

# Brandförloppsutredningar och beräkningsmodeller



**RÄDDNINGSG  
VERKET**

Denna rapport ingår i Räddningsverkets serie av forsknings- och utvecklingsrapporter. I serien ingår rapporter skrivna av såväl externa författare som av verkets anställda. Rapporterna kan vara kunskapssammanställningar, idéskrifter eller av karaktären tillämpad forskning. Rapporten redovisar inte alltid Räddningsverkets ståndpunkt i innehåll och förslag.

# Brandförloppsutredningar och beräkningsmodeller

Per Björkman, Lunds brandförsvär



Räddningsverkets kontaktperson:  
Björn Albinson, Enheten för olycksförebyggande verksamhet, 054-13 52 98



# Erkännanden

Rapportförfattaren vill på detta sätt visa uppskattning till alla de personer som på olika sätt medverkat och gjort detta arbete möjligt. Nedan nämnda personer har på särskilt sätt bidragit med erfarenhet, kunskaper, stöd samt eget arbete:

Robert Jönsson, LTH

Mette-Lindahl-Olsson, Räddningsverket-Karlstad

Claes Malmqvist, Räddningsverket-Karlstad / Karlstadregionens

Räddningstjänstförbund

Bertil Nilsson, Lunds brandförsvär

Mats Streer, Lunds brandförsvär

Jennie Werner, brandingenjörslinjen / Räddningstjänsten Lerum



# Innehållsförteckning

<b>Abstract .....</b>	<b>7</b>
<b>Sammanfattning .....</b>	<b>9</b>
<b>Bakgrund/Inledning.....</b>	<b>10</b>
<b>1. Systematisk datainsamling .....</b>	<b>12</b>
1.1    Utformning.....	12
1.2    Användning.....	13
<b>2. Beräkningsmodeller i brandförloppsutredningar .....</b>	<b>14</b>
2.1 Beräkningsmodeller .....	14
2.1.1 Resultat.....	16
2.1.2 Diskussion.....	17
<b>3. Exempel på användande .....</b>	<b>18</b>
3.1 Exempel.....	18
3.1.1 Brand i industri, Golvfirma .....	18
3.1.2 Brand i husvagn / industri .....	22
3.1.3 Lägenhetsbrand .....	23
3.1.4 Brand i sopförråd / byggnad.....	26
<b>4. Slutsatser .....</b>	<b>30</b>
<b>Litteraturförteckning.....</b>	<b>31</b>
<b>Bilaga .....</b>	<b>33</b>





# Abstract

The report deals with the purpose and use of fire calculations as apart of fire investigating. A method for collecting of data is also displayed. The results of above are then tested on a smaller amount of case studies.

It is shown that the calculation models that had been examined and tested on real fire incidents can be a helpful tool too examine the fire development. But it can't be used as a exact calculation program for the different chemical and physical reactions that a fire includes. Output from the models can be a useful matter for presentations addressed to persons that aren't very familiar with fire science. But it is still important to accentuate the fact that the models are covered with uncertainties and must be used with care. There is a need of development of the models as well.

The outcome of the study cases are showing valuable experiences and knowledge for the fire brigades, both fire safety and operational. In therms of this project, only a small amount of case study's has been done. To ensure the made conclusions there has to be done fire investigations evaluated with the described methods in a far more greater number.



# Sammanfattning

Rapporten behandlar beräkningsmodellers giltighet och tillämpning i samband med utvärdering av inträffade bränder. Även en metodik för datainsamling som bildar underlag för beräkningarna presenteras. Dessa arbeten har sedan prövats på ett antal praktikfall som presenteras.

Sedan mitten av 90-talet har Räddningsverket tillsammans med bland annat Rikspolisstyrelsen arbetat för att bränder där inte brottsmisstanke finns också utreds. Detta sker med bland annat gemensamma (polis/räddningstjänst) utbildningar i brandorsaksutredningar samt insamling av genomförda utredningar från utvalda kommuner runtom i landet. Intentionerna från Räddningsverket är att det i framtiden bör finnas riktlinjer för hur utredningarna skall genomföras. Idag är det till exempel inte ovanligt med rättsliga processer där flera sakkunniga med hjälp av olika beräkningsmodeller och utredningar försöker påvisa olika motsägande teorier. Att kunna använda en enhetlig praktiskt tillämpbar modell, med vetenskaplig basis, vore önskvärt.

Resultaten från undersökningen av modellernas giltighet samt utförda praktikfall visar att modellerna behöver förfinas och vidareutvecklas. Vidare diskuteras behovet av någon form av certifiering för användare. Utdata från beräkningarna kan göras relativt lättillgänglig för lekmän, användaren har dock ett stort ansvar för uttolkningen av resultaten. Beräkningarna, inklusive datainsamling, har visat sig vara tidskrävande. Praktikfallen visar att resultaten kan tillämpas i utvecklande syfte för både den skadeförebyggande såväl som för den skadeavhjälpande sidan av räddningstjänstens verksamhet. Inom ramarna för detta projekt har endast ett mindre antal beräkningar gjorts. För att kunna dra säkra generella slutsatser och pröva fler slutsatser från den inledande undersökningen /3/ behöver ett större antal praktikfall utvärderas med de metoder som redovisats.

Nyckelord: Brandutredning, brandförlopp, beräkningsmodell

# Bakgrund/Inledning

Räddningsverket är en myndighet som arbetar för ett säkrare samhälle. Verket vill minska riskerna för och konsekvenserna av olyckor. Arbetssättet är präglat av närheten till räddningstjänsten och verkets internationella engagemang.

Tidigare har polisen genomfört alla brandutredningar i syfte att utreda brottsmisstanke eller ej. Dessa utredningar har för det mesta inte utförts tillsammans med berörd räddningstjänst, ej heller har erfarenheterna av utredningsresultatet delgivits till räddningstjänsten. Detta medför en otillräcklig olycksstatistik då polisen inte gör statistik på samma sätt som räddningstjänsten. Detta medför i sin tur att den olycksförebyggande verksamheten ej i tillräcklig omfattning kan värdera effektiviteten av vidtagna åtgärder. Med ett tydligare orsakssammanhang kan det förebyggande arbetet på ett bättre sätt optimera resurser för att vidta olycksförebyggande och skadebegränsande åtgärder.

Sedan mitten av 90-talet har Räddningsverket tillsammans med bland annat Rikspolisstyrelsen arbetat för att bränder där inte brottsmisstanke föreligger också utreds. Detta sker med bland annat gemensamma (polis / räddningstjänst) utbildningar i brandorsaksutredningar samt insamling av genomförda utredningar från utvalda kommuner runtom i landet.

Idag skiljer sig metodiken för brandutredningarna mellan Sveriges olika räddningstjänster. Det finns inga fastställda mallar för hur en utredning bör ske eller dess syfte. Vidare saknas det i stor utsträckning litteratur och dokumentation av metodik och teknik i ämnet i Sverige inom räddningstjänsten. Polisen har sådan dokumentation i begränsad omfattning. Internationellt (England, USA) finns det relativt mycket litteratur i ämnet. Intentionerna från Räddningsverket är att det i framtiden bör finnas riktlinjer för hur utredningarna skall genomföras. Det är till exempel inte ovanligt med rättsliga processer där flera sakkunniga med hjälp av olika beräkningsmodeller och utredningar försöker att styrka/bevisa olika motsägande teorier. Att kunna använda en enhetlig praktiskt tillämpbar modell, med vetenskaplig basis, vore önskvärt.

Syftet med detta arbete, som har genomförts i flera steg med olika aktörer, har varit att skapa en enhetligt praktiskt tillämpbar modell för utvärdering av brandskydd i samband med brandutredningar. Modellen skall visa hur såväl det byggnadstekniska som det organisatoriska (mänskligt beteende, rutiner etc.) brandskyddet har fungerat. Bland annat skall beräkningsmetoders och datorbaserade simuleringsmodellers användbarhet och nytta undersökas. Inom ramarna för detta arbete utformades en checklista som skall ta vara på erfarenheter från såväl organisatoriskt (mänskliga reaktioner, rutiner vid utrymning etc.) som byggnadstekniskt brandskydd. Den skall även utformas så att ett underlag för att kunna göra beräkningar på brandförloppet medges (se bilaga) samt kunna statistikbearbetas.

