

Haukur Ingason
Magnus Arvidson

Samtidig användning av sprinkler och brandgasventilation

Kunskapssammanställning

Brandforsk projekt 608-971

Abstract

The interactive use of automatic sprinkler and fire vents has been debated for decades in Sweden, but there are still no practical solutions or recommendations available. In order to improve the knowledge about the effects of combining these systems SP Fire Technology has performed numerous tests and a literature survey. The Swedish Fire Research Board (BRANDFORSK) has taken the initiative to the project.

In Part I, this report, a literature survey is presented and in Part II experiments conducted at SP are presented.

Key words: Sprinkler, fire ventilation, literature survey.

Sökord: Sprinkler, brandgasventilation, litteraturstudie.

**Sveriges Provnings- och
Forskningsinstitut**
SP Rapport 2001:17
ISBN 91-7848-861-3
ISSN 0284-5172
Borås 2001

**Swedish National Testing and
Research Institute**
SP Report 2001:17

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	7
2	Beskrivning av debatten	8
3	Erfarenheter från verkliga bränder	11
3.1	Fall från Sverige	11
3.2	Fall från Storbritannien	11
4	Vad säger normerna om brandgasventilation i sprinklade byggnader	14
4.1	Svenska regler	14
4.2	Amerikanska regler	15
4.3	CEA regler	17
4.4	CEN regler	18
5	Vad visar forskningen?	20
5.1	Försök genomförda i USA	20
5.1.1	Fullskaleförsök	20
5.1.2	Modellscaleförsök	22
5.2	IITRI fullskaleförsök	25
5.3	Försöken i Ghent	27
5.3.1	FRS och Colt International	27
5.3.2	Eurolux	29
5.4	Försök organiserade av NFPRF i USA	29
5.5	Försök i Sverige	32
5.5.1	Försöken i Loddby	32
5.5.2	Försök vid SP Brandteknik	33
5.6	Modellering	34
5.7	Framtida försök	35
6	Diskussioner	36
6.1	Splittrad debatt	36
6.2	Inga dokumenterade verkliga fall med problem	36
6.3	Regelverken prioriterar manuell aktivering av brandgasventilation	37
6.4	Resultat och tolkningar av resultat från brandförsök är motstridiga	37
6.5	I praktiken behöver frågan hanteras på olika sätt, från fall till fall	38
6.6	Diskussionerna går vidare, nya försök planeras	39
7	Slutsatser	40
8	Referenser	41

Förord

Frågan kring samtidig användning av automatiska sprinkler och brandgasventilations-system har diskuterats i flera decennier, utan något konkret resultat. Detta projekt har genomförts på uppdrag av Styrelsen för svensk brandforskning (BRANDFORSK - projektnummer 608-971) för att bidra med ytterligare pusselbitar till det slutliga svaret om det går att använda båda systemen samtidigt. Rapporten presenteras i två olika delar, denna del som är en kunskapssammanställning, och en försöksdel som beskrivs i SP Rapport 2001:18.

Referensgruppen för projektet utgjordes av den fasta referensgruppen för "Sprinkler-varulagring". Följande personer ingick:

Leif Beisland, Folksam

Kaare Brandsjö, FRC Fire and Rescue Consultant

Lars Hellsten, Scania

Sven Jönsson, IKEA

Claes Malmqvist, Statens Räddningsverk

Conny Nabrink, Projektör AB

Ari Santavuori, Sampo Industriförsäkring AB

Per Sjölander, AssiDomän Försäkring AB

Torsten Södergren, if...skadeförsäkring

Magnus Arvidson, SP Brandteknik

Henry Persson, SP Brandteknik

Vi tackar referensgruppen för deras stöd och värdefulla synpunkter under projektets gång.

Sammanfattning

Det går inte att dra några generella slutsatser angående frågan om man ska tillåta automatisk brandgasventilation i sprinklade byggnader eller inte. Frågan måste diskuteras från fall till fall, utifrån förutsättningarna för systemens förmåga att hantera olika situationer. Mycket av det som har diskuterats och debatteras kring brandgasventilation i sprinklade byggnader kännetecknas dock av att vara mer ett akademiskt än ett praktiskt problem.

I sprinklade lokaler med enbart taksprinkler och där det finns risk för mycket snabb brandtillväxt, såsom lagerlokaler med hög brandbelastning och högt staplade produkter eller varor (>5 m), rekommenderas enbart manuellt öppningsbara brandventilatorer. Detta är särskilt viktigt om sprinkler som är dimensionerade för att dämpa branden, såsom ESFR sprinkler används. Vad gäller dessa sprinkler så tillåts i princip inte automatiska brandventilatorer.

En automatisk öppningsmekanism typ en smältsäkring kan användas i sprinklade industribyggnader eller verkstadslokaler, där det inte förekommer högt lagrat gods eller gods med hög riskklass. Det finns dock försök som visar att brandventilatorer med smältsäkring inte alltid öppnar, eftersom vattendroppar/kondenserad vattenånga träffar smältsäkringen. Därför måste det även finnas en möjlighet för räddningstjänsten att öppna brandventilatorerna manuellt från en lämplig plats. Det finns inget i det material som vi undersökt som motsäger användningen av gruppaktivering av brandventilatorer via signal från rökdetektorer eller flödesvakt för denna typ av byggnader. Det finns heller inga experimentella bevis för att en tidig öppning av brandventilatorer i lokaler med låg brandrisk äventyrar sprinklernas möjligheter att kontrollera eller släcka branden. Där- emot förbättras siktförhållandena.

I byggnader där man förutom egendomsskyddet även prioriterar en hög personsäkerhet, till exempel köpcentra, så bör man överväga att använda snabbare öppningsmekanismer typ rökdetektorer för att underlätta utrymning.

Det finns många verkliga bränder där brandgasventilationen underlättat vid räddningstjänstens insats vid sprinklade bränder. Däremot finns inga konkreta exempel i litteraturen på att sprinklerna har förlorat kontrollen på grund av att man ventilerat byggnaden. Detta kan dock vara dolt i rapporteringarna från dessa bränder, eftersom det finns rapporterade fall, speciellt från 60- och 70-talet, där sprinklersystemet hade eller var på väg att förlora kontrollen av branden när räddningstjänsten anlände. En mer trolig förklaring är dock att sprinklersystemen i sådana fall varit underdimensionerade, kanske för att verksamheten i byggnaden förändrats eller på grund av nya typer av gods, vilket ju är oavhängigt brandgasventilationen.

Man bör betona att de argument som har framförts mot användningen av brandgasventilation i sprinklade byggnader enbart bygger på erfarenheter från brandförsök, inte från verkliga händelser. Däremot finns det alltså praktiska erfarenheter som visar att brandgasventilationen har haft stor betydelse för siktförhållandena i röken och för räddningstjänstens möjligheter att snabbt angripa branden. Denna slutsats visas även i vissa brandförsök. Försök visar också att arean hos brandgasventilationen i sprinklade lokaler är av mindre betydelse än i lokaler utan sprinkler.

Med dagens ökade användning av mobila övertrycksfläktar så borde brandventilatorer i tak vara en fördel, eftersom frånluftsöppningarna är mycket viktiga för själva övertryckstekniken. Detta gäller speciellt sprinklade bränder eftersom den termiska kraften försämras på grund av kylningen av brandgaserna. Dessutom kan räddningstjänsten omgående starta fläktarna, utan att riskera omedelbar övertändning i lokalen. Därmed utnyttjar man fördelarna med de olika systemen på ett effektivt sätt.

1 Inledning

Samtidig användning av sprinkler och brandgasventilation har debatterats flitigt de senaste 15 - 20 åren, både i Sverige och internationellt. Det finns inga rekommendationer när det gäller hur stor ventilationsarea som ska tillåtas i sprinklade lokaler. Det finns flertal fall i Sverige där man har rekommenderat 0,5 % av golvytan för brandgasventilation i sprinklade byggnader. Det innebär att en industrilokal med golvyta på 1000 m² har motsvarande 5 m² brandventilationsarea. Eftersom detta värde inte är vetenskapligt förankrat föreslog man att Brandforsk skulle undersöka rimligheten i detta [1]. Det resulterade i ett forskningsprojekt som har bedrivits i Sverige (SP) och Storbritannien (Fire Research Station och South Bank Polytechnical University) ända sedan slutet av 80 talet [2, 3, 4, 5]. Samtidigt som forskningen har pågått har det varit en praxis i Sverige att begränsa brandgasventilationsarean till 0.5 % av golvarean i sprinklade byggnader [1]. Bakgrunden till valet av 0.5 % är sprinkler reglernas bestämmelse av verkningsytan. Där räknar man med största brand inom en yta på högst 300 m². För övrigt så har de anvisningar som finns i RUS 120:4 [6] angående aktiveringsstemperaturer och SBFs rekommendationer [7] för beräkning av ventilationsarea i industri och lagerlokaler tillämpats.

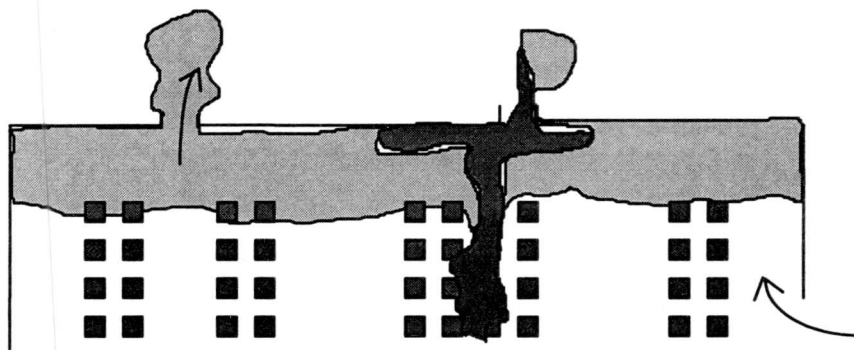
Brandsjö [8] beskriver redan 1965 problematiken kring kombinationen av sprinkler och brandventilation på ett mycket sakligt och utförligt sätt. Där beskrivs bland annat att brandgasventilation är ett komplement till sprinklersystemet och att om sprinklersystemet inte förmår att släcka branden så är brandgasventilationen ett utmärkt komplement för räddningstjänsten. Han påpekar också att brandluckor som öppnar efter sprinkleraktivering kan medverka till att ett varmt rökgasskikt i taket inte aktiverar fler sprinkler än de som finns över och i omgivningen till brandobjektet. Brandluckorna får inte öppnas automatiskt innan sprinklerna över brandobjektet uppnått aktiverings-temperatur. Om brandgasventilationen startar för tidigt kan sprinkleraktiveringen fördröjas, genom att den erforderliga värmen för aktivering av sprinklerna evakueras. Brandsjö [8] påpekar också att man bör tillse att vattnet från sprinklerna inte sprutar direkt på luckornas smältsäkring, eftersom det kan förhindra eller fördröja automatiskt öppnande av luckorna.

En annan viktig sak som han påpekar är att en brand i industri- och lagerlokaler, som är fullständigt skyddade med sprinkler, kan förväntas bli av mer lokal natur än om lokalen är osprinklad. Den erforderliga öppningsarean för brandventilation i en sprinklad lokal bör därför kunna begränsas något i förhållande till vad som skulle erfordras om lokalen vore osprinklad. Mycket av det som Brandsjö [8] påpekar har faktiskt bekräftats i försök som är genomförda efter att boken har publicerats.

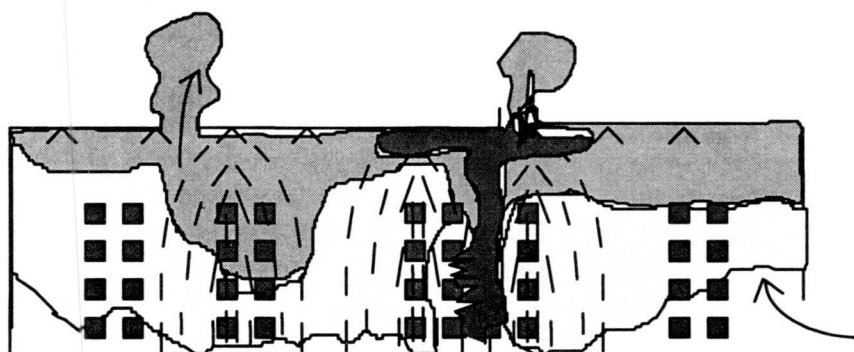
Eftersom ämnet har varit kontroversiellt, men samtidigt viktigt för många av Brandforsks andelstecknare, så har Brandforsk under flera år fortsatt att satsa på detta forskningsområde. Men de praktiskt användbara resultaten eller rekommendationerna har varit få. Brandforsk har i en litteraturstudie som genomfördes 1996 [9] låtit sammanställa och komplettera de kunskapsluckor som finns när det gäller modellering av interaktionen mellan systemen. I rapporten pekar man på behovet av fler väldefinierade försök för att bättre kunna validera alla de beräkningsmodeller som finns. Eftersom detta är praktiskt omöjligt att genomföra med storskaliga försök, så föreslog man försök i mindre skala. Dessa försök har genomförts nu och beskrivs i SP rapport 2001:18.

2 Beskrivning av debatten

Grundorsaken till den debatt som har pågått ligger i funktionen hos de olika systemen. Syftet med brandgasventilation är att ventilerar bort brandgaser för att underlätta utrymning och sänka brandgastemperaturen. Brandgasventilationen kan påverka, men däremot inte förhindra brandspridningen. Syftet med sprinklersystemet är att förhindra brandspridningen och sänka brandgastemperaturen. Eftersom systemen kan påverka varandra kan man inte renodla fördelarna med systemen då de kombineras. Problemet är att bestämma hur mycket de påverkar varandra innan man drar för långtgående slutsatser angående fördelar och nackdelar med systemen. Nedan ges en översikt över olika argument hos båda sidor i debatten.



Figur 1a *Automatisk brandgasventilation i en icke sprinklad lagerbyggnad.*

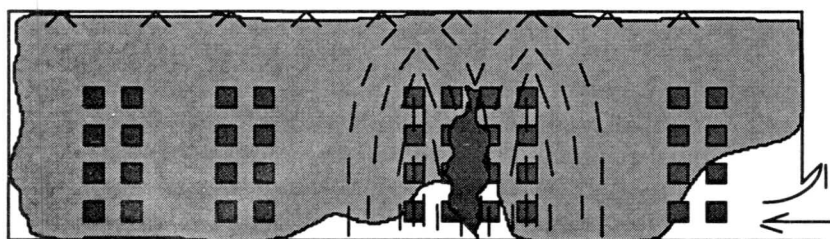


Figur 1b *Automatisk brandgasventilation i en sprinklad lagerbyggnad.*

De som stöder användningen av automatisk brandgasventilation i sprinklade byggnader argumenterar att brandgasventilationen är ett viktigt eftersom den:

- är ett måste för att trygga personsäkerheten,
- förbättrar sikten i och därmed underlättar utrymning och brandbekämpning,
- i vissa fall kan vara ett viktigt instrument i den taktiska brandbekämpningen,
- minskar risken för ras eftersom temperaturen i byggnaden sänks,

- ventilerar varma brandgaser om sprinklersystemet är otillräckligt,
- gör att riskfyllda håltagningar i tak under brand inte krävs,
- inte nämnvärt påverkar aktiveringen av den första sprinklern,
- det inte finns några rapporterade fall där brandgasventilationen har orsakat ett totalhaveri av sprinklersystemet. Tvärtom finns det fall där brandgasventilationen i samverkan med sprinklerna har haft avgörande betydelse för utgången,
- begränsar spridningen av brandgaser i lokaler med röskärmar,
- begränsar antalet sprinkler som kan aktivera.



