

Haukur Ingason

Samverkan mellan sprinkler och brandventilation

Fullskaleförsök

BRANDFORSK projekt 608-971

Abstract

The report describes experiments carried out in order to investigate the interaction of a fire plume and a sprinkler spray. The effects of gravity ventilation on the interaction of a sprinklerspray and a hot ceiling layer is also presented. The interaction of a wood crib fire source and a corresponding sprinklerspray is given.

The project was carried out in order to collect data for validation of CFD models which predict the interaction of sprinkler spray and hot ceiling layer in a ventilated environment.

Key words: sprinkler spray, hot ceiling layer, fire vents

**Sveriges Provnings- och
Forskningsinstitut**
SP Rapport 2001:18
ISBN 91-7848-862-1
ISSN 0284-5172
Borås 2001

**Swedish National Testing and
Research Institute**
SP Report 2001:18

Postal address:
Box 857, S-501 15 BORÅS,
Sweden
Telephone + 46 33 16 50 00
Telex 36252 Testing S
Telefax + 46 33 13 55 02

Innehållsförteckning

	Abstract	2
	Innehållsförteckning	3
	Förord	4
	Sammanfattning	5
1	Inledning	6
2	Genomförande av försök	7
2.1	Valideringsförsök med sprinkler och vattenuppsamling	7
2.1.1	Mätinstrument	8
2.2	Praktiska försök	11
3	Resultat	13
3.1	Valideringsförsök	13
3.2	Praktiska försök	16
4	Slutsatser	18

Förord

Problematiken kring samtidig användning av sprinkler och brandventilation beskrivs i två rapporter, SP Rapport 2001:17 som är en kunskapssammanställning kring problematiken och denna rapport. Denna rapport beskriver ett antal fullskaliga brandförsök som genomfördes för att validera olika modeller som kan beskriva interaktionen mellan en sprinklerspray och ett varmt rökgaslager.

Sammanfattning

Syftet med försöken är, förutom att samla data för validering av CFD program, att utvärdera sprinklersprayens inverkan på brandventilations effektivitet och hur sprinklersprayen påverkar brandplymen. Försöken genomfördes i ett rum med dimensionerna 10 m x 16 m och 5 m takhöjd (11 x 11 x 2.5 m enligt ansökan). En taköppning på 1 m² respektive 2 m² användes som brandventilation.

Det finns modeller som kan simulera interaktionen mellan sprinklerdroppar och rökgasen. De kan ge detaljerad information om hur vattendropparna kyls och sprider sig i rummet. Dessa modeller behöver valideras men det finns begränsad med försök som kan användas för validering.

För att möta behovet av fler väl definierade experiment genomförde SP på uppdrag av BRANDFORSK en serie fullskaliga försök och som presenteras i denna rapport. Den första försöksdelen, som får betraktas som en mer akademiskt del, bestod av försök med ett sprinklerhuvud i taket och baljor på golvet som användes för att samla upp det vatten som passerade genom ett varmt rökgaslager uppe vid taket. Brandkällans placering i förhållande till sprinklern och sprinklerns vattenflöde varierades. Den andra delen, som får betraktas som mer praktiskt inriktad, bestod av försök med träribbstablar i ett rum med ett sprinklerhuvud i taket som placerades på olika avstånd från branden. Olika öppningsförfarande för brandventilator i taket användes. För att simulera aktiveringstider hos brandventilatorn så användes en simulerad länk (smältsäkring) i form av en mässing vals.

De ”praktiska” försöken visar att när första sprinklern aktiveras så kyls brandgaserna i närområdet av sprinklersprayen och temperaturen i smältsäkringen i de brandventilatorer som ligger närmast branden kommer att sjunka. Förutom att smältsäkringen har lägre temperatur jämfört med sprinklern (brandventilatorn ligger kanske längre bort från branden och smältsäkringen har högre RTI värde) när sprinklern aktiveras så kommer brandgaserna att kylas och vattendroppar och vattenånga kommer att belägga och kyla smältsäkringen. Därmed finns det en stor risk att smältsäkringen inte utlöser. Det enda som kan öka temperaturen i smältsäkringen i så fall är att brandens tillväxt ökar igen. Under dessa förhållanden är det en fördel att brandventilatorerna öppnar automatiskt. Om sprinklerna kan kontrollera branden så blir möjligheterna för brandventilationen att automatiskt aktiveras med smältsäkring beroende av brandens intensitet. Kvarstår möjligheten att kunna göra en manuell öppning av räddningstjänsten.

Resultaten visar att ökad ventilation påverkade brandens intensitet vilket kan försämra sprinklerns möjlighet att kontrollera branden. Försöken visade dock att skillnaden blev marginell. Försöken visade att sikten förbättrades i rummet jämfört med icke ventilerad brand. Försöken visar också att när sprinklern startar så kyls smältsäkringen uppe i brandluckan så pass kraftigt att den inte kommer att utlösa.