Med hjälp av insatsstatistiken kan vi idag konstatera att en brand spred sig från startutrymmet till närliggande rum eller att den spred sig mellan brandceller. Vi kan dock inte avgöra varför den spred sig, till exempel otäta genomföringar eller ej stängda branddörrar. Dessa data i kombination med anmärkningar från vår brandsyneverksamhet kan ge en god bild över brand- och brandgasspridning för att föreslå åtgärder vid extern utbildning eller i samband med tillsyn och brandsyn.

Checklistan konstruerades som en krysslista med möjlighet för fri text och handritade skisser. Struktureringen blev enligt följande:

Målet var främst att undersöka om det finns någon nytta med att använda dator-/beräkningsmodeller i brandförloppsutredningar samt att införa ett vetenskapligt synsätt i samband med brandutredningar

Det finns idag ett antal olika tillgängliga modeller för att beräkna brands spridning, rökfyllnad, sprinklerdetektering etc. Dessa modeller, deterministiska, kan delas in i tre huvudgrupper:

- Handberäkningar, enkla modeller som bygger till stor del på empiriska metoder för att beräkna flammhöjd, massflöden, temperatur etc.
- Zonmodeller, Rummet delas in i ett antal kontrollvolym, vanligen två sådana, en varm och en kall, på vilka fysikaliska lagar om konservering av massa, moment och energi tillämpas med hjälp av datorstöd.
- Fältmodeller, Rummet delas in i en stor mängd mycket små kontrollvolym, på vilka fysikaliska lagar om konservering av massa, moment och energi tillämpas med hjälp av datorstöd. Idag mycket kapacitetskrävande.

De undersökta modellerna är i tur och ordning CFAST, FAST, BRANZFIRE samt DSLAYV och samtliga är så kallade zonmodeller. Som tidigare nämnts delar de in rummen i två distinkta volym, en övre och en nedre som bildas på grund av termisk skiktning orsakad av den termiska stigkraften. CFAST, FAST och BRANZFIRE kan hantera flera rum medan DSLAYV avviker på så sätt att den kan endast simulera i ett rum. Vidare är den mindre användarvänlig än de andra undersökta modellerna.

# 1. Systematisk datainsamling

För att få en systematik i datainsamlingen från inträffade bränder krävs ett enhetligt genomförande i syfte att få ett jämförbart material inom en objektgrupp, till exempel bostäder, eller över en tidsperiod, till exempel från ett år till ett annat. Ett sätt är att låta en enskild person genomföra datainsamlingen efter ett givet mönster. Förmodligen det enklaste alternativet då behovet av information och kompletterande utbildning blir minimalt. Förfarandet kräver dock att personal avsätts för detta, resurser som alla gånger kanske inte finns på räddningstjänsten. Vidare krävs det mer tid för erfarenhetsåterföring både inom och utanför organisationen. Alternativet är att använda någon form av checklista för faktainsamling från skadeplatsen. Idén praktiseras redan på olika håll inom räddningstjänsten i Sverige med varierande grad av omfattning och syfte.

Fördelarna med detta förfarande är bland annat att erfarenhetsåterföringen underlättas genom att den person som fyller i den på plats reflekterar över brandskyddet på objektet på ett sätt som annars kanske inte skulle ha gjorts. Genom att sprida insamlingen på flera personer uppstår det lättare diskussioner och kanske även i dess förlängning förslag på åtgärder för ett vanligt förekommande brandtekniskt problem, till exempel de nu uppmärksammade soprumsbränderna under slutet av 90-talet.

## 1.1 Utformning

Inom ramarna för detta arbete utformades en checklista som skall ta vara på erfarenheter från såväl organisatoriskt (mänskliga reaktioner, rutiner vid utrymning etc.) som byggnadstekniskt brandskydd. Den skall även utformas så att ett underlag för att kunna göra beräkningar på brandförloppet medges (se bilaga) samt kunna statistikbearbetas. Med hjälp av insatsstatistiken kan vi idag konstatera att en brand spred sig från startutrymnet till närliggande rum eller att den spred sig mellan brandceller. Vi kan dock inte avgöra varför den spred sig, till exempel otäta genomföringar eller ej stängda branddörrar. Dessa data i kombination med anmärkningar från vår brandsyneverksamhet kan ge en god bild över brand- och brandgasspridning för att föreslå åtgärder vid extern utbildning eller i samband med tillsyn och brandsyn. Checklistan konstruerades som en krysslista med möjlighet för fri text och handritade skisser. Struktureringen blev enligt följande:

- Framsida. *Vittnen, skadade, adress, tidpunkt.*
- Objektbeskrivning. *Byggnaden, brandrummet.*
- Brandförlopp. *Startföremål, orsak, beskrivning av brandförloppet. Brandspridning. Brandgasspridning.*
- Befintliga aktiva system.
- Utrymningsvägar. *befintlig skyltning, dörrar i utrymningsväg, användandet av befintliga utrymningsvägar.*
- Allmänhetens åtgärder vid upptäckt av brand.

Slutresultatet medförde att metoden är enkel att använda, flera kan använda den utan att antalet felkällor ökar (kryssrutor) samt att den är möjlig att statistikbearbeta. Uppgifterna harmonierar med insatsrapporteringen.

Begränsningarna i metoden är att det saknas en utvärderande funktion samt att bränder inte går att rekonstruera utifrån checklistan enbart även om en del data kan användas vid beräkningar, tex. brandens omfattning vid framkomst vars tidpunkt kan registreras av larmcentralen. Checklistan utformades i ett projektarbete under handledning av dåvarande brandingenjörsstuderande Jennie Werner.

## 1.2 Användning

Checklistan har nu använts under drygt två år. Goda erfarenheter har dragits från införande och tillämpningar av listan. För närvarande ligger primärt datainsamlingen på operativ personal. Bränder som inträffar utanför normal kontorstid kan på detta sätt dokumenteras och utgöra ett underlag för ordinarie brandutredare när denne börjar sin arbetsdag. Målet för insamlade av data är satt till samtliga inträffade bränder i kategorin "brand i byggnad".

## 2. Beräkningsmodeller i brandförloppsutredningar

Flera av dagens modeller för att simulera brandförlopp har funnits tillgängliga på marknaden sedan mitten/slutet på 80-talet, framförallt i utbildningssyfte på universitet och högskolor samt vid projektering av brandskydd i byggnader.

Skillnaden mellan den projekterande och utredande modellanvändaren är viktig att förstå. Den projekterande kan anta ett dimensionerande scenario och hämta indata från tillgänglig litteratur, till exempel effektkurvor medan den utredande utifrån verkliga förhållanden skall försöka att återskapa ett verkligt skede utifrån vittnesuppgifter och utsagor från bl.a. räddningspersonal. Oklara ventilationsförhållanden är ett sådant exempel. När sprack fönsterrutorna, stod dörren öppen under hela brandförloppet?, osv.

Modellernas begränsningar och olika tillämpningsområden, det vill säga när är resultaten trovärdiga, är en annan aspekt på frågan om dess användbarhet i samband med brandutredningar. Denna problemställning analyserades som ett projektarbete från LTH av studerande Jennie Werner i samarbete med Lunds brandförsvär och som en inledande del i projektet "Brandförloppsutredningar och brandberäkningsmodeller" som finansieras av Räddningsverket.

Målet var främst att undersöka om det finns någon nytta med att använda dator-/beräkningsmodeller i brandförloppsutredningar samt att införa ett vetenskapligt synsätt i samband med brandutredningar

Nedanstående beskrivning utgör endast ett enkelt sammandrag av detta projekt och dess resultat. Den intresserade som vill fördjupa sig vidare i projektet hänvisas till /3/.

### 2.1 Beräkningsmodeller

Det finns idag ett antal olika tillgängliga modeller för att beräkna brands spridning, rökfyllnad, sprinklerdetektering etc. Dessa modeller, deterministiska, kan delas in i tre huvudgrupper:

- Handberäkningar, enkla modeller som bygger till stor del på empiriska metoder för att beräkna flamhöjd, massflöden, temperatur etc.
- Zonmodeller, Rummet delas in i ett antal kontrollvolymer, vanligen två sådana, en varm och en kall, på vilka fysikaliska lagar om konservering av massa, moment och energi tillämpas med hjälp av datorstöd.



- Fältmodeller, Rummet delas in i en stor mängd mycket små kontrollvolymer, på vilka fysikaliska lagar om konservering av massa, moment och energi tillämpas med hjälp av datorstöd. Idag mycket kapacitetskrävande.