Figur 2 *En brand kontrollerad av sprinklersystemet i en lagerbyggnad utan automatisk brandgasventilation.*

De som är emot användningen av automatisk brandgasventilation i sprinklade byggnader påstår att:

- automatisk brandgasventilation för skydd av egendom i vanliga byggnader inte är nödvändigt i sprinklade byggnader. Fördelarna motsvarar inte kostnaderna för brandgasventilationen,
- inga statistiska bevis finns som visar att personsäkerheten ökar tack vare brandgasventilation i sprinklade byggnader. Statistiken visar att antalet döda vid bränder i sprinklade byggnader begränsats till ett fåtal de sista hundra åren. De dödsfall som har inträffat är kopplade till helt andra orsaker än rök, till exempel explosion,
- ventilationen ökar syretillförseln till branden, vilket medför intensivare brand och därmed ökad risk för att sprinklersystemet blir otillräckligt, större brand- och vattenskadorna kan bli följden,
- erfarenheterna från bränder och brandförsök antyder att brandgasventilationen inte fungerar tillfredsställande när sprinklern är igång. Vattensprayen från sprinklern kyler ner rökgaserna vilket försämrar brandgasventilationens effektivitet. Det fria rökskiktet kommer delvis att förstöras av vattensprayen (smoke logging),
- aktiveringen av sprinklerna kan fördröjas på grund av att brandgasventilationen sänker brandgastemperaturen i taket,

- antalet aktiverade sprinkler minskar på grund av att brandgastemperaturen i lokalen sänks,
- sprinklersprayen (nära en brandventilator) drar in rök och frisk luft via ventilatorer vilket gör att den inte fungerar tillfredsställande,
- den rökmängd som produceras från en sprinklerkontrollerad brand borde kunna evakueras på ett mer effektivt och ekonomiskt sätt än med automatisk brandgasventilation i taket.

Erfarenheterna visar dock att dessa påståenden inte är generella. Varje påstående är mycket beroende på lokalens geometri, typ av takkonstruktion, verksamheten och riskerna för de personer som befinner sig i lokalen.

Det mest kontroversiella och debatterade påståendet är att brandgasventilationen sänker brandgastemperaturen samtidigt som den ökar syrekoncentrationen i lokalen. Därmed kommer sprinkleraktiveringen att fördröjas, vilket kan försämra sprinklernas möjligheter att dämpa eller kontrollera branden. Tekniska argument hämtade från försök som stöder dessa påståenden är begränsade och i många fall kraftigt scenarieroende.

Bakom kontroverserna finns ofta finansiella intressen inom två olika branscher med helt olika traditioner. I dag finns inga generella rekommendationer för samtidig användning av systemen. Väljer man att kombinera sprinkler och brandgasventilation så dimensioneras de oberoende av varandra. Det är långtifrån säkert att man genom att använda båda systemen behåller fördelarna hos de enskilda systemen. Tyvärr, finns ingen generell lösning, problemet är så pass komplicerat att man behöver ange rekommendationer för olika riskområden och byggnadstyper.

I nästa kapitel ges exempel från verkliga händelser där både sprinkler och brandventilatorer har varit involverade och i kapitel 4 ges en översikt över vad olika regler föreskriver kring brandgasventilation i sprinklade byggnader.

3 Erfarenheter från verkliga bränder

Debatten kring brandgasventilation i sprinklade byggnader uppstod efter försök som genomfördes av Factory Mutual Research Corporation (FMRC) i USA på 50-, 60- och 70-talet. I dessa försök, som presenteras mer utförligt i kapitel 5, kunde man skönja en viss inverkan av brandgasventilationen på brandens intensitet. Även om ämnet har debatterats i många år, så påpekar de som stödjer brandgasventilation i sprinklade byggnader, att det inte finns något rapporterat fall där automatisk brandgasventilation kan skyllas för att ha orsakat att sprinklern inte har kunnat kontrollera branden [19]. Därför verkar det lite paradoxalt att forskningen driver fram en problematik som inte grundar sig på dåliga erfarenheter från praktiken, utan endast baseras på misstanken att brandgasventilationen möjligen kan ha ogynnsam effekt på sprinklernas förmåga att kontrollera branden. Vanligtvis brukar det vara tvärtom.

För att belysa problematiken så redovisas här ett antal rapporterade fall från Sverige och Storbritannien som beskriver hur systemen har fungerat ihop.

3.1 Fall från Sverige

I tidningen Brandförsvar beskriver Kaare Brandsjö en brand från år 1982 som startade i ett höglager hos Mölnlycke AB:s Falkenbergsfabrik [10]. Det var på natten som ett automatiskt brandlarm kom till Falkenbergs räddningstjänst. Vid framkomsten möttes räddningstjänsten av blinkande ljus vid ingången till företagets höglager, där en rök-detektorsektion detekterat brand. Därmed kunde insatsledaren snabbt hitta rätt truckgång i höglagret. Eldskedet visade rätt sidogång och brand konstaterades i den översta delen av den 10 meter höga stapeln av häckar med varukartonger ovanpå varandra. Ögonblicket därefter aktiverades de första sprinklerna i insatsledarens åsyn. Sammanlagt aktiverades sex sprinkler. Sprinklerlarm erhöles och sprinklerpumparna startade.

Sprinklersläckningen medförde rök- och ångutveckling. Det försämrade sikten och taket kylades innan någon av de automatiska brandventilatorerna hann öppnas av värmepåverkan. Genom att en manuell öppningssmögghet fanns anordnad från höglagrets golv kunde dock ett tiotal rökluckor snabbt öppnas. Några minuter senare var höglagret helt fritt från värme och rök.

Ett annat fall är hämtat från en anläggning för undervagnberedning på Volvos personbilsfabrik i Torslanda som började brinna en eftermiddag när det var stillestånd i produktionen. En av arbetarna använde bensin som plötsligt flammade upp. Sprinkler aktiverades och slog ner branden, antagligen släcktes den helt. En hel del rök bildades inne i anläggningen. I taket fanns brandventilatorer i form av plastkupoler. Räddningstjänsten försökte hugga upp dem. En person från Volvo med kunskap om brandskyddet såg detta och skrek till dem att det fanns ett handtag som de kunde använda. Efter denna åtgärd tog det 4 - 5 minuter tills lokalen var fri från rök [1]. Om det hade funnits automatisk brandgasventilation så hade den säkert inte påverkat utgången eftersom sprinklerna relativt snabbt fick kontroll över branden.

3.2 Fall från Storbritannien

Följande händelse skildras av Kaare Brandsjö i tidningen Brandförsvar [11].

”Den 14 augusti 1963 inträffade inom General Motors Vauxhallverken i Luton England en brand, som blivit känd bland brandexperter. Branden utbröt klockan 21:05 under pågående nattskift och brandorsaken anses vara en kastad cigarettfimp, som antänt skumplastavfall på golvet under en lastpall. Brandutbrottet upptäcktes omedelbart, men

branden spred sig på några ögonblick upp över hela stapeln av pallar och häckar. Släckningsförsök med handbrandsläckare blev därför resultatlösa. De första sprinklerna anses ha aktiverat inom ca 2 minuter och medförde larm till räddningstjänsten. Totalt öppnades 285 sprinkler_dvs 10 gånger fler än för den beräknade verkningsytan.

Samtliga brandventilatorer inom lagerhallen anses ha öppnat automatiskt eller manuellt inom fem minuter från brandutbrottet. Lagerdelen hade en genomsnittlig öppningsarea på 3 %. Över det egentliga brandområdet, mitt i lagerhallen, med golvytan ca 1200 m², fanns 30 ventilatorer (2 m²/brandventilator), vilket således motsvarande 5 % öppningsarea över brandhärden. Vid industri- och kommunala räddningstjänstens ankomst kunde släckningen påbörjas helt utan behov av rökskydd och utan påverkan från annan hetta än strålningsvärmen, tack var brandgasventilationen. Redan från början stod det klart för räddningsledaren att sprinklerna inte skulle förmå att hejda brandspridningen, eftersom lagringssättet hindrade sprinklervattnet att täcka alla delar. Dessutom började staplarna rasa mot varandra med direkt brandsmitta som följd. Helt klart är emellertid att sprinklervattnet väsentlig fördröjde brandspridningen och i högsta grad underlättade brandmännens arbete att begränsa brandens vidare spridning. Bland de sakkunniga, som studerat brandförloppet, är uppfattningen enig om att sprinklerinstallationen och brandventilatorerna i förening möjliggjorde brandens begränsning", [11].

Det är svårt att uttala sig om brandgasventilationen bidrog till att sprinklerna inte kunde kontrollera branden. Sannolikt var lagret skyddat i för låg riskklass dvs för låg vattentäthet hos sprinklerna. Lagret bestod av bilklädselar och skumplast vilket är mycket brandfarligt och på den tiden fanns inte den typ av "moderna" taksprinkler som krävs för skydd av sådant lager. Om man hade stängt inne branden, "button-up", så hade utgången antagligen blivit sämre eftersom släckningen inte hade kunnat genomföras. Antagligen så var sprinklerna tillsammans med räddningstjänstens insats och fungerande brandgasventilation en starkt bidragande orsak till det goda resultatet.

Heselden [12] beskriver några fall där sprinkler och brandgasventilation har samverkat och påverkat utgången. I en studie som gjordes av Colt International, som tillverkar brandventilatorer, finns 76 fall beskrivna, därav är 15 fall med sprinkler installerade. I hälften av dessa 15 fall ansåg man att ventilationen varit fördelaktig, speciellt när det gällde räddningstjänstens insatssituation. I två av fallen hade vattenförsörjningen till sprinklerna inte fungerat. Nedan ges några exempel:

En brand inträffade år 1976 i en sprinklad lagerlokal som var 100 m x 120 m där brandgasventilationen bevisligen var till nytta för räddningstjänsten. En brand på ungefär 12 m² utbröt i förpackade matvaror som var staplade på pallar nästan lika högt som till takfoten som var 8 m över golv. Sprinklerpumpen havererade när 450 sprinkler hade aktiverat. Anledningen var att rörsystemet hade raserat på grund av värmen. I taket fanns PVC-plastkupoler som hade smält i närområdet av branden. Räddningstjänsten kunde, trots att röken hade spridits över hela byggnaden när de anlände, se branden och därmed kunde de släcka den utan några problem [12].

Heselden [12] beskriver även resultatet från en enkätundersökning som gjordes år 1981 bland räddningstjänster i Storbritannien angående deras erfarenhet av bränder i sprinklade industribyggnader där brandgasventilering hade förekommit. Väldigt få räddningstjänster hade stött på sådana bränder på senare tid, men det fanns några fall rapporterade som visade att om byggnaden var helt rökfylld och branden var kontrollerad av sprinklersystemet så hade ventilering av byggnaden underlättat vid insatsen. Majoriteten av räddningstjänsterna föredrog automatiska brandventilatorer med smältlänk förutsatt att det även finns möjlighet till manuell öppning av brandventilatorerna. Man föredrog att brandventilatorerna skulle öppna efter sprinklern. Inga fall fanns rapporterade där brandgasventilationen hade haft några ogynnsamma effekter på sprinklersystemet.

Nedan ges några typ exempel i från rapporten:

- 1) Många bränder har inträffat i sprinklade lagerlokaler med gods i wellpappkartonger. Byggnaderna hade lätta takkonstruktioner, vilket underlättade ventilering. Den vanliga insatsproceduren var följande:
 - sprinklersystemet aktiveras och larm går till räddningstjänsten,
 - när räddningstjänsten anländer till lagerlokalen så är hela lokalen rökfylld ner till midjehöjd,
 - slangar läggs ut och trycksätts,
 - ventilering startas genom att ta upp hål i taket,
 - när situation inne i lagerlokalen blir hållbar och branden lokaliserats så startar släckningen.
- 2) En brand inträffade i en fabrik som var 45 m x 15 m och 5 m hög och som paketerar kex, under en period då sprinklersystemet var avstängt. En person ur personalen startade sprinklersystemet som kontrollerade branden. Brandmän med rökdykarutrustning gick in i lokalen men fick problem med att hitta branden på grund av dålig sikt och hög värme. Order om ventilering gavs och genom att hugga hål i taket kunde insatsen fullföljas utan problem.
- 3) Brand inträffade i en industrilokal med tygtrasor i balar. Byggnaden var 60 m x 40 m och 9 m hög och 13 sprinkler kontrollerade branden. Byggnaden var helt rökfylld när räddningstjänsten anlände. De lyckades ventilera lokalen genom att hugga hål i glaspaneler i taket.
- 4) En brand inträffade i en sprinklad industrilagerlokal som var 30 m x 18 m och som användes för lagring av glasprodukter paketerade i kartonger och trälådor med halm. Nio sprinkler aktiverades och rökdykare kunde omöjligt lokaliserat branden på grund av röken. För att underlätta sökandet av branden så ventilerade man lokalen genom att ta bort sex stycken stålskivor i fasaden. Efter det kunde branden lokaliserat och släckas.

Det som är gemensamt med dessa exempel är att byggnaden är nästan helt rökfylld, vilket gör att det är svårt att lokalisera branden. Med hjälp av termisk brandgasventilation så lyckas man förbättra siktförhållandena och därefter snabbt få kontroll över branden. Sprinkler tillsammans med räddningstjänstens insats och fungerande brandgasventilation har möjliggjort att man har kunnat bekämpa branden effektivt.

4 Vad säger normerna om brandgasventilation i sprinklade byggnader?

4.1 Svenska regler

I **RUS 120:4** står följande angående sprinkler och brandgasventilation (§1305):

”Automatisk anordning för att öppna brandventilatorer vid brand skall vara sådan att öppning sker efter det att sprinklerna öppnat. Har brandventilatorerna termisk anordning för öppning skall dennas utlösningstemperatur ligga 20 – 30 °C över sprinklernas öppningstemperatur och ha högre RTI-värde än sprinklerna. Sprinklers placering i förhållande till brandventilator, se 3126:61. Brandventilator skall normalt vara stängd, se 7223”.

Grundfilosofin i **RUS 120:4** bygger alltså på det koncept som används i andra Europeiska regler. Man kräver att brandventilatorns smältsäkring har 20 - 30°C högre nominell aktiveringstemperatur än sprinklerna. Detta krav bygger på det arbete som gjordes på tidigt 60-tal [13] där man även föreslog att smältsäkringen ska placeras så att vattendroppar inte kan träffa den. Det kan vara en del av förklaringen till varför smältsäkringen normalt ligger högt placerad uppe i sargen på brandventilatorer. För att smältsäkringen ska aktiveras så tidigt som möjligt på av termisk påverkan så vore det bättre att placera den strax nedanför taket. Då sitter smältsäkringen i den varma takstrålen som bildas av branden. Däremot blir den då direkt exponerad för vattendropparna från aktiverade sprinklers.

För att modernisera **RUS**-reglerna så har man lagt till att smältsäkringen ska ha ett högre RTI-värde än sprinklerna. Hur mycket högre diskuteras dock inte. Principen är ganska enkel; sprinklern har företräde framför brandventilatorerna. Problemet är bara att brandventilatorn i många fall inte kommer att öppna, speciellt om man väljer ett RTI värde som är mycket högre än sprinklernas RTI-värde. När den första sprinklern aktiveras så sänks brandgastemperaturen och vattendroppar och kondenserad vattenånga kyler smältsäkringen i brandventilatorn. Om sprinklern får kontroll över branden i ett tidigt skede så kommer inte några brandventilatorer att öppnas. Om däremot branden fortsätter att växa inom den dimensionerande verkningsytan så finns en möjlighet att brandventilatorerna så småningom öppnar. Räddningstjänsten har dock alltid möjlighet att öppna brandventilatorerna manuellt (wire eller fjärröppning) vilket ger en viss grundtrygghet för räddningstjänsten när de ska bekämpa branden.

I **SBF's** rekommendationer 5:3 1982 - Brandgasventilation för industri- och lagerbyggnader står följande angående sprinkler och brandgasventilation:

”§7.4 Byggnad med termisk brandventilation och automatisk sprinkler

§7.4.1 Brandventilatorer öppnas automatiskt

Enligt sprinklerreglerna (se kapitel 3) skall brandventilatorerna öppna sig efter det sprinklerna trätt i funktion. Normalt bör branden vara under kontroll när brandstyrkan anländer till platsen. Brandpersonalen kan då ägna sig åt kontroll av omgivningen och eftersläckning. Det är viktigt att sprinklerna inte stängs av för tidigt så att branden återblossar upp. Därvid kan draget från brandventilationen underlätta en återantändning.

§7.4.2 Brandventilatorerna öppnas manuellt

Fallet är närmast aktuellt då branden sprider sig snabbt och då det är fråga om fabriks- och lagerlokaler som är svärbemästrade ur släcksynpunkt. Om utrymningen av byggnaden inte kräver annat bör man vara försiktig vid igångsättning av brandventilation. I varje fall måste sprinklerna först ha branden under kontroll. Brandventilationen är här särskilt användbar vid eftersläckningen”.

På samma sätt som i RUS 120:4 så är grundprincipen den att sprinklern har företräde framöver brandgasventilationen när båda systemen är automatiska. Det står dock ingen hänvisning till RUS 120:4 § 1305 angående hur man kan lösa detta praktiskt. I övrigt så överensstämmer SBFs rekommendationer med det som står i NFPA reglerna (se kapitel 4.2) dvs. man ska låta sprinklern göra jobbet. Vidare så pekar man på riskerna med återantändning på grund av ventilationen. Detta står delvis i kontrast till det sätt räddningstjänsten arbetar i Sverige i dag. När de är på plats så försöker de ta sig in i byggnaden samtidigt som de ventilerar byggnaden för att lättare kunna hitta brandhärden.

4.2 Amerikanska regler

Factory Mutual (FM) har publicerat en policy angående brandgasventilation i sprinklade byggnader. I FM Data Sheet 8-33 står följande:

”Factory Mutual recommended protection is based on roof vents and draft curtains not being provided. Fire tests have not shown automatic vents to be cost effective and they may even increase sprinkler water demand. Hence, permanent heat and smoke vents, if any, should be arranged for manual operation. Smoke removal during mop-up operation can frequently be achieved through eave-line window, door, monitor, non-automatic exhaust systems (gravity or mechanical), or manually operated heat and smoke vents. Fire departments can cut holes in steel or wood roofs and also use their smoke exhausters”.

Detta är ett tydligt ställningstagande emot två automatiska system, vilket står i kontrast till RUS 120:4 och SBF's rekommendationer 5:3. Här tillåter man endast manuell brandgasventilation via befintliga öppningar i byggnaden (fasadöppningar). Det är inte så svårt att förstå att brandgasventilationsbranschen inte tycker om denna formulering. Den ligger dessutom till grund för mycket av det som står i NFPA reglerna. Genom detta ställningstagande så har debatten kring sprinkler brandgasventilation uppstått eftersom det är många som inte håller med FM.

I **NFPA reglerna** så diskuteras problematiken på flera olika ställen beroende på typ av verksamhet. De standarder som berör detta ämne är:

- NFPA 13 - Standard for the Installation of Sprinkler Systems
- NFPA 13E - Guide for Fire Department Operations in Properties Protected by Sprinkler and Standpipe Systems
- NFPA 231 - Standard for General Storages
- NFPA 231C - Standard for Rack Storage of Materials
- NFPA 204 - Smoke and Heat Venting

I **NFPA 13** - (1999) står följande för skydd av lagrat gods (§7-4.1.3.1):

”Sprinkler protection criteria is based on the assumption that roof vents and draft curtains are not being used”.

Vid dimensioneringen av sprinklersystemet förutsätter alltså NFPA 13 att ingen brandgasventilation används. Frågan är bara om man ska tolka det som om att NFPA 13 inte heller tillåter någon brandgasventilation i sprinklade byggnader? Så är dock troligen inte

fallet eftersom man diskuterar fasadventilation som en möjlighet. För övrigt så diskuteras inte brandgasventilation i NFPA 13. Vi får gå vidare till **NFPA 13E** från 1995 som diskuterar insatstaktik för räddningstjänsten i sprinklade byggnader. Där står följande angående ventilation i sprinklade byggnader med lagrat gods (§2-6.1):

"Occupancies with a wide variety of configurations and a wide range of storage commodities might need special procedures, particularly where storage heights are in excess of 15 feet (4.6 m). In some cases, routine ventilation procedures in the early stages of a fire can hinder effective sprinkler operation. It is desirable for the fire department to discuss its pre-fire plan for warehouse occupancies with the occupant, sprinkler designer, and insurance carrier to determine if a modification in procedures is appropriate".

Vidare står i **NFPA 13E** (§2-6.2):

"For those cases where search and rescue operations have been completed prior to ventilation work being performed by the fire department, it might be appropriate to allow the automatic sprinkler to continue to operate without further ventilation to enable them to achieve full control of the fire. This might take 20 to 30 minutes or more".

För byggnader med lagringshöjder över 4,6 m varnar alltså NFPA 13E för risken med för tidig ventilering. Det kan förhindra en effektiv kontroll av branden. Det NFPA 13E egentligen säger är att man inte bör utföra någon typ av brandventilering i sprinklade byggnader förrän sprinklerna har fått branden under kontroll. Detta kan ta 20 - 30 minuter. I Sverige så föredrar räddningstjänsten att man har en möjlighet till tidig ventilering av lokalerna för att underlätta släck- och livräddningsinsatsen. En sådan möjlighet diskuteras inte i NFPA 13E. I stället rekommenderar man en diskussion kring insatsplanen med användaren av byggnaden, sprinklerkonstruktören och försäkringsbolaget. I den diskussionen bör man bestämma taktiken för brandventilering av den sprinklade byggnaden.

I **NFPA 231** (1998) står följande kring brandgasventilation i sprinklade byggnader med lagrat gods (§3-2):

"The protection outlined in this standard shall apply to buildings with or without roof vents and draft curtains: Exception: Where local codes require heat and smoke vents in buildings that are protected by ESFR sprinkler, the vents shall be manually operated or shall have an operating mechanism with a standard response fusible element that is rated no less than 182°C. Drop-out vents shall not be permitted".

Vidare står i **NFPA 231** §A-3-2:

"Smoke removal is important to manual fire fighting and overhaul. Since most fire tests were conducted without smoke and heat venting, the protection specified in Section 5-1, 6-1 and 7-1 was developed without the use of such venting. However, venting through eave line windows, doors, monitors, or gravity vents or mechanical exhaust systems is essential to smoke removal after control of the fire is achieved".

NFPA 231 gäller alltså för gods lagrat upp till 7,6 m. Här indikerar man att standarden gäller både för byggnader med och utan brandgasventilation. Speciella krav gäller för ESFR sprinklern. Det intressanta är att ESFR sprinkler har en nominell aktiveringstemperatur på 74°C och brandventilatorer tillåts alltså ha en smältsäkring som har 182°C aktiveringstemperatur. Det säger sig självt att dessa brandventilatorer aldrig kommer att öppna automatiskt, förutsatt att ESFR sprinklern fungerar som tänkt. NFPA 231 har ändrat sin grundinställning något och tillåter användning av manuellt och automatiskt

öppningsbara brandventilatorer. Detta gäller dock bara när ESFR sprinkler används. Vidare börjar man diskutera vikten av att ventiler bort brandgaserna med hjälp av öppningar i övre delarna av byggnaden (Se FMs rekommendationer).

I **NFPA 231C** (1998) står samma sak som i NFPA 13 nämligen (§3-3):

"Sprinkler protection criteria is based on the assumption that roof vents and draft curtains are not being used".

Vidare står i NFPA 231C §A-12-6:

"Important: The sprinkler system should be kept in operation during manual fire-fighting and mop-up operations. During the testing program, the installed automatic extinguishing system was capable of controlling the fire and reducing all temperatures to ambient within 30 minutes of ignition. Ventilation operations and mop-up were not started until these conditions were achieved. The use of smoke removal equipment is important. Smoke removal capability should be provided. Smoke removal equipment includes the following: 1. Mechanical air-handling systems, 2. Powered exhaust fans, 3. Roof-mounted gravity vents, 4. Perimeter gravity vents. Any system that is selected should be designed for manual actuation by the fire department, which allows personnel to coordinate smoke removal (ventilation) with mop-up operations".

Här hittar vi för första gången termiska brandventilatorer (gravity vents). Innan har man alltid sagt att man kan använda befintliga öppningar (på fasad). Här har alltså attityden gentemot brandgasventilation tonats ner.

Vad säger då brandgasventilationsstandarden **NFPA 204** (1998) angående brandgasventilation i sprinklade byggnader? I §8-6 står följande:

"While the use of automatic venting and curtain boards in sprinklered buildings is still under review, the designer is encouraged to use the available tools and data referenced in this document for solving problems peculiar to a particular type of hazard control [Miller 1980, Heskestad 1974, Waterman 1982, Troup 1994, Hinkley et al 1992, Gustafsson 1992]"

Här vill man inte ta någon ställning till samtidig användning av sprinkler och brandgasventilation. De refererar till den forskning som har pågått ända sedan 1974 när Heskestad genomförde sina välrefererade modellskaleförsök [14]. Dessa försök och andra försök finns redovisade i kapitel 5.

4.3 CEA regler

De Europiska försäkringsbolagens organisation CEA har behandlat ämnet på följande sätt [15] i §12.5.2 (*Buildings with automatic smoke venting systems*):

"Smoke vents shall be operated only manually, or else the sprinkler heads shall be selected so as to operate before the smoke vents open".

Vidare står angående ESFR sprinkler installationer i §L.2.1.2:

"ESFR protection is based on construction without roof vents or other roof opening. If roof vents or other roof openings are unavoidable, they shall be operated manually. Any draft curtains used in conjunction with roof vents or other roof openings shall be limited in depth and located with respect to sprinklers so that distances specified in Table L2 are complied with."

Any open roof vent or other roof openings shall be closed automatically preferably before, but in no case more than 30 s after, the operation of the first sprinkler”.

CEA reglerna förordar alltså manuellt öppningsbara brandventilatorer. Det finns dock möjligheter att använda automatiska brandventilatorer, men då måste man tillse att de öppnar efter det att sprinkler aktiverat. Hur man ska lösa detta praktiskt uttrycks inte standarden. När det gäller ESFR så tillåts endast manuellt öppningsbara brandventilatorer.

4.4 CEN regler

Inom Europa standardiseringen (**PrEN-regler**) pågår en debatt angående kombinationen av sprinkler och brandgasventilationen. I dagsläget (1 februari 2001) har man inte kommit överens mellan arbetsgrupperna för sprinkler och brandgasventilation. Sprinklergruppen har tagit bort allt som har med samverkan med brandgasventilation att göra. Längre såg det ut som om man hade kommit överens mellan grupperna, men det har spruckat på grund av oenighet mellan Tyskland och Frankrike på ena sidan och övriga EU-länder å andra sidan [16]. Sista ordet är inte sagt angående detta men i dagsläget så står inget om samverkan mellan sprinkler och brandgasventilation i reglerna.

För att få till stånd en överenskommelse i arbetsgruppen så föreslog Morgan en kompromiss [17] som har modifierats lite efter diskussioner inom arbetsgruppen [18]:

(Means of Escape)

“Where SHEVS (brandgasventilation) are designed to protect means of escape, SHEVS should operate automatically on detection of smoke. There should be no obstacle to combining sprinklers and vents provided that the design of each allows for the presence of the other. Where Mean of Escape in High Hazard buildings is considered, SHEVS should not be used for this purpose. Instead Means of Escape should rely on conventional methods (e.g. compartmentation, limiting travel distance and sprinklers)”.

(High Hazard)

“In High Hazard premises, any SHEVS used should not be automatically activated and should instead be operable by the Fire Service at their discretion from a safe place outside the fire compartment”.

(Property Protection)

“For occupancies below High Hazard, and where Fire Service attendance can be expected reasonably quickly, sprinklers and SHEVES opening automatically on receipt of a signal from a water flow device operating at a pressure flow characteristic equivalent to that of the lowest flow through a single open sprinkler should be combined for the purpose of property protection, but only where the sprinkler are ”Quick Response”. In this case it must also be possible to initiate the SHEVS manually. For all slower response sprinkler, or where Fire Service attendance time are likely to be long, sprinkler and SHEVS should only be combined for the purpose of property protection following the principles advocated above for High Hazard premises”.