1 Inledning

BRANDFORSK har under flera år satsat på detta forskningsområde men de praktiskt användbara resultaten eller rekommendationerna har varit få. Det finns inga entydiga svar och för att kunna lösa problemet krävs mycket omfattande och dyra fullskaletester. För att kunna genomföra sådant projekt krävs en samlad internationell insats. Det har inte varit möjligt hittills och därför finns bara ett alternativ dvs genom beräkning. Ett stort problem är dock att det finns begränsad antal väl definierade experiment som kan användas för att verifiera de teoretiska modeller som tas fram.

I dag finns beräkningsprogram baserade på zon-modeller som kan användas för att beräkna fördelningen av sprinklerspray i rum under vissa förenklade antaganden. Modellen kan användas för att undersöka hur sprinklersprayen kyler brandgasen och hur vattendropparna som når fasta ytor fördelas. Vidare finns modeller som kan räkna rökghöjd, gastemperatur och utlösning av sprinkler för olika geometrier, brandstorlekar och brandventilatorer. Inverkan av rökskärmar kan också inkluderas. Dock kan man inte räkna på interaktion mellan sprinkler och brandventilatorer eller sprinklerspray och en brandplym.

När det gäller de mer avancerade CFD (Computational Fluid Dynamics) programmen så kan man i dag beräkna rökspridning i komplexa lokaler och delar av interaktionsproblemet mellan sprinkler och brandventilation. Modeller finns som simulerar interaktionen mellan sprinklerdroppar och rökgasen och som kan ge detaljerad information om hur vattendropparna kyls och sprider sig i rummet. Dessa modeller fungerar bäst långt borta från branden. Beräkningarna kräver än så länge långa körtider men allteftersom datorerna blir mer effektiva kommer denna körtid att förkortas.

Det finns mycket data från försök genomförda 1992 vid SP (SP Report 1992:11) och som har använts flitigt av modellutvecklare för validering. De försöken hade dock vissa begränsningar. En begränsning var att det inte fanns något varmt rökgaslager i försöksrummet. Av den anledningen genomfördes nu försök med möjlighet att bygga upp ett varmt rökgaslager. För att kunna göra en validering krävdes också en omfattande instrumentering.

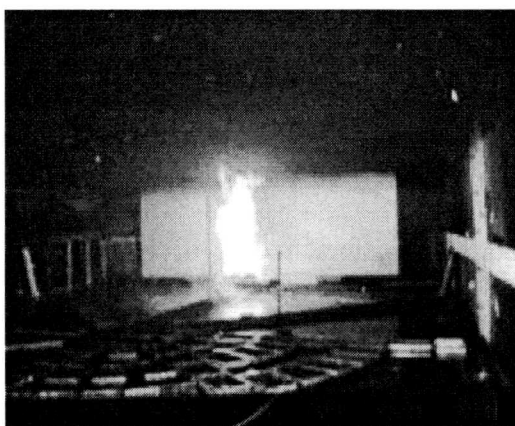
För att även kunna möta behovet av bättre kunskap om interaktionen mellan sprinkler och brandventilation genomfördes några försök med träribbstablar och automatisk sprinkler och brandventilation. Därmed finns en möjlighet att undersöka interaktionen mellan dessa två system. Nedan ges en sammanställning av de försök som redan har genomförts. Försöksserien delades upp i två olika delar som vi kallar här för "Valideringsförsök" och "Praktiska försök".

2 Genomförande av försök

Försöken genomfördes i en rum som hade måtten 10 m x 16 m x 5 m. Väggar och tak var gjorda av Promatect skivor. I ena ändan av huset fanns en tilluftsöppning som mätte 3 x 1.4 m hög. I taket fanns en simulerad brandventilator med måtten 1 m x 1 m. Den var placerad excentriskt i rummet, se Figur 1 och Figur 2.

2.1 Valideringsförsök med sprinkler och vattenuppsamling

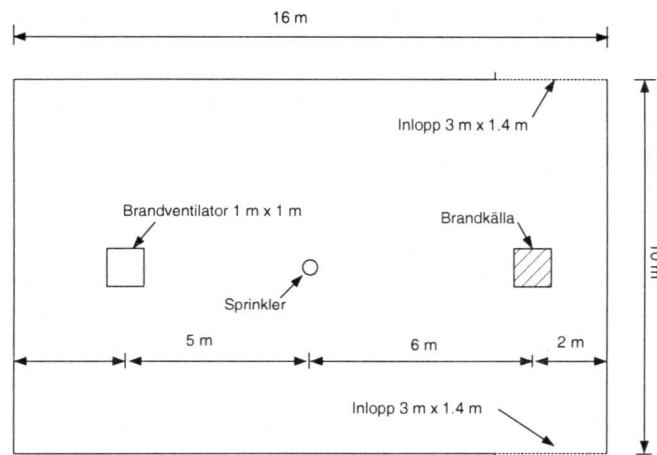
I denna försöksserie genomfördes 17 försök med en sprinkler som var monterad i tak och i centrum av försöksrummet. En öppning i tak på 1 m² placerades 3 m nedströms sprinklern. Sprinklerna som användes var av typ Wormald A, SSP 15 mm och GW SSP, 15 mm. En brandkälla placerades på olika avstånd uppströms sprinklern; 3 m och 6 m samt direkt under sprinklern. I Figur 1 visas en bild från försöksuppställningen och i Figur 2 visas en planbild från försöksuppställningen. Flesta försöken genomfördes med tackluckan öppen från start och där sprinklern startade efter 10 minuter. Sedan kördes försöket i ytterligare 10 minuter med sprinklern på. Därmed uppnåddes stationära förhållanden vilket är viktigt för validering av delmodellerna. Två olika bränslen användes: propan (gas) och hexan (vätska). Brandeffekten varierades mellan 0.6 MW och 1.1 MW.



Figur 1 Valideringsförsök med olika sprinkler i tak och brandkällan placerad 6 m uppströms branden.

Kunskapen kring sprinklersprayens och brandplymens interaktion är fortfarande liten. Därför genomfördes ett antal försök där avståndet från brandkällan i förhållande till sprinklersprayen varierades. Fördelningen av sprinklervattnet på golvnivå uppmättes efter försöket genom att placera små baljor på golvet. Detta är viktig information för validering av de modeller som beräknar hur mycket vatten som förångas i det varma rökgaslagret. I flesta försöken så bildades ett rökgasskikt på 2.3 m innan sprinklern startade (10 minuter från tändning). De vattenflöden som användes var 60, 90, 120 och 150 l/min dock flesta med 90 l/min. För 60 och 90 l/min så påverkade inte sprinklersprayen rökgasskiktet nämnvärt. Däremot för 120 och 150 l/min påverkades rökgasskiktet. Vid 150 l/min så slog röken ända ner till golv. Det gör att sikten i lokalen försämras avsevärt. Detta fenomen kallas på engelska för "smoke logging". Rökgaslagret

kyls av kraftigt på grund av vattensprayen som passerar genom det varma rökgaslagret. Som exempel så sänktes genomsnittstemperaturen i takluckan från 160 °C till 100 °C vid ett flöde på 90 l/min.



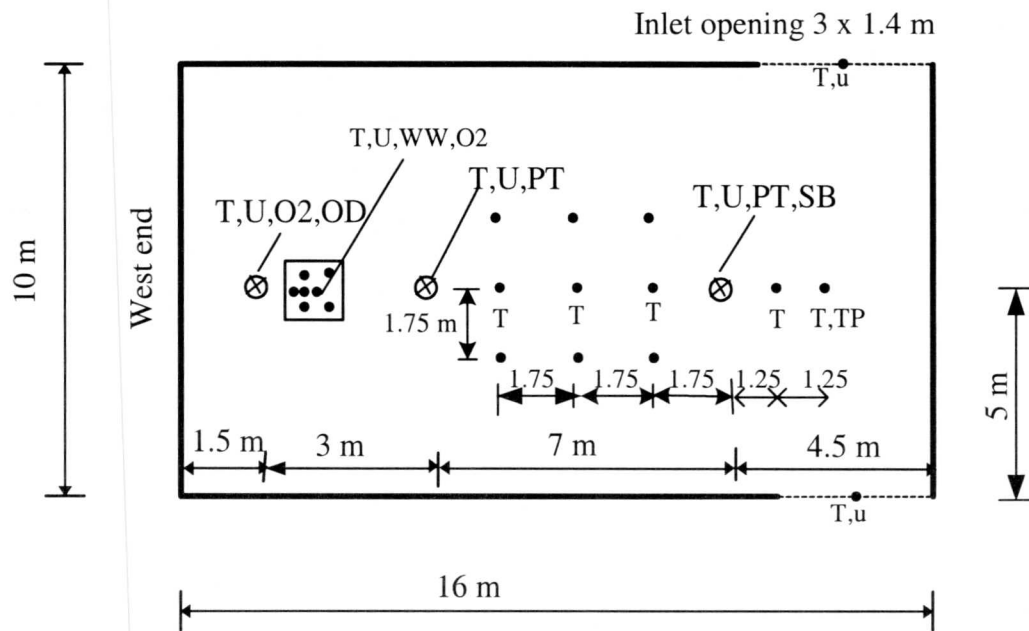
Figur 2 Planbild över försöksuppställning.

2.1.1 Mätinstrument

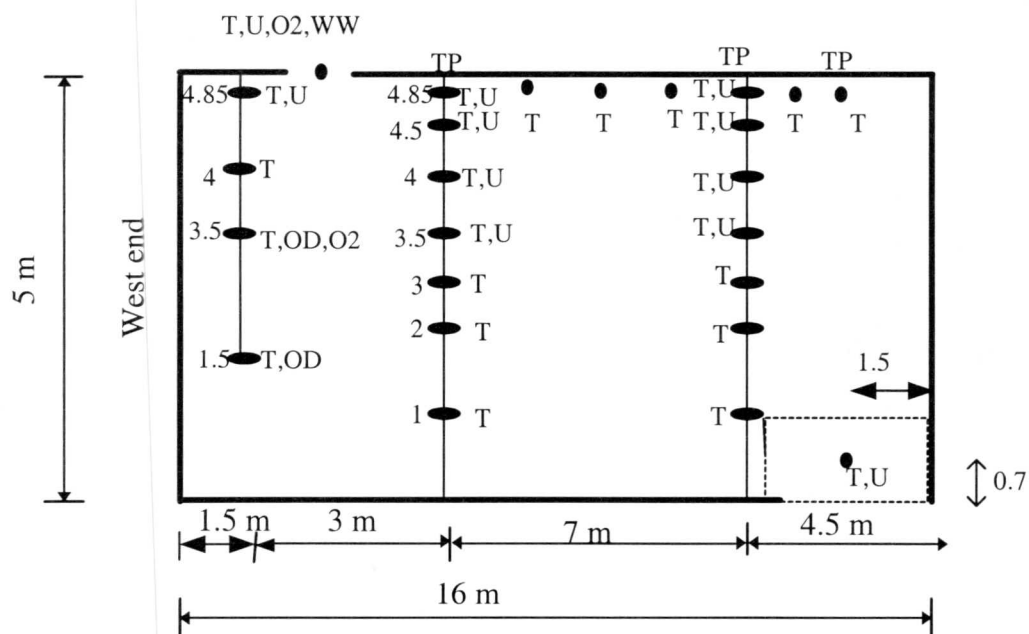
I varje försök så uppmättes brandgastemperaturen, syrekoncentrationen, flöde, tryck och bränsleförbrukning. Dessa uppmätta data kan sedan användas för att jämföras med beräknade resultat. Det ingick inte i projektet att göra sådana beräkningar. I Figur 3 visas placeringen av de olika instrumenten i en planbild. Bokstäverna i Figur 3 och Figur 4 betyder följande:

- T: 0.25 mm typ K svetsat termoelement
- PT: platttermoelement
- U: bi-directional probe för mätning av hastighet
- O2: syrgasmätare
- OD: siktlängdsmätare
- SB: strålningsmätare
- WW: fuktmätare

Brandkällan placerades ovanpå en våg. Massförlusten uppmättes kontinuerligt under hela försöket. Vattenflöde och tryck vid sprinklern uppmättes också. Den mängd vatten som samlades upp i varje kärl på golvet vägdes efter varje försök. På så sätt kan man få en bra bild över hur vattnet fördelades på golvet efter att det hade passerat det varma rökgaslagret.



Figur 3 Placering av instrument i plan.



Figur 4 Placering av mätinstrument i höjdded längs centrumlinjen av lokalen.

I Tabell 1 ges en översikt över genomförda försök. De parametrar som varierades var typ av bränsle, sprinklerflöde, typ av sprinkler, brandeffekt och placering av brand i förhållande till sprinkler.

Tabell 1 Översikt över genomförda försök.

Försök	Typ av bränsle	Brandstorlek	Brand-effekt (kW)	Typ av sprinkler	Sprinkler flöde	Placering av brand
F1	Hexan	0.75 x 0.75 m	985	Wormald	60	2 m från gavel
F2	Hexan	0.75 x 0.75 m	~1000	GW	90	2 m från gavel
F3	Heptan	1 x 1 m	~2500	GW	90	2 m från gavel
F4	Gasol	1 x 1 m	~1100	GW	90	2 m från gavel
F5	Gasol	1 x 1 m	~1100	Wormald	90	2 m från gavel
F6	Gasol	1 x 1 m	~700	Wormald	90	2 m från gavel
F7	Gasol	1 x 1 m	~600	Wormald	90	2 m från gavel
F8	Gasol	1 x 1 m	~780	Wormald	90	6 m från gavel
F9	Gasol	1 x 1 m	~1050	Wormald	90	6 m från gavel
F10	Gasol	1 x 1 m	~780	Wormald	90	8 m från gavel (centrum)
F11	Gasol	1 x 1 m	~1050	Wormald	90	8 m från gavel (centrum)
F12	Hexan	0.75 x 0.75 m	1213	Wormald	90	2 m från gavel
F13	Hexan	0.75 x 0.75 m	1379	Wormald	60	2 m från gavel
F14	Hexan	0.75 x 0.75 m	1249	Wormald	120	2 m från gavel
F15	Hexan	0.75 x 0.75 m	1300	Wormald	150	2 m från gavel
F16	Hexan	0.75 x 0.75 m	512	Wormald	90	8 m från gavel (centrum)
F17	Hexan	0.75 x 0.75 m	-	Wormald	150	8 m från gavel (centrum)
F27	Gasol	1 x 1 m	~1050	Wormald	150	8 m från gavel (centrum)

~ betyder att värdena är uppskattade

Vid beräkning av brandstorleken så användes följande effektiva förbränningsvärden:

Heptan: 41.2 MJ/kg

Hexan: 39.4 MJ/kg

Gasol: 43.7 MJ/kg

2.2 Praktiska försök

I den andra försöksserien användes en träribbstabel som var placerad mitt under sprinklern i rummets centrum (se bild nedan). Totalt 10 försök genomfördes. Sprinklern aktiverades när en simulerad länk uppnådde 140 grader. Länken hade ett RTI värde motsvarande $100 \text{ m}^{1/2} \text{ s}^{1/2}$. Samma typ av simulerad länk användes vid takluckan. Länken bestod av en mässingcylinder med ett inborrad termoelement. Därmed kunde länkens temperaturökningen följas och när en förutbestämd temperatur uppnåddes aktiverades sprinklern manuellt.



Figur 5 Bild från försök med träribbstapel.

Takluckan öppnades antingen samtidigt som sprinklern, före sprinklern eller efter att sprinklern aktiverades. För jämförelse så genomfördes försök utan taklucka. Träribbstabeln antändes med två små kärl med heptan. Träribbstapelns bestod av ett 13A bål som är ett standardbål för provning av handbrandsläckare. Den mätte 1.3 m lång, 0.56 m hög och 0.5 m brede. Brandkällan stod på en våg. Brandförloppet var relativt lugnt och stabilt. Träribbstabeln vägdes hela tiden för att kunna mäta brandeffekten. Därmed kunde också inverkan av ventilationsgraden på förbränningshastigheten uppmätas. Det som var viktigt i dessa försök var att ta reda på om ventilationen försvårade för sprinklern att kontrollera branden. En sprinkler av typ Wormald spray sprinkler användes med flöde på 150 l/min. Den var placerad i centrum av rummet och brandkällan fanns placerad rakt under sprinklern.

Tabell 2 Översikt över försök med träribbstabel

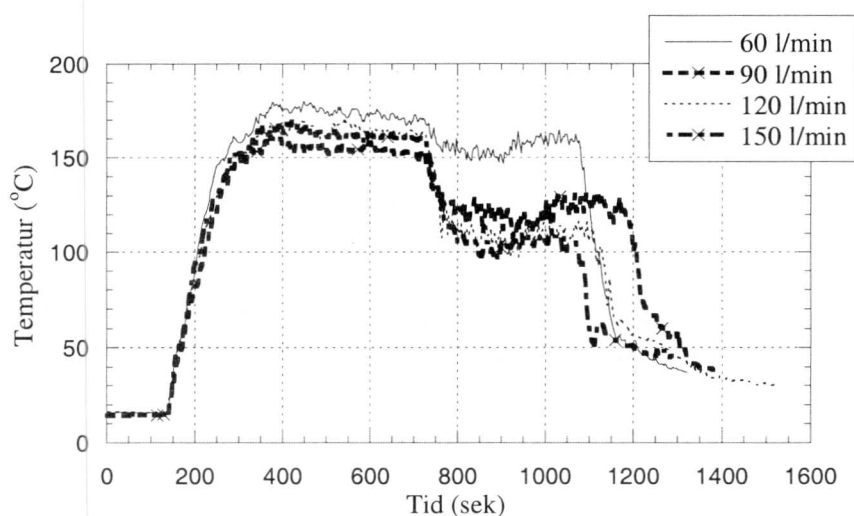
Försök	Brandlucka	Sprinkler startar Min:sek	Placering av brand
F18	Öppen från början	Ingen sprinkler	Brandkälla och sprinkler i centrum av rum
F20	Lucka stängd	Sprinkler aktiveras 2:58	”
F21	Luckan halvöppnas 6:00 Öppnas helt 6:50	3:06	”
F22	Lucka öppnar 4:14	4:14	”
F23	Lucka öppnar 8:00	3:48	”
F24	Lucka öppnar 0:00	3:22	”
F25	Lucka stängd	3:36	”
F26	Lucka öppnar 7:22	3:16	Brandkälla och sprinkler flyttad 1.5 m från branventilator
F28	Lucka öppnar 0:00	4:03	I centrum av rum, dubblerade ventilationsarean
F29	Lucka öppnar 3:31	3:31	Dubblerad ventilationssarea (1 ->2 m ²)

3 Resultat

Nedan ges en sammanställning av resultaten från de försök som genomfördes.

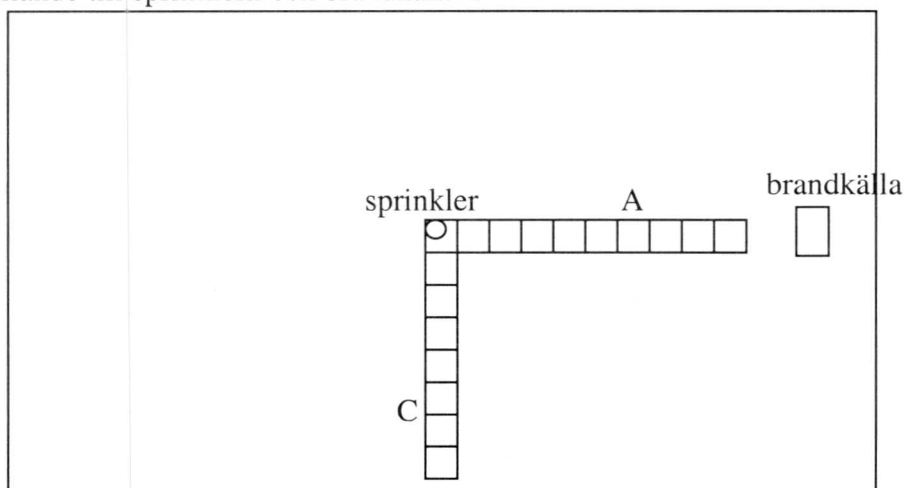
3.1 Valideringsförsök

En viktig parameter för validering av olika program är temperatursänkningen i det varma rökgaslagret när sprinklerna startar. Beroende på flödet så kommer temperaturen att sjunka ner till olika nivåer. I Figur 6 kan man se hur temperaturen sjunker i rökgaslagret beroende på sprinklerflödet. För 60 l/min är ändringen marginell medan för 90 och över är den 25 % eller mer.

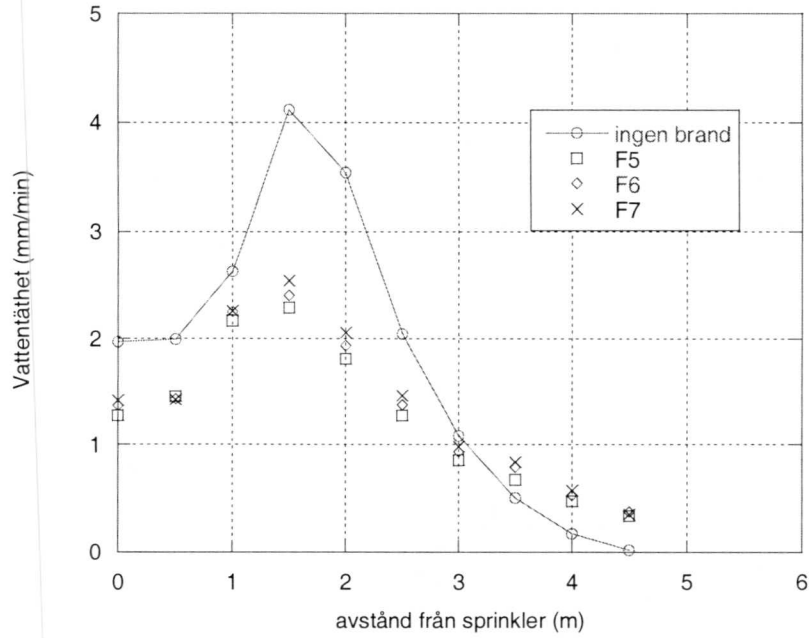


Figur 6 Temperatursänkningen i brandluckan när sprinklern startar vid 720 s. Olika flöde med samma sprinkler, Wormald SSP.

Försök där man samlar upp vattnet i baljor visar hur spridningen av vattendropparna kommer att se ut. I figur 7 nedan visas hur baljorna ligger i förhållande till sprinklern och brandkällan.

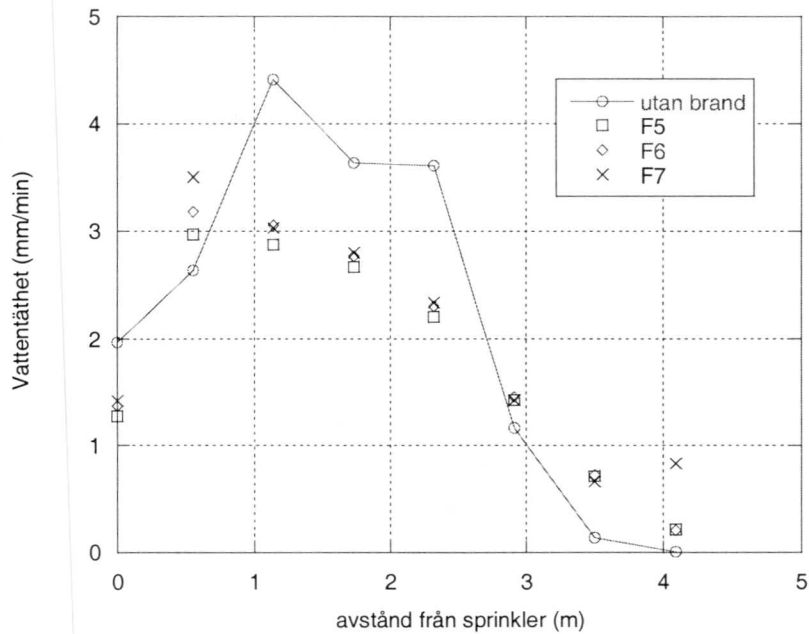


Figur 7 Placering av baljor tillhörande rad A och C. Baljorna i rad A var 50 x 50 cm och i rad C 60 x 40 cm.



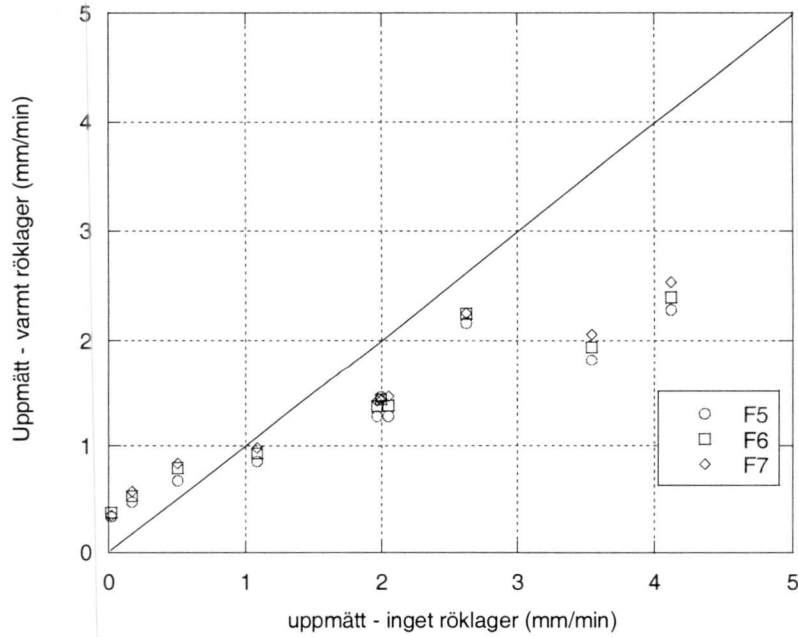
Figur 8

Den uppmätta vattentätheten vid golv i baljor tillhörande rad A som funktion av avståndet från sprinklern. Brandkällan ligger 6 m från sprinklern.



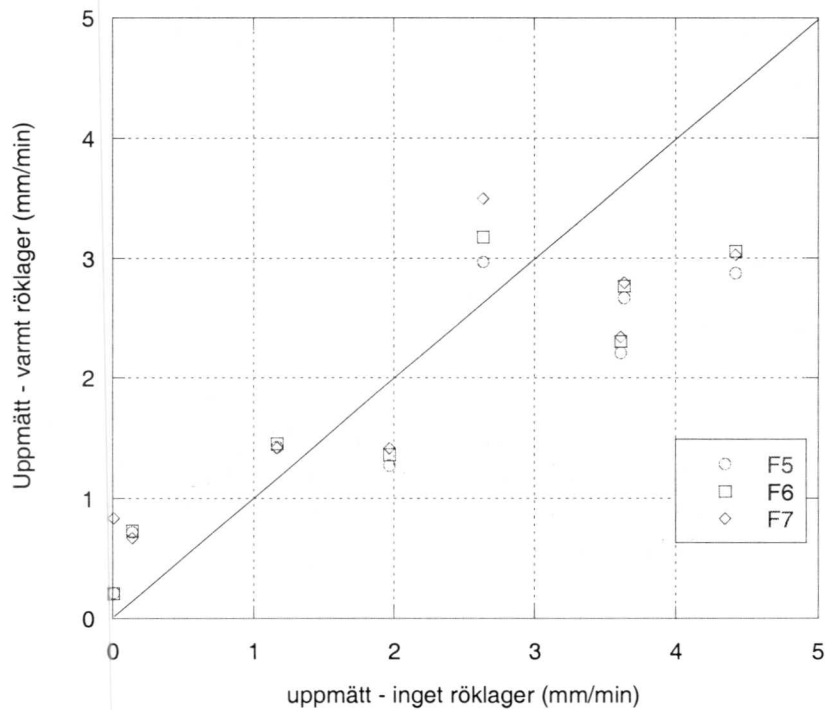
Figur 9

Den uppmätta vattentätheten i baljor vid golv tillhörande rad C som funktion av avståndet från sprinklern.



Figur 10

Uppmätta vattentätheten utan brand som funktion av uppmätta vattentätheten vid olika brandstorlekar för baljor tillhörande rad A.



Figur 11

Uppmätta vattentätheten utan brand som funktion av uppmätta vattentätheten vid olika brandstorlekar för baljor tillhörande rad C.

Figur 8 och 9 visar att det varma rökgaslagret påverkar avsevärt spridningsbilden på golvet. Det verkar som att rökgaslagret ”plattar till” fördelningen av dropparna samtidigt som en del av vattendropparna förångas bort. Som förväntat så visar försöken att det finns tendens till att mer vatten förångas ju större brand som används. Det kan vi se i figurer 8-11. Dessa diagram är viktiga för validering av beräkningsmodeller som används för att beräkna spridning av vattenspray från sprinklers.

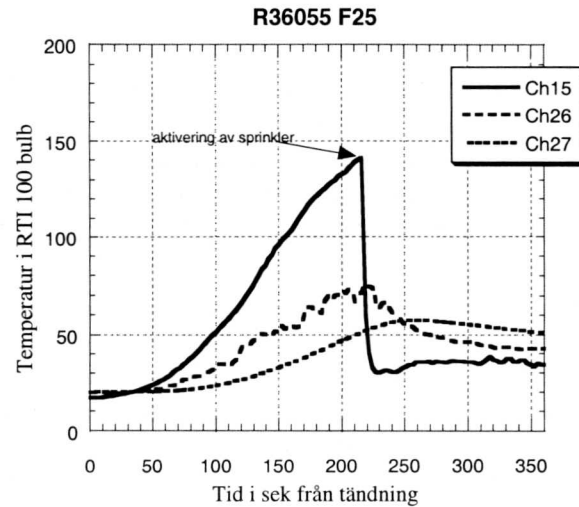
3.2 Praktiska försök

När första sprinklern aktiveras så kyls brandgaserna i närområdet av sprinklersprayen och temperaturen i smälblecket i de brandventilatorer som ligger närmast kommer att sjunka. Förutom att smälblecket har antagligen lägre temperatur jämfört med sprinklern (brandventilatorn ligger kanske längre bort från branden och smälblecket har högre RTI värde) när sprinklern aktiveras så kommer brandgaserna att kylas och vattendroppar och vattenånga kommer att belägga och kyla smälblecket och därmed hindra utlösning. Det enda som kan höja temperaturen i smälblecket är att branden börjar växa igen. Då har sprinklersystemet inte branden under kontroll men sprinklersprayen kommer att kyla brandgaserna ändå. Under dessa förhållanden kan det både vara en fördel och en nackdel att brandventilatorerna öppnar automatiskt. Om sprinklerna kan kontrollera branden så är möjligheterna för brandventilationen att automatiskt aktiveras relativt liten. Kvarstår möjligheten att kunna göra en manuell öppning av räddningstjänsten.

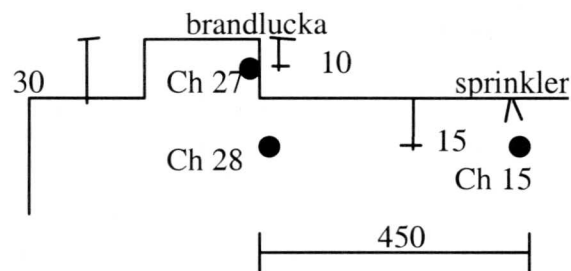
Preliminära resultat pekar mot att ökad ventilation försämrade sprinklernas möjlighet att kontrollera branden. Det är dock en marginell skillnad i sammanhanget. Däremot förbättrades skikten i rummet jämfört med icke ventilerad brand.

Försöken visar också att när sprinklern startar så kyls bulbena vid luckan kraftigt vilket föranleder att man kan tro att brandluckan inte kommer att öppnas. Om man jämför en bulb uppe i luckan med samma RTI som en sprinkler som ligger väldigt nära brandluckan så kommer sprinklern att aktivera tidigare och därmed försämra möjligheterna för luckan att öppna.

Om man jämför placeringen av en länk nedanför lucka och uppe i luckan så visar försöken att en länk vid tak är att föredra. Figuren nedan visar ett försök där brandluckan aldrig öppnades eftersom länktemperaturen uppnådde inte aktiveringstemperaturen. Den visar också vilken skillnad det blir beroende på placeringen av aktiveringlänkarna.



Figur 7 Figuren visar hur temperaturen i länken varierar.



Figur 8 Figuren visar hur länkarna sitter i taket och i brandventilatorn. Alla mått i mm.

Ch15 är sprinklerbulb ovan brand, ch26 är bulb vid brandlucka 15 cm under tak och ch27 är uppe i brandluckan. Placering av messing bulber för aktivering. Angivna mått i cm.

Analysen av resultaten är inte färdiga men det är i alla fall tydlig skillnad mellan bulb i taklucka jämfört med en bulb 15 cm under tak. Också att när sprinklern startar så kommer den att avsevärt påverka temperaturutvecklingen i bulbena i brandluckan. Det kan bli så illa att om branden kontrolleras av sprinklern så kan brandluckan förbli stängd. Detta överensstämmer med de resultat som uppnåddes i de Amerikanska försöken.

4 Slutsatser

Syftet med försöken är, förutom att samla data för validering av CFD program, att utvärdera sprinklersprayens inverkan på brandventilations effektivitet och hur sprinklersprayen påverkar brandplymen.

De ”praktiska” försöken visar att när första sprinklern aktiveras så kyls brandgaserna i närområdet av sprinklersprayen och temperaturen i smältblecket i de brandventilatorer som ligger närmast branden kommer att sjunka. Förutom att smältblecket har lägre temperatur jämfört med sprinklern (brandventilatorn ligger kanske längre bort från branden och smältblecket har högre RTI värde) när sprinklern aktiveras så kommer brandgaserna att kylas och vattendroppar och vattenånga kommer att belägga och kyla smältblecket och därmed hindra utlösning. Det enda som kan höja temperaturen i smältblecket är att branden börjar växa igen. Under dessa förhållanden kan det både vara en fördel och en nackdel att brandventilatorerna öppnar automatiskt. Om sprinklerna kan kontrollera branden så blir möjligheterna för brandventilationen att automatiskt aktiveras beroende av brandens intensitet. Kvarstår möjligheten att kunna göra en manuell öppning av räddningstjänsten.

Resultaten visar att ökad ventilation påverkade brandens intensitet vilket kan försämra sprinklerns möjlighet att kontrollera branden. Det är dock en marginell skillnad i sammanhanget. Däremot förbättrades skikten i rummet jämfört med icke ventilerad brand. Försöken visar också att när sprinklern startar så kyls bulbena vid luckan kraftigt vilket föranleder att man kan tro att brandluckan inte kommer att öppnas. Om man jämför en bulb uppe i luckan med samma RTI som en sprinkler som ligger väldigt nära brandluckan så kommer sprinklern att aktivera tidigare och därmed försämra möjligheterna för luckan att öppna.

Om man jämför placeringen av en länk nedanför lucka och uppe i luckan så visar försöken att en länk vid tak är att föredra. Figuren nedan visar ett försök där brandluckan aldrig öppnades eftersom länktemperaturen uppnådde inte aktiveringstemperaturen. Den visar också vilken skillnad det blir beroende på placeringen av aktiveringlänkarna.