De undersökta modellerna är i tur och ordning CFAST, FAST, BRANZFIRE samt DSLAYV och samtliga är så kallade zonmodeller. Som tidigare nämnts delar de in rummen i två distinkta volymer, en övre och en nedre som bildas på grund av termisk skiktning orsakad av den termiska stigkraften. CFAST, FAST och BRANZFIRE kan hantera flera rum medan DSLAYV avviker på så sätt att den endast kan simulera brand i ett rum. Vidare är den mindre användarvänlig än de andra undersökta modellerna.

Två-zons modellerna är utvecklade för att behandla bränder i ett eller flera rum som är förbundna med varandra. Storleken på lokalerna är motsvarande bostads- och kontorsutrymmen samt mindre industrilokaler. Jämförelser har tidigare genomförts mellan simuleringar och experimentella försök i samma lokaler. Resultaten överensstämmer någorlunda. Vidare är modellerna endast tillämpbara fram till dess att övertändning inträffar. Själva övertändningsmomentet går inte i dag att beskriva med dessa modeller. Direkt efter denna tidpunkt har dock en relativt god överensstämmelse kunnat påvisas med experimentella resultat.

Andra väldokumenterade begränsningar i modellerna är vissa speciella geometriska förhållanden. Till exempel stämmer modellerna dåligt överens med verkliga förhållanden i lokaler med långa korridorer, mycket stora lokaler med lågt i tak samt lokaler med liten golvyta och mycket högt i tak.

Oavsett hur avancerad en beräkningsmodell är måste ett antal parametrar beaktas som är gemensamma för samtliga modeller, dessa är: Brandkällan, brandplymen, takplymen, det övre varma brandgaslagret, det nedre kalla brandgaslagret, öppningar i väggar, tak och golv, befintliga ventilationssystem, omslutande ytor till rummet, objekt i rummet (människor, utrustning), brandskyddande installationer (Tillexempel sprinkler).

För att få en indikation på hur på hur mycket de olika indataparametrarna påverkar slutresultatet har en enkel känslighetsanalys genomförts med de olika modellerna. Samma rumsgeometri har använts för samtliga modeller. Brand med medelsnabb tillväxthastighet har använts som indata till samtliga modeller. För att avgöra de olika indataparametrarnas påverkan på slutresultatet har en mängd (177 st) simuleringar genomförts. Dessa har genomförts genom att variera en indataparameter i taget i grundscenariot för varje simulering. Relevanta, för brandförloppsutredningar, utdata från programmen har sedan bearbetats i Excel för överskådlig presentation.

För att få förståelse för problematiken med datainsamling i samband med brandförloppsutredningar har de olika modellerna utvärderats mot en redan inträffad brand. Den aktuella branden inträffade på en skola i Lunds kommun som startade i ett fikarum och spred sig och medförde bland annat en partiell takkollaps.

### 2.1.1 Resultat

De fyra programmen som undersöktes gav alla ett liknande resultat för känslighetsanalyserna trots att indataparametrarna skilde sig något åt mellan modellerna. En tydlig skillnad i resultaten var dock hur de påverkades av brandens placering, det vill säga om den var placerad i ett hörn eller intill en vägg.

Från känslighetsanalyserna på två-zonsmodellerna kan slutsatsen dras att de är mycket känsliga för variation av indata som påverkas av tillgången till syre i rummen samt vilken effekt branden avger. Vid en brandförloppsutredning torde det vara relativt enkelt att dokumentera de öppningar och ventilationsförhållanden (mekaniska) som gäller för den aktuella byggnaden genom ritningsunderlag eller i drift- och underhållsinstruktioner. Det stora problemet är att konstruera en effektkurva för brandförloppet. Effekttutvecklingen beror på den initiala brandens storlek, brandtillväxten och antändning av nya objekt (möbler) och dess effekttutveckling. Modellering av förbränningsprocessen och effekttutveckling är mycket komplex och ännu inne i ett tidigt skede vad gäller forskning.

Simuleringen av skolbranden visade att de stora problemen i insamlingen av indata var att för det första konstruera effektkurvan för en brand som endast kunde beskrivas utifrån vittnen från branden och för det andra att avgöra materialegenskaper i de omslutande materialen. Problemen med materialvalen i programmen löstes genom att utföra känslighetsanalyser men effektkurvan kunde endast underbyggas av resonemang och erfarenhetsmässigt rimliga antaganden.

Det som datormodeller verkar kunna tillföra en brandutredning är att ge indikationer på hur ett brandförlopp kan ha gått till. Hur en datormodell kan användas beror bland annat på hur länge branden har pågått. Om branden släcktes i ett tidigt skede kan till exempel en simulering visa på hur det kunde ha gått om den inte släckts vilket kan vara av intresse för den drabbade om inköp av brandskyddsutrustning övervägs. Ett annat syfte kan vara att visa hur olika släckutrustning kunde ha påverkat brandförloppet eller hur skillnader i brandbelastning kan förändra ett brandförlopp i en lokal.

På grund av svårigheten att bestämma den exakta effekttutvecklingen och att modellernas känslighet för variation av indata ej är utrett i tillräcklig omfattning kan beräkningsmodellerna ej användas för att exakt rekonstruera en brand.

I samband med brandutredningar tillkommer en osäkerhetsfaktor till, nämligen den att utredaren är hänvisad till vittnesuppgifter från branden, vilka kan vara till stor del ej sakkunniga som har observerat den tidigaste fasen i brandförloppet. För att bestämma effektutvecklingen är tiden en mycket viktig faktor och det är ofta den som är svår att uppskatta i efterhand även för räddningstjänstens personal i samband med insats. Viss dokumentation kan hämtas från larmcentralens tidslogg men den är ofta inte tillräcklig.

De undersökta beräkningsmodellerna kan vara ett bra verktyg för att undersöka påverkan av förändringar och för att få en bra uppskattning av de olika resultaten men inte som ett exakt mätvärde för de olika kemiska och fysikaliska reaktioner som omfattas av ett brandförlopp.

Utdatan kan också utgöra ett användbart presentationsmaterial gentemot personer som inte är så insatta i den brandtekniska vetenskapen. Samtidigt är det viktigt att använda dessa resultat omsorgsfullt och nyanserat med osäkerheter tydliggjorda. Om materialet är officiellt kan det komma att användas i juridiska sammanhang.

## 2.1.2 Diskussion

Om beräkningsmodellerna skall användas mer i samband med brandutredningar måste mer göras för att utveckla kraven på både modeller och dess användare. Modellerna bör kartläggas beträffande dess osäkerheter och hur de olika parametrarna påverkar varandra inbördes. Vidare bör det kunna förekomma någon form av certifiering även på dess användare och kanske rentutav för vilka modeller denne är behörig för att använda i ”kommersiellt” syfte.

Fortfarande finns det relativt outforskade områden som påverkar brandförlopp. Ett exempel på detta är hur mekaniska ventilations- och luftbehandlingssystem behandlar/påverkar brandförloppet i ett rum.

Datormodellerna borde även utvecklas till att bli mer användarvänliga genom att införa fler typvärden för indataparametrarna. Vidare borde mallar kunna läggas in som till exempel medför att programmet själv tar hänsyn till läckageytor utifrån typ av byggnad som angivits samt att fler parametrar kunde finnas i rullgardinsmenyer. Även användarmanualerna skulle behöva utvecklas för att kunna beskriva till exempel hanteringen av mekanisk ventilation vid simuleringarna. Allt för mycket fakta kring modellerna finns hos de vana användarna som till stor del är självlärda.

## 3. Exempel på användande

Nedan redovisas fyra exempel på brandutredningar där olika former av beräkningsmodeller har använts för att komplettera utredningen i sin helhet. Samtliga utredningar är genomförda som en del i projektet "brandförloppsutredningsmodell" som är finansierat av Räddningsverket i samverkan med Lunds brandförsvär. Samtliga utredningar är genomförda under perioden 1998-99.

### 3.1 Exempel

#### 3.1.1 Brand i industri, Golvfirma

Vid denna brand användes en datorbaserad rökfyllnadsmodell (CFAST) i syfte att koppla en tänkt förlängning av det avbrutna brandförloppet mot den valda taktiken för insatsen.

Den aktuella byggnaden brukas av en golvfirma, en pizzeria och en bilfirma. Vid brandförsvärets framkomst konstaterades att lokalen som inrymde golvfirman var rökfylld. Samtliga fönster och öppningar till lokalen var då stängda. Rökdykarinsats påbörjades med vetskap att branden hade börjat i köksavdelningen i lokalen. Brandgaslagret var då i princip nere vid golvnivå. När rökdykarna kom fram till initialbranden kunde de konstatera att initialbranden var släckt från utsidan av brandmän genom ett krossat fönster. Branden hade spridit sig från köksavdelningen ut i affärslokalen. Rökdykarna släckte småbränder ovanför och utanför köksavdelningen. En av portarna öppnades när läget var under kontroll. Lokalen brandgasventilerades och räddningsinsatsen kunde förklaras avslutad.

Efter att branden var släckt kontrollerade brandpersonal yttertakets och konstaterade att branden värmt upp takkonstruktionen så pass att delar som var belägna direkt ovanför initialbranden var värmepåverkade.

Byggnaden inrymmer förutom golvfirman en bilverkstad och en pizzeria. Pizzerian har tillgång till delar av golvfirmans lokaler. Verksamheterna är brandtekniskt åtskilda i brandklass motsvarande EI30 i brännbart material.



*Bild 1: Byggnaden med golvfirmans entré närmast*

Byggnadens stomme var av prefabricerade element av regelverk av trä. Takkassetterna var uppbyggda av stålprofiler isolerade med mineralull. Invändigt var både tak och väggar klädda i profilerad plåt. Takbeklädnad utomhus var takpapp. Ytbeklädnad på väggar utomhus var profilerad plåt. Ytmaterial på golv var linoleumplattor.

Brandorsaken fastställdes till en tillslagen spisplatta där plattan fungerade som förvaringsyta åt en kaffebyggare. Spisen var ej försedd med någon timerfunktion. Spisplattan lämnades påslagen på maximalt effektläge. Kaffebryggaren som var tillverkad av plast smälte och började brinna. Branden spreds till skåpet i Trinettköket som var gjord av spånskiva och därifrån till taket i köksavdelningen också det av spånskiva och sedan till resten av rummet. Branden spreds vidare ut i lokalen genom strålning och direkta flammor genom ”dörröppningen” samt genom genombränning av ”innertaket” i köksavdelningen. Köksavdelningen blev övertänd redan under de första 10 minuterna. Övertändningen medförde att syrehalten i lokalen snabbt minskade vilket ledd till att brandförloppet kort efter övertändningen lugnade ned sig betydligt. En vattenledning brast i köksavdelningen och påförde vatten i det övertända rummet vilket också medförde att brandförloppet lugnade sig något



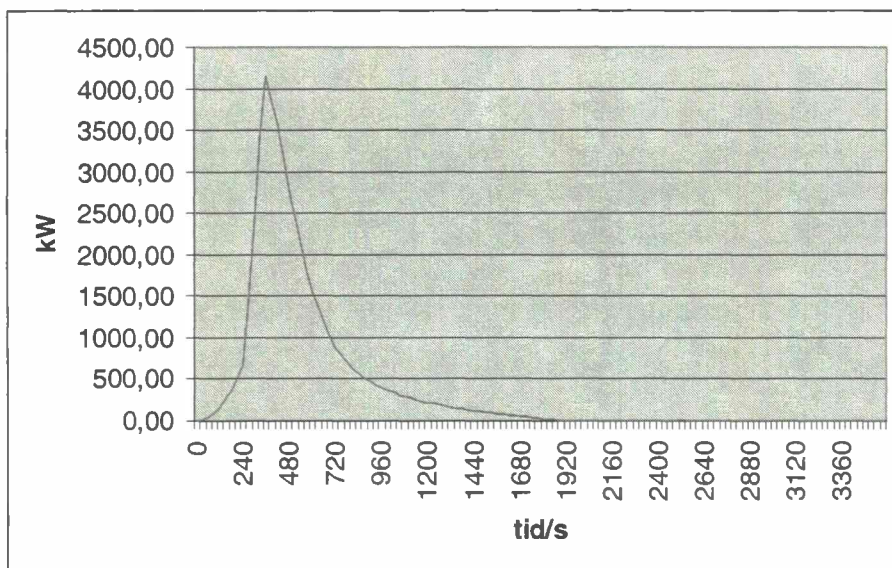


Diagram 1: Effektutveckling i brandrummet

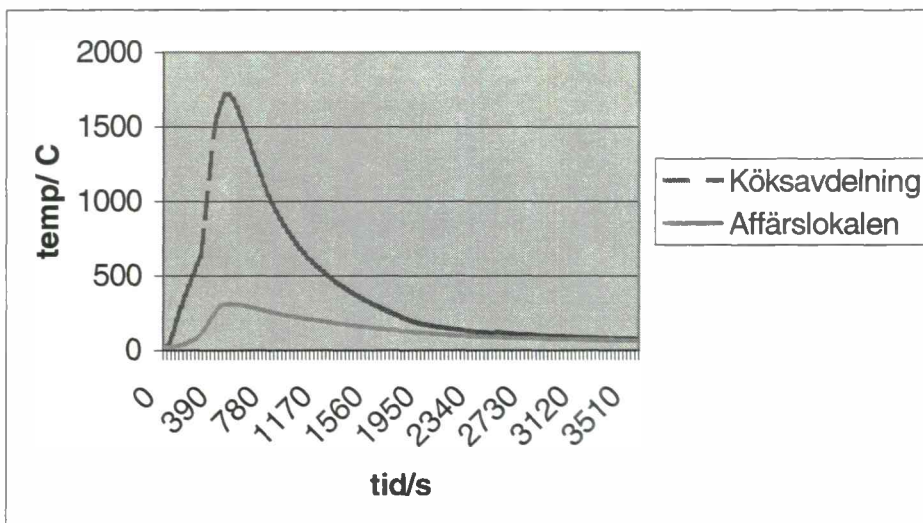
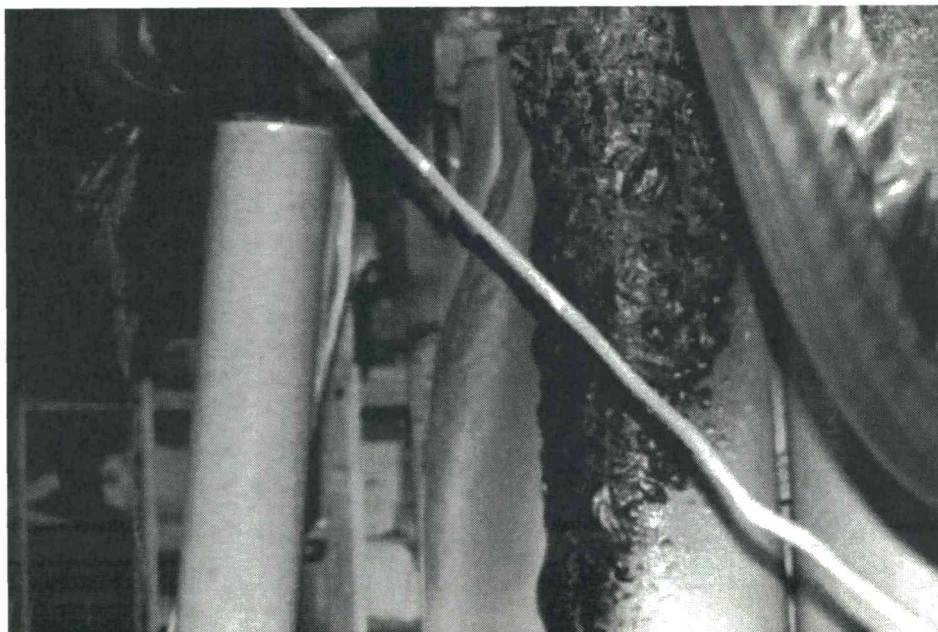


Diagram 2: Temperatur i brandgaslagret

Hela byggnaden fylldes av brandgaser. En så kallad tvåzons modell, med ett övre varmt gaslager och ett undre kallt, uppstod aldrig klart definierat. Två zoner bildades, en varmare och en kallare zon, båda var brandgasfyllda. Brandgaslagrets varma zon sträckte sig ungefär 1.5-2 meter ned från taket i hela lokalen. Brandgasernas temperatur beräknades vara som mest cirka 300 °C vilket medförde att kablage i tak smälte, ljusrörsarmaturer i tak förstördes, upphängningsanordningar till innertak lossnade samt att stående rullade plastmattor började kola eller brinna på grund av strålningspåverkan från brand och brandgaslager. Värmen från strålning direkt från flammor och brandgaslager gjorde så att linoleummattan i köksavdelnings närhet delvis hade börjat smälta.

Brandgasspridning skedde till angränsande lokaler, bilverkstaden och pizzerian genom otätheter i konstruktionen.

Skadorna i golvfirmans lokaler var omfattande. Köksdelen samt delar runt denna totalskadades av brand. Takkonstruktionen ovanför köksdelen skadades av branden. Mattstuvor och inredningsmaterial totalskadades av brand. Hela lokalen brandgasskadades. Grannarna, pizzerian och bilverkstaden, brandgasskadades. Omfattande restvärdesräddning sattes in omedelbart efter insatsen i bilverkstaden då lokalen var fylld av bilar i övre prisklassen.



*Bild 2: Stående mattstuvor som bränts i topparna*

Skador som brandförsvaret gjorde vid insatsen begränsade sig till tre fönster som slogs in. Än en gång visade det sig att orsaken till en brand med betydande skador av egendom var ett så kallat trinettkök. Ett köksalternativ som monteras där man anser att ett ordinarie kök ej är nödvändigt eller inte får plats. Köket vars spis endast i undantagsfall används till det som den är avsedd för och istället fungerar som en avställningsyta där ofta brännbart material placeras. En idealisk plats för brandstart.

Branden i golvfirman hade, om inte brandförsvaret kommit i tid, kunnat leda till en övertändning av hela lokalen förutsatt att syretillförsel hade skett genom spruckna fönster. De treglasfönster som satt fasaden till lokalen var endast spruckna i innersta fönsterglasets vilket mycket väl hade kunnat ske vid släcktilförseln då lokalen kylades snabbt. Till och med fönstret som satt i köksavdelningen var "helt" (ett glas satt fortfarande kvar) vilket visar att treglasfönster kan hålla för höga temperaturer. Syretillförseln kunde ske genom de fönster som ännu vid brandförsvarets ankomst var hela. Den övertändningen som skedde var endast partiell och i köksdelen. Delar som brann i resten av lokalen kan inte betraktas som övertända.

Stommens hållfasthet vid brand är alltid ett problem. Skall man välja en mer riskfylld offensiv taktik med invändig rökdykning eller en mindre riskfylld defensiv taktik genom utvändigt släckning. Stommens brandtekniska klass i bärande avseende skulle för en motsvarande byggnad, om den var byggd idag, ej ha någon brandteknisk klass. En invändig rökdykarinsats i dessa typer av lokaler ställer alltså höga krav på räddningsledaren angående val av taktik.

Rökdykning i lokaler där man kan förvänta sig att det brunnit länge är alltid riskfyllt. Denna insats medförde en ökad risk för rökdykarna då man utan deras vetskap slog in fönstret till köksavdelningen och började släckinsatsen. Branden hade pågått så pass länge att syrebrist hade uppstått i lokalen. Effekttutvecklingen hade gått ned. Hade brandgaserna varit varmare kunde den extra tillförsel av syre som uppstod vid fönsterkrossandet varit tillräckligt för att hela lokalen skulle blivit övertänd

Utredningen av insatsen utgjorde ett underlag för diskussion med insatspersonalen över vald taktik och genomförande i förhållande till brandförlopp och byggnadstekniska konstruktioner.

### 3.1.2 Brand i husvagn / industri

Vid denna brand skedde spridning från husvagnen till en intilliggande byggnad. Beräkningar utfördes i syfte att se vilket avstånd som är tillräckligt för att spridning ej skall ske. Enkla handberäkningar för strålning användes.

Klockan 03.48 fick brandförsvaret larm om en brand i husvagn. Vid framkomsten konstaterades att husvagnen var övertänd samt att branden hade spridit sig in i ett papperslager som tillhör ett boktryckeri. Insatsstyrkan koncentrerade sig på att släcka husvagnen samt genomförde en invändig insats i lokalen för att släcka branden i pappersbalarna och därefter ventilerade ut brandgaserna.

Branden upptäcktes av en förbipasserande som larmade brandförsvaret.

Husvagnen var uppställd intill byggnaden (0,8 m) och hade nyligen avrustats för vidare transport och vinterförvaring. Husvagnen var ansluten via elkabel till byggnaden och ej utrustad med gasol. Byggnaden är i två plan med källare. Varje våningsplan bildar egen brandcell. på bottenplan finns boktryckeri och lager, ovanvåningen består av boktryckeri samt kontorsutrymmen. Byggnaden var utrustad med ett automatiskt brandlarm med värmedetektorer. Larmet kom dock in från en förbipasserande, vid brandförsvarets ankomst hade larmet ej löst ut.

Branden hade startat i husvagnen men någon naturlig orsak gick ej att finna. Elkabeln som var ansluten till byggnaden hade ej med brandstarten att göra.



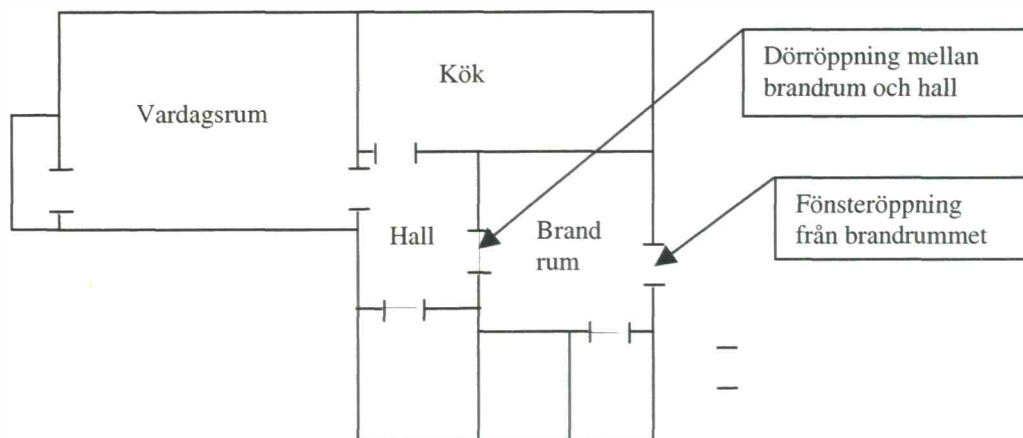
Statens brandnämnds meddelande 1984:05 anger ett avstånd på 4m vid uppställning av husvagnsekipage. Redovisade resultat anger att ett avstånd på ca 6 meter, vilket harmonierar med anvisningarna för container-uppställning, bör användas. Detta bör även kompensera för brandspridning via direkt flamkontakt.

Resultatet av denna typ av beräkningar är att beräkningar kan användas för att verifiera eller ompröva schablonregler beträffande avstånd, antal eller dylikt.

### 3.1.3 Lägenhetsbrand

Vid denna kraftiga lägenhetsbrand där den boende själv hade satt sig i säkerhet genom att hoppa från balkongen uppkom vissa motstridiga versioner om händelseförloppet innan brandförsvarets ankomst. Brandutredarna -polis och brandförsvaret, hade en teori som inte stämde med lägenhetsinnehavarens. I syfte att bekräfta eller förkasta brandutredarnas teori om händelseförloppet modellerades branden för att fastställa ett troligt brandförlopp. beräkningsmodellen CFAST användes.

Effektkonstruktion byggde på en sängbrand under normala betingelser samt att branden ej utsattes för några släckförsök. Effektkonstruktionen hämtas från handböcker i brandförlopp. Dörrar och fönster till brandrum förutsätts vara stängda. Dörrens brandmotsånd beräknades till ca 15 minuter och fönsterrutan beräknas spricka vid en brandgastemperatur på 300°C.



Skiss över lägenhet.

Modelleringarnas resultat redovisas nedan i diagramform. Känslighetsanalys är gjord genom att ett antal modelleringar kördes med förändrade ingångsparametrar.

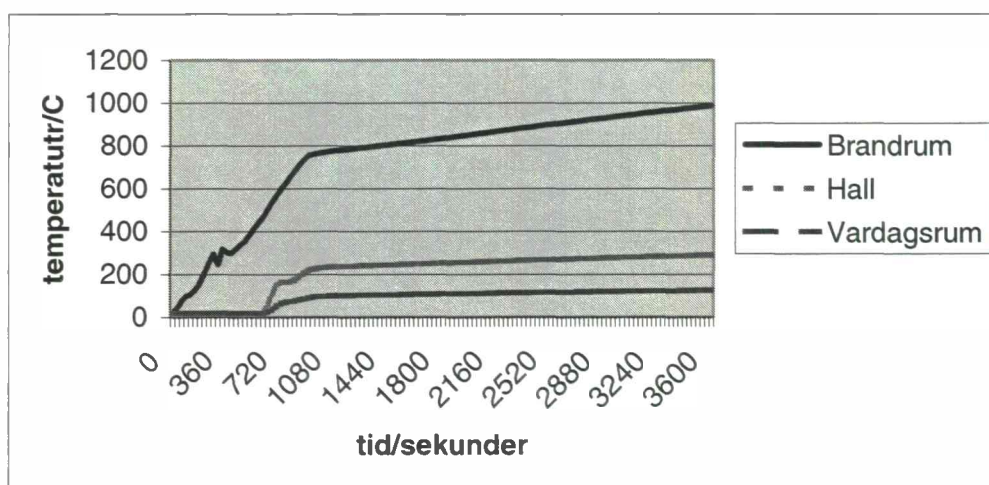


Diagram 3. Temperatur i brandgaslager i brandrum, hall och vardagsrum

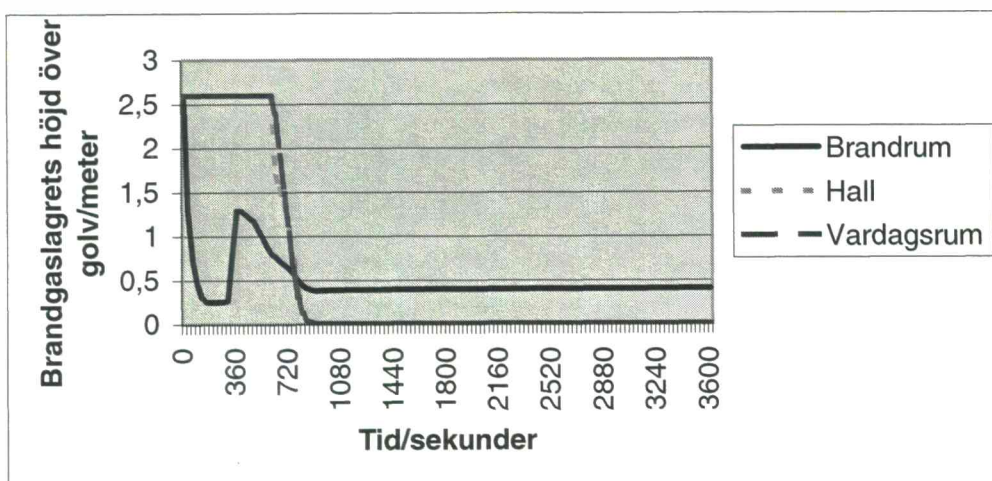


Diagram 4. Brandgaslagrets höjd över golv i brandrum, hall och vardagsrum

Modelleringen kördes ett antal gånger där man varierade bland annat fönsteröppningar, dörröppningar och effektkonstruktioner. Den redovisade modelleringen räknade med att fönster till brandrummet gick sönder vid temperatur av 300°C. Genom att modellera med fönsteröppning öppen hela tiden från brandstart ges resultat som inte nämnvärt skiljer sig från modelleringen där fönstren havererade vid 300°C. Övertändning av brandrummet skedde efter 10 minuter efter brandstart. Huruvida dörren mellan brandrummet och hall var öppen eller inte påverkar naturligtvis brandspridningen till i första hand hallen. Modelleringen som redovisas räknar med att dörren till brandrummet havererar efter cirka 15 minuter. Modelleringar med öppen halldörr från brandstart visar ingen större skillnad på brandspridning förutom att brandgasspridningen till resten av lägenheten sker snabbare.

Resultatet av den sammantagna utredningen, inklusive beräkningar, presenterades för lägenhetsinnehavaren som erkände att brandutredarnas teori stämde angående händelseförloppet. Vid användande av beräkningar på detta sätt, där de ingår som en del i en polisutredning, ligger de största kraven på användaren beträffande hur erhållna resultat presenteras samt ingångsparametrarnas värde (vittnesuppgifter, observationer på plats etc).

### 3.1.4 Brand i sopförråd / byggnad

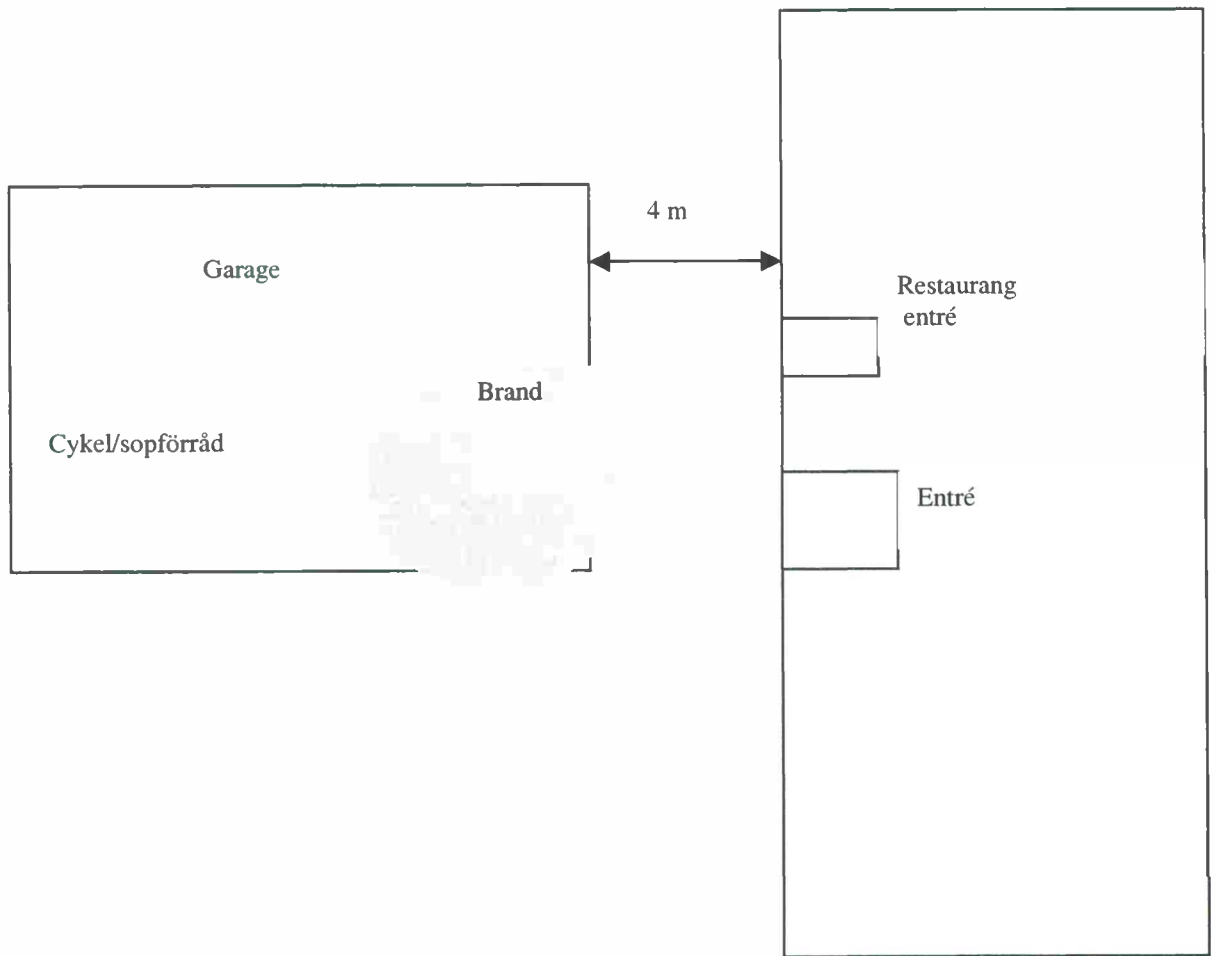
Vid denna brand skedde spridning från ett sopförråd till ett intilliggande flerbostadshus. Beräkningar utfördes i syfte att se vilket avstånd som är tillräckligt för att spridning ej skall ske. Enkla handberäkningar enligt handböcker /6/, /7/ för strålning och uppskattning av effektutveckling användes.

Brandförsvaret larmades klockan 23.59 om en brand i ett sopförråd i tätorten. Under framkörning informerades befälet om att det var en kraftig brand. Vid framkomst visade det sig att hyresgästerna i intilliggande 4 vånings fastighet hade börjat utrymma beroende på den kraftiga branden från sopförrådet som börjat sprida sig till hyresfastigheten. En dörr till en restaurang på bottenvåningen hade blivit genombränd men branden hade inte fått fäste på insidan innan den släcktes av brandförsvaret. Vidare hade fönsterrutan i ytterdörren till hyresfastigheten spruckit på grund av värmen. Likaså hade ett flertal treglasfönster i fastigheten spruckit av värmen. Senare visade det sig att en lägenhetsinnehavare hade ett fönster öppet mot branden, så hela lägenheten blev rökfylld. Personen väcktes av sin brandvarnare och kunde därmed sätta sig i säkerhet. Räddningstjänsten satte in rökdykare som släckte branden samt begränsade skadan till sopförrådet samt ett cykelförråd. En mindre rök- och brandspridning hade skett till tre garage som var sammanbyggda med det brandskadade förrådet. Detta hade skett genom ventiler i väggen.

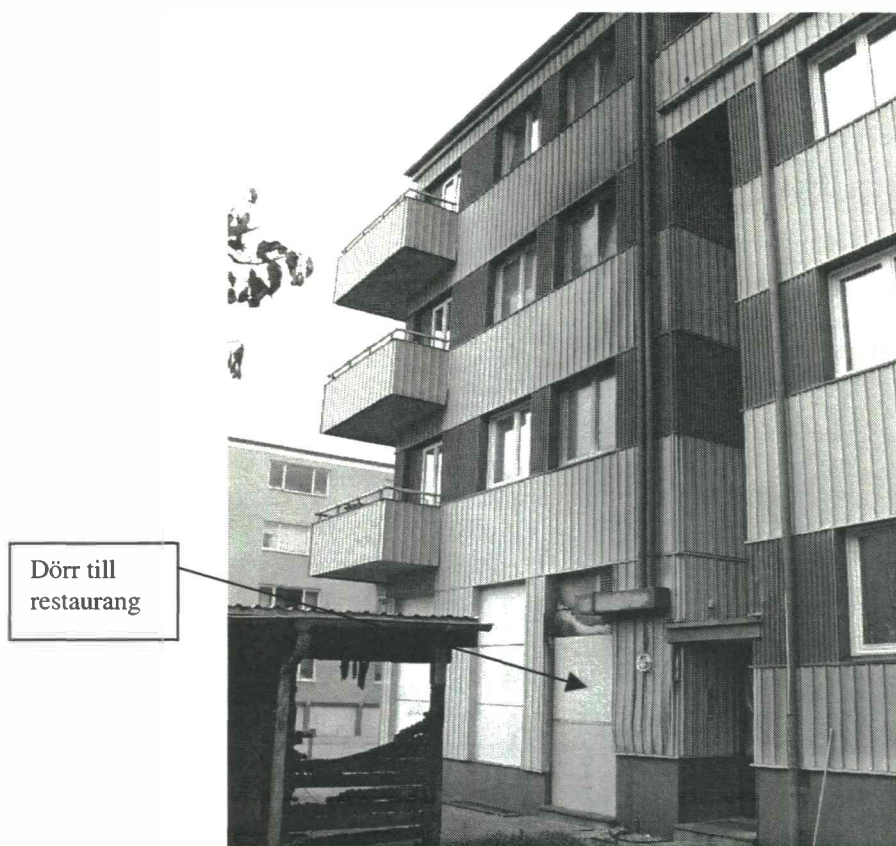
Sopförrådet innehöll ett antal sopbehållare av plast. En var avsatt till papper och det är troligen där som brandstarten har varit, detta enligt uppgift som polispatrullen på plats fått fram. Trolig brandorsak är att papper antänts i en av pappersbehållarna och därefter spridit sig till övriga delar i soprummet. Taket var belagt med brädor som var beklätt med tjärpapp samt plåt ytterst.

Branden spred sig från soprummet till hyreshusets vägg med viss brandgas-spridning in i en lägenhet där fönstret stod öppet. Inga människor skadades vid branden.

Det som vanligtvis finns i soprummet kan gott och väl orsaka en övertändning vid brand. Fasaden antändes inte spontant p g a strålningen från branden utan av en sticklåga.



*Skiss över sopförråd och flerbostadshus.*



*Bild 3. Söförråd med flerbostadshus*

Resultatet av dessa beräkningar anger att direkt flamkontakt medförde spridning till flerbostadshuset och ej strålningsvärme. Moderna källsorterade sopförråd utförs idag med luftiga öppningar och ett antal sopkärl av plast där vissa av dem innehåller rent papper som är mer lättantändligt än om dessa hade varit uppblandade med exempelvis köksavfall. Schablonreglerna enligt Plan- och bygglagen räcker inte till för att åstadkomma ett rimligt brandskydd. Exempel på andra kommuner, bland annat Jönköping, redovisar liknande problematik. Materialet har använts som diskussionsunderlag med Stadsarkitektkontoret för att lösa frågan lokalt vid nyuppförande av sopförråd.

## 4. Slutsatser

Med tidigare underlag redovisat såsom datainsamling, beräkningsmodellers användbarhet och begränsningar samt ett mindre antal tillämpade fall kan följande slutsatser dras från arbetet:

- Modellerna för att beräkna olika fenomen i ett brandförlopp behöver förfinas och vidareutvecklas. Bland annat modellernas känslighet samt ett certifieringssystem för användare bör utvärderas.
- Utdata från beräkningarna har visat sig vara relativt lättillgängliga för lekmän vid presentation. Användaren har dock ett stort ansvar för tolkningen med denna målgrupp. I samband med utredningar om misstanke för brott kan materialet till exempel användas vid rättsförhandlingar.
- Beräkningarna, inklusive datainsamling, har visat sig vara tidskrävande. Dock har resultaten visats sig i flera fall vara värdefulla både för den skadeförebyggande och den skadeavhjälpande sidan av räddningstjänstens verksamhet.
- Inom ramarna för detta projekt har ett mindre antal beräkningar gjorts. för att kunna dra säkra generella slutsatser och pröva fler slutsatser från undersökningen /3/ behöver ett större antal beräkningar utföras på olika typer av objekt.



# Litteraturförteckning

- /1/ "Kirks fire investigations" (4<sup>th</sup> edition), John D: Dehaan, Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1997.
- /2/ "NFPA 921 Guide for fire and explosion investigations 1998 edition.
- /3/ "Beräkningsmodeller i brandförloppsutredningar-en förstudie, institutionen för brandteknik, Jennie Werner, Lunds tekniska högskola, December 1998 (ISSN 1102-8245).
- /4/ "Manual för brandundersökningar", Statens kriminaltekniska laboratorium rapport 1997:2
- /5/ "External fire spread to adjoining buildings-A review of fire safety design guidance and related research, Avdelningen för brandteknik, Emil Carlsson, Lunds tekniska högskola, 199 (ISSN: 1402-3504).
- /6/ "Enclosure Fire Dynamics", B. Karlsson, Dept. of Fire Safety Engineering, Lund and J G. Quintiere, Dept. of Fire Protection Engineering, Maryland, August 1997
- /7/ "The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering" 2<sup>nd</sup> edition, National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, USA and Society of Fire Protection Engineers, Boston, Massachusetts, USA, 1995



# Bilaga



## Lunds Brandförsvar Skyddsavdelningen

Datum:		Utredare:	
Händelse:			
Objekt/adress:			

### Vittnen:

Namn:		Adress:	
Telefon (dagtid):	-	Telefon (kväll):	-
Ev. anknytning till objektet:			

Namn:		Adress:	
Telefon (dagtid):	-	Telefon (kväll):	-
Ev. anknytning till objektet:			

Namn:		Adress:	
Telefon (dagtid):	-	Telefon (kväll):	-
Ev. anknytning till objektet:			

Namn:		Adress:	
Telefon (dagtid):	-	Telefon (kväll):	-
Ev. anknytning till objektet:			

### Skadade:

Antal skadade:	
Antal döda:	

## OBJEKTBEKRIVNING

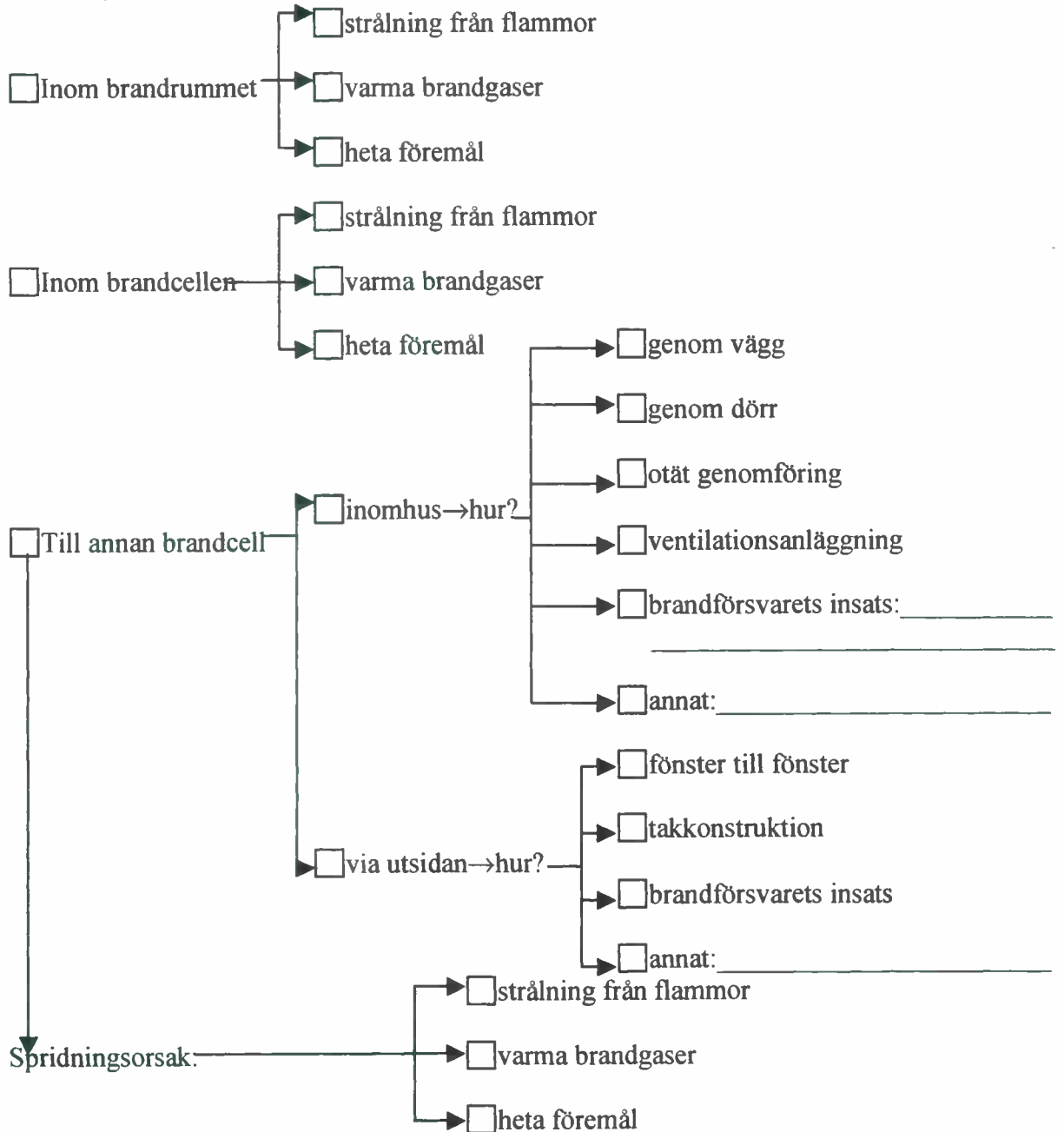
**Byggnaden:**

Verksamhet:		Antal våningar:	
Konstruktion:			
		Klassificering:	
Intelligande verksamhet (angränsande?):			
<b>BRANDRUMMET</b> (material, klass, extra lager (tapeter o.dyl.), typ av matta etc, brandcellsgräns?)			
Väggar:			
Golv:			
Tak:			

# BRANDFÖRLOPP

[illegible]

### Brandspridning:



KOMMENTARER:

**Brandgasspridning från brandrummet:**

☐ inom brandcell

☐ till annan brandcell  
☐ till flera brandceller

☐ inomhus → hur?

☐ hål i klassificerad vägg  
☐ genom dörr

☐ öppen  
☐ otät

☐ otät genomföring  
☐ ventilationsanläggning  
☐ brandförsvarets insats: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
☐ annat: \_\_\_\_\_

☐ via utsidan → hur?

☐ fönster till fönster  
☐ brandförsvarets insats  
☐ annat: \_\_\_\_\_

KOMMENTARER:

**BRANDRUMMET**

- Gör en skiss över brandrummet på häftets baksida. Ange mått på längd, bredd, höjd.
- Namnge öppningar med bokstäver (A, B...). Ange mått, även brösthöjd för fönster.
- Markera startföremålets läge (om aktuellt: ange även höjd över golv).
- För in intressanta föremål.
- Numrera dessa och beskriv dem kort.
- Ange mått mellan föremålen.
- Ange t.ex. intressanta brandmönster, skador på inventarier, lukter, något avvikande....
- Om aktuellt, skissera lokala ytor och ange förkolningsdjupet för olika punkter.

**Öppningar:**

Ange öppen/stängd för rummets öppningar (A, B, C...) under branden.

- ☐ Fönster har spruckit/gått sönder → Skissa sprickbild/skrårvor på häftets baksida.
- Ange ev. sotbeläggning.
- Ange bokstav för aktuellt fönster.

## BEFINTLIGA AKTIVA SYSTEM:

☐ Sprinkler ☐ aktiverades Markera vilka på skiss → Bedömning skada/nytta: \_\_\_\_\_  
☐ aktiverades ej

☐ Automatiskt brandlarm ☐ aktiverades  
☐ aktiverades ej

☐ Släckutrustning ☐ användes ej → Varför? ☐ ingen kunde hantera denna  
☐ Annat: \_\_\_\_\_  
☐ användes → Vilken typ? \_\_\_\_\_  
☐ fungerade ☐ släckte helt  
☐ begränsade branden  
☐ ingen inverkan  
☐ fungerade ej → Varför? \_\_\_\_\_

☐ Brandvarnare → Vilken typ? \_\_\_\_\_ ☐ fungerade  
☐ fungerade ej

☐ Brandgasluckor ☐ automatiska ☐ aktiverades → fungerade ☐ helt  
☐ delvis  
☐ inte  
☐ manuella ☐ aktiverades ej

☐ Brandgasfläktar ☐ automatiska ☐ aktiverades → fungerade ☐ helt  
☐ delvis  
☐ inte  
☐ manuella ☐ aktiverades ej

☐ Brandgasspjäll ☐ automatiska ☐ aktiverades → fungerade ☐ helt  
☐ delvis  
☐ inte  
☐ manuella ☐ aktiverades ej

UTRYMNINGSVÄGAR

Befintlig skyltning:

☐ utrymningsplan

☐ vägledande markering

☐ genomlysta

☐ belysta

☐ efterlysande

☐ ingen belysning

☐ fungerade

☐ fungerade ej → orsak?

☐ sabotage

☐ annat: \_\_\_\_\_

☐ nödbelysning

☐ fungerade

☐ fungerade ej

Dörrar i utrymningsväg:

åtkomlighet?

☐ bra

☐ bristfällig → orsak?

☐ låst

☐ blockerad

☐ annat: \_\_\_\_\_

öppningsanordning:

☐ vanligt handtag

☐ panikregel

☐ elektrisk tryckknapp

☐ annan: \_\_\_\_\_

☐ utrymning skedde

Antal personer: \_\_\_\_\_

personkategorier (antal)

anställda	kunder/gäster	patienter	elever	boende

☐ utrymningslarm fanns ej

☐ utrymningslarm fanns

☐ användes → typ?

☐ automatiskt

☐ manuellt

☐ ljudsignal

☐ ljussignal

☐ talat meddelande

☐ annan: \_\_\_\_\_

☐ användes ej → varför?

☐ fungerade ej

☐ brist i organisation

☐ annat: \_\_\_\_\_



Utrymning påbörjades p.g.a.:

- ☐ automatiskt utrymningslarm
- ☐ manuellt utrymningslarm
- ☐ personal/person informerade
  - ☐ enl. rutin
  - ☐ ej förberett
- ☐ annat: \_\_\_\_\_

**Användandet av befintliga utrymningsvägar:**

KOMMENTARER:

**Allmänhetens åtgärder vid upptäckt av brand:**

☐ larmade brandförsvaret

- ☐ 112
- ☐ 90000
- ☐ Annat: \_\_\_\_\_

☐ varnade andra

☐ släckinsats påbörjades

☐ begränsade branden → hur?

- ☐ stängde dörrar
- ☐ annat: \_\_\_\_\_

☐ livräddningsinsats

☐ annat: \_\_\_\_\_

KOMMENTARER:





Räddningsverkets bibliotek  
Karlstad



26152003949

Räddningsverket, 651 80 Karlstad  
Telefon 054-13 50 00, telefax 054-13 50 01

Beställningsnummer P21-386/01. Telefax 054-13 56 05.  
ISBN 91-7253-130-4



RÄDDNINGS  
VERKET

17738

Ps \*b

Brandförlopps -  
utredningar -