Sammanfattningsvis kan man säga att när personsäkerheten är det primära målet (köpcentra, biograf, etc) så kan brandventilatorerna aktiveras med hjälp av rökdetektorer. Om det rör sig om låg risk med egendomsskydd och där man kan förvänta sig att räddningstjänsten snabbt anländer så kan brandgasventilationen aktiveras genom signal från flödesvakt. I högrisklager (egendomsskydd) så skall brandventilatorerna öppnas manuellt, automatiska brandventilatorer är inte tillåtna. Innehållet i den överens-

kommelse man hade förhandlat fram fanns i PrEN 12101-5, men har tydligen tagits bort igen.

I dagsläget har man för avsikt att publicera en modifierad version av innehållet i PrEN 12101-5 som Brittisk Standard BS7346 Part 4 [16]. Där kommer man att skilja mellan personsäkerhet och egendomsskydd. Räddningstjänsten kommer att betraktas som del i systemet. Man påpekar även att man bör ta hänsyn till att en sprinklerspray i närområde av en sprinkler kan blockera utflödet. Därför bör man addera en extra brandventilator för att kompensera för bortfallet [16].

5 Vad visar forskningen?

Det finns ett flertal forskningsinstitutioner som har undersökt hur sprinkler och brandgasventilation fungerar i byggnader med relativt stor volym. Ännu idag finns inga konkreta lösningar som bygger på de försöksserier som har genomförts. Det finns två olika slags experiment. I den första typen har man studerat högriskgods i lager, och man har inte tagit någon hänsyn till utrymningsaspekten eller räddningstjänstens möjligheter att påverka förloppet. I den andra typen av experiment har man försökt ta hänsyn till utrymningssituationen och inverkan av räddningstjänsten.

Det som är gemensamt för samtliga försöksserier är slutsatserna från försöken är starkt knutna till förutsättningarna vid försöken och att mer långtgående slutsatser därför är ganska generella. Nedan följer en sammanställning av de viktigaste försöksserierna fram till dags dato.

5.1 Försök genomförda i USA

Factory Mutual Research Corporation (FMRC) är ett forskningsinstitut ägt av fler försäkringsbolag i USA. FMRC är mycket framstående när det gäller forskning inom brandområdet och de har varit världsledande i utvecklingen av ny sprinklerteknik. De har också lagt ner en hel del resurser just kring problematiken med sprinkler i ventilerade byggnader.

5.1.1 Fullskaleförsök

Redan 1956 kunde FMRC efter en serie fullskaleförsök konstatera skillnader i resultat beroende på om den ventilerade byggnaden hade sprinkler eller inte. Projektet genomfördes i en byggnad som var 36,6 m x 18,3 m med 1,5 m djupa röskärmar och ventilationsarea på 1,5 m² och 3 m² inom ett område på 212 m² (0,7 % respektive 1,4 % av röskärmsarean). En spraybrand användes i försöken (~10 MW). De försök som genomfördes enbart med brandgasventilation visade att medeltaktemperaturen minskade kraftigt. När sprinklerna (71°C nominell aktiveringstemperatur) användes i kombination med brandgasventilationen påverkades taktemperaturen inte nämnvärt jämfört med försöken enbart med sprinkler.

Därför drog man slutsatsen att brandgasventilationen var av begränsad nytta. Försöken visar dock att trots att brandgasventilationen inte hade någon större inverkan på brandgastemperaturen så hade den desto större inverkan på siktförhållandena inne i lokalen. Sikten blev obefintlig efter sex minuter utan brandgasventilation, men förbättrades i utrymmen längre bort från branden med brandgasventilation. Röskärmarna hade stor betydelse för antalet aktiverade sprinkler, medan brandgasventilationen inte hade någon större inverkan på antalet aktiverade sprinkler. Antalet sjönk från 48 till 44 utan röskärm och från 28 till 24 med röskärm i taket [40].

Underwriters Laboratories (UL) genomförde en serie försök för att studera inverkan av automatiska brandventilatorer på sprinklade bränder. Den innehöll två olika serier, den första med en brandkälla som bestod av träribbstabel placerad ovan en uppåtriktad spraybrand (bensin). Den andra serien bestod av sex fullskaleförsök med riktigt gods. Den första serien visade att brandgasventilationen reducerade antalet aktiverade sprinkler från 13 till 9, minskade det totala vattenbehovet, ökade vattentätheten över brandkällan men ökade taktemperaturen. Den fullskaliga serien visade att brandgasventilationen minskade antalet aktiverade sprinkler, inte hade någon större påverkan på skadebilden på godset (pappkartonger eller polystyrenlådor på pallar) och att den ökade den termiska påverkan på konstruktionen [40].

FMRC genomförde mer än åttio storskaliga sprinklerförsök under perioden 1968 - 1975. I försöksserien finns endast ett försök med brandgasventilering (genom fasadöppningar). I det försöket visade sig antalet aktiverade sprinkler vara nästan det dubbla jämfört med utan brandgasventilation. Däremot har man påpekat att brandutvecklingen i det försöket inte överensstämmer med de övriga försöken, vilket gjorde att Factory Mutual bestämde sig för att inte betrakta försöket som representativt. Det visade sig dock att sikten i röken kunde bibehållas betydligt längre tid i försöket med ventilation.

Det finns ett intressant fullskaligt försök med gummidäck som genomfördes av FMRC år 1970. Avsikten med försöken var att undersöka vilket skydd ett lager med gummidäck skulle behöva. Ett lager med staplade däck användes i försöken. Måttet på lagret var 11 m x 15 m och 5,4 m högt. Sprinklerna hade 141°C sprinklerlänk och dimensionerades för en vattentäthet på 24,4 mm/min. Det fanns ingen ventilation i början av försöket. Efter 2 minuter och 15 sekunder aktiverade den första sprinklern. Efter 8 minuter och 20 sekunder hade 43 sprinkler aktiverat och sprinklerna kontrollerade branden (44 aktiverade sprinkler efter 28 minuter). Brandgastemperaturen reducerades i detta skede till omkring 40 – 90°C. Efter 60 minuter öppnades dörrar och fönster för att ventileras bort brandgaserna, samtidigt som sprinklerna fortsatte vattenbegjutningen. I detta skede så började brandgastemperaturen i taket att öka kraftigt, vid den ena änden av lagret. Detta blev en indikation på att branden började öka i intensitet och efter 117 minuter var man tvungen att stänga alla dörrar och fönster. Totalt så aktiverade 94 sprinkler innan dörrarna stängdes och sprinklersystemet fick därefter vara på i 5 timmar. Endast den 95:e sprinklern utlöste efter det att dörrar och fönster stängdes, vilket visar att graden av ventilation var avgörande för utgången av försöket.

När dörrar och fönster öppnades efter 60 minuter så var syrekonzentrationen runt 19 %. När dörrar och fönster stängdes vid 117 minuter så var syrekonzentrationen uppe i 21 %. Efter det att dörrar och fönster hade stängts igen så sjönk syrekonzentrationen ner till 15 % under en kort period för att sedan öka igen. Temperaturmätningar i taket indikerar att branden tillväxte efter 87 minuter, långt bortom den plats där den hade startats.

Kritiker hävdar att man inte kan dra några definitiva slutsatser baserat på detta försök, eftersom det fanns tecken på att branden var på väg att tillväxa igen när dörrarna öppnades. De påstår att ökningen i brandens intensitet inte hade något med ventilationen att göra utan istället det faktum att branden hade spridits till andra änden av lagret där inga sprinkler hade aktiverat. Där kunde branden spridas obehindrat inne i de horisontella tunnelgångar som bildades av de tätt staplade däckerna. Detta gjorde att branden ökade kraftigt i intensitet utan att sprinklerna kunde påverka förloppet särskilt mycket.

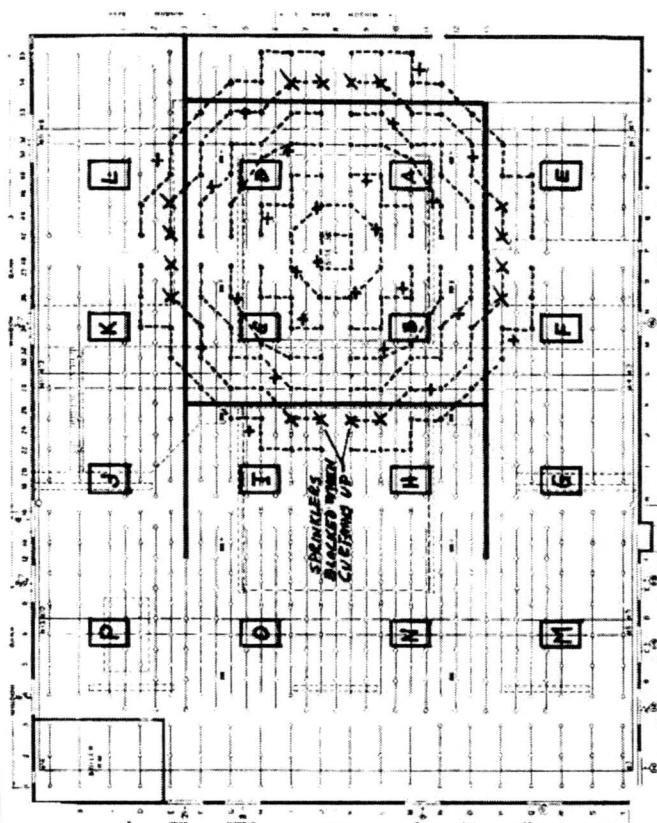
Försöket visar onekligen hur känslig situationen är om sprinklersystemet är precis på gränsen att kontrollera branden när dörrar och fönster öppnas. Eftersom det är oklart om det var sprinklersystemets oförmåga att kontrollera branden (vattendropparna nådde inte ner till branden i tunnelgångarna) eller om det var ventilationen som påverkade branden inne i tunnelgångarna, så kan man inte dra några klara slutsatser från detta försök. Det är dock helt klart att syrekonzentrationen inne i lokalen har haft stor betydelse för brandutvecklingen. Erfarenheten visar att när syrekonzentrationen är nere på 17 - 18 % runt brandhärden så kommer brandutvecklingshastigheten att påverkas. Frågan är bara om sprinklersystemen ska dimensioneras på sådant sätt att det blir beroende av syrekonzentrationen inne i lokalen för att kunna kontrollera branden. Det är inte det normala.

5.1.2 Modellskaletest

FMRC genomförde år 1974 en mycket kontroversiell modellstudie kring sprinkler och brandgasventilation i skala 1:12,5. Dessa försök ligger delvis till grund för den policy som FM har använt när det gäller brandgasventilation i sprinklade byggnader (se kapitel 4.2). Målsättningen med försöken var att undersöka hur automatisk brandgasventilation i kombination med sprinkler i en envånings industribyggnad fungerade med hänsyn till tre olika parametrar;

- vattenbehov (antal aktiverade sprinkler),
- sikten i röken i ögonhöjd (kritiska förhållanden definierade som 1 - 2 m sikt i röken),
- och förbrukningen av bränsle efter 53 minuters försök (fullskala).

Modellen byggdes ursprungligen för att undersöka ventilationssystemet i det nya brandlaboratoriet på West Gloucester, Rhode Island där FMRCs alla fullskaletester genomförs i dag. Modellskaletesterna genomfördes småskalelaboratoriet i Norwood utanför Boston. Automatiska brandventilatorer med ett jämt avstånd på 15,2 m (fullskala) installerades i kombination med rökskärmar som täckte en area på 929 m². Tre ventilationsareor användes; 1, 2 och 4 % av golvarean.



Figur 3 Bilden visar placering av sprinkler, brandventilatorer och rökskärmar i de modellskaletesterna som genomfördes av FMRC år 1974.

Brandventilatorerna hade måtten 2,4 m x 3,8 m. I försöken användes den typ av brandgasventilation som var aktuell på den tid när försöken genomfördes. Två olika brand-

källor användes, en "lagerbrand" (staplade kartongskivor) och en heptanbrand. Försök utan sprinkler genomfördes också, men då användes en betydligt mindre brandkälla (en tredjedel av brandkällan i sprinklerförsöken) eftersom det fanns en risk för att modellen fördärvades om branden fick utvecklas fritt. Först genomfördes försök med "lagerbranden" utan brandgasventilation och utan rökgardiner. Försöken visade att omkring 50 sprinkler aktiverades med 100°C smältlänk och en vattentäthet på 11 mm/min. Konstigt nog så hade länken i brandventilatorn lägre utlösningstemperatur (74°C). När samma försök genomfördes enbart med automatiska brandventilatorer öppnade fyra stycken brandventilatorer och branden kunde hållas under kontroll med samma vattentäthet (11 mm/min) och ungefär samma antal sprinkler. Jämfört med försöken utan brandgasventilation så förbrukades 31 % mer material och tiden till kritiska siktförhållanden (1 - 2 m sikt i huvudhöjd) kunde förlängas från 13,1 minuter till 15,7 minuter. När man gjorde om försöken med rökgardiner (fyra brandventilatorer öppnades även då) så ökade vattenbehovet med 35 % och kritiska siktförhållanden fördröjdes från 13,1 min till 20,2 minuter. Bränsleförbrukningen ökade med 66 %. De första sprinklerna aktiverades efter ungefär två och en halv minut medan brandventilatorerna öppnade först när över 20 sprinkler hade aktiverats dvs ungefär 5 - 6 minuter från tändning (fullskaletider).

En halvering av ventilationsarean (försök med rökgardiner), dvs från 2 % till 1 %, resulterade i ett färre antal aktiverade sprinkler (69 istället för 44 stycken), tiden till kritiska förhållanden blev kortare (20,2 istället för 18,1 min) och totala mängden förbrukat bränsle minskade med 30 %. Om man jämför med försöken med 4 % ventilationsarea så erhöll man följande värden; 56 utlösta sprinkler, 19,8 minuter till kritiska förhållanden och 14 % lägre bränsleförbrukning jämfört med 1 % ventilationsarea. Dessa siffror är inte riktigt konsekventa eftersom 2 % ventilationsarea verkar ge högst antal aktiverade sprinkler, ungefär samma tid till kritiska förhållanden och högst bränsleförbrukning.

Dessa resultat är mycket intressanta med hänsyn till den frågeställning som VOLVO ställdes inför på 80-talet det vill säga om man kunde använda brandgasventilation som motsvarade 0,5 % av planytan istället för 2 - 3 % vilket var brukligt på den tiden [1]. Resultaten från modellförsöken tyder på att ventilationsarean i sprinklade bränder inte är en särskilt avgörande parameter och att brandgasventilationen inte nämnvärt påverkar antalet aktiverade sprinkler. Inte i något av modellskaleförsöken kunde man påvisa att sprinklerna förlorade kontrollen på grund av brandgasventilationen. Däremot påverkades bränsleförbrukningen mellan 31 - 66 % jämfört med icke ventilerad brand. Dessutom såg man att rökskärmarna hade stor betydelse för resultatet.

Modellskaleförsöken (med sprinkler) visade att temperaturen i taket, bortom branden, är ungefär densamma oberoende om man hade brandgasventilation eller inte. Det fanns dock en tendens till högre taktemperaturer med brandgasventilation. I försök utan någon sprinkler så öppnade 12 brandventilatorer, taktemperaturen reducerades avsevärt och all rök ventilerades ut. Som har nämnts tidigare så var brandbelastningen tre gånger mindre i fallet utan sprinkler på grund av risken för att modellen skulle skadas.

Inga siktmätningar gjordes utanför det område som täcktes av rökskärmarna. Det innebär att man inte kan dra några slutsatser angående siktförhållandena i områden längre bort från brandkällan. Där skulle man kunna förvänta sig ännu större förbättringar jämfört med närområdet av branden.

Modellskaleförsöken visade att när man dubblerade vattentätheten från 11 till 22 mm/min så löste inga brandventilatorer ut, antagligen mest beroende på den kraftiga kylningen och vattenångan som bildades. För försöken med 11 mm/min försökte man att hitta den minsta brand som krävdes för att öppna brandventilatorerna. Det visade sig vara den brand som aktiverade ungefär 20 sprinkler. En brand som aktiverar mindre än 20 sprinkler med 11 mm/min vattentäthet skulle inte kunna öppna någon brandventilator

när branden är placerad mitt i mellan fyra brandventilatorer. Det krävs alltså ganska stora bränder innan brandventilatorerna automatiskt öppnar.

Den generella slutsatsen från modellförsöken, och de som har orsakat mest debatt, är att ökad syretillförsel till branden via brandgasventilation leder till:

- ökad brandintensitet,
- ökad vattenbehov (ökad antal utlösta sprinkler),
- och ökad förbrukning av bränslet.

Den enda positiva slutsatsen enligt rapporten är att brandgasventilationen fördröjer tiden till dess att kritiska förhållanden uppnås med 23 – 50 %.

Det har funnits en hel del kritik mot försöken [19]. De främsta är:

- skaleffekter på grund av brandkällan mycket osäkra,
- man utgår i från att interaktionen mellan vattendropparna och bränslet är representativa för fullskala,
- sprinklerna i modellförsöken löste ut gruppvis, 5 - 11 sprinkler, som kontrollerades av individuella sensorer. Det medförde alldeles för hög känslighet i systemet eftersom 5 - 11 sprinkler kunde lösa ut samtidigt,
- kriteriet för hur mycket bränsle som har förbrukats är inte rättvisande, eftersom man uppnår bättre förbränningseffektivitet i en ventilerad brand,
- ingen hänsyn är tagen till eventuell inverkan av räddningstjänsten,
- ingen diskussion kring utrymningsproblematiken, en av grundförutsättningarna för brandgasventilationen.

Kritiken som har framförts kan anses vara befogad, speciellt när det gäller interaktionen mellan vattendropparna och bränslet. Däremot hade troligen inte resultaten blivit mycket annorlunda i en serie fullskaleförsök när det gäller nyttan och konsekvenserna av brandgasventilationen på sprinklernas förmåga att kontrollera branden. Försöken är mycket noggrant genomförda där varje försöksdel har upprepats 3 - 7 gånger, vilket ökar trovärdigheten i resultaten. Dessutom är det tveksamt att dra några långtgående slutsatser från modellskaleförsöken när det gäller frågan om brandgasventilationen har några avgörande effekter på sprinklernas förmåga att släcka eller kontrollera branden. Faktum kvarstår att inga försök genomfördes där sprinklerna förlorade kontrollen över brandspridningen. De visar endast att branden förbrukar mer material med automatisk brandgasventilation.

Däremot kan man diskutera nyttan av brandgasventilationen jämfört med icke sprinklade bränder eftersom endast fyra brandventilatorer av 16 tillgängliga öppnades. Försöken visar att nyttan av brandgasventilationen först och främst ligger i form av en fördröjning tills kritiska siktförhållanden uppnås. Däremot kunde inte brandventilatorerna hindra att kritiska förhållanden uppnåddes i lokalen. Det är kanske dags att tänka om när det gäller aktiveringsprinciper i kombination med sprinkler. Om en grupp med brandventilatorer tillåts att öppna samtidigt, (styrd av rökdetektor) skulle det kunna öka brandgasventilationens effektivitet avsevärt för denna typ av lokaler (envånings industrilokal). Försöken utan brandgasventilation visar att kritiska siktförhållanden uppnåddes efter

ungefär 13 minuter och efter 15 - 20 minuter med brandgasventilation. Jämfört med att räddningstjänstens insatstid oftast är kring 10 minuter + förberedelsetid för rökdykning (5 - 10 minuter) så har denna tid en viss betydelse för räddningstjänsten. Om de dessutom kan öppna alla luckor manuellt när de startar rökdykningen så kommer det att förbättra siktförhållandena inne i lokalen. En viktig slutsats från dessa modellförsök är att automatisk brandgasventilation trots allt har inverkan på siktförhållandena inne i byggnaden. De verkliga fall som har beskrivits i kapitel 3 förstärker denna bild av hur brandgasventilationen fungerar i sprinklade byggnader.

Slutsatserna från dessa försök bygger enbart på kriteriet kring bränsleförbrukningen och vattenbehovet. Slutsatsen är att brandgasventilationen ökar bränsleförbrukningen med 31 % utan röskärmar och med 66 % med röskärmar, medan slutsatser som att tiden till kritiska siktförhållanden i röken förbättrades med 20 % utan röskärmar och med 54 % med röskärmar inte beaktas. Genom att vända på begreppen, det vill säga om siktförhållandena vore det viktigaste kriteriet, så kan man dra andra slutsatser. Bränsleförbrukningen är dessutom beroende av syrekonzentrationen i de brandgaser som omger brandkällan. I slutet av försöken, dvs. efter ungefär 50 minuter, så låg syrekonzentrationen på 18 % i lokalen utan ventilation (normalt 21 % syre i luften).

Med fyra brandventilatorer öppna så sjönk syrekonzentrationen endast ned till 20,5 %. Branden dämpas mer av omgivande brandgaser som innehåller 18 % syre jämfört med 20,5 %. Denna skillnad är dock inte på något sätt avgörande eftersom studier visar att bränslets förbränningshastighet endast sjunker med omkring 20 % när syrekonzentrationen sjunker från 21 % till 17 %. Dessutom så släcker eller kontrollerar sprinklersystemet genom kylning av bränsleytan och inte genom sänkt syrekonzentration. Genom att syrekonzentrationen sjunker ner till 17 - 18 % så underlättar man släckningsprocessen för sprinklern, men den blir inte på något sätt avgörande för sprinklersystemets förmåga att kontrollera branden. Om det skulle bli fallet så kan man säga att sprinklersystemet inte är korrekt dimensionerat från början (inga säkerhetsmarginaler).

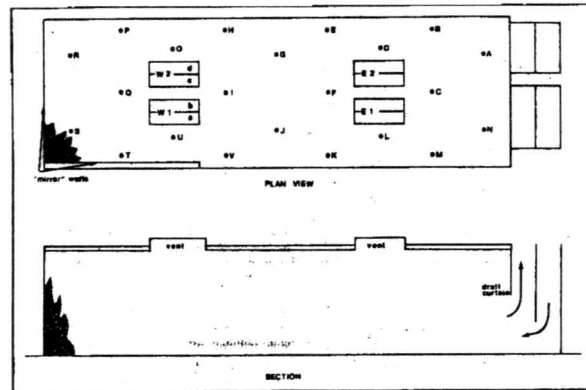
En överslagsberäkning visar att om byggnaden hade varit hälften så stor eller dubbelt så stor jämfört med modellskaleförsöken så hade syrekonzentrationen med motsvarande brandgasventilation (fyra öppna brandventilatorer och samma genomsnittstemperatur i lokalen) inte påverkas speciellt mycket (20,5 % +/-0,25 % syre). Det visar att lokalens volym inte har avgörande betydelse för resultaten om lokalen är ventilerad med motsvarande antal brandventilatorer i taket. Om däremot ingen ventilation förekommer i lokalen så hade syrekonzentrationen för en lokal som är dubbelt så stor som i FMRC:s modellförsöken hamnat på betydligt högre nivå, strax under 20 % efter 50 minuter. Detta motsvarar den nivå som uppmättes med fyra öppna brandventilatorer i modellskaleförsöken.

Om lokalen hade varit hälften så stor så hade syrekonzentrationen hamnat på ungefär 16 % efter 50 minuter. Det hade kanske lett till att branden släckts och därför hade man fått helt andra resultat. Därför kan man säga att beroende på hur man lägger fram kriterierna så kan man få olika svar.

5.2 IITRI fullskaleförsök

IITRI (IIT Research Institute) i USA genomförde år 1977, på uppdrag av den amerikanska 'intra-industry Fire Venting Research Comittee', en litteraturstudie kring brandgasventilation i sprinklade byggnader. Litteraturstudien resulterade i att man 1980 - 1981 genomförde 45 fullskaleförsök i IITRIs laboratorie [20]. Försöken genomfördes i en del av laboratoriet som var 23 m x 7,6 m och 5,2 m hög. För att simulera branden som en del av en större byggnad anlades branden i ena hörnet av delbyggnaden (en fjärdel, se Figur 4). Som brandgasventilation anordnades två par av automatiska brandventilatorer i

laboratoriets tak (74°C smältsäkringar). Brandventilatorerna var ganska djupa vilket, kan ha betydelse för resultaten. Sprinklerna (74°C) bildade ett diagonalt mönster (45°) mellan branden och brandventilatorerna. Brandkällan bestod antingen av propanbrännare eller staplade träpallar. För varje bränsletyp varierades vattentryck och vattenflödet så att man uppnådde 'marginell' kontroll av branden med sprinklerna. Sedan varierade man brandgasventilationen för att se inverkan på sprinklersystem och antalet aktiverade sprinkler.



Figur 4 Schematisk bild över försöksanläggningen i IITRI försöken.

I försöken med propanbrännare visade sig vattenbehovet vara något lägre i försöken med brandgasventilation (något färre antal aktiverade sprinkler). I försöken med staplade pallar så fick man stora problem med tillförlitligheten i resultaten. Upprepade försök gav en stor variation i antal aktiverade sprinkler. Antalet varierade mellan 7 till 22 i fem försök utan ventilation och från mellan 12 till 20 i fem försök med ventilation. Eftersom fjärdedelsprincipen användes så borde detta motsvara 28 till 88 aktiverade sprinkler utan ventilation och 28 till 80 med ventilation. Variationen är enorm vilket har betydelse för vilka slutsatser som dras. Samma variation uppnåddes i temperatur- och syrgasmätningarna (17 - 21%), alltså inga konsekventa resultat.

För att lösa problemet med den kraftiga variationen i försöken så baserar författaren [20] sina slutsatser på det totala antalet aktiverade sprinkler i fem försök (fem med enbart sprinkler och fem med sprinkler och brandgasventilation). På så sätt kunde man visa att det inte var någon skillnad mellan försöken. Med enbart sprinkler utlöste totalt 85 sprinkler och med sprinkler och brandgasventilation totalt 84 sprinkler.

Baserat på dessa försök, som inte verkar särskilt vetenskaplig genomförda, så ansåg man att brandgasventilationen inte försämrar sprinklernas förmåga att kontrollera branden. Däremot kunde man inte se någon avgörande förbättring hos sprinklerna att kontrollera branden. På grund av försöken föreslog man följande uppgift för brandventilatorerna, om de installeras, i sprinklade byggnader:

- om sprinklern inte fungerar på grund av den mänskliga faktorn eller mekaniska fel så bör man kunna ventileras med hjälp av brandgasventilation,
- manuellt öppningsbara brandventilatorer för räddningstjänsten.

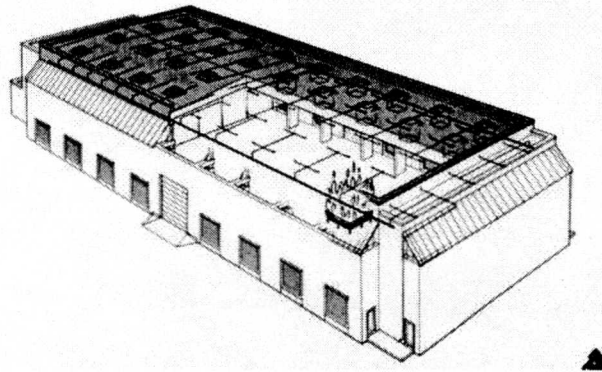
Heskestad har kritiserat [21] dessa försök. Han håller inte med om att försöken har visat att brandgasventilationen inte försämrar sprinklernas förmåga att kontrollera branden. Han påstår att resultaten från försöken inte rättfärdigar de rekommendationer som anges ovan. Han pekar på några brister i försöksserien:

- situationer där man påstod att ingen ventilation förekom stämmer inte, en av grundpelarna för bra termisk ventilation, tilluftsarean, fungerade inte som tänkt,
- de förhållande som rådde under försöken var inte välkontrollerade vilket kan ha påverkat resultaten.

5.3 Försöken i Ghent

5.3.1 FRS och Colt International

Fire Research Station (FRS) och Colt International som tillverkar brandventilatorer genomförde i slutet av 1980-talet ett antal fullskaleförsök i Ghent i Belgien i en övningslokal för brandförsvaret. Målsättningen med försöken var att verifiera teoretiska modeller för att beräkna inverkan av brandgasventilationen på sprinklernas aktiveringstider [22]. Försöksdata har dock använts för att dra mer generella slutsatser angående automatisk brandgasventilation i sprinklade byggnader.



Figur 5 *En schematisk bild över försöksanläggningen i Ghent. Branden var placerad i ena halvan av byggnaden.*

Försöken genomfördes i en byggnad som hade måtten 50 m x 18 m x 10 m. En 3,1 m djup rökskärm delade byggnaden upp i två delar, i den ena halvan (27 m x 18 m) stod brandkällan mitt på golvet med automatiska brandventilatorer i taket. På den andra sidan av rökskärmen fanns brandventilatorer i taket som stod öppna under hela försökstiden. Totalt fanns 20 brandventilatorer installerade i taket (1,5 m djupa) i den delen av byggnaden där branden fanns, var och en med en area på 1,67 m², placerade efter ett mönster som hade måtten 4,85 m x 4,5 m. Sprinklerna (68°C) monterades efter ett mönster med måtten 3,7 m x 2,4 m. Totalt fanns 16 stycken tilluftsöppningar (varje öppning 3,1 m² netto) vid golvnivå på långsidan av huset (se Figur 5).

I den första försöksserien bestod brandkällan av en Hexan poolbrand på 5,4 MW (scenario A). I den andra försöksserien bestod brandkällan av en snabbt växande Hexan brand (exponentiell) ända fram till den första sprinklern aktiverade. Direkt efter att första sprinklern aktiverade behöll man branden på samma nivå (varierade mellan 9 till 13 MW) i 30 sekunder för att sedan minska med 20 %. Detta förfaringsätt användes för att simulera en sprinklerkontrollerad brand (scenario B). Antalet brandventilatorer som öppnades varierade i försöksserien; 0, 10 eller 20 stycken och i ett fåtal försök användes 9 och 16 brandventilatorer. När brandventilatorerna användes var luckorna öppna från start. Det gjordes för att undersöka om brandgasventilationen kunde påverka aktiveringstiderna för sprinklerna.

Den första sprinklern aktiverade efter i medeltal 148 sekunder utan brandgasventilation, efter 155 sekunder med 10 brandventilatorer öppna och efter 160 sekunder med 20 brandventilatorer öppna. Enligt dessa resultat så ökar aktiveringsstiden för den första sprinklern linjärt med antalet öppna brandventilatorer. Mönstret för hur efterföljande sprinkler aktiverade berodde på försöksscenario (scenario A eller B). Det fanns en ytterligare parameter som visade sig ha stor betydelse för resultaten, nämligen vattentrycket i sprinklersystemet. I början hade man bara tillgång till vattenledningsnätet (3 bar vid en aktiverad sprinkler och 0,2 bar med 40 aktiverade sprinkler) vilket ledde till att i alla 55 sprinklerna i scenario A aktiverade både utan brandgasventilation och med 10 öppna brandventilatorer. När man höjde vattentrycket genom att installera en vattenpump (6 bar vid en aktiverad sprinkler och 1 bar med 40 aktiverade sprinkler) så blev resultatet helt annorlunda. När scenario A kördes (5,4 MW) med högre vattentryck och 10 öppna brandventilatorer så aktiverade endast 10 sprinkler jämfört med 55 sprinkler.

I scenario B, med högt vattentryck, aktiverade sex sprinkler inom en minut för både 10 och 20 brandventilatorer jämfört med nio aktiverade sprinkler inom samma tidsperiod utan brandgasventilation. Med 20 öppna brandventilatorer öppnades endast en sprinkler efter en minut och ingen sprinkler med 10 brandventilatorer öppna. I fallet utan brandgasventilation så började ytterligare sprinkler att aktivera ungefär 2 minuter från att första sprinklern aktiverade och efter ytterligare 2 minuter hade total 37 sprinkler öppnat.

De slutsatser som dras i rapporten angående brandventilatorernas inverkan på sprinkleraktiveringen är följande:

- för snabbt växande brand påverkades inte tiden till aktivering av första sprinklern om brandventilatorerna öppnades innan sprinklerna aktiverades,
- brandgasventilationen minskade antalet aktiverade sprinkler avsevärt,
- det fanns inga tecken på att ventilationen ökade antalet aktiverade sprinkler.

Heskestad har kritiserat [21] dessa försök. Han anser att försöken är mycket scenarioberoende när det gäller brandkällans interaktion med sprinklerna. Dessutom togs tilluften via öppningar i taket på andra sidan av röskärmen i försöken utan brandgasventilation. Därmed uppnåddes inte effekten av syresänkningen på brandeffekten. Nisse Gustafsson hos Industriförsäkring i Finland har också kritiserat [23] slutsatserna från dessa försök: *"It is clearly seen that the effect of ventilation on the operation of sprinklers was strong and detrimental in all cases. It must be appreciated that prevented or substantially delayed operation of any sprinkler close to, or directly above, the fire must be avoided"*. Han kunde också påvisa att slutsatsen om att ventilationen påverkade aktiveringsstiderna hos sprinklerna inte överensstämde med de slutsatser som författarna hade kommit fram till. De sprinkler som låg i närområdet av branden hade påverkas av att brandgasventilationens närvaro. Trots att fördröjningen rörde sig om 10 till 20 sekunder i flesta fall så kunde branden utvecklas under denna tidsperiod från 10,2 MW utan brandgasventilation till 14,2 MW med brandgasventilation.

Hela försöksupplägget gör att det är omöjligt att dra några generella slutsatser angående risken för att sprinklersystemet inte klarar av att kontrollera branden. Det finns ingen naturlig koppling mellan sprinklersprayen och brandkällan även om man har försökt simulera en kontrollerad brand. Försöken visar också att vattentrycket i sprinklerna har lika stor, om inte större betydelse för resultaten än brandgasventilationen. Brandventilatorerna var inte automatiska i något avseende vilket gör att hela försöksupplägget är mycket orealistiskt. Däremot tycker jag att försöken visar att brandventilatorernas inverkan på aktiveringen av första sprinkler inte är speciellt oroväckande. Aktiverings-

tiden ökade med 8 % när 20 brandventilatorer var öppna från start, jämfört med försöken utan brandventilatorer. Det som händer efter att första sprinklern har aktiverat är allt för scenarioberoende för att kunna användas för att dra några generella slutsatser.

5.3.2 Eurolux

År 1998 genomförde Eurolux, som är en Europisk organisation för brandventilator-tillverkare (European Group for Rooflights and Smoke-Ventilation), försök hos Belgian Fire Research Centre i Ghent. Tre försök genomfördes med en träribbstapel med 50 kg trä som brandbelastning och 2 försök med 30 kg polyetylen madrasser [24]. Samma byggnad som beskrivs i kapitel 5.3.1 användes för försöken. De försök som genomfördes var följande:

- 1) Automatiska sprinkler utan brandgasventilation, (träbrand),
- 2) Automatiska sprinkler med manuellt öppnade brandventilatorer (efter fyra minuter från start och där sprinklerna aktiverades någon minut efteråt) (träbrand),
- 3) Automatiska sprinkler med brandventilatorer öppna från start, (träbrand),
- 4) Inga sprinkler och ingen brandgasventilation, (madrasser),
- 5) Inga sprinkler och brandventilatorer som öppnades manuellt efter 3 minuter, (madrasser).

Följande slutsatser har dragits från dessa försök [24]:

- Systemen varken motverkar eller ersätter varandra,
- Båda systemen är nödvändiga, brandgasventilationen för att hålla utrymningsvägarna fria från rök och sprinklersystemet för att kontrollera branden,
- I vanliga fall verkar inte systemen påverka varandra negativt,
- Det finns möjlighet att använda båda systemen.

Man kan kommentera att försöken inte verkar vara vetenskapligt genomförda. Dessutom är de tydligen genomförda för att påvisa att brandgasventilationen inte påverkar sprinklernas förmåga att kontrollera branden. Därför är resultaten inte på något sätt överraskande. Det krävs dock bättre rapportering från försöken för att kunna göra en mer seriös bedömning av dess kvalitet.

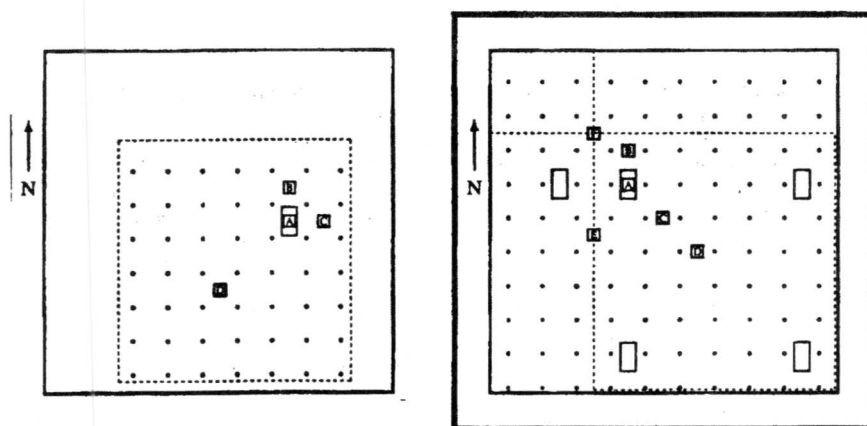
5.4 Försök organiserade av NFPRF i USA

National Fire Protection Research Foundation (NFPRF) organiserade ett fullskala-program år 1998 med syfte att undersöka samverkan mellan brandgasventilation och rökgardiner i sprinklade varulager. Bakom försöken stod ett antal företag och forskningsinstitutioner i USA. Både försök och numeriska datorsimuleringar genomfördes för att undersöka hur systemen påverkar varandra. Försöken genomfördes vid Underwriters Laboratory (UL) i USA [25].

Själva försökshallen har måtten 37 m x 37 m (golvyta) utrustad med ett höj- och sänkbart tak med måtten 30,5 m x 30,5 m. Försöksserien genomfördes under taket, antingen med

en heptanspraybrand (simulerad lagerbrand) eller en lagerbrand med riktigt gods. Försökshallen var försedd med ett mekaniskt frånluftssystem med minsta flödeskapacitet på $11 \text{ m}^3/\text{s}$ och högsta på $28 \text{ m}^3/\text{s}$.

Parallellt med försöken genomfördes ett antal numeriska datorsimuleringar med ett CFD program som kan inkludera många av de nödvändiga fysikaliska parametrar som krävs för att modellera interaktionen mellan systemen. Heptansprayförsöken genomfördes delvis för att få nödvändiga ingångsdata för datorsimuleringarna. I försöken med heptanspraybrand (Serie I och II) kördes ventilationen i försökshallen på lägsta flöde ($11 \text{ m}^3/\text{s}$) och i lagerförsöken kördes ventilationen på högsta flöde ($28 \text{ m}^3/\text{s}$). Takhöjden var 7,6 m i Serie I och en brandventilator fanns installerad i taket. I den andra försöksserien (heptanspray) och i lagerförsöken (Plastgods i kartonger staplade upp till 5,2 m) var takhöjden 8,2 m och fem brandventilatorer fanns monterade i taket. Rökgardiner (1,8 m djupa) användes i 16 av de 22 försök genomförda i Serie I och i alla 12 försök i Serie II samt i tre av de totalt fem lagerförsöken. I nedanstående figur visas layout för heptansprayförsöken och i Figur 7 visas layouten för lagerförsöken. Streckade linjer indikerar rökgardinernas placering och punkterna indikerar sprinklernas placering.

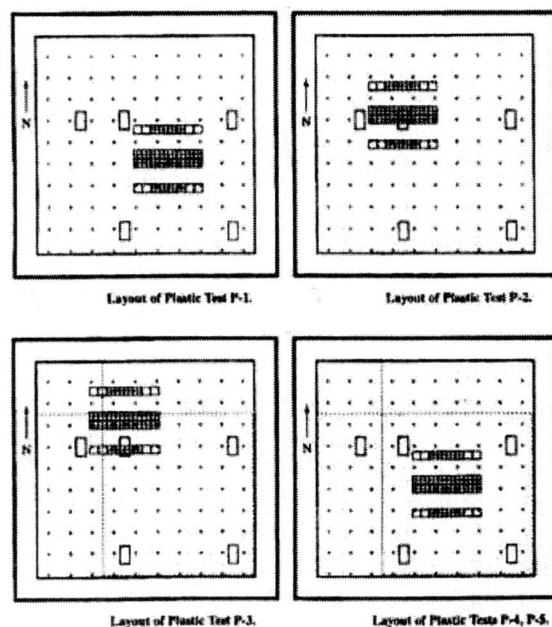


Figur 6 Layout för heptansprayförsöken. Serie I till vänster och Serie II till höger.

Totalt 49 stycken ELO-231 uppåtriktade sprinkler fanns installerade i taket. De hade en nominell aktiveringstemperatur på 74°C och ett RTI värde på $148 (\text{m s})^{1/2}$. Sprinklerna dimensionerades för en vattentäthet om $20,4 \text{ mm}/\text{min}$ vid konstant tryck. Brandventilatorn var $1,2 \text{ m} \times 2,4 \text{ m}$ och $0,3 \text{ m}$ djupa, med en smältsäkring på 74°C och RTI värde på $167 - 180 (\text{m s})^{1/2}$.

Heptanspraybranden bestod av en $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ rektangulär $\frac{1}{2}$ " rörslinga med två spraydysor på varje sida. Brandutvecklingen styrdes genom att manuellt kontrollera heptanflödet. Brandeffekten följde en αt^2 kurva med $\alpha = 1,78 \text{ kW}/\text{s}^2$ vilket motsvarar en FMRC brandkurva för plastgods i kartonger [26]. Branden följde denna kurva fram till en bestämd brandeffekt eller till dess att den första sprinklern aktiverade (vanligtvis $\sim 5 \text{ MW}$ i första serien och $\sim 10 \text{ MW}$ i den andra serien). Direkt därefter behöll man brandeffekten på konstant nivå.

Lagret bestod av ett dubbelställage, 10 m långt och ungefär $2,3 \text{ m}$ brett, med plastmuggar i kartonger, klass Plastic A [27] enligt FMRC klassificering och två enkelställage på varje sida av lagret med Class II gods. Plastic A och Class II är två olika standardgods som FMRC använt i många år för att testa sprinklersystem och klassificering av gods. I Figur 7 visas hur ställaget placerades i förhållande till brandventilatorerna och rökgardinerna.



Figur 7 Layout för försöken med FMRCs "standard plastic" gods.

Totalt genomfördes 39 stycken försök, varav fem stycken lagerförsök. Dessa försök i kombination med de numeriska datorsimuleringarna har använts för att dra följande slutsatser [25, 28]:

- brandgasventilationen fördröjde ej aktivering av sprinkler närmast brandkällan, antal aktiverade sprinkler, temperatur i tak eller bränsleförbrukning,
- en brand direkt under eller nära en brandventilator fördröjer sprinkleraktivering och antalet aktiverade sprinkler halverades jämfört med fallet utan brandgasventilation,
- brandlucka aktiveras ungefär samtidigt som första sprinklern när branden var direkt under en brandventilator,
- röskärmar dubblade antal aktiverade sprinkler jämfört med utan röskärmar,
- försök med tändkällan nära en röskärm (plastic A gods) resulterade i högre konsumtion av bränslet jämfört med när tändkällan var placerad långt från röskärmen,
- vattendroppar fördröjer aktiveringen av brandventilatorn,
- numeriska beräkningar visar att utflödet genom brandventilatorerna påverkas avsevärt av att sprinklerna kyler ner brandgaserna,

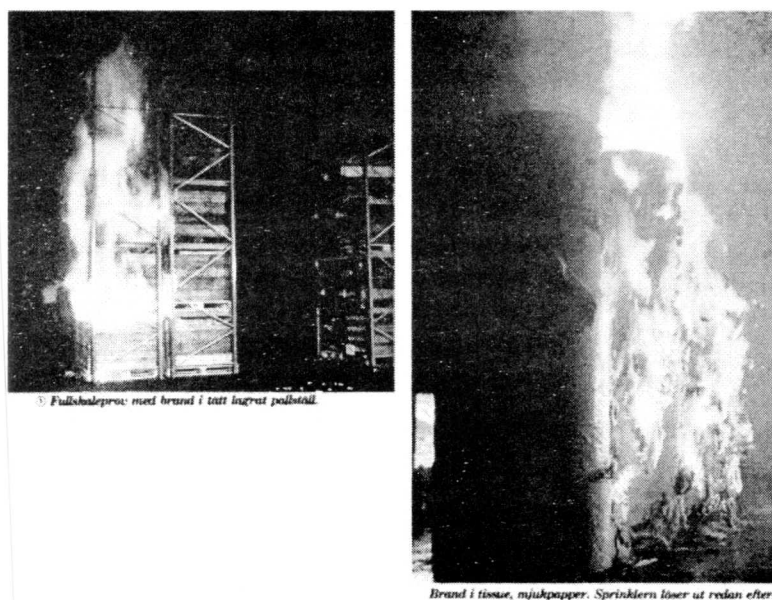
Dessa försök har inte kunnat ge tillfredsställande svar på frågan angående samtidig användning av sprinkler och brandgasventilation. De globala effekter som inträffar i verkliga bränder har inte tagits med i försöken. Försöken är genomförda under mycket välventilerade förhållanden, eftersom det fanns en mekanisk ventilation i försöksbyggnaden. Brandventilatorerna i taket har inte åstadkommit det de är dimensionerade för, eftersom rökgaslagret inte har byggts upp, så som man kan förvänta i en normal byggnad. Försöken har dock kunnat visa effekter på många mindre viktiga detaljer så som vattendropparnas inverkan på aktiveringsstiderna hos brandventilatorn, effekter av

placering av tändkälla i förhållande till rökskärm och placering av branden i förhållande till brandventilatorn.

5.5 Försök i Sverige

5.5.1 Försöken i Loddby

En försöksserie genomfördes i Loddby i Sverige år 1987 av försäkringsbolaget Skandia [29]. Följande beskrivning av Gösta Holmstedt från ett försök med sprinkler och automatiska brandventilatorer i taket finns i tidningen SkandiaTips Nr. 2, 1987: "Stora mängder rök bildas under hela brandförloppet. Efter cirka 3 minuters brand arbetar tre sprinkler i taket och dessa håller branden i schack inne i stället. Vid denna tidpunkt har rökgasskiktet nått så långt ner i lokalen att vi har ca 1 m fri sikt utefter golvet. Vi har fortfarande en besvärande brand inne i stället. Efter ca 3 minuter och 50 sekunder beslutade sig övningsledningen för att manuellt öppna brandgasventilationsluckorna i taket, då vi befaraede att ställagekonstruktionen annars skulle kollapsa till följd av den svåra branden i stället. Brandventilatorerna var försedda med smältlänkar för att automatiskt öppna vid en temperatur av 100°C. Luckorna öppnade inte automatiskt, vilket visar sprinklers goda förmåga att sänka temperaturen i taket trots den svåra branden - ett mycket intressant faktum! Brandventilatorerna kunde öppnas manuellt från en intilliggande lokal där vi inte hade brand och heller ingen rök. Efter ytterligare någon minut hade rökgasskiktet lättat så pass mycket att rökdykarna kunde tränga in i lokalen och snabbt släcka den nu begränsade branden i stället".



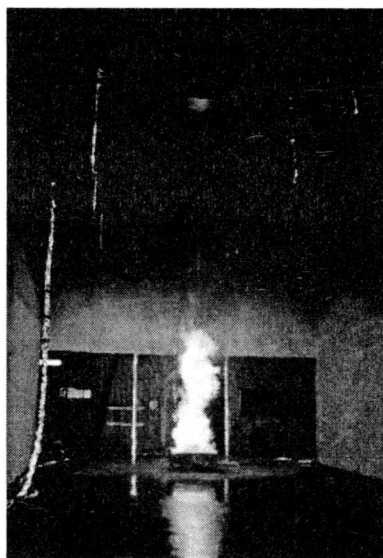
Figur 8 Försök genomfördes i Loddby 1987. Bilden är hämtad från SkandiaTips Nr. 2 1987.

Denna beskrivning är ganska representativ för hela problematiken. Utan möjligheter att ventileras kommer lokalen att vara rökfylld på grund av den intensiva branden. Genom att ventileras kan rökdykarna snabbt släcka branden. Det som också är kännetecknande är det faktum att sprinklerna ofta hindrar brandventilatorerna att öppna automatiskt om de är utrustade med smältsäkring.

5.5.2 Försök vid SP Brandteknik

SP Brandteknik genomförde på uppdrag av Brandforsk ett antal försök inom området år 1991 [30]. Försökens syfte var att genomföra försök som kunde användas för validering av CFD modeller och för att dokumentera lokala effekter i närområdet av en sprinkler och en brandventilator. Försöken genomfördes i ett rum som var 15 m långt, 7,5 m brett och 6 m högt.

Försöken visade att en brandventilator avsevärt kan påverka både temperatur- och hastighetsfältet i taket och därmed påverka aktiveringsstiden hos en sprinkler som placerad i närheten av brandventilatorn. Brandens placering i förhållande till brandventilatorn har stor betydelse för hur stora dessa effekter kommer att bli.



Figur 9 Försök genomfördes vid SP Brandteknik 1991 [30].

I försöksserien ingick också att uppskatta hur temperatur- och hastighetsförhållanden påverkas av en sprinklerspray under taket och i en öppen brandventilator i närheten av sprinklern. Försöken visade att vattensprayen kyler brandgaserna kraftigt under taket och att utströmningen genom en brandlucka påverkas avsevärt när sprinklern är placerad uppströms brandluckan. Försök med 0,5 m djupa balkar i taket genomfördes också. Det visade sig att balkarna förändrar temperatur- och hastighetsfältet mycket, vilket kan leda till att sprinklerna aktiveras vid andra tidpunkter än vad kan förväntas utan balkar.

Projektet har givit underlag för verifiering av fältmodeller. Fältmodeller är stora och komplicerade datorprogram som löser strömningstekniska problem genom att dela upp rummet i många volymelement. Fältmodeller eller CFD (Computerized Fluid Dynamics) kan t ex beräkna lokala ändringar i temperatur- och hastighetsfält i taket som orsakas av brandventilatorer, väggar eller balkar. Dessa program är betydligt mer avancerade än den beräkningsmodell som har utvecklats vid Fire Research Station. Någon verklig experimentell verifiering av fältmodeller för beräkning av samverkan mellan sprinkler och brandgasventilation hade inte funnits tidigare. Om beräkningarna ger tillförlitliga resultat, kan i ett större perspektiv, möjligheter öppnas för beräkning av aktiveringstid för olika typer av industritak, t ex lutande tak, tak med T-element, olika placeringar och höjder av balkar i tak.

Försöken visar att användning av förenklade modeller inte är tillfyllest, eftersom det är lokala effekter som i hög grad styr strömningssituationen vid taket. Balkar, väggar, rökgardiner, aktiverade sprinkler samt brandventilatorer är alla objekt som orsakar en

strömningssituation i närområdet som det är nästan omöjligt för en förenklad beräkningsmodell att simulera.

De försök som presenteras i SP Rapport 2001:18 är delvis kopplade till de försök som genomfördes 1991. Huvudsyftet med försöken var att bygga upp en databank för verifiering av modeller för beräkning av interaktionen mellan sprinkler och brandgasventilation.

5.6 Modellering

SP Brandteknik har på uppdrag av Brandforsk genomfört en kunskapssammanställning [9] kring modellering av samverkan mellan sprinkler och brandgasventilation. En av slutsatserna var att det inom en snar framtid, kanske inom fem år, kommer att finnas tillräckligt bra modeller för att förutsäga interaktionen mellan sprinkler och brandventilatorer. Det skulle innebära att man kan dimensionera samtidig användning av systemen för olika byggnader och olika brandscenarier. Största problemet för de som bygger modeller i dag är att tillgången på data från väl definierade experiment är begränsad. Det är alltså svårt att verifiera de teoretiska modeller som utvecklas. Denna slutsats byggde på den kunskap som fanns 1997.

I dag finns beräkningsprogram baserade på zon-modeller som kan användas för att beräkna fördelningen av sprinklerspray i rum under vissa förenklade antaganden. Modellerna kan användas för att undersöka hur sprinklersprayen kyler brandgasen och hur vattendropparna som når fasta ytor fördelas [31, 32, 4]. Vidare finns modeller som kan räkna rökghöjd, gastemperatur och aktivering av sprinkler för olika geometrier, brandeffekter och brandventilatorer [33, 34]. Inverkan av rökskärmar kan också inkluderas [35]. Dock kan man inte simulera interaktion mellan sprinkler och brandventilatorer eller sprinklerspray och en brandplym.

I dag koncentreras forskningsinsatserna i huvudsak på att teoretiskt förbättra de delmodeller som beskriver vattendropparnas interaktion med ett varmt brandgaslager. Dessa modeller kan implementeras i så kallade CFD program med vilka man med hög noggrannhet kan beräkna strömningförhållandena i olika punkter i ett rum [36, 37, 38]. Sådana droppmodeller är bara delvis verifierade. Med hjälp av dessa modeller kan man sedan undersöka brandgasventilationens inverkan på sprinklerna och sprinklernas inverkan på rökförhållandena inuti byggnaden och därmed inverkan på brandgasventilationen. Vissa av de modeller vi pratar om här är mycket avancerade, men de kommer inom snar framtid att kunna användas för praktiskt bruk.

Det är svårt att lösa hela problematiken kring sprinkler och brandgasventilation utan att modellera interaktionen mellan vattendropparna och själva brandhärden. Här har vissa framsteg gjorts, speciellt när det gäller simulering av släckning i gasfas med sprinkler [39]. Detta forskningsområde är mycket komplext och här är CFD modeller mycket användbara. Det krävs dock betydligt mer arbete för att göra modellerna tillräckligt generella när det gäller inverkan av sprinklersprayen på brandkällan och inverkan av sänkt syrekonzentration på brandeffekten. Andra närbesläktade områden som kräver behandling för att fullständigt täcka problemet med samtidig användning av sprinkler och brandgasventilation är rökfylldhet (smoke logging) och fenomenet med icke aktiverade sprinkler (sprinkler skipping).

De experimentella insatser som genomförts fram till i dag har till stor del koncentreras till droppstorleksmätningar av olika slag i en sprinklerspray, utan någon koppling till brandkällan. Av de försök som genomförts med samtidig användning av sprinkler och brandgasventilation har inga försök varit tillräckligt väldefinierade för att medge en verifiering av de delmodeller som ingår i CFD program.

5.7 Framtida försök

Det finns fortfarande intresse av att starta stora internationella projekt kring frågan om kombinationen sprinkler och brandgasventilation. I Storbritannien har Institution of Fire Safety Engineers bildat en särskild arbetsgrupp för att lösa problemet med sprinkler och brandgasventilation [16], särskilt som man anser att försöken organiserade av NFPRF vid UL år 1998 inte gav tillräckligt bra svar. Förslaget bygger på att fortsätta enligt det förslag som Brandforsk lämnade kring storskaliga försök år 1993 [9]. Arbetet fortgår under ledning av Edinburgh University.

I USA har ett annat projekt startat under ledning av AAMA Smoke Vent Task Group. Det arbetet har kommit betydligt längre än det brittiska. Projektgruppen planerar att göra försök som har en nära koppling till de anvisningar som står i NFPA 204 [16], där utgångspunkten är de försök som NFPRF organiserade 1998. Enligt den plan som har presenterats så kommer dessa försök att likna de försök som genomfördes hos UL (se kapitel 5.4). Både heptan och standardgods från kommer att användas. Det blir dock i en ny försökshall eftersom man anser att UL's brandhall inte visade fördelarna med brandgasventilationen tillräckligt väl. Man kommer även att samla data för fortsatta valideringar av de CFD program som har utvecklats på senare tid.

Craig Beyler från Hughes Associates är en av huvudpersonerna bakom projektet. Han har bland annat konstaterat följande i en nyutkommen rapport [40]:

"The experimental studies have shown that early vent activation has no detrimental effects on sprinkler performance and have also shown that current design practices are likely to limit the number of vents operated to one and vents may in fact not operate at all in very successful sprinkler operations".

Beyler har nyligen publicerat en artikel [41] där han hävdar att:

- principen att låta brandventilatorer aktiveras efter sprinklern för att undvika påverkan på sprinklersystemets prestanda är ett dåligt råd. Brandventilatorerna har ingen inverkan på sprinklernas prestanda och fördröjning av brandventilatorernas aktivering försämrar bara deras effektivitet,
- det är viktigt att man strävar efter att brandgasventilationen ska aktiveras snabbare och i större omfattning än vad som är fallet i dag. Data indikerar att det Europiska tillvägagångssättet att öppna hela grupper av brandventilatorer baserad på tidigt detektering är rätt väg att gå,
- rökskärmar ska behandlas som obstruktion (på samma sätt som man gör med balkar) vid dimensioneringen av sprinklersystemet och att de ska monteras över truckgångarna och inte tvärs över stället i en lagerbyggnad.

Hans åsikter är välgrundade och bygger på analys av 13 fullskala och modellskale-experiment [40, 41]. De pekar också emot de rådande åsikter man har i USA idag.

6 Diskussioner

6.1 Splittrad debatt

Det finns många argument för och emot automatisk brandgasventilation i sprinklade byggnader. Förespråkarna hävdar bland annat att automatisk brandgasventilation ökar personsäkerheten, reducerar temperaturen vid en brand och att ventilationen inte har någon nämnvärd inverkan på aktiveringen av den första sprinklern. Motståndarsidan däremot argumenterar att automatisk brandgasventilation inte är kostnadseffektivt, att den ökar syretillförseln till en brand och att antalet aktiverade sprinkler påverkas. Men vad ligger bakom denna debatt?

Helt klart är att debatten till stor del har sin utgångspunkt i amerikanska laboratorie-försök och att andra försöksserier, både i USA och i Europa, har spätt på debatten.

De försök som hittills har genomförts kännetecknas av två olika filosofier och angreppssätt av problematiken. Antingen har man genomfört försök inriktade på egendomsskydd, där begränsad hänsyn har tagits till utrymningsproblematiken och räddningstjänstens inverkan på förloppet eller så har man inriktat sig på försök där personsäkerheten har stått i fokus och där man beaktat räddningstjänstens inverkan.

Den förstnämnda filosofien härstammar från USA och den andra från Europa, och de olika synsätten på brandsläckning präglar naturligtvis diskussionerna. I USA är grundfilosofin "låt sprinklern göra sitt jobb, ventilera sedan". Man tillåter manuellt öppningsbara brandventilatorer förutsatt att man inte använder dem cirka 30 minuter från det att sprinklerna startat. Efter denna tidsperiod anser man att branden är under kontroll och att det är tryggt för räddningstjänsten att gå in.

Denna filosofi står i direkt konflikt med det Europeiska sättet att arbeta, dvs. tidig brandventilering i alla byggnader, oavsett om de är sprinklade eller inte.

Ett sprinklersystem dimensioneras inte med hänsyn till byggnadens storlek (volym) eller naturliga läckage genom öppningar eller otätheter. Däremot vet vi att byggnadens storlek och täthet inverkar på brandens intensitet och tiden till dess att branden är under kontroll. En brand i en liten lokal är lättare att kontrollera än en brand i en mycket stor lokal, förutsatt att vi har samma brandbelastning. Denna "fördel" för sprinklersystemet diskuteras endast när man ska ventilera den sprinklade branden. Ett av argumenten mot brandgasventilationen i sprinklade byggnader är just inverkan av ventilationen, alltså tillgången på syre, på brandintensiteten. Eftersom sprinklersystemet dimensioneras utan någon hänsyn till byggnadens ventilationsförhållanden eller storlek så är det rimligt att tro att brandgasventilationen inte påverkar eller försämrar utgångsläget för sprinklerna i någon större omfattning.

6.2 Inga dokumenterade verkliga fall med problem

Erfarenheten från verkliga bränder visar att brandgasventilationen fungerar bättre ju större de sprinklade bränderna är när räddningstjänsten anländer. Det finns många fall där brandgasventilation har underlättat räddningstjänstens insats vid sprinklade bränder. Däremot finns inga konkreta fall i litteraturen där sprinklerna har förlorat kontrollen på grund av att man brandgasventilerat byggnaden. Man kan därför påstå att mycket av den diskussion och debatt som präglat frågan angående brandgasventilation i sprinklade byggnader mer är ett akademiskt än ett praktiskt problem.

Tilläggas bör att det inte finns några dokumenterade fall där brandgasventilationen har varit avgörande för de utrymmande i sprinklade bränder.

6.3 Regelverken prioriterar manuell aktivering av brandgasventilation

Om man studerar de regelverk och rekommendationer som används i Sverige och USA, samt de kommande krav som diskuteras inom Europastandardiseringen, kan man konstatera att manuell aktivering av brandgasventilation generellt prioriteras.

I Sverige rekommenderar man att automatiska brandventilatorer har en nominell öppningstemperatur som är 20 - 30°C högre än sprinklernas nominella aktiveringstemperatur. Detta krav innebär i praktiken att brandventilatorerna troligen inte kommer att öppnas automatiskt vid en brand.

I de amerikanska reglerna från Factory Mutual (FM) har man gått så långt att man anser att permanenta brandventilatorer inte är kostnadseffektiva, utan man rekommenderar att brandgasventilation sker via dörrar, fönster eller andra öppningar och utförs av räddningstjänsten. Inställningen i rekommendationerna från NFPA är liknande, brandgasventilation skall avvaktas till dess att sprinklerna har branden under kontroll.

Inom Europastandardiseringen har frågan om kombinationen av sprinkler och brandgasventilation diskuterats mycket. Här har man sökt att nå enighet runt ett förslag som innebär att frågan behandlas olika, beroende på vilken typ av brandrisk och vilket primärt skyddsmål, egendomsskydd eller personskydd, som man har. Ännu är dock inte sista ordet sagt, eftersom diskussionerna har präglats av stor oenighet.

6.4 Resultat och tolkningar av resultat från brandförsök är motstridiga

Ett antal större försöksserier, både i modellskala och i fullskala, har genomförts. Resultaten har inte alltid varit konkreta, och dessutom har både försöksupplägg och tolkningarna av resultaten vållat en hel del diskussioner.

En av de försöksserier som ofta omnämns i denna rapport är de modellskaletförsök som genomfördes av FMRC år 1974, se kapitel 5.1. Försöken visade att brandgasventilation har flera negativa effekter, eftersom syre tillförs branden. Detta gör att brandens intensitet ökar, vilket aktiverar fler sprinkler. Försöken visade också att det krävdes en brand som kontrollerades av 20 sprinkler innan brandventilatorerna öppnade. Om brandventilatorerna ligger nära initialbranden så finns det risk att de inte öppnar överhuvudtaget. Därför måste det finnas en möjlighet för räddningstjänsten att öppna brandventilatorerna manuellt från en lämplig plats. Försöken och dess slutsatser har dock fått mycket kritik.

Även i Europa har man genomfört flera fullskaleförsök, dock med något annorlunda inriktning. I försöken i Ghent (beskrivs i kapitel 5.3) i slutet av 1980-talet, undersökte man inverkan av aktiveringstiden för sprinkler när en hel grupp med brandventilatorer stod öppna. Försöken har sitt ursprung i ett förslag att aktivera brandventilatorer med hjälp av rökdetektorer, som har sitt ursprung från några bränder som inträffade i olika köpcentra i Storbritannien på 70-talet. Resonemanget var att brandgasventilationen borde ha företräde före sprinklerna i den typen av byggnader. Förslaget gav upphov till en viss oro att för tidigt öppnade brandventilatorer kan äventyra sprinklernas förmåga att kontrollera branden. Den debatt och den modellering som skulle bevisa att så är inte fallet ledde fram till försöken i Ghent. Försöken visade att aktiveringen av den första

sprinklern inte påverkas när alla brandventilatorerna var öppna från brandstart. Däremot kunde de påverka efterföljande sprinkleraktivering, vilket ansågs vara förödande för sprinklersystemet. Försöken har kritiserats av de som menar att det inte finns någon möjlighet att dra sådana slutsatser, eftersom branden utgjordes av en brand i Hexan, vilken inte påverkas av sprinklersystemet.

Försöken som initierades och organiserades av NFPRF (beskrivs i kapitel 5.4) under slutet av 1990-talet visar också att aktiveringen av de första sprinklerna inte påverkas av brandgasventilationen. Däremot hade vattendropparna från de först aktiverade sprinklerna stor inverkan på efterföljande aktivering för sprinkler längre bort från branden. Det visade sig att vattendropparna även kunde påverka aktiveringen av automatiska brandventilatorer med smältsäkring. Om man analyserar de försök som har genomförts så inser man att sprinklersprayen kan påverka aktiveringstiderna hos brandventilatorerna avsevärt, speciellt om sprinklerna är mycket effektiva (högt vattenflöde och tryck). Försöken har ifrågasatts av experter som hävdar att försökshallen inte är representativ med verkliga byggnader.

Liknande slutsatser som vid ovanstående försök redovisas i SP Rapport 2001:18. Det verkar som att det finns en kritisk brandstorlek för att överbrygga ovanstående effekter.

6.5 I praktiken behöver frågan hanteras på olika sätt, från fall till fall

Det är tydligt att frågan om man kan kombinera sprinkler och brandgasventilation måste hanteras från fall till fall, utifrån förutsättningarna för systemens förmåga att hantera olika situationer. Det som kan inverka på resultatet är i första hand:

- sprinklersystemets möjligheter att kontrollera eller släcka branden,
- aktiveringsprincipen för brandventilatorerna (smältsäkring, rökdetektor, och/eller manuell aktivering),
- verksamheten i byggnaden (köpcentra, verkstadslokal, lagerlokal, etc),
- storleken och komplexiteten av byggnaden (golvarea, takhöjd, etc),
- räddningstjänstens insatsmöjligheter.

Ett sprinklersystem är dimensionerat för att kontrollera eller dämpa ("suppression") en brand oavsett, om det finns brandgasventilation eller inte. Antalet sprinkler som kommer att aktiveras avgörs bland annat av brandens tillväxthastighet, lokalens höjd och typen av sprinkler. Släckresultatet kommer att variera beroende på brandens geometri, brandbelastningen, lokalens geometri samt vattentrycket och droppstorleksfördelning vid varje aktiverad sprinkler.

Om sprinklersystemet är dimensionerat för att effektivt dämpa branden, såsom för ESFR sprinkler, så är det tveksamt utifrån både tekniskt och ekonomisk synvinkel att motivera automatiskt brandgasventilation. Försök visar att brandventilatorer med smältsäkring inte alltid öppnar i en sådan situation. Dessutom bildas betydligt mindre rökmängder jämfört med sprinkler som kontrollerar en brand. Den rök som produceras kan i vissa fall ventileras bort genom att öppna fönster och dörrar och/eller med hjälp av räddningstjänstens mobila fläktar.

Om sprinklersystemet är dimensionerat för att kontrollera branden så är utgångsläget ett helt annat. I detta fall kan brandgasventilationen spela en avgörande roll för räddningstjänstens insatssituation, eftersom den ventilerar bort den kraftiga rök- och värmeutvecklingen och därmed underlättar insatsen.

Det finns de som hävdar att det finns en risk att sprinklernas aktiveringstid kan påverkas om brandgasventilationen aktiveras före sprinklern. Det finns dock inga försök som entydigt visar att sprinklern inte har släckt eller kontrollerat branden trots denna fördröjning. I dagsläget finns det till och med röster som hävdar att man ska öppna brandventilatorerna i grupper om flera, i ett mycket tidigt skede av brandförloppet.

I Sverige använder räddningstjänsterna alltmer mobila övertrycksfläktar för att ventileras vid bränder i lägenheter. Det går även att ventileras mindre industrilokaler med hjälp av övertrycksfläktar. Fläktarna placeras framför en dörröppning till byggnaden och skapar ett övertryck i lokalen. Tekniken förutsätter att man har en frånluftsöppning i form av fönster, dörrar eller taköppningar. Eftersom frånluftsöppningarna är mycket viktiga för övertrycksventilationen så är det en fördel att installera brandventilatorer i taket. Övertrycksfläktarna kan öka brandgasventilationens effektivitet i sprinklade bränder eftersom den termiska kraften försämras på grund av kylningen av brandgaserna.

6.6 Diskussionerna går vidare, nya försök planeras

Diskussionerna om samverkan mellan sprinkler och brandgasventilation går vidare, både i USA och i Europa. Det finns två starka drivkrafter för detta, för det första anser man att tidigare försök inte har gett alla nödvändiga svar, och för det andra finns det, åtminstone i USA, röster som gör gällande att man helt bör ändra strategi och initiera brandgasventilation i ett tidigt skede av brandförloppet. En mycket intressant tanke som naturligtvis främjar restvärdesskyddet i lokalen, eftersom en tidig brandgasventilation kan reducera rökskadorna.

7 Slutsatser

Det går inte att dra några generella slutsatser angående frågan om man ska tillåta automatisk brandgasventilation i sprinklade byggnader eller inte. Frågan måste diskuteras utifrån från fall till fall, beroende på systemens förmåga att hantera olika situationer och vilket skyddsmål man har. Vissa riktlinjer kan dock sammanfattas enligt nedan.

I sprinklade lokaler med enbart taksprinkler och där det finns risk för mycket snabb brandtillväxt, såsom lagerlokaler med hög brandbelastning och högt staplade produkter eller varor (>5 m), rekommenderas enbart manuellt öppningsbara brandventilatorer. Detta är särskilt viktigt om sprinkler som är dimensionerade för att dämpa branden, såsom ESFR sprinkler, används. Vad gäller dessa sprinkler så tillåts i princip inte automatiska brandventilatorer.

En automatisk öppningsmekanism, typ en smältsäkring, kan användas i sprinklade industribyggnader eller verkstadslokaler där det inte förekommer högt lagrat gods eller gods med hög riskklass. Det finns heller inget i den litteratur som vi studerat som motsäger användningen av gruppaktivering av brandventilatorer, via signal från rökdetektorer eller flödesvakt för denna typ av byggnader.

I byggnader där man förutom egendomsskyddet även prioriterar en hög personsäkerhet, till exempel köpcentra, så bör man överväga att använda snabbare öppningsmekanismer typ rökdetektorer för att underlätta utrymning.

Försök visar att arean hos brandgasventilationen i sprinklade lokaler är av mindre betydelse än i lokaler utan sprinkler. Det visar att man kan minska arean i sprinklade byggnader jämfört med byggnader som inte är sprinklade. Hur mycket får avgöras från fall till fall.

8 Referenser

- 1 Brandsjö, K., personlig kommunikation, februari 2001
- 2 Jackman L.A., "Sprinkler Spray Interactions with Fire Gases", PhD thesis, South Bank University, 1992
- 3 Jackman L.A., "The Interaction of Sprinkler Spray Drops with Obstacles and Fire Gases", South Bank University (Brandforsk Project Report), 1992
- 4 Jackman L.A., "The Developments of the 3D Spray Model SPLASH", Progress report to Brandforsk, 1994
- 5 Holborn P.G., "The Effect of Different Warehouse Fire Scenarios on Fire Protection", South Bank University (Brandforsk Project Report), April 1995.
- 6 RUS 120:4, "Regler för automatisk vattensprinkleranläggning", FSAB Försäkringsbranschens Serviceaktiebolag, 1993
- 7 "Brandgasventilation för industri och lagerbyggnader, SBFs Rekommendationer 5:3 1982", Svenska Brandförsvarsförbundet
- 8 Brandsjö, K., "Brandteknisk handbok Brandventilation", Svenska Brandförsvarsförbundet, 1965
- 9 Person, B., Ingason, H., "Modelling of Interaction between Sprinklers and Fire Vents", SP Report 1996:32
- 10 Brandsjö, K., "50 miljoner räddat av fungerande brandskydd", artikel i tidningen Brandförsvar 10/1982
- 11 Brandsjö, K., "Brandrökventilation och sprinkler avvärdade 100-miljoner kronorsbrand", artikel i tidningen Brandförsvar 5, 1964
- 12 Heselden A.J.M., "The Interaction of Sprinklers and Roof Venting in Industrial Buildings: The Current Knowledge", BRE Report CI/Sfb 2 (68.54), 1984
- 13 Thomas, P., and Hinkley, P. L., "Design of roof-venting systems for single-storey buildings", FRS Technical paper No.10 (1964) HMSO
- 14 Heskestad, G., "Model Studies of Automatic Smoke and Heat Vent Performance in Sprinklered Fires", Technical Report FMRC Serial No. 21933RC74-T-29, Factory Mutual Research Corporation, Norwood, MA, September 1974
- 15 CEA 4001:2000_04(en) – Sprinkler systems planing and installation, Comité Européen des Assurances
- 16 Morgan, H., personlig kommunikation, 1 februari 2001
- 17 Morgan, H., "Combining sprinklers and vents; an interim approach", Fire Surveyor 22 (2) 10-14, 1993
- 18 Morgan, H., "Sprinklers and smoke exhaust ventilation: when can they be used together?", Eurofire 99, konferens, Belgien 1999

-
- 19 Miller, E., