet inte påverkas av om dörren är öppen eller stängd. Däremot påverkas utrymningen genom korridoren, som om dörren är stängd kan utföras under tillfredsställande förhållanden. I samtliga boxar, i både scenariot med förändrat brandförlopp och det ordinarie, utgör brandgaslagrets höjd tillsammans med sikten det dimensionerande kritiska förhållandet. Dock är tiden till dess att de uppnås väldigt olika, vilket redovisas i figur 10.11. nedan.



Figur 10.11.

Figur 10.11. bör betraktas med försiktighet eftersom detektionstiden för de två scenarierna är väldigt olika. Detektorn i det ordinarie scenariot aktiverar efter knappt en halv minut i jämförelse med drygt fyra och en halv minut i scenariot med förändrat brandförlopp. Därmed blir det ingen större skillnad i utrymningsförhållandena eftersom det i scenariot med förändrat brandförlopp är kritiska förhållanden i alla de studerade boxarna när detektorn aktiverar. På grund av den långa detektionstiden hjälper det alltså inte att tiden till kritiska förhållanden ökar som i scenariot med förändrat brandförlopp. Det kan konstateras att det för båda scenarierna inte kan ske en tillfredsställande utrymning.

Av känslighetsanalysen kan slutsatsen dras att huruvida dörren till gästrummet är öppen eller stängd är den känsligaste parametern.

11. Diskussion och slutsatser

På grund av brist på tillgänglig information om ventilationssystemet har brandgasspridning via ventilation bortsetts från i rapporten. Detta är visserligen en stor begränsning men ventilationen kommer förmodligen inte spela så stor roll i utrymningsskedet. Brandgasspridning via ventilationen är sannolikt ett större problem senare i brandskedet, men då med avseende på egendomsskydd. Med den lilla information som finns tillgänglig kan dessutom risken för brandgasspridning via ventilationssystemet i hotellet inte anses vara stor.

Konservativa antaganden har genomgående gjorts i rapporten. Detta för att få värsta tänkbara scenarion. Till exempel har fullständig förbränning och perfekta luftflöden genom öppningar antagits i samtliga fall. I denna rapport har valts att konservativt förlita sig på de resultat som erhålls genom CFAST-simuleringar. Framförallt vad gäller resultaten för siktbarheten är det ett väldigt konservativt antagande. CFAST tar inte hänsyn till en minskad sotpartikelkoncentration på grund av att sotpartiklar kan fastna på ytskikt, vilket är det verkliga fallet. Sotpartiklarnas transporttid är inte heller något CFAST tar hänsyn till. Längre ifrån branden är också risken påtaglig att tvåzonsskiktningen istället har blivit omblandad, varpå siktförhållandena egentligen borde skalas om för hela rummets geometri och inte bara för brandgaslagrets. Denna felkälla har beaktats genom att studera rummen närmast branden och inte presentera resultat från de mer avlägsna rummen.

I samtliga scenarion kommer personer fortfarande att befinna sig i lokalerna när kritiska förhållanden uppstår. Detta medför att säkerheten för gästerna inte kan garanteras. Trots att det sällan vistas så många personer som konservativt placerats i de olika lokalerna vid de olika scenariona, måste brandskyddet även vara tillfredsställande för de fall då det faktiskt inträffar. Skulle personantalet vara mindre kortas utrymningstiderna, men eftersom det i de flesta fall är detektionstiden som har störst betydelse spelar detta mindre roll.

I presentationen av resultaten från simuleringarna av scenariona är detektionstiden likställd med varseblivningstiden. Om det uppstår kritiska förhållanden innan larmet utlöser är det rimligt att anta att de drabbade personerna blir varse tidigare. De antagna reaktions- och beslutstiderna kan också förändras mycket beroende på om personerna ser och känner branden.

Känslighetsanalyserna visar att de enda variabler som ger tillfredsställande utrymningsförhållanden är om branden stängs in eller släcks. Därför är det viktigt att ha fungerande dörrstängare och släckutrustning. Att installera ett sprinklersystem borde övervägas.

Då resultaten entydigt pekar på att utrymningssituationerna ur hotellets olika lokaler med stor marginal är otillfredsställande, kan resultaten anses rimliga trots osäkerheten i de antaganden som är gjorda. Nedan föreslås åtgärder som syftar till att uppnå en säkrare utrymning genom att förlänga tiden till och minska risken för kritiska förhållanden, samt förkorta den totala utrymningstiden.

11.1 Åtgärder

Eftersom Hedemora Stadshotell inte kan förutsättas ha stora kapital tillgängliga att investera i brandskyddet är nedanstående föreslagna åtgärder uppdelade i *skall* och *bör*. De åtgärder som *skall* genomföras är förhållandevis enkla men framförallt viktiga, varför de skall genomföras omgående. För de åtgärder som *bör* genomföras kan ett större kapital behöva investeras varför detta inte kan krävas att det genomförs omgående, utan under ett längre tidsperspektiv.

En del av åtgärderna som behöver vidtas kan falla inom ramen för systematiskt brandskyddsarbete (SBA). SBA är en ny lag, från 2004, som gör att alla företag som bedriver aktiv verksamhet i egna lokaler, oavsett storlek och verksamhet måste dokumentera och sköta sin brandskyddskontroll själva. Detta går ut på att man ska minimera och åtgärda de brister som kan orsaka skada och brand i verksamhet.

Följande åtgärder *skall* vidtas för att förbättra byggnadens brandskydd och därmed underlätta för utrymningsituationer:

- Rensa bort allt bråte i och kring utrymningsvägarna så att alla är fullt användbara. Vid besöket uppmärksammades bråte i till exempel trappan till Kings Arms från ovanvåningen, samt ovan och nedan spiraltrappan från diskoteket. Dörrarna i entrén till Kings Arms var också blockerade.
- Kontrollera allmänt att utrymningsvägarna är i gott skick. Vid besöket uppmärksammades till exempel att utrymningsvägen från dansgolvet i Stadsbaren till korridoren har ett löst handtag, samt att dörren från diskoteket mot spiraltrappan är försedd med ett för dåligt handtag. Samtliga dörrar i utrymningsvägar skall förses med panikregel eller motsvarande.
- Åtgärda alla de självstängande dörrarna som blivit uppspärade. Vid besöket uppmärksammades till exempel att dörren i entrén till Kings Arms, samt dörren från receptionen till varumottagningen var uppspärade. De dörrar som behöver stå uppställda skall förses med magnetuppställning som stängs vid utlösning av det automatiska brandlarmet. Luckan från garderoben till entrén skall förses med magnetuppställning och självstängare.
- Kontrollera att självstängningen på samtliga dörrar fungerar. Vid besöket uppmärksammades till exempel att dörrstängningen till vissa gästrum var ur funktion.
- Förse de dörrar i brandcellsgränser som saknar dörrstängare med det. Vid besöket uppmärksammades till exempel att dörren till garderoben saknar dörrstängare.
- Återställ de handbrandsläckare som saknas. Vid besöket uppmärksammades till exempel att handbrandsläckaren i garderoben saknas.
- Ta bort allt som kan blockera de manuella brandsläckarna. Vid besöket uppmärksammades till exempel att handbrandsläckaren i entrén till Kings Arms var blockerad av en stor gipsfigur.
- Förse alla brandposter med markeringar och beskrivningar. Vid besöket uppmärksammades till exempel att brandposterna i Bakfickan samt i den långa korridoren på första våningen saknar markering och beskrivning.
- Se över det automatiska brandlarmet i Stadsbaren. Föreslagen lösning är samma som återfinns i diskoteket, det vill säga med talat utrymningsmeddelande från Djn samt avstängning av musik och tändning av belysningen.
- Rensa bort allt brännbart material från källaren och vinden, samt utanför byggnaden.
- Ta bort gasolflaskan från spritförrådet samt förse dörren med en varningsskylt om att gasflaskor förvaras där.
- Utbilda personalen i manuell brandsläckning.
- Utse brandskyddsansvariga och ge dessa lämplig utbildning.
- Genomför utrymningsövningar.
- Gör centralapparaten till det automatiska brandlarmet mer synlig.
- Låt besiktiga det automatiska brandlarmet.
- Byt ut värmedetektorerna mot rökdetektorer, med undantag av det stora köket och spritförrådet.

- Förse de rum som saknar detektorer med det. Vid besöket uppmärksammades till exempel att uteserveringen och köket i Kings Arms saknar detektor.
- Förse samtliga dörrar i brandcellsgränser med tätninglistor. Vid besöket uppmärksammades till exempel att dörrarna till gästrummen var otäta.

Följande åtgärder *bör* vidtas för att förbättra byggnadens brandskydd och därmed underlätta för utrymningsituationer:

- Utöka antalet handbrandsläckare. Vid besöket uppmärksammades till exempel att det lilla köket i Kings Arms inte är försett med en handbrandsläckare.
- Utöka antalet larmdon. Vid besöket uppmärksammades till exempel att det saknas larmdon vid matsalen och Bakfickan, samt på uteserveringen i Kings Arms.
- Förnya hela detektionssystemet.
- Upprätta sprinklersystem i byggnaden.
- Byt dörrarna till gästrummen så att de uppfyller kraven EI₂₃₀ och öppnas inåt.
- De utvändiga spiraltrapporna bör bytas mot vanliga raka trappor.
- Fönster mot utrymningstrapp bör bytas så att de uppfyller EI₃₀. Ett av fönstren i vinklad del av byggnaden bör bytas så att de uppfyller EI₁₅.
- Ytskikten i hela byggnaden bör ses över och i de fall de inte uppfyller sina krav bör de bytas eller brandskyddsmålas. Vid besöket uppmärksammades till exempel de bärande stålbalkarna i källarens tak är oskyddade.

11.2 Validering av åtgärdsförslag

Två viktiga åtgärder att vidta i hotellet är att förnya detektionssystemet, främst genom att byta de flesta värmedetektorer mot rökdetektorer, samt att upprätta ett sprinklersystem. Båda dessa åtgärder kan vara relativt kostsamma varför en validering av huruvida dessa bidrar med positiva konsekvenser är på sin plats.

11.2.1 Byta detektorer

Detektorerna i de fyra utrymmena där brandscenariona sker, är i dagsläget värmedetektorer. I tabell 11.1 kan ses en jämförelse mellan detektionstiderna från simuleringar i CFAST med värmedetektorer respektive rökdetektorer. Dessa tider kan dock inte anses exakta på grund av de brister som finns i CFAST.

Detektionstider (s)		
Scenario	Värmedetektor	Rökdetektor
Kings Arms (ordinarie)	103	60
Kings Arms (släckförsök)	103	60
Garderob (ordinarie)	148	28
Garderob (stängd dörr)	143	29
Garderob (tillväxt medium)	216	49
Bakfickan (ordinarie)	174	12
Bakfickan (matsal öppen)	174	12
Bakfickan (släckförsök)	-	12
Gästrum (ordinarie)	105	7
Gästrum (stängd dörr)	100	7
Gästrum (ändrat brandförlopp)	465	135

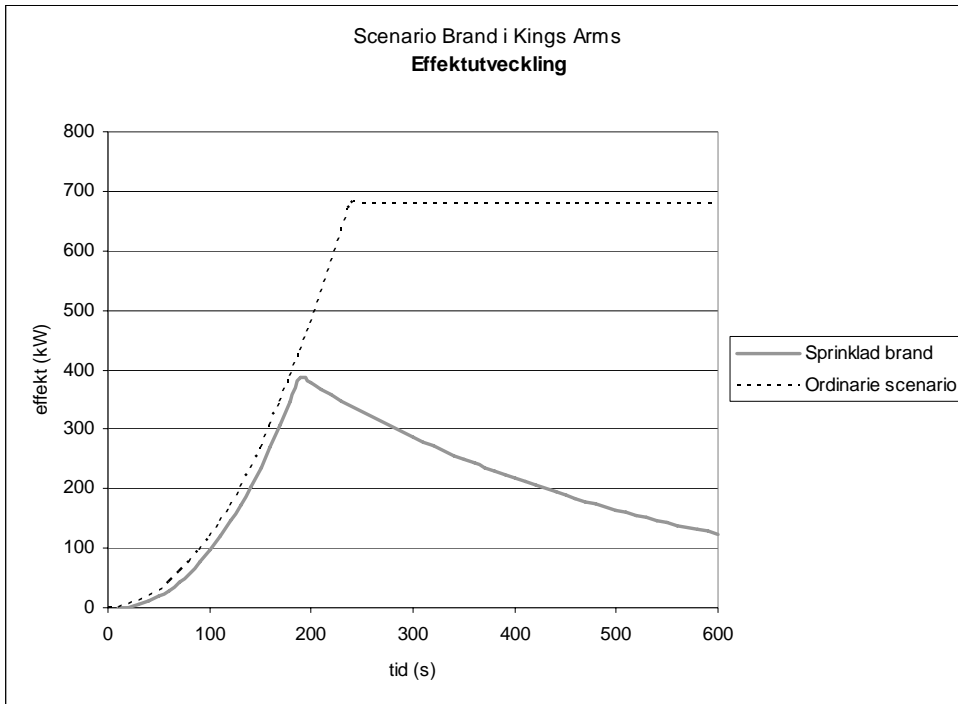
Tabell 11.1.

I tabell 11.1. kan ses att om värmedetektorerna skulle bytas mot rökdetektorer skulle detektionstiden förkortas avsevärt. Detta skulle resultera i en större möjlighet för personer vistades i byggnaden att utrymma på ett mer tillfredsställande vis, eftersom tiden för reaktion, beslut och förflyttning blir längre.

11.2.2 Upprätta sprinklersystem

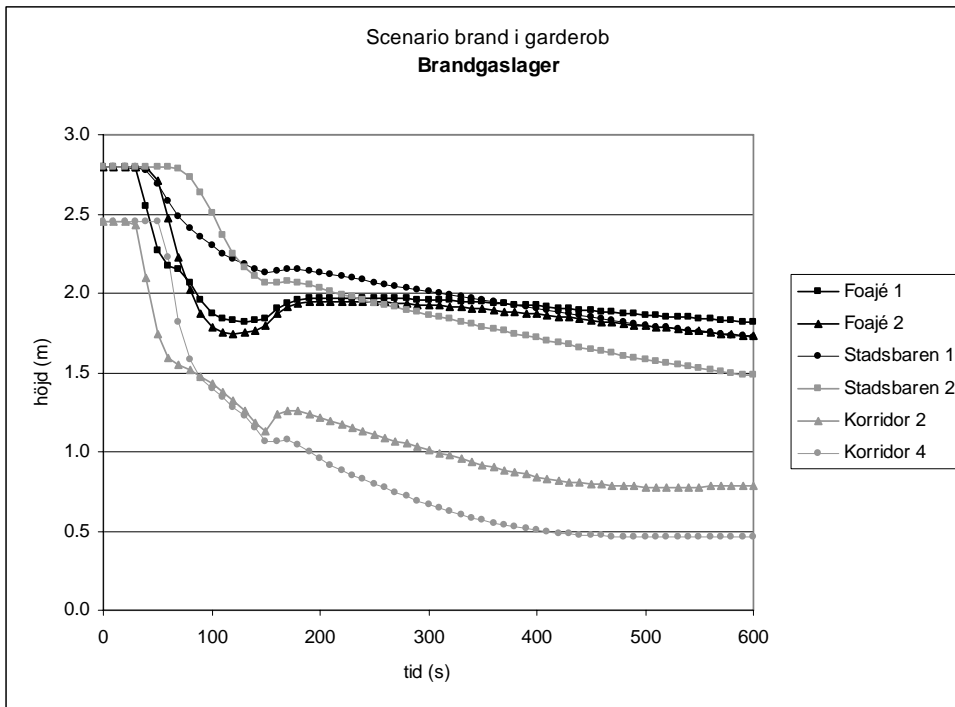
I dagsläget finns inget befintligt sprinklersystem i hotellet. För att visa vilka effekter ett sprinklersystem eventuellt skulle kunna ha på de fyra brandscenariona, simuleras alla ordinarie scenarion i CFAST med en sprinkler. Sprinkler som används har en aktiveringstemperatur på 68°C, RTI på 80m^{0.5}s^{0.5} samt spray density på 7·10⁻⁵m/s. I samtliga scenarion påverkas inte sikten nämnvärt, eftersom dåliga siktförhållanden i brandgaslagret uppstår redan innan sprinklerna aktiverar.

Med en sprinkler i scenario 1 halveras nästan brandens effekt, se figur 11.1, men den aktiverar inte tillräckligt tidigt för att förhindra att kritiska förhållanden uppstår. Dessa uppstår lika snabbt för sikt och brandgaslagrets höjd, som i det ordinarie scenariot. Sprinklern har sin största verkan på brandgaslagrets temperatur, se figur H.1. i bilaga H. Med sprinkler uppnås bara 80°C i en av sex boxar mot i fem av sex i det ordinarie scenariot. Vid användning av sprinkler trycks brandgaserna ner och kyls av och därför kommer brandgaslagrets höjd att nå kritisk höjd lika snabbt som i det ordinarie scenariot. Det kan inte visas att den sprinkler som valts bidrar till en säkrare utrymning.



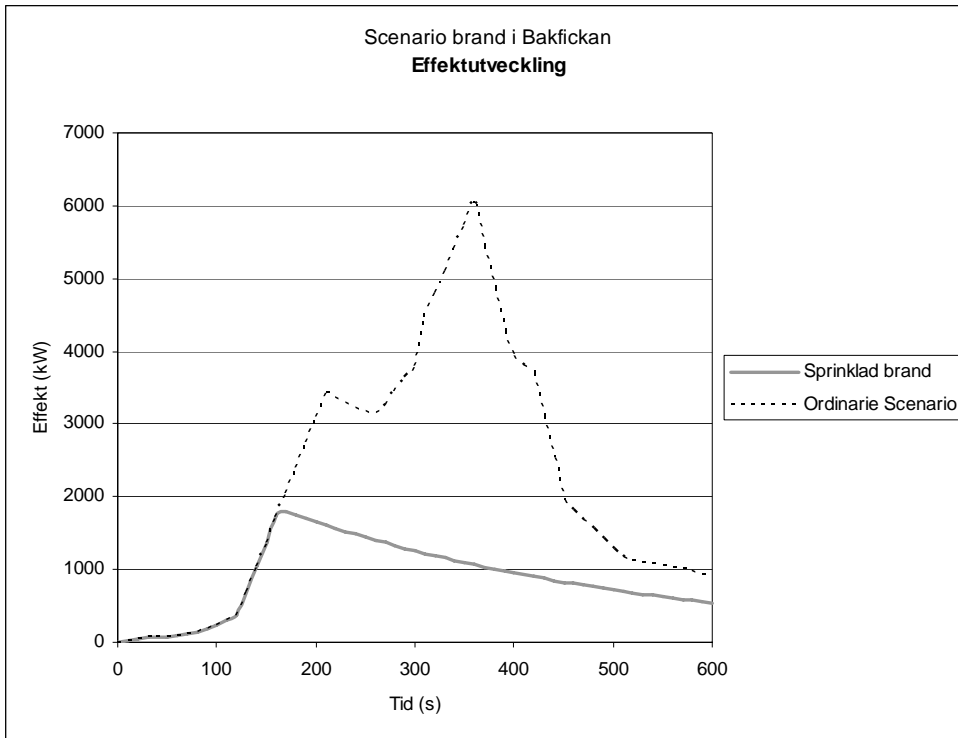
Figur 11.1. Sprinklernas påverkan på brandens effektutveckling. Sprinklern aktiveras efter tre minuter.

Med en sprinkler i scenario 2 uppnår branden en mycket lägre effekt, se figur H.2. i bilaga H. I figur 11.2. nedan presenteras brandgaslagrets höjd då sprinkler används. I tidigare simuleringar har oftast brandgaslagrets höjd varit den dimensionerande faktorn för tiden till kritiska förhållanden. Med sprinkleranvändning förbättras inte brandgaslagrets höjd i korridoren eftersom sprinklern trycker ner brandgaserna. Eftersom luckan ut mot entrén inte sitter i golvnivå, kan tvåzonsskiktningen antas kvarstå i foajén och Stadsbaren. När sprinkler används förbättras brandgaslagrets höjd i dessa lokaler. Temperaturen blir inte lika hög då sprinkler används, se figur H.3. i bilaga H. I detta scenario kan slutsatsen dras att sprinkleranvändning kan resultera i en säkrare utrymning, eftersom tiden till kritiska förhållanden förlängs.



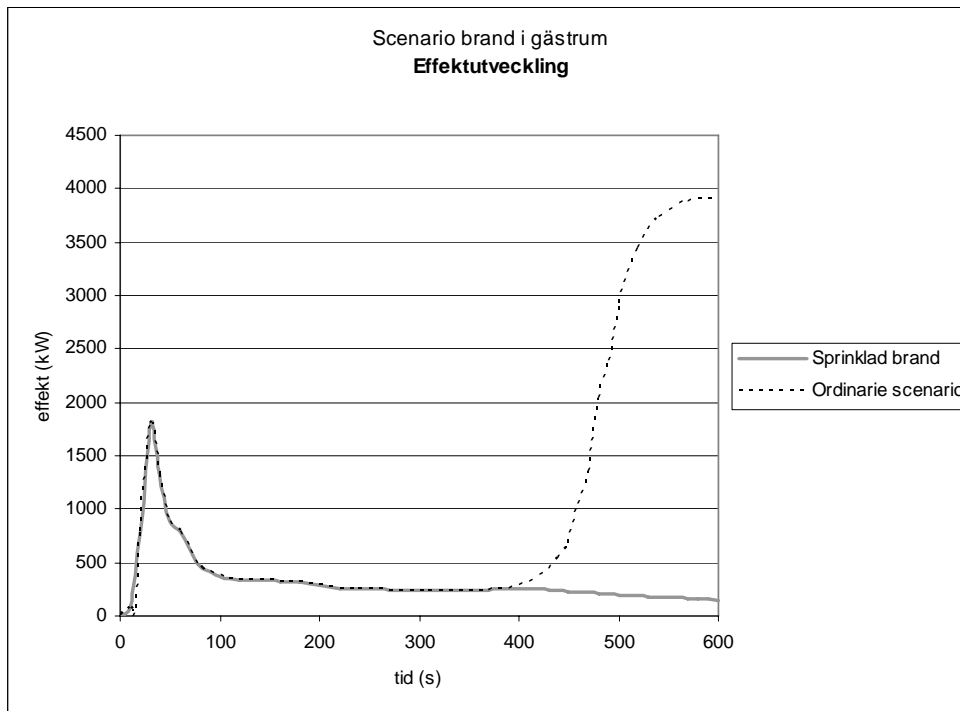
Figur 11.2. Sprinklerns påverkan på brandgaslagrets höjd. Sprinklern aktiverar efter drygt två minuter.

Sprinklern i scenario 3 aktiverar inte tillräckligt tidigt för att förhindra att kritiska förhållanden uppstår i diskoteket. Kritiska förhållanden uppstår lika snabbt för sikt och brandgaslagrets höjd, som i det ordinarie scenariot. Den stora skillnaden med sprinkler blir att den maximala effekten blir betydligt lägre, vilket kan ses i figur 11.3. Även temperaturen i brandgaslagret sänks avsevärt, se figur H.4 i bilaga H. Eftersom att branden är så nära den stora ingången till diskoteket kommer brandgaserna snabbt att sprida sig dit. Vid användning av sprinkler kommer dessutom brandgaserna att tryckas ner och kylas, därför kommer brandgaslagren fortfarande nå kritiska förhållanden lika snabbt som i det ordinarie scenariot. Vid brand i Bakfickan kan slutsatsen dras att sprinkler främst kommer att ge ett egendomsskydd.



Figur 11.3. Sprinklernas påverkan på brandens effektutveckling. Sprinklern aktiveras efter två och en halv minut.

I scenario 4 påverkar sprinklern inte tiden till kritiska förhållanden, se figur H.5.-H.6. i bilaga H. Detta eftersom branden tillväxer så snabbt att sprinklern inte hinner aktivera innan den maximala effektutvecklingen för gardinerna uppnås. Sprinklern dämpar branden i sängarna så att effektutvecklingen i dessa blir låg, vilket kan ses i figur 11.4. Om effektutvecklingen däremot skulle tillväxa långsammare i brandförloppets början, det vill säga om gardinerna inte antänder i början av brandförloppet, skulle kritiska förhållanden möjligen kunna undvikas.



Figur 11.4. Sprinklerns påverkan på brandens effektutveckling. Sprinklern aktiverar efter drygt en minut.

11.2.3 Diskussion

Valideringen visar entydigt att rökdetektorer skulle ge kortare detektionstider i samtliga scenarion. En kortare detektionstid skulle i vissa scenarion kunna ge tillfredsställande personskydd. I övriga scenarion sker en förbättring, men ytterligare åtgärder måste vidtas. Vad beträffar sprinklersystemen är resultaten skilda. I scenario 1, 3 och 4 kan det inte visas att sprinklersystemet ger en tillfredsställande utrymning. Däremot dämpas brandens effekt vilket minskar risken för skadlig och dödlig utgång. I scenario 2 bidrar sprinklersystemet till en bättre utrymningssituation genom en ökad brandgaslagerhöjd. På grund av dessa förbättringar bör ett sprinklersystem övervägas.

Referenser

Rapporter/Handböcker

Abrahamsson, M. *Scenariotänkande vid brandsyn i samlingslokaler*, Rapport 5007, Brandteknik LTH, Lund 1997.

Babrauskas, V. *Ignition handbook*, USA 2003.

Boverket. *Boverkets byggregler*, BFS 1993:57 med ändringar till och med 2005:17.

Boverket. *Utrymningsdimensionering*, Boverket, Karlskrona 2006.

Brandskyddshandboken. Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005.

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

Hultqvist, H. *Simulating visibility in HAZARD I / CFAST*, Departement of Fire Safety Engineering, Lund University Sweden, Lund 2000.

Jensen, L. *Byggnaden i system med branden och ventilationssystemet*, Installationsteknik LTH, Lund 2006.¹

Johansson, B. *Analys för utrymnings säkerheten vid brand hos nattklubben Underbar i Skellefteå*, Rapport 5135, Brandteknik LTH, Lund 2004.

Särdqvist, S. *Initial Fires*, Lund University, Institute of Technology Department of Fire Safety Engineering, Lund 1993.

Böcker

Drysdale, D. *Fire Dynamics*, Wiley, Chichester 2003.

Karlsson, B. Quintiere J G. *Enclosure Fire Dynamics*, USA 2000.

Föreläsningmaterial

Gojkovic, D. *Tvåzonsmodeller (CFAST)*, Øresund Safety Advisers, Brandteknik LTH, Lund 2006.

Manualer

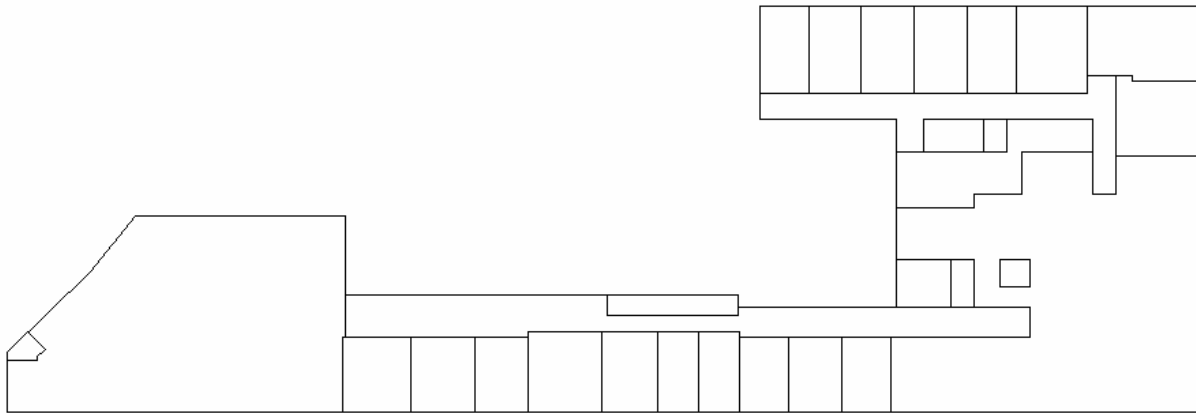
Frantzich, H. *Användarmanual till SIMULEX ver 1.1* Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 1997

Muntliga

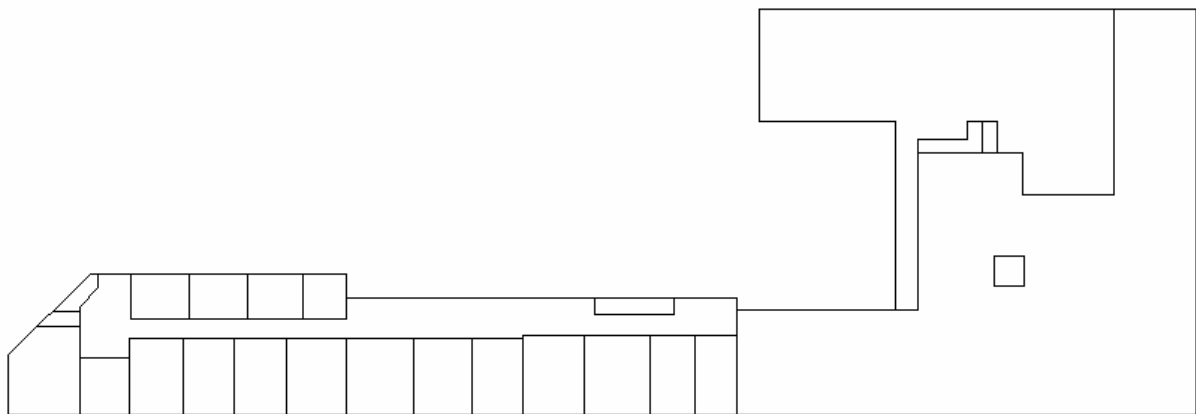
Jensen, L. Installationsteknik LTH, Lund 2006.²

Bilaga A – Byggnadsritningar

Brandcellsindelning

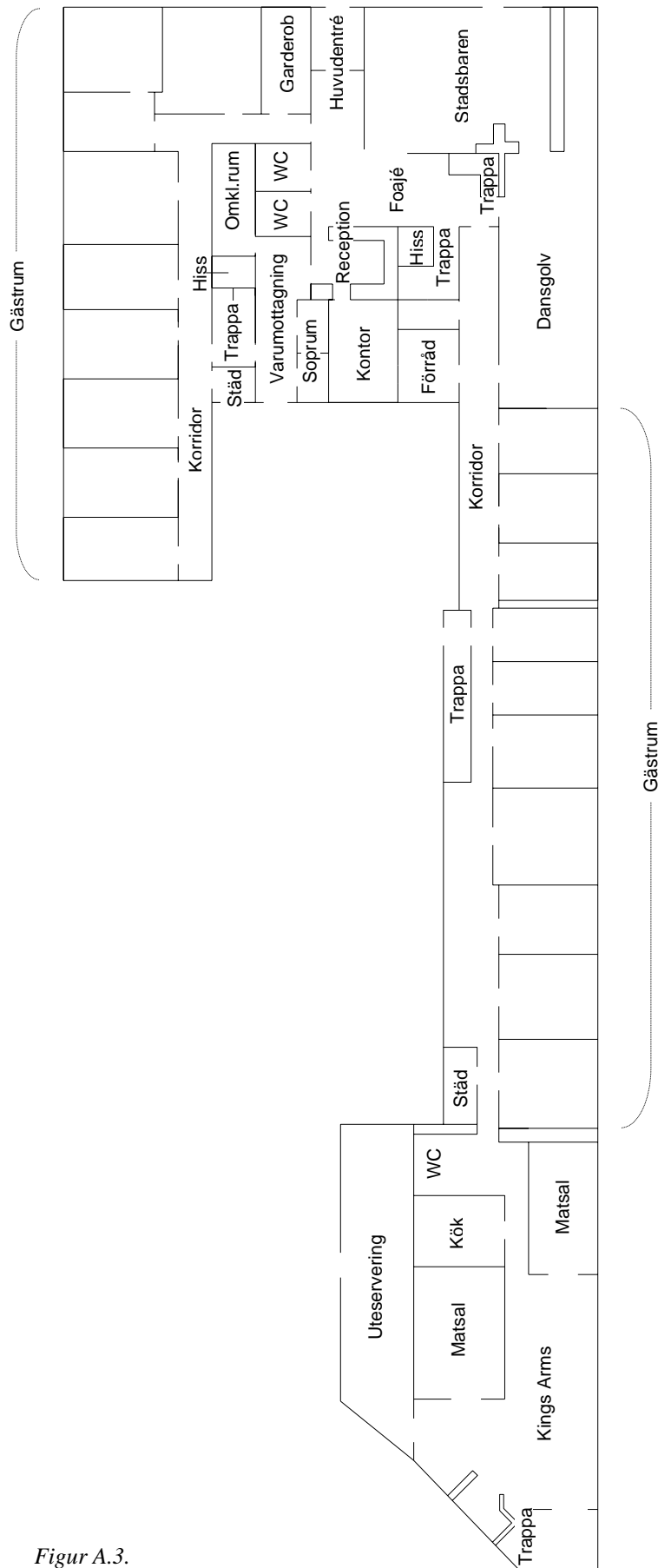


Figur A.1. Brandcellsindelning på plan 1.



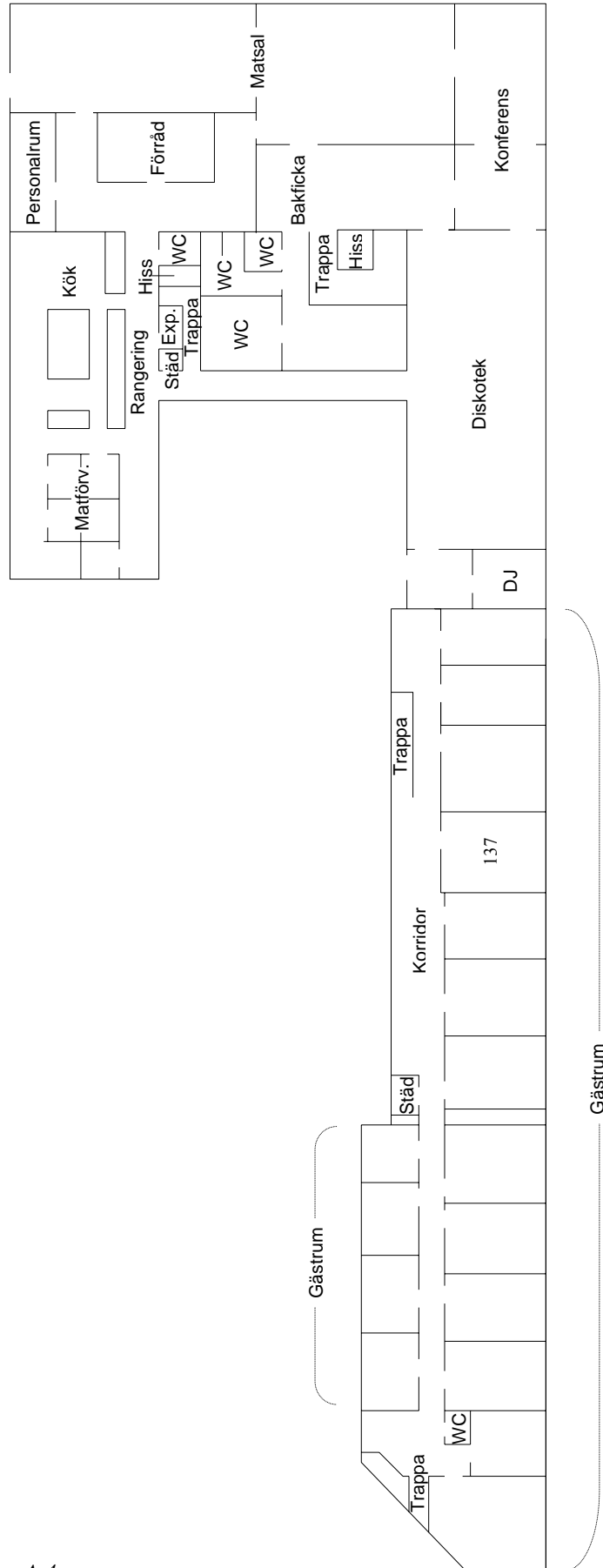
Figur A.2. Brandcellsindelning på plan 2.

Plan 1



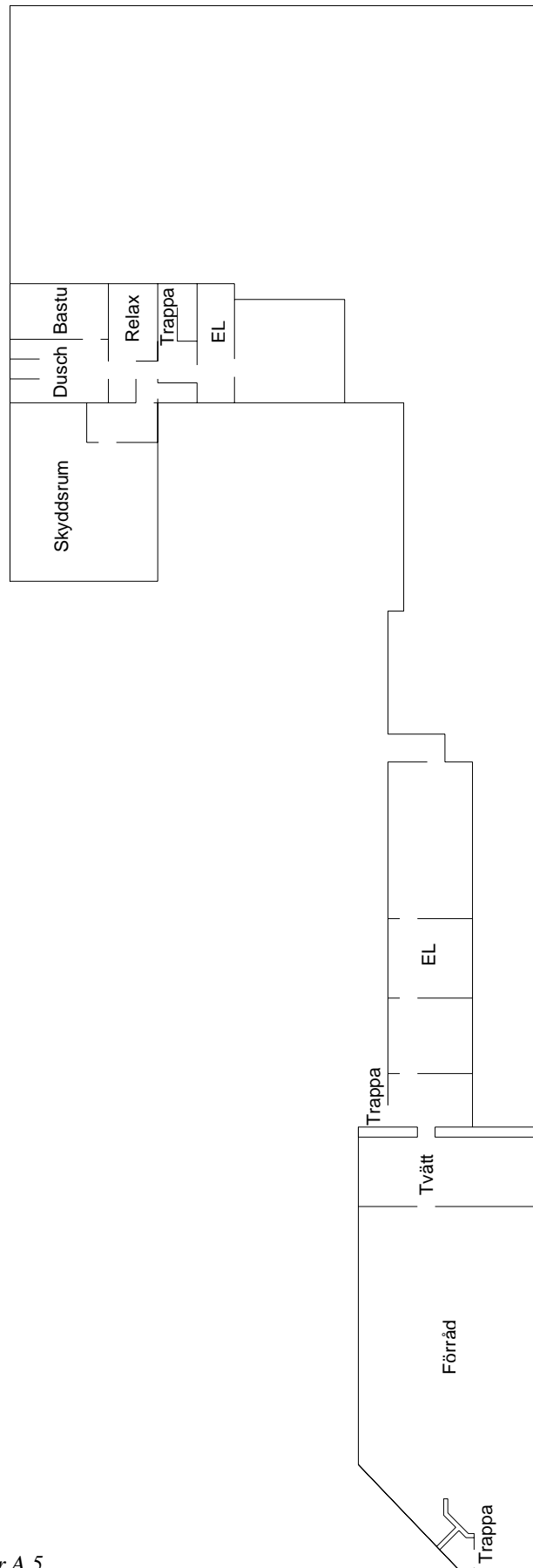
Figur A.3.

Plan 2



Figur A.4.

Källare



Figur A.5.

Bilaga B – Ekvationer för beräkningar

Syretillförseln till brandrummet reglerar om branden blir ventilations- eller bränslekontrollerad. För att komma fram till vad som kontrollerar branden används följande ekvationer.

Inströmmande massflöde luft till brandrummet kan beräknas enligt:

$$\dot{m}_a = 0.5 \cdot A_0 \sqrt{H_0} \quad [\text{kg} / \text{s}] \quad (\text{B.1.})$$

där

$$A_0 = \text{öppningsarea} \quad [\text{m}^2]$$

$$H_0 = \text{öppningshöjd} \quad [\text{m}]$$

(Karlsson B, 2000)

Eftersom luftens massa till 23% består av syre kan inströmmande massflöde syre beräknas enligt:

$$\dot{m}_o = 0.23 \cdot 0.5 \cdot A_0 \sqrt{H_0} \quad [\text{kg} / \text{s}] \quad (\text{B.2.})$$

Om lokalen har flera (n) öppningar kan en gemensam area och höjd för öppningarna beräknas enligt:

$$A_0 = A_1 + A_2 + \dots + A_n \quad (\text{B.3.})$$

$$H_0 = (A_1 \cdot H_1 + A_2 \cdot H_2 + \dots + A_n \cdot H_n) / A_0 \quad (\text{B.4.})$$

(Karlsson B, 2000)

Förbränningsvärmets för syre är:

$$\Delta H_{c,o} = 13.1 \text{ MJ} / \text{kg}$$

(Karlsson B, 2000)

Den maximala brandeffekten kan beräknas enligt:

$$\dot{Q} = \chi \cdot \dot{m} \cdot \Delta H_c \quad [\text{kW}] \quad (\text{B.5.})$$

där

χ = förbränningseffektivitet, är 1 vid fullständig förbränning

(Karlsson B, 2000)

I ett brandscenario är det ovanligt att allt material i brandrummet börjar brinna samtidigt. En vanlig metod för att beräkna brandspridning via värmestrålning är med hjälp av Modaks metod, se figur B.1. I denna metod beräknas endast värmestrålningen från en punkt, eventuell strålning från brandgaslager bortses från. Modaks ekvation är:

$$\dot{q}'' = \frac{\chi_r \dot{Q}}{4\pi R_0^2} \quad [kW / m^2] \quad (B.6.)$$

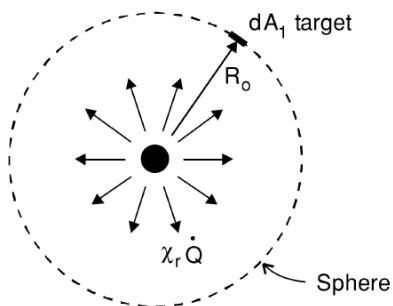
där

\dot{q}'' = strålningsintensitet per ytenhet vid vilket föremålet beräknas antända

χ_r = andel strålningsenergi av den totala, 0.15-0.6

\dot{Q} = effekt [kW]

R_0 = avstånd från mitten av branden till föremålet som strålar [m]



Figur B.1.

(Karlsson B, 2000)

Bilaga C – Beräkningar för dimensionerande bränder

Scenario 1

Brandrummet innehåller uppskattningsvis 100 kg trä.

Förbränningsvärmets för trä är $\Delta H_c = 19.4 MJ / kg$ (Drysdale D, 2003)

Den maximala energin som kan frigöras när träet brinner är: $19.4 \cdot 100 = 1940 MJ$

Den maximala effektutvecklingen uppnås vid tiden:

$$t_{tillväxt} = \sqrt{\frac{\dot{Q}}{\alpha}} = \sqrt{\frac{680 kW}{0.012 kW / s^2}} = 240 s$$

Arean under den tillväxande delen av effektutvecklingskurvan ges av integralen:

$$Q = \frac{\alpha t^3}{3} = \frac{0.012 \cdot 240^3}{3} = 55.3 MJ$$

Det vill säga 6.9 MJ av den totala frigjorda energin har förbrukats under tillväxten.

Av det intressanta brandförloppet är $600 - 240 = 360 s$ kvar.

Arean under den konstanta delen av effektutvecklingskurvan ges av:

$$360 s \cdot 680 kW = 245 MJ$$

Den totala frigjorda energin efter 600 sekunder är:

$$55.3 + 245 = 300 MJ < 1900 MJ$$

Den uppskattade bränslemängden räcker alltså med god marginal, vilket innebär att effektkurvan kommer att ligga konstant på 680 kW under resterande del av det intressanta brandförloppet.

Scenario 2

Maximal brandeffekten vid givna ventilationsförhållanden beräknas nedan.

Genom följande öppningar i garderoben kan syre strömma in:

$$\text{Fönster: } W_1 = 1.2 m, H_1 = 1.7 m, A_1 = 2.04 m^2$$

$$\text{Dörr: } W_2 = 0.8 m, H_2 = 2.0 m, A_2 = 1.6 m^2$$

$$\text{Lucka: } W_3 = 2.0 m, H_3 = 1.0 m, A_3 = 2.0 m^2$$

Gemensam area och höjd för öppningarna kan beräknas, enligt ekvation B.3. och B.4. till:

$$A_0 = 5.64 m^2$$

$$H_0 = 1.54 m$$

Till garderoben inströmmade massflöde syre kan sedan beräknas, enligt ekvation B.2. till:

$$\dot{m}_o = 0.804 kg / s$$

Den maximala brandeffekten, förutsatt fullständig förbränning, kan därefter beräknas, enligt ekvation B.5. till:

$$\dot{Q} = 10.5 MW$$

Scenario 3

Lufttillförseln till branden kommer främst från den stora trappan. Endast denna öppning kan underhålla en brand enligt beräkningar nedan:

$$\text{Öppningens mått: } W = 1.46m, H = 2.4m \Rightarrow \begin{cases} A_0 = 3.5m^2 \\ H_0 = 2.4m \end{cases}, \text{ enligt ekvation B.3. och B.4.}$$

Massflödet in till brandrummet kan beräknas, enligt ekvation B.2. till:

$$m_o = 0.624kg / s$$

Den maximala brandeffekten, vid fullständig förbränning, som tilluften genom trappan kan underhålla kan beräknas enligt ekvation B.5. till:

$$\dot{Q} = 8.2MW$$

Bordets effektutveckling beräknas nedan:

$$\text{Mått: } 1.8 \times 1.0m^2$$

$$\Delta H_c = 19.4MJ / kg$$

$$\text{Vikt: } 56kg$$

Eftersom trä utvecklar 170 kW/m² (*Brandskyddshandboken, 2005*), beräknas den maximala effekten till:

$$\dot{Q} = 300kW$$

Tillväxttiden för effektutvecklingskurvan beräknas, enligt αt^2 , till:

$$t_{\text{tillväxt}} = \sqrt{\frac{\dot{Q}}{\alpha}} = \sqrt{\frac{300kW}{0.012kW / s^2}} = 158s$$

För att se huruvida bordet har tillräckligt med massa för att branden skall fortsätta brinna på maximal effekt i tio minuter används αt^2 -metoden nedan:

$$Q_{\text{tillväxt}} = \int_0^{158} 0.012t^2 dt = \left[\frac{0.012t^3}{3} \right]_0^{158} = 15.8MJ$$

$$Q_{\text{tot}} = m \cdot \Delta H_c = 56kg \cdot 19.4MJ / kg = 1086MJ$$

$$Q_{10\text{min}} = 600s \cdot 0.3MW + 15.8MJ = 196MJ$$

$$Q_{10\text{min}} < Q_{\text{tot}}$$

Brandspridningen via värmestrålning beräknas, enligt ekvation B.6. till:

$$q''_{\text{trä}} = 13kW / m^2, q''_{\text{läder}} = 16kW / m^2 \text{ (Babrauskas V, 2003)}$$

$$R_{0,\text{bordet}} = 0.5m, R_{0,\text{fåtöljer}} = 1.3m$$

$$\chi_r = 0.6 \text{ (som ett konservativt värde)}$$

$$\dot{Q}_{bor\ det} = \frac{13 \cdot 4\pi \cdot 0.5^2}{0.6} = 68kW$$

Svaret anger vid vilken effekt branden sprider sig. Tiden när denna effekt uppnås är 40 sekunder.

$$\dot{Q}_{fåtöljer} = \frac{16 \cdot 4\pi \cdot 1.3^2}{0.6} = 566kW$$

Tiden när denna effekt uppnås, det vill säga när branden spridit sig till fåtöjlerna, är 126 sekunder.

Scenario 4

Syre kan strömma in genom två likadana öppningar med nedanstående dimensioner:

$$\text{Fönster: } W = 1.2m, H = 1.7m, A = 2.04m^2$$

Gemensam area och höjd för öppningarna kan beräknas, enligt ekvation B.3. och B.4. till:

$$A_0 = 4.08m^2$$

$$H_0 = 1.7m$$

Till gästrummet inströmmande massflöde syre kan sedan beräknas, enligt ekvation B.2. till:

$$\dot{m}_o = 0.61kg/s$$

Den maximala brandeffekten, vid fullständig förbränning, kan därefter beräknas, enligt ekvation B.5. till:

$$\dot{Q} = 8.01MW$$

Brandspridning till den andra gardinen på grund av strålning, beräknat med ekvation B.6. sker vid en effektutveckling på:

$$\dot{Q} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 1^2 \cdot 8}{0.6} = 167.5 \text{ kW}$$

Detta uppskattas med hjälp av effektkurvan, figur E.4. i bilaga E, ske efter ungefär 13 sekunder. Vid beräkningen antas, som ett konservativt värde, $\chi_r = 0.6$.

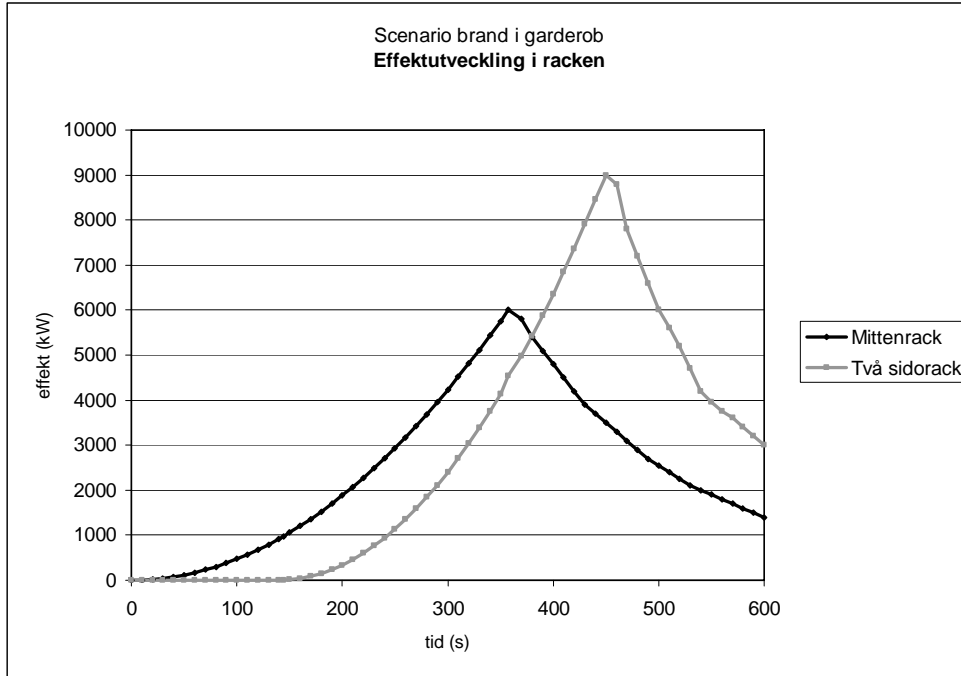
Brandspridning till den andra sängen på grund av strålning, beräknat med ekvation B.6. sker vid en effektutveckling på:

$$\dot{Q} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 1.5^2 \cdot 8}{0.6} = 376.8 \text{ kW}$$

Detta uppskattas med hjälp av effektkurvan, figur E.4. i bilaga E, ske efter ungefär 17 sekunder. Vid beräkningen antas, som ett konservativt värde, $\chi_r = 0.6$.

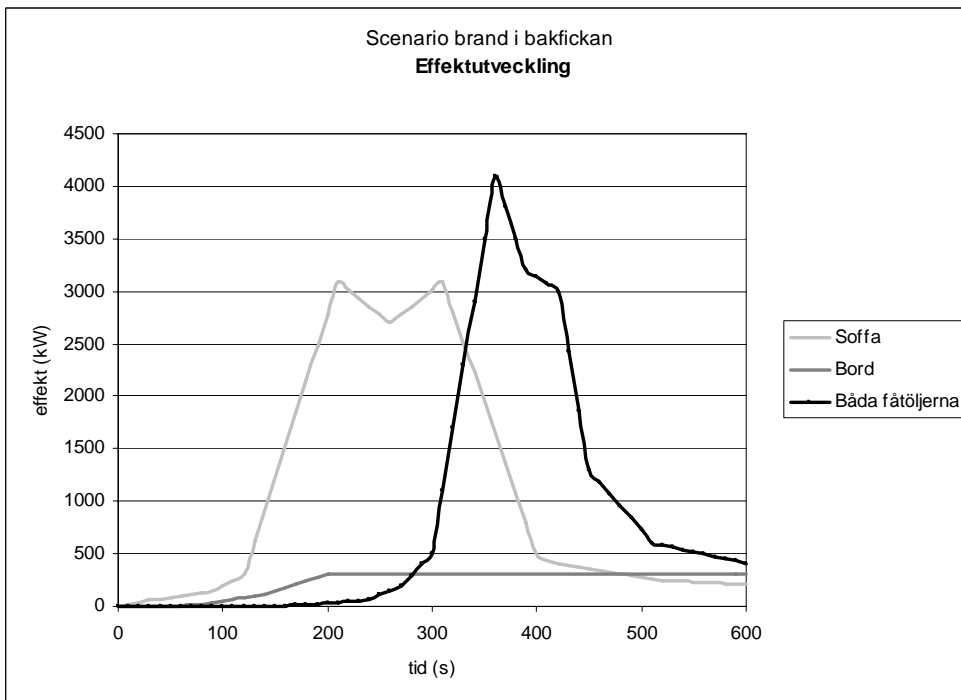
Bilaga D – Effektutvecklingskurvor

Scenario 2



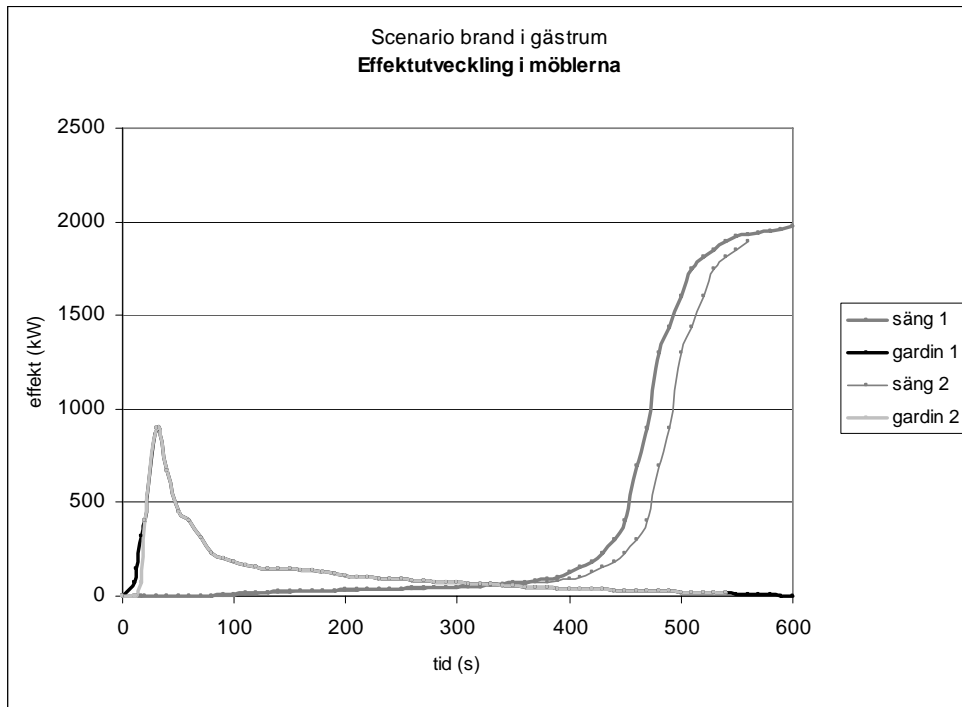
Figur D.1.

Scenario 3



Figur D.2.

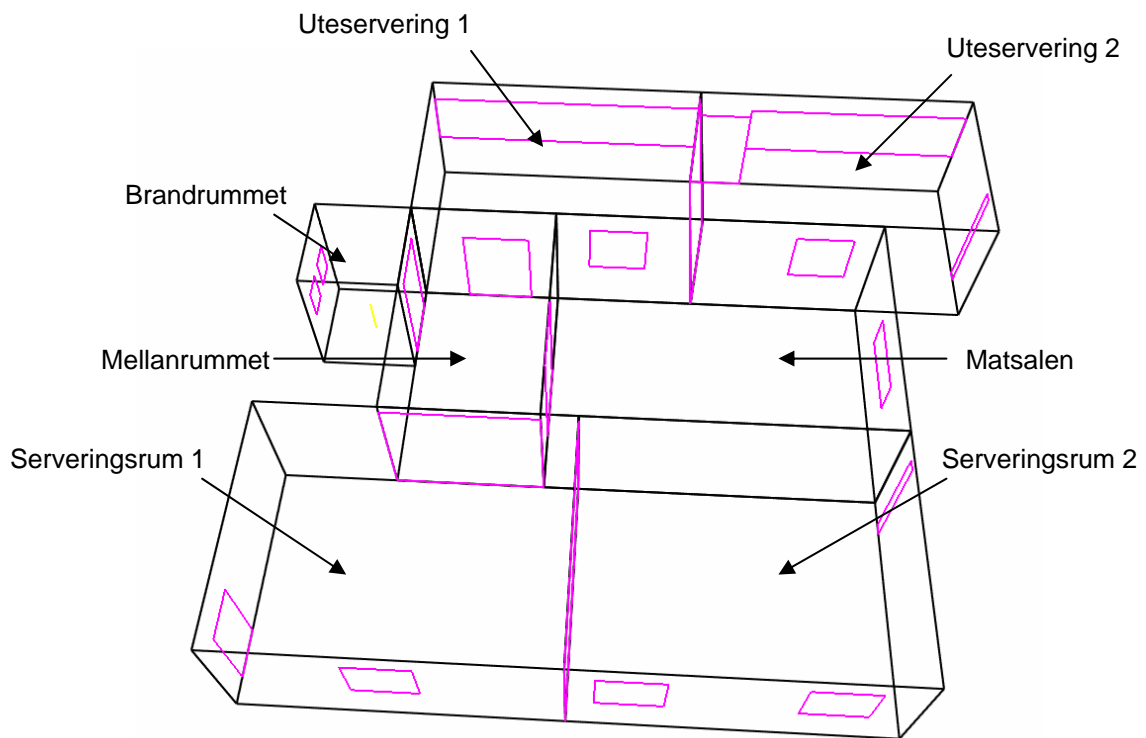
Scenario 4



Figur D.3.

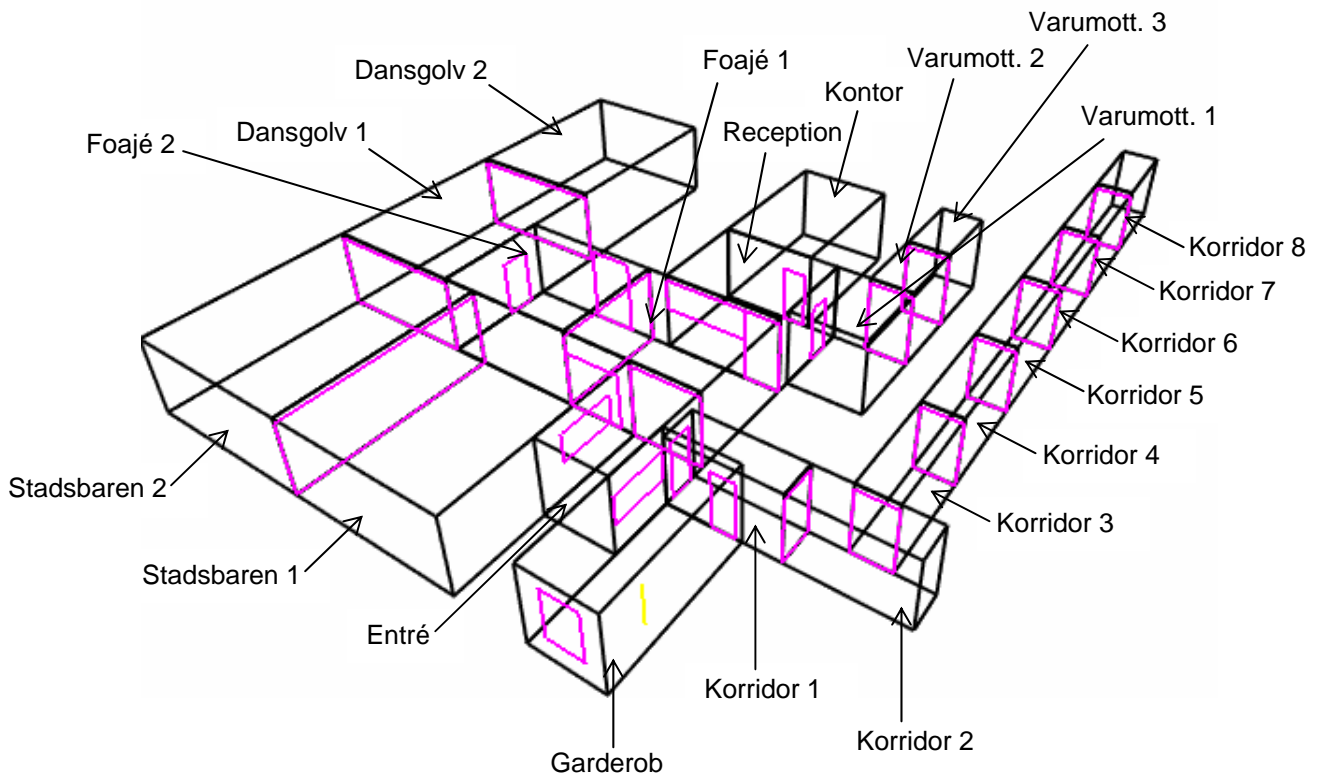
Bilaga E – Geometri i CFAST

Scenario 1



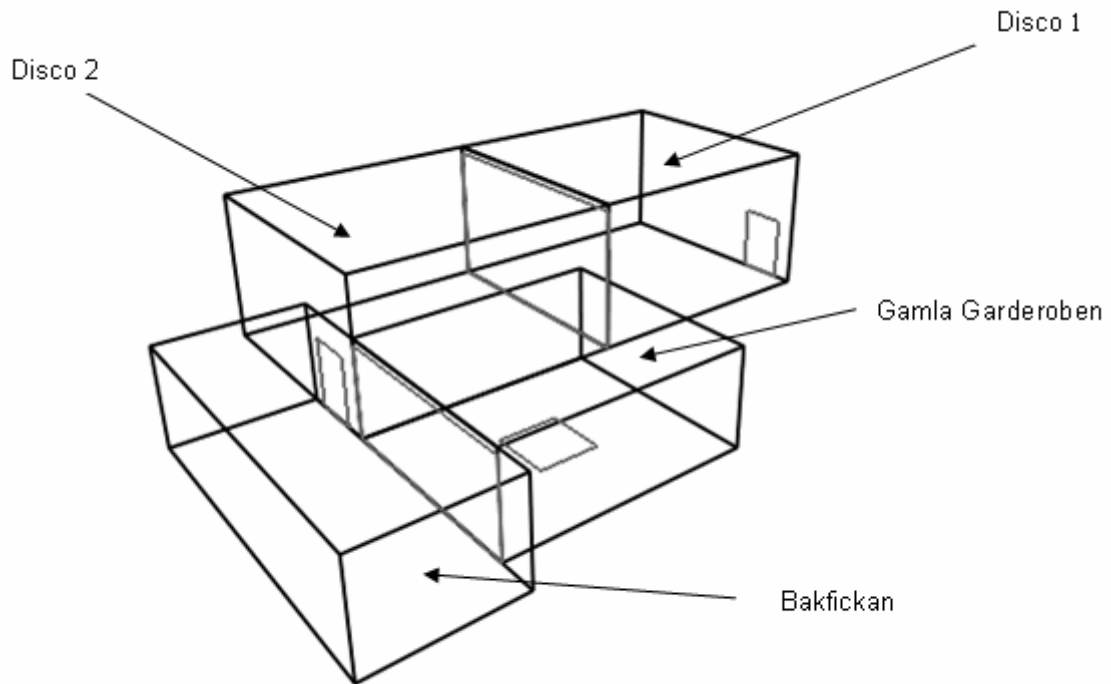
Figur E.1.

Scenario 2



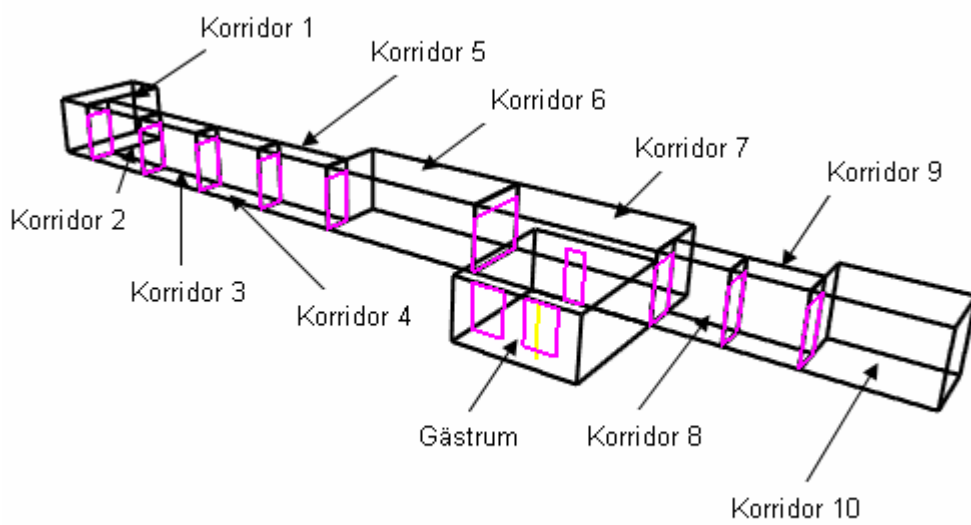
Figur E.2.

Scenario 3



Figur E.3.

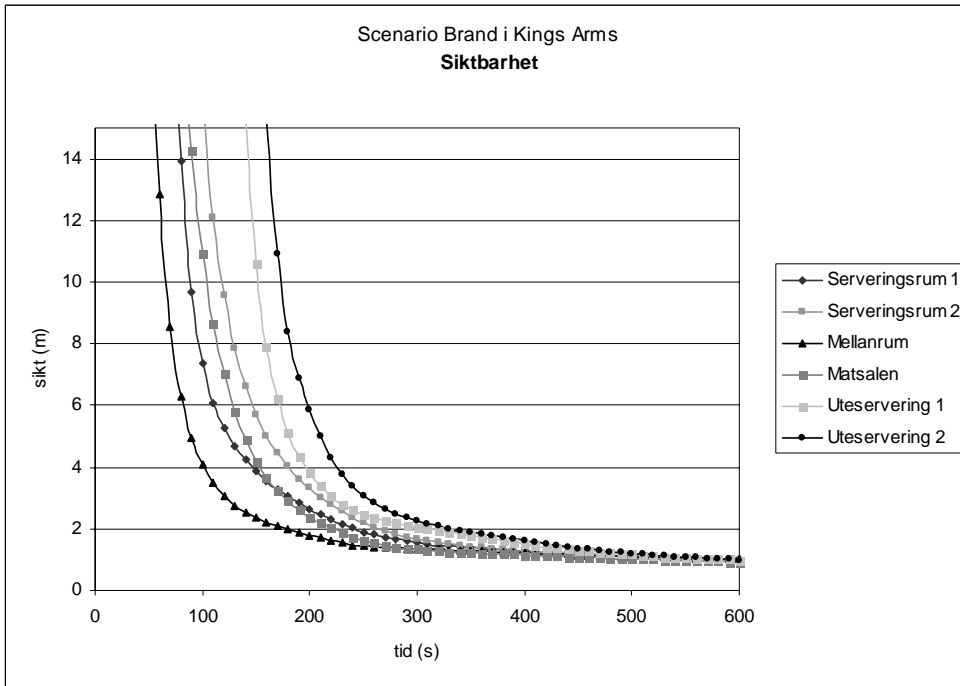
Scenario 4



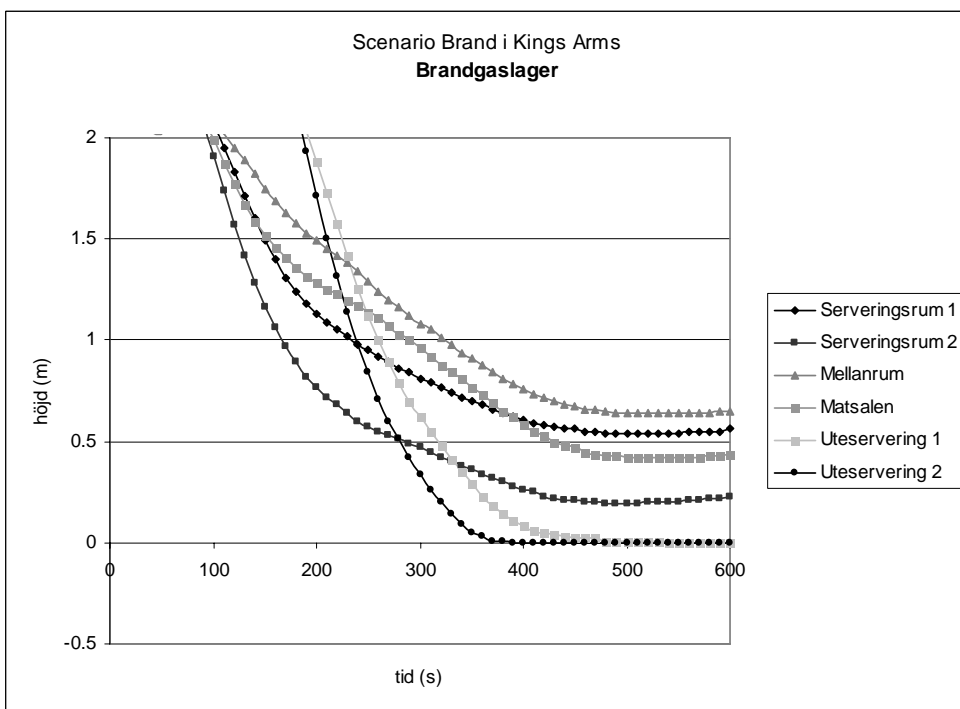
Figur E.4.

Bilaga F – Utdata från CFAST

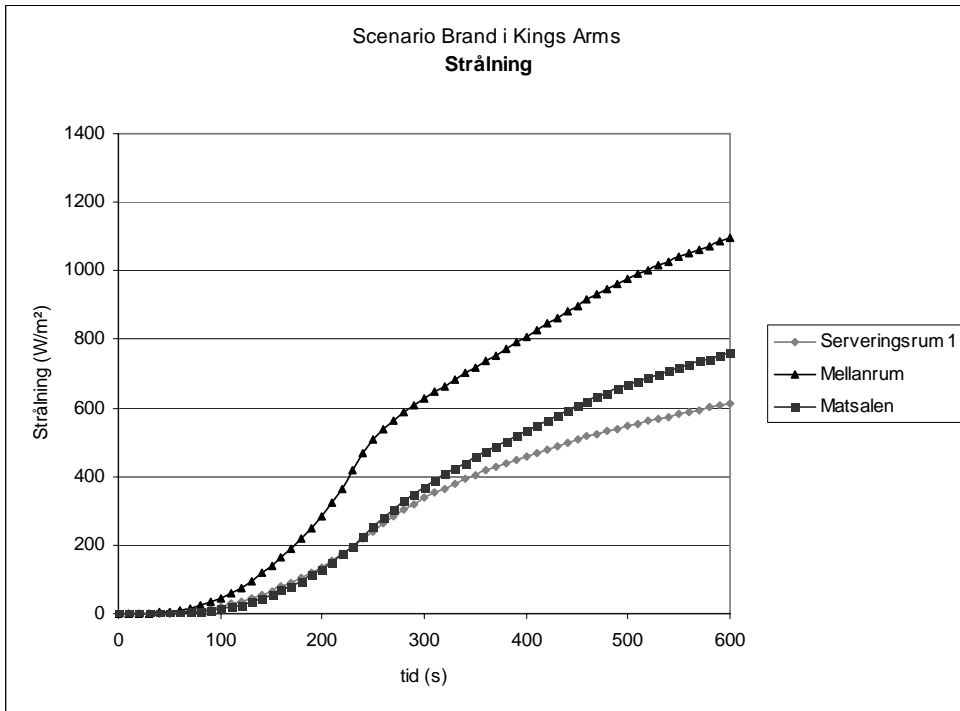
Scenario 1



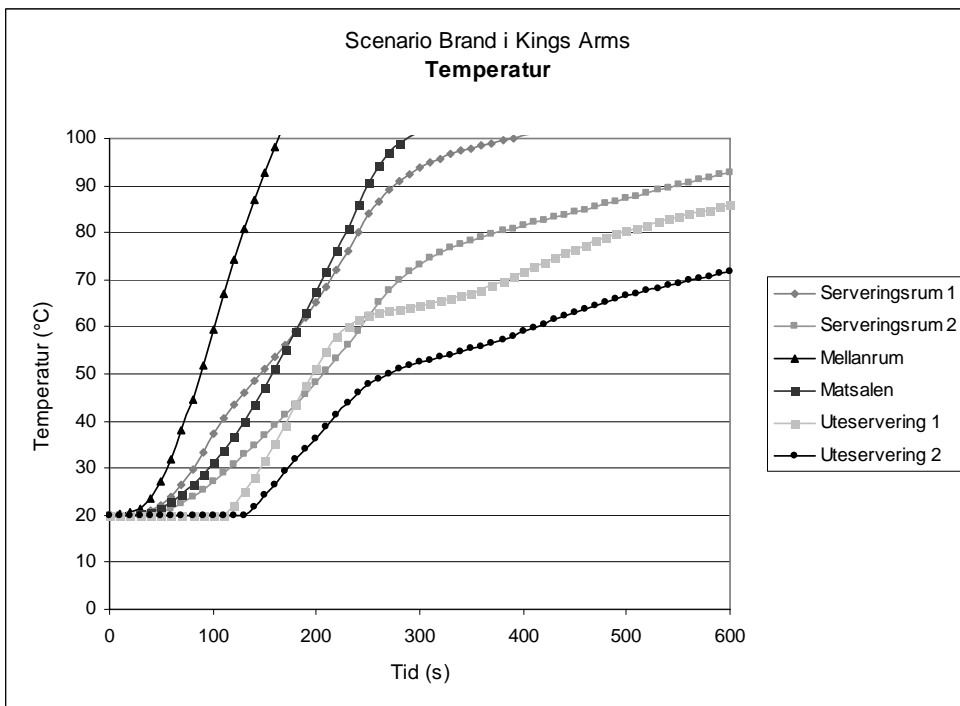
Figur F.1.



Figur F.2.

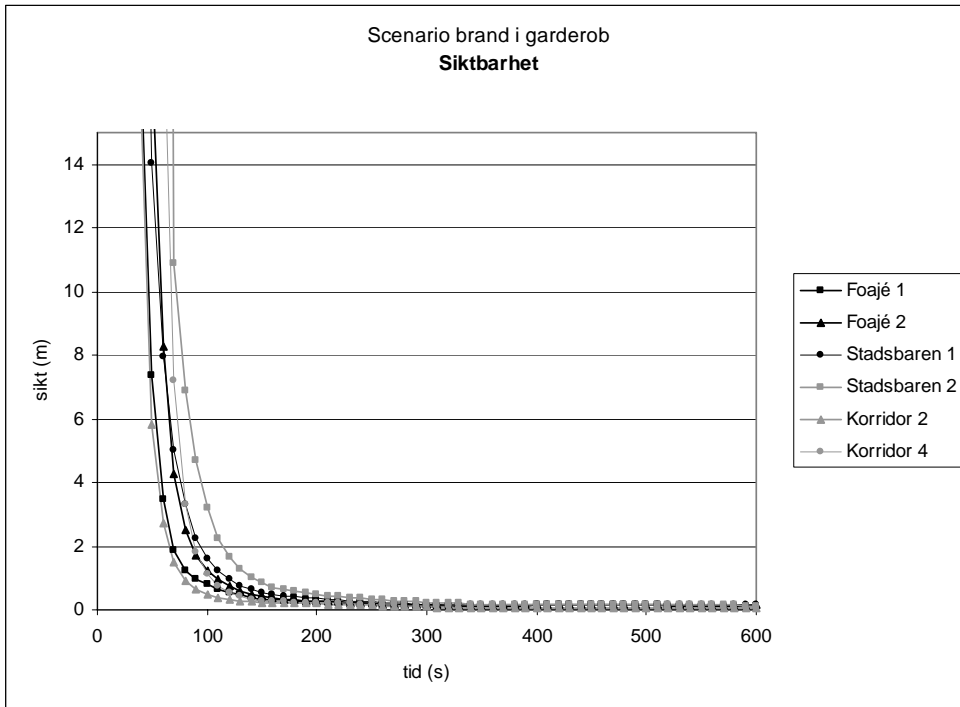


Figur F.3.

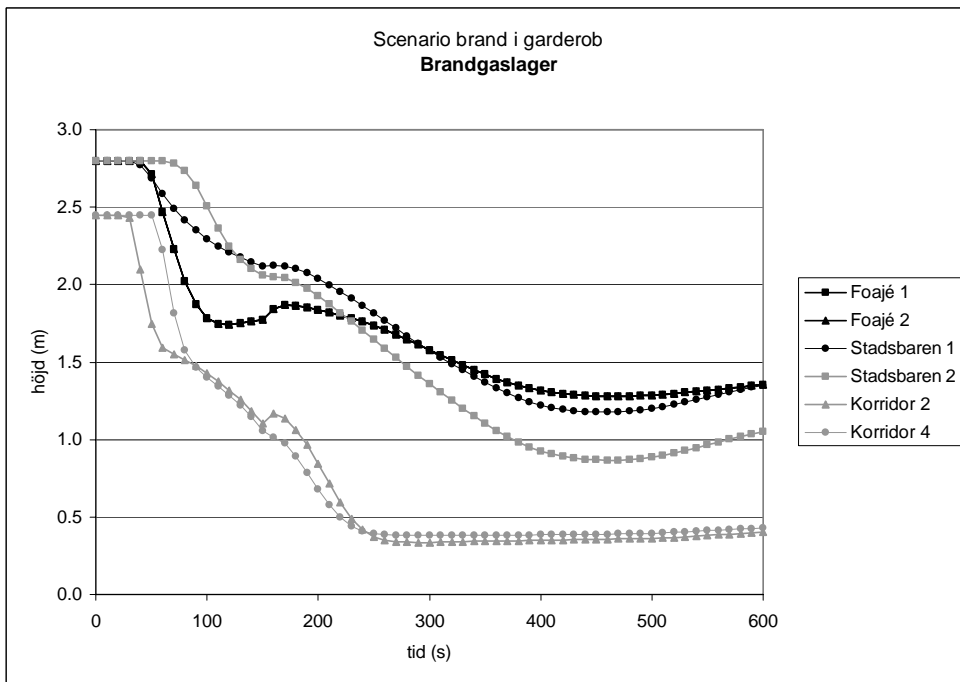


Figur F.4.

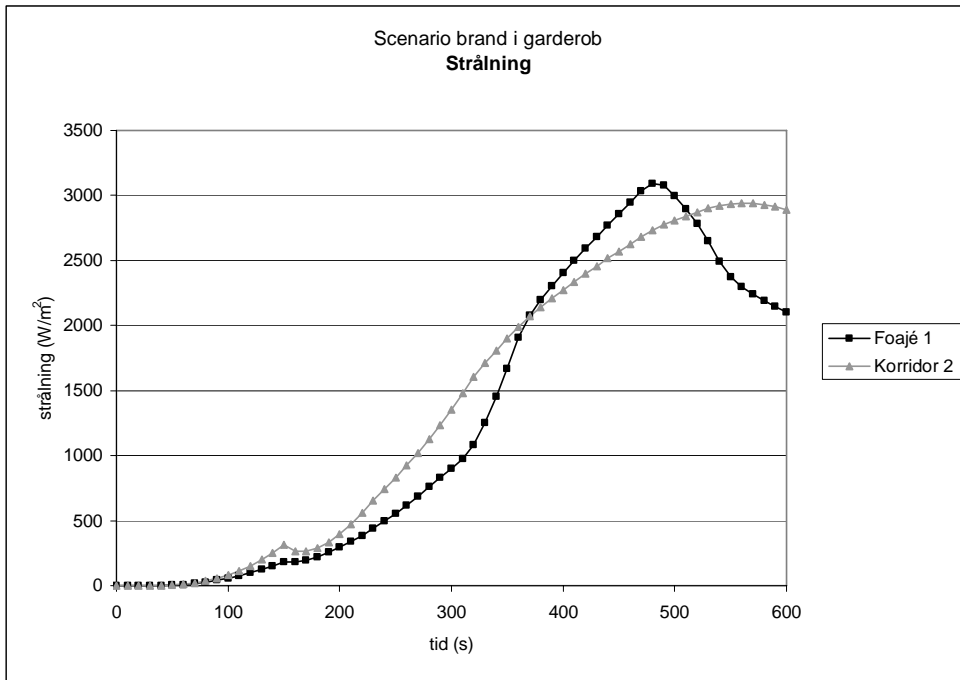
Scenario 2



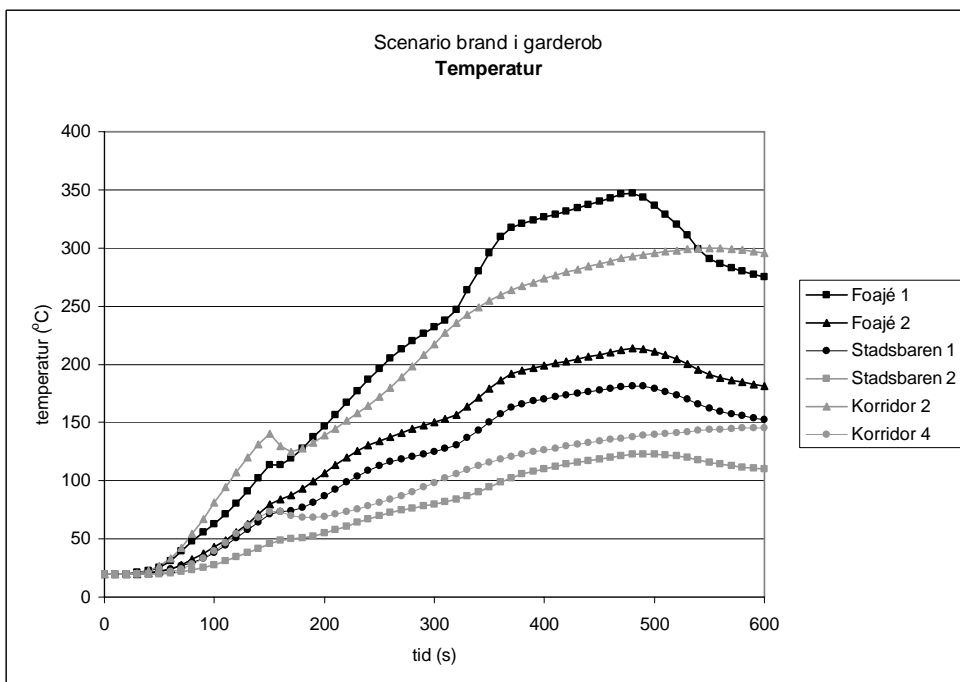
Figur F.5.



Figur F.6.

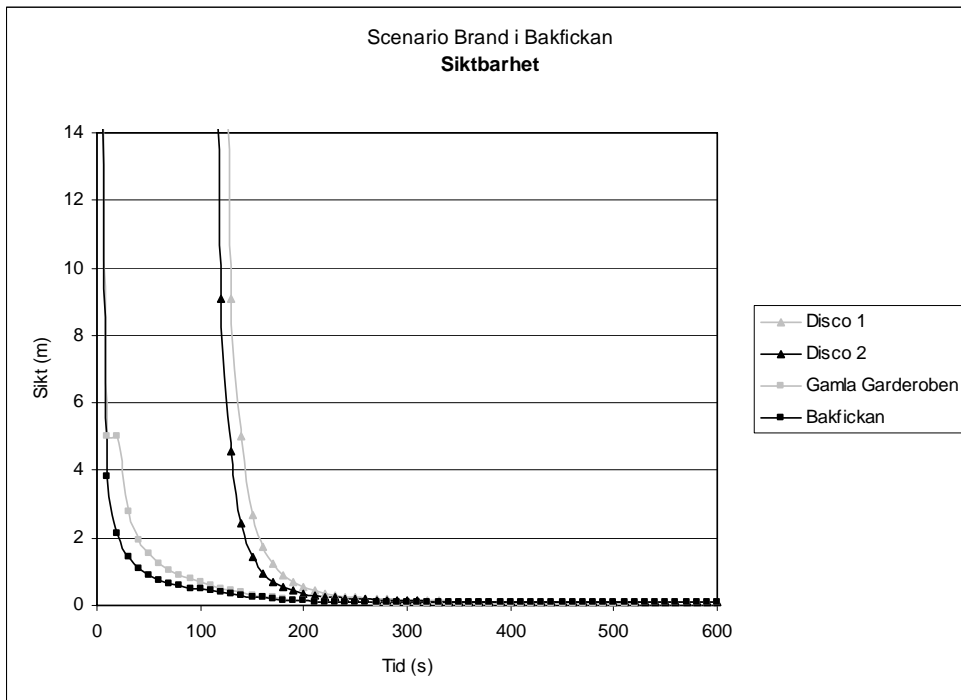


Figur F.7.

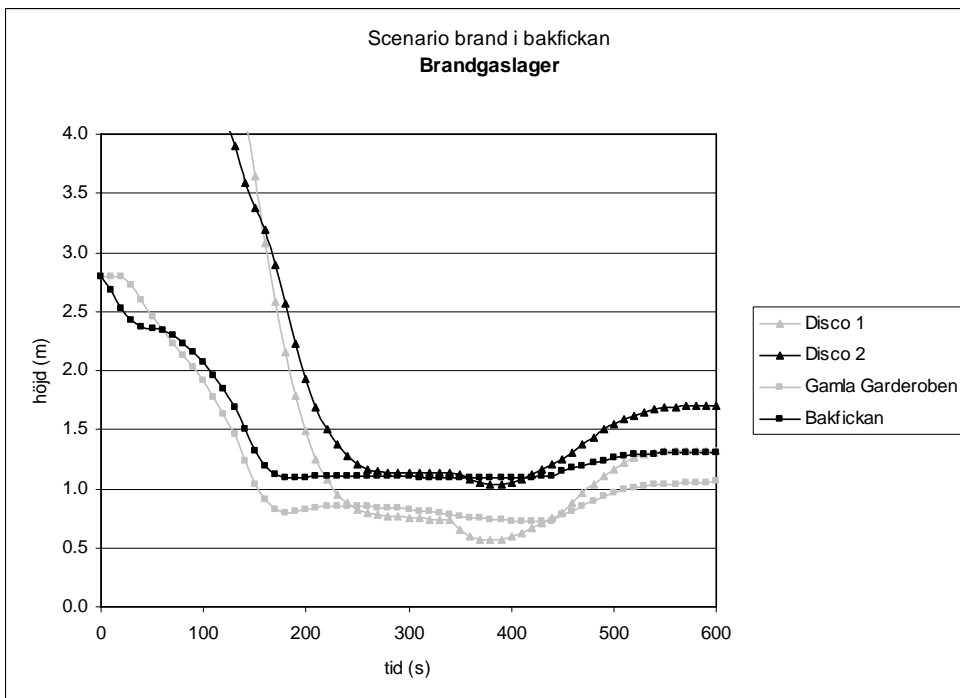


Figur F.8.

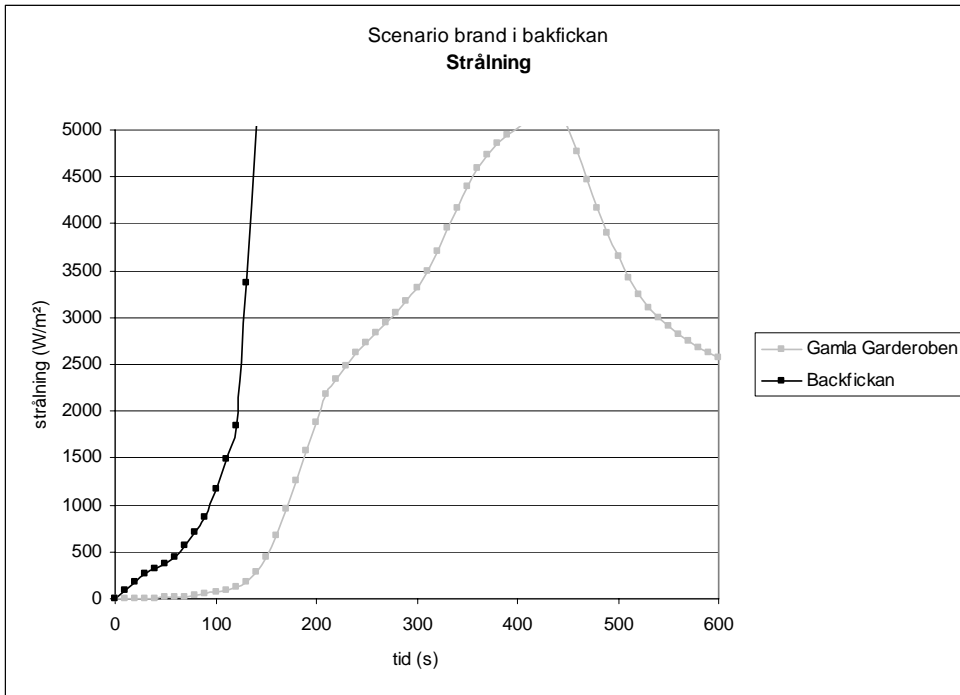
Scenario 3



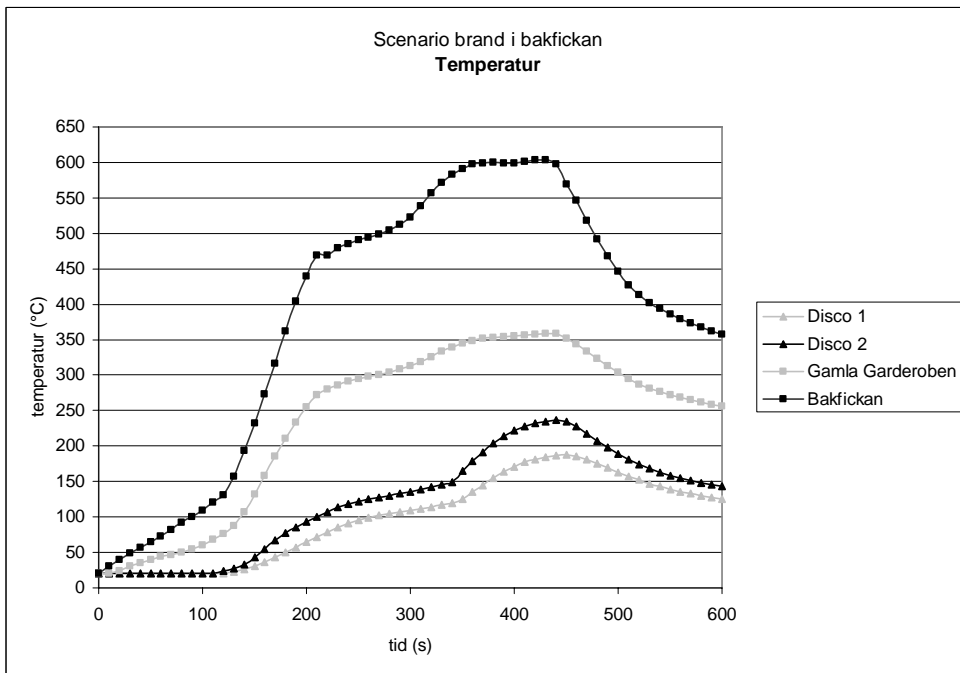
Figur F.9.



Figur F.10.

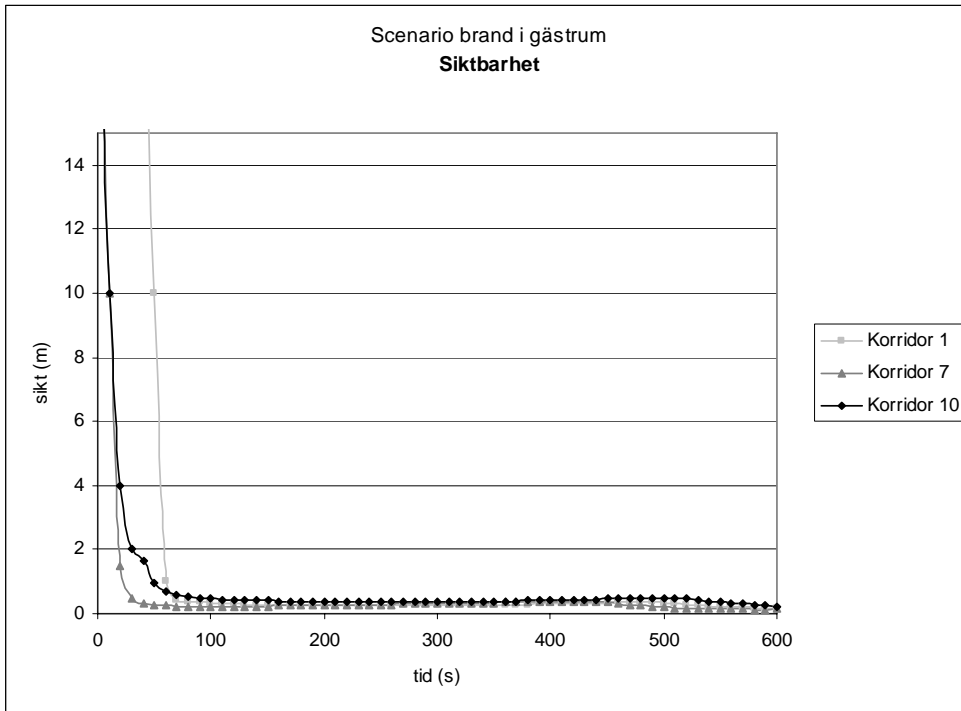


Figur F.11

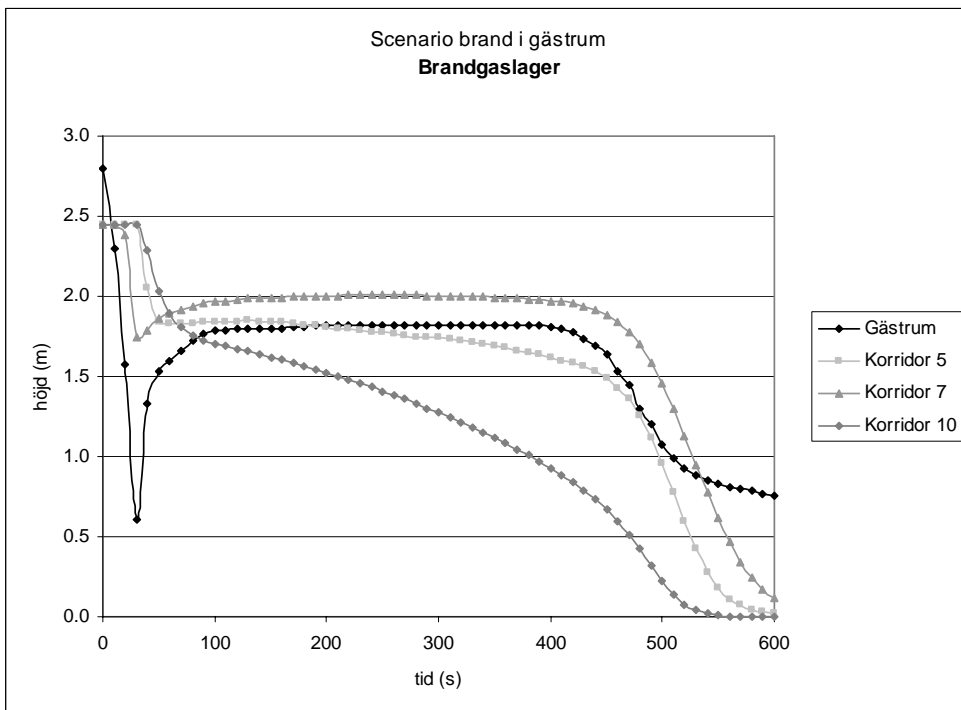


Figur F.12

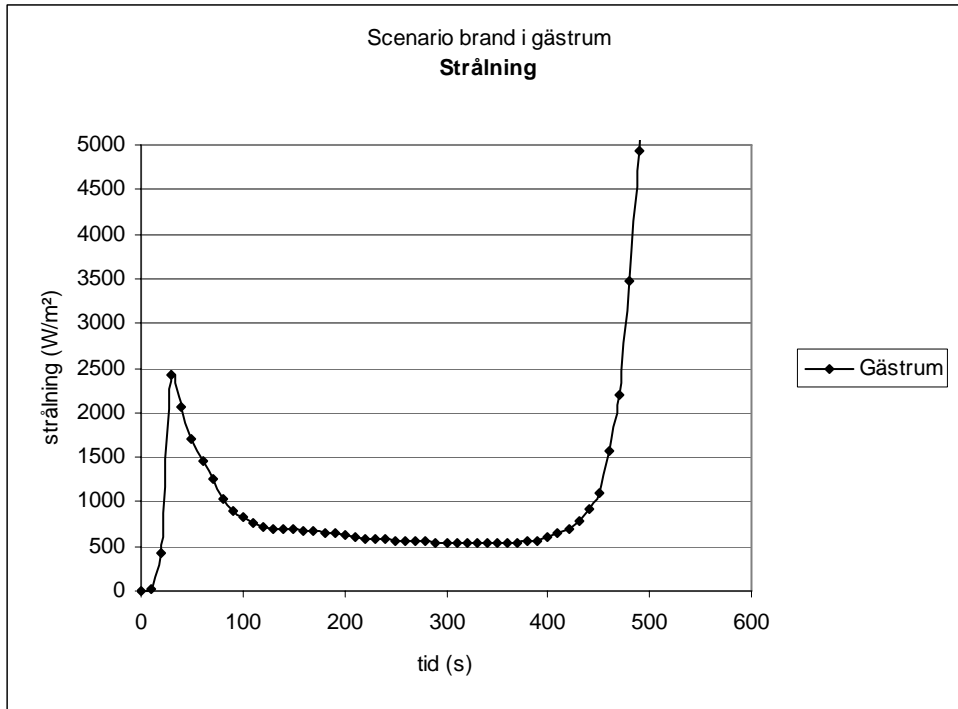
Scenario 4



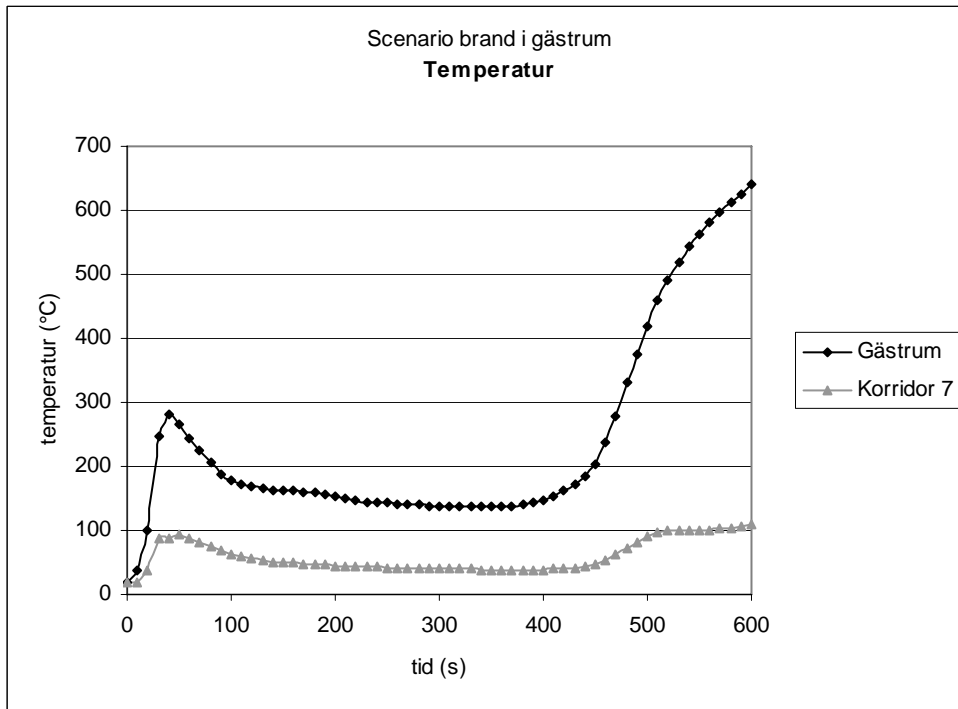
Figur F.13.



Figur F.14.



Figur F.15.

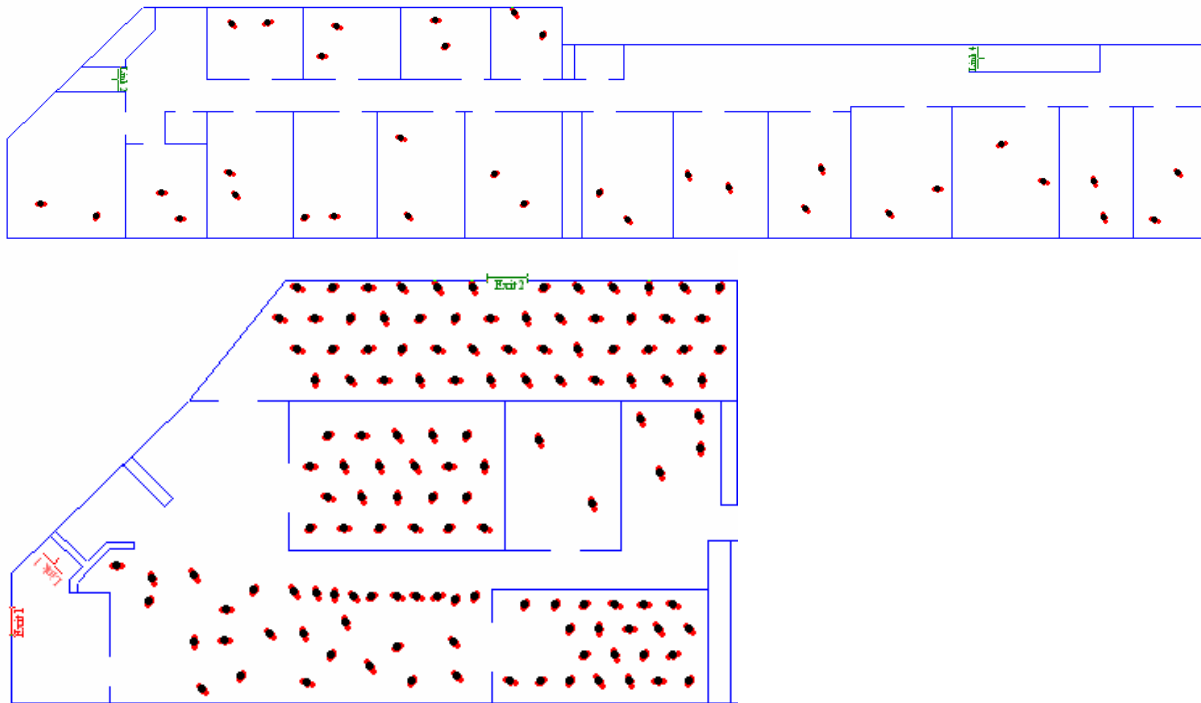


Figur F.16.

Bilaga G – Simulex

Scenario 1

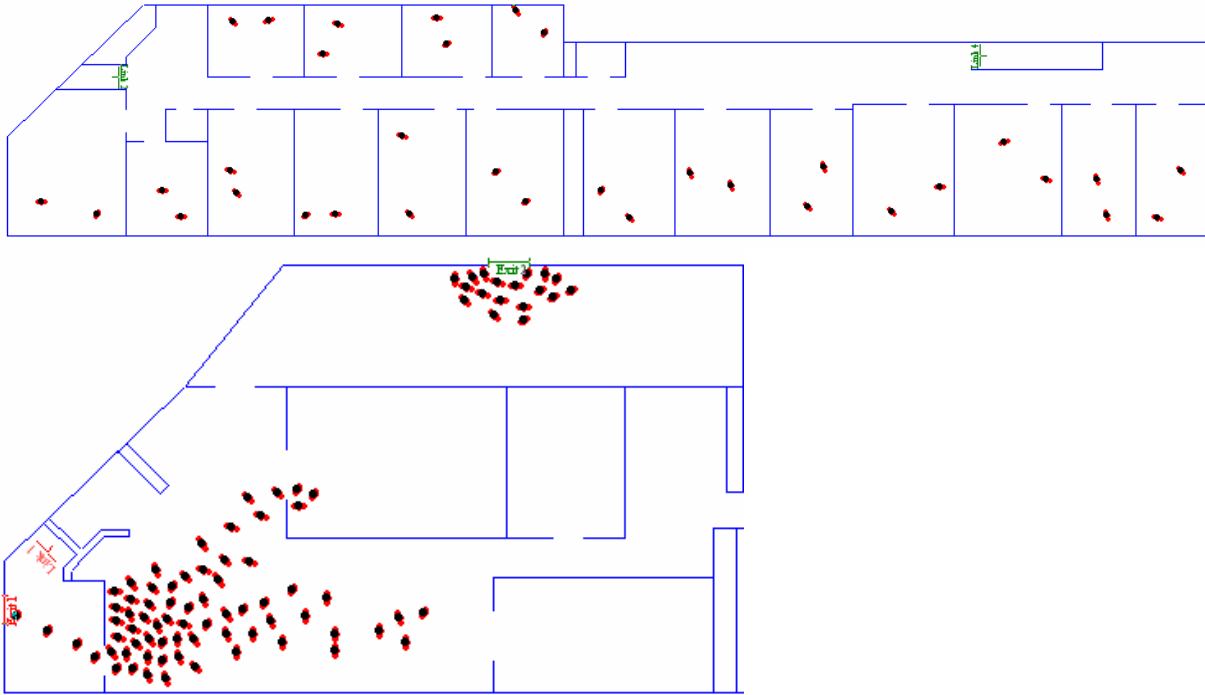
Tid 0 s:



People : 164

FigurG.1.

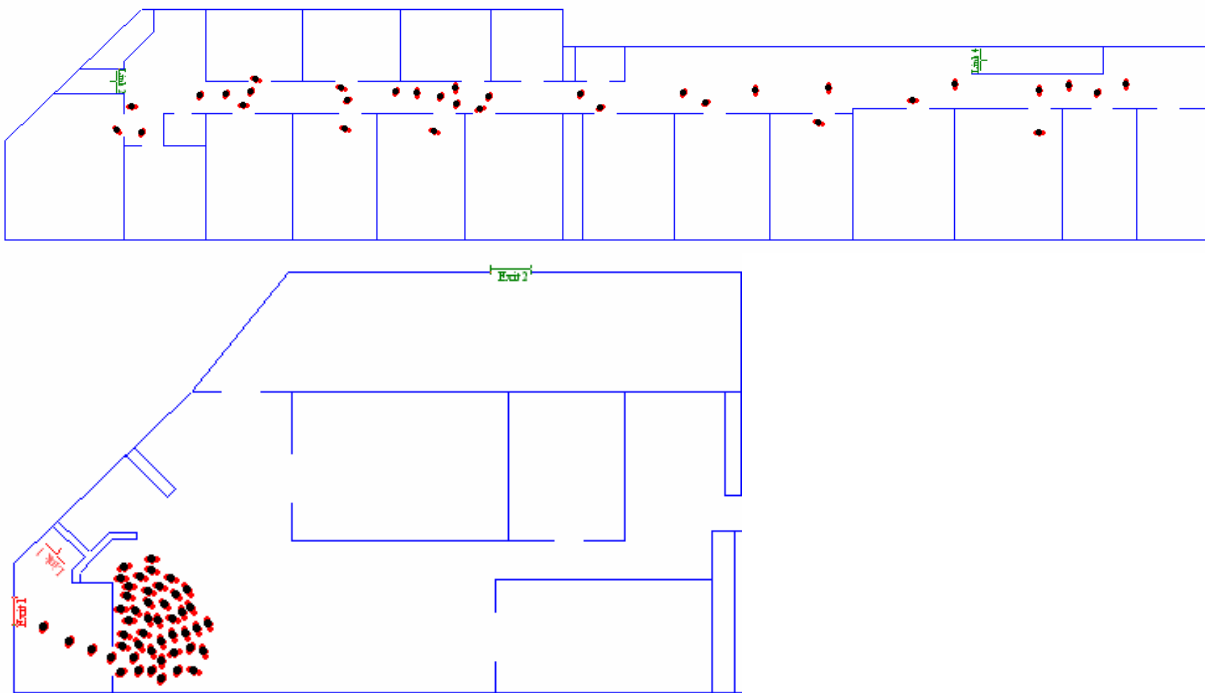
Tid 270 s:



People : 121

Figur G.2.

Tid 290 s:

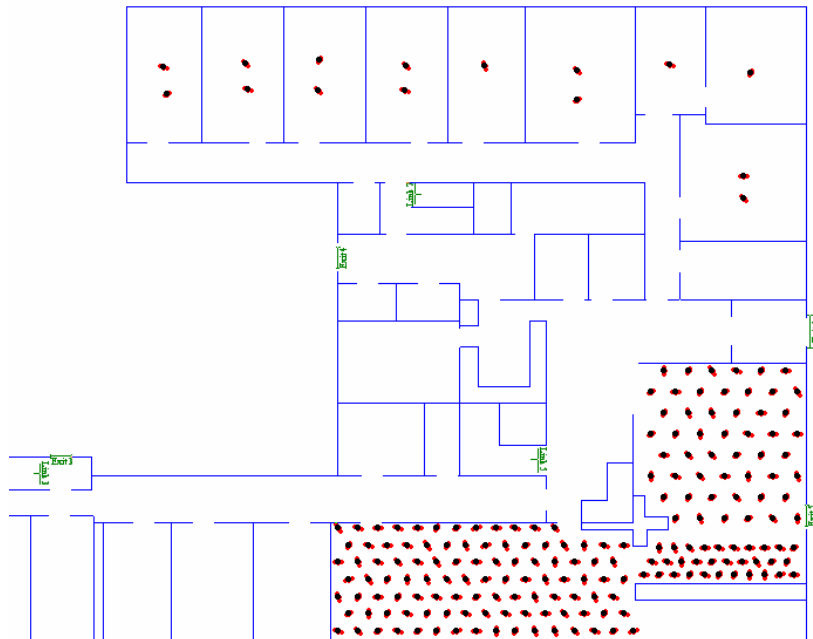


People : 81

Figur G.3.

Scenario 2

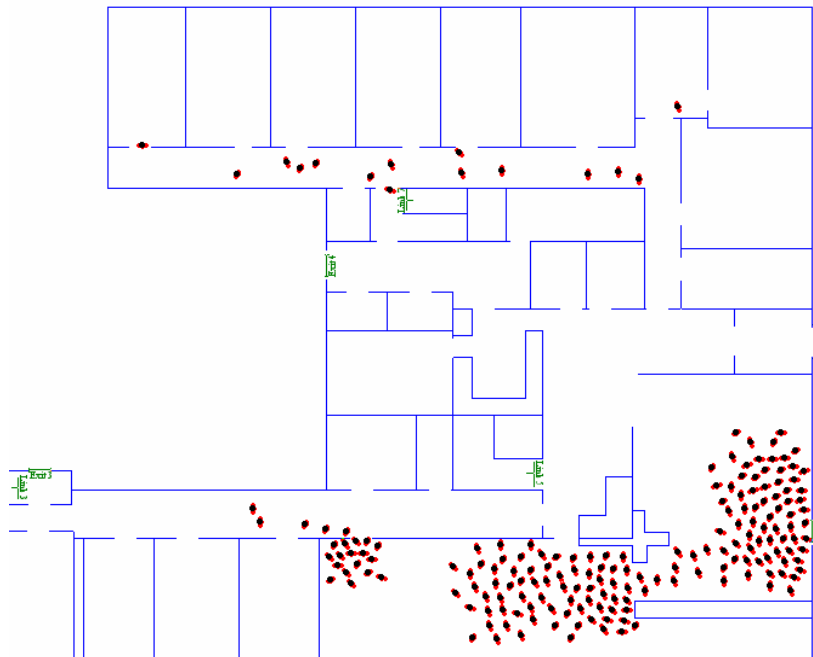
Tid: 0 s



People : 200

Figur G.4.

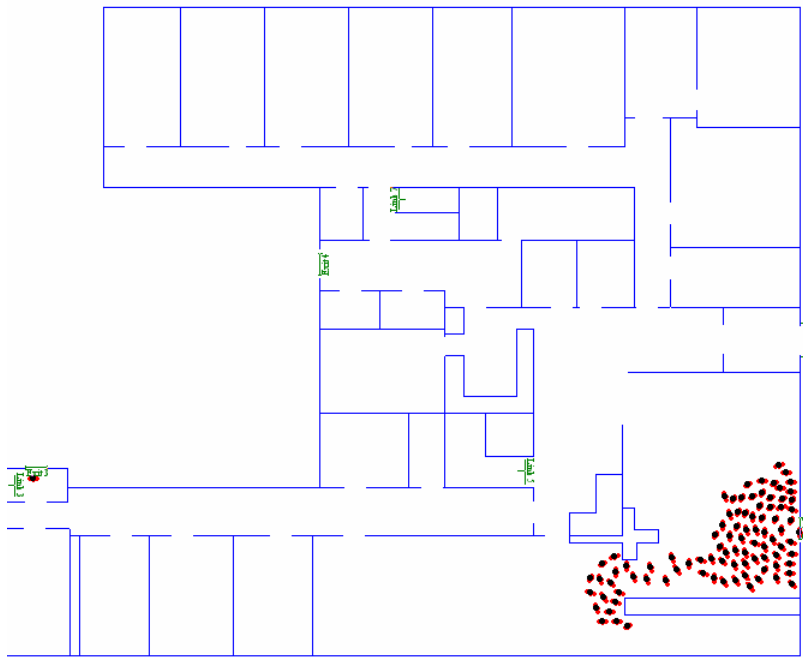
Tid: 330 s



People : 190

Figur G.5.

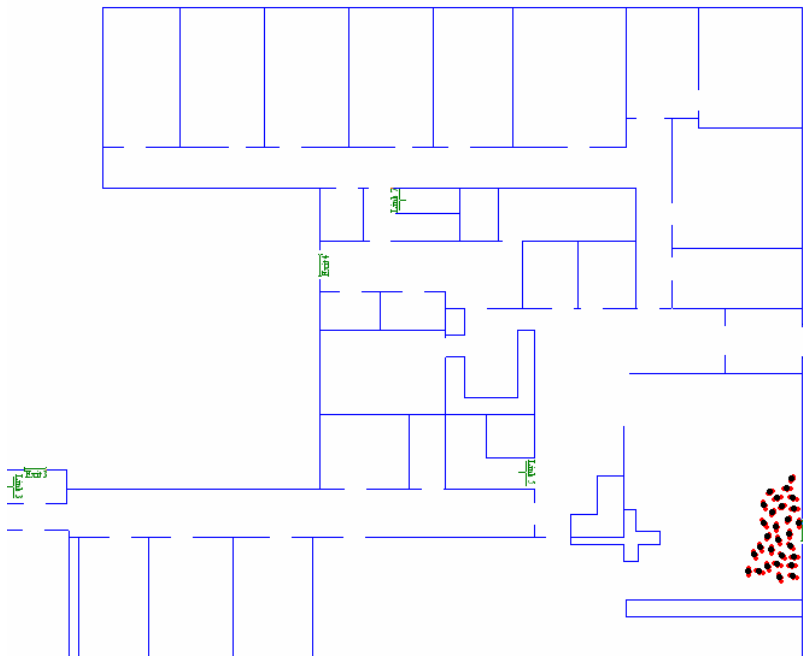
Tid: 360 s



People : 92

Figur G.6.

Tid: 390 s

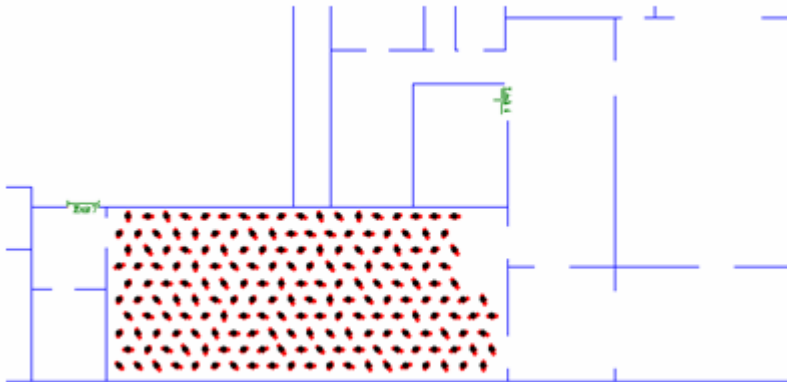


People : 29

Figur G.7.

Scenario 3

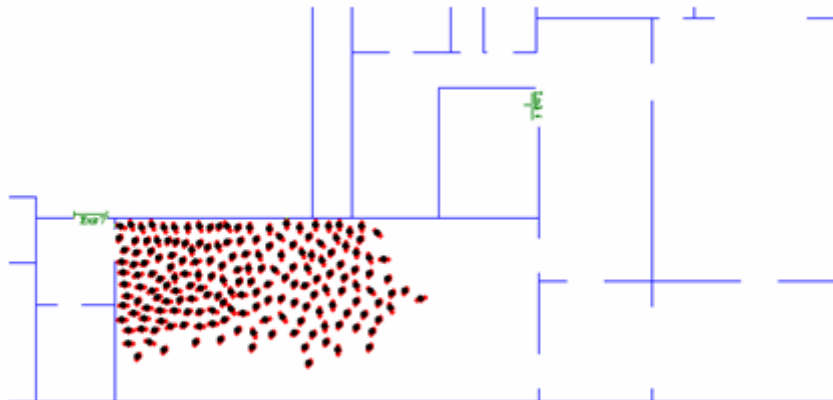
Tid: 0 s



People : 190

Figur G.8.

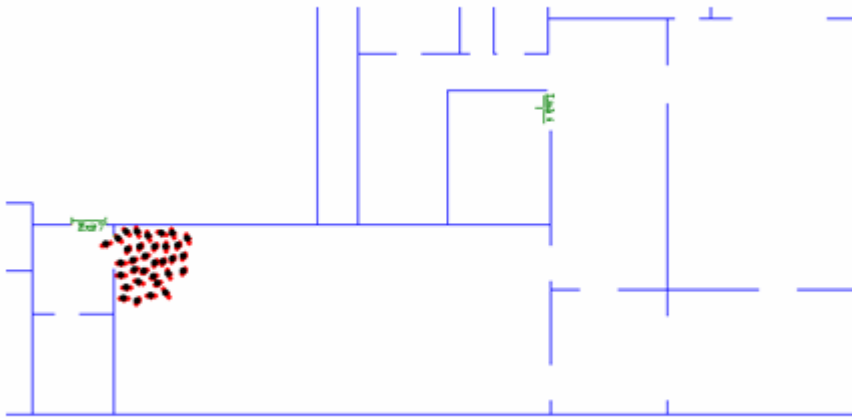
Tid: 340s



People : 181

Figur G.9.

Tid: 470s

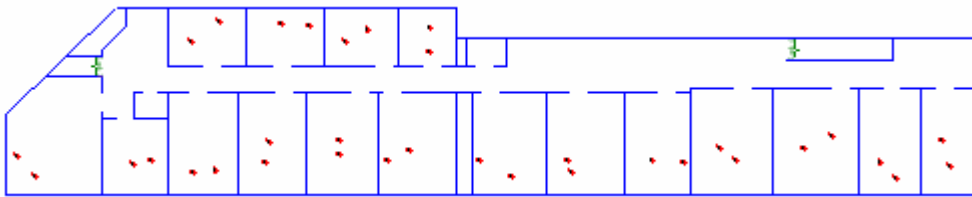


People : 33

Figur G.10.

Scenario 4

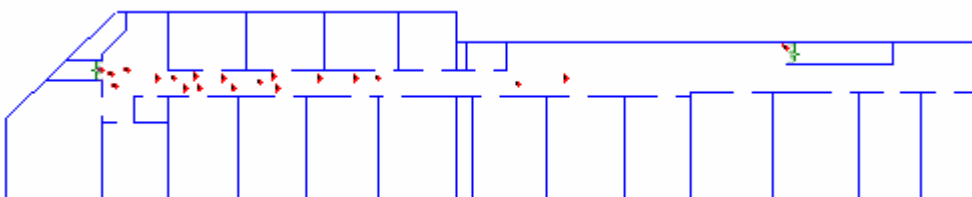
Tid: 0 s



People : 34

Figur G.11.

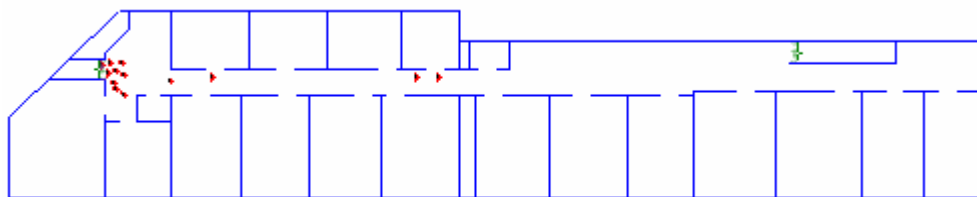
Tid: 210 s



People : 20

Figur G.12.

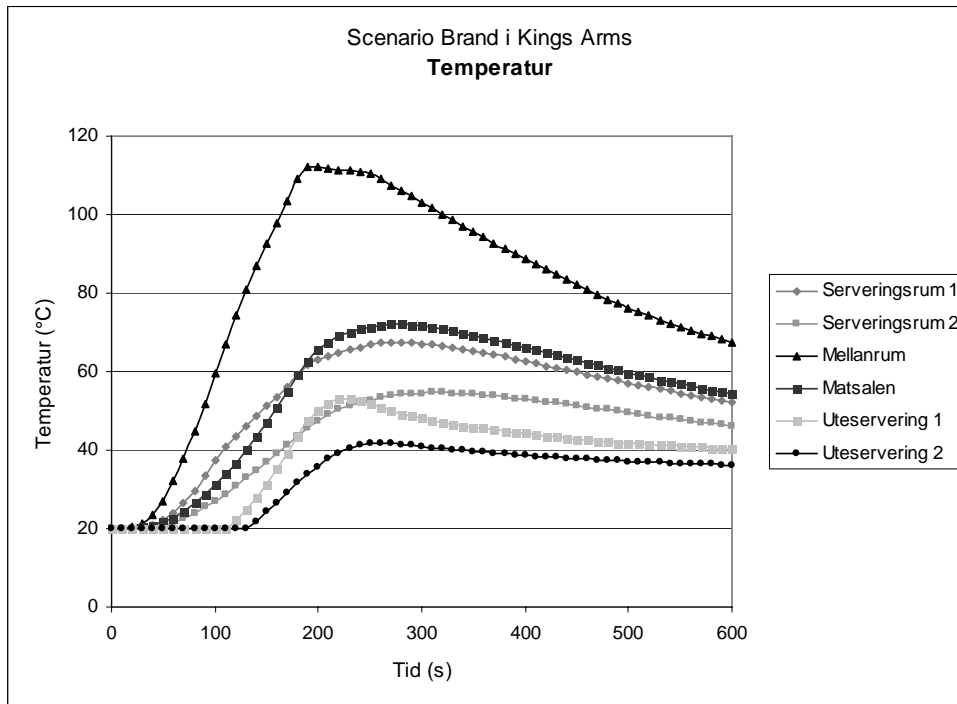
Tid: 220 s



Figur G.13.

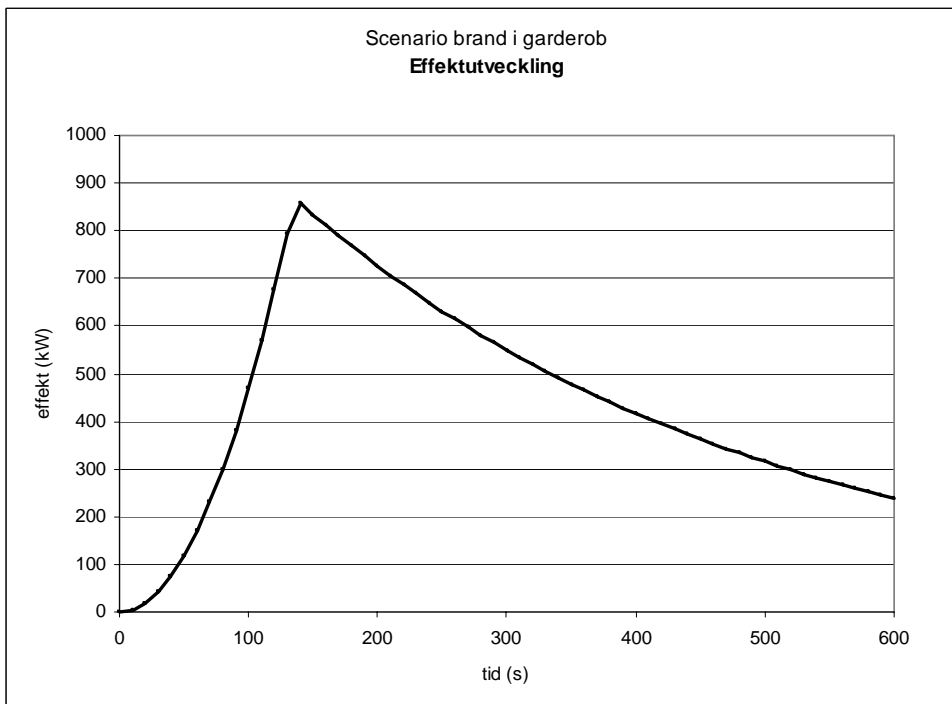
Bilaga H – Validering av sprinklersystem

Scenario 1

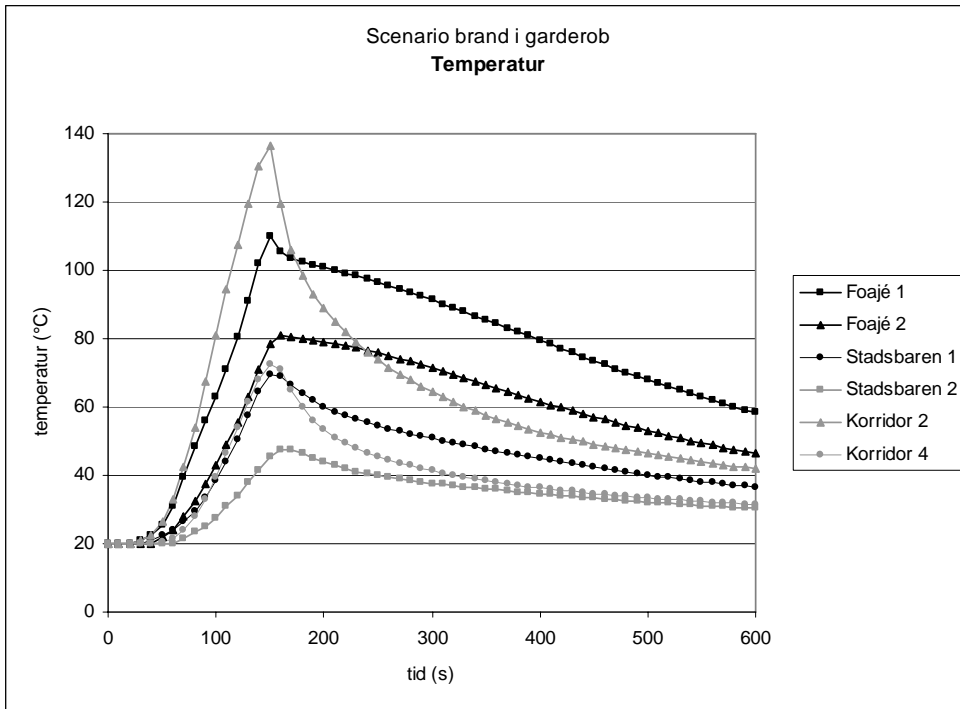


Figur H.1. Sprinklernas påverkan på brandgaslagrets temperatur. Sprinklern aktiverar efter tre minuter.

Scenario 2

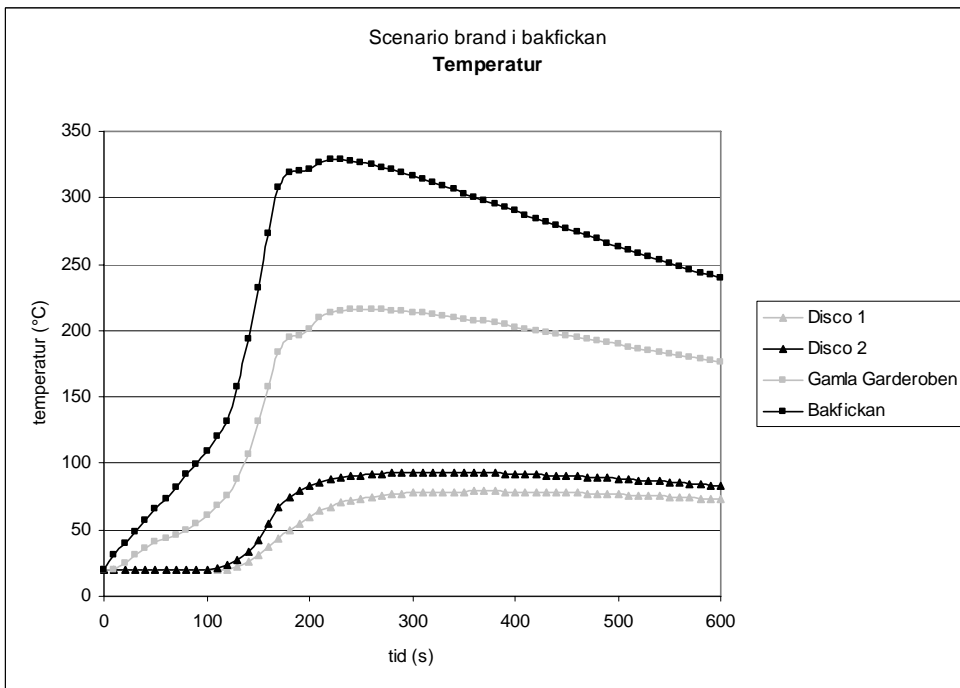


Figur H.2. Sprinklernas påverkan på brandens effektutveckling. Sprinklern aktiverar efter drygt två minuter.



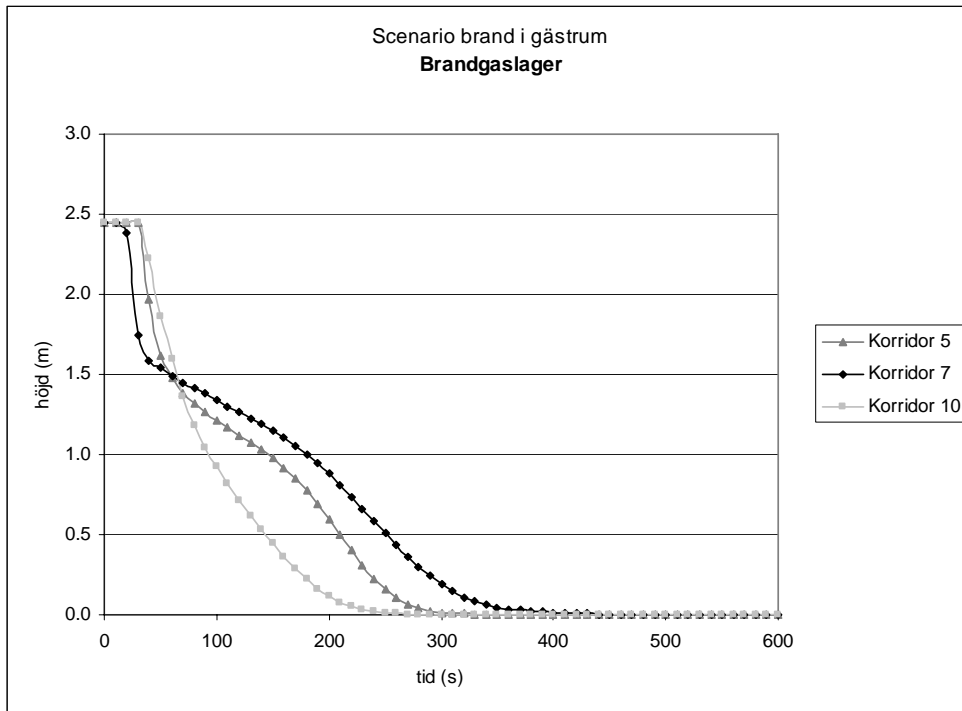
Figur H.3. Sprinklerns påverkan på temperaturen. Sprinklern aktiverar efter drygt två minuter.

Scenario 3

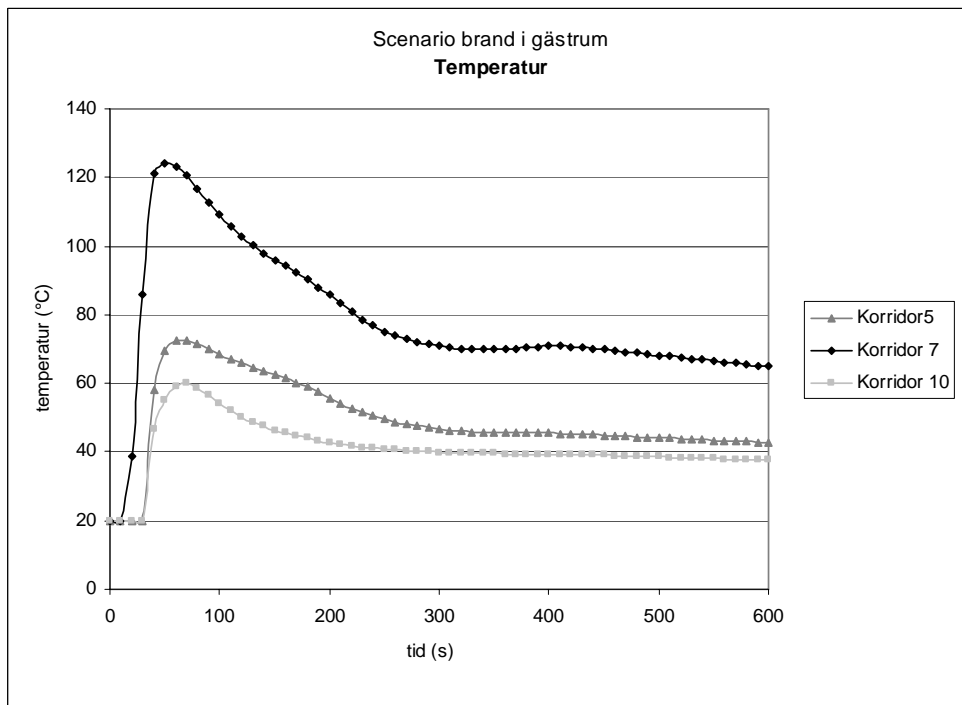


Figur H.4. Sprinklerns påverkan på temperaturen i brandgaslagret. Sprinklern aktiverar efter drygt två och en halv minut.

Scenario 4



Figur H.5. Sprinklerns påverkan på brandgaslagrets höjd. Sprinklern aktiveras efter drygt en minut.



Figur H.6. Sprinklerns påverkan på brandgaslagrets höjd. Sprinklern aktiveras efter en minut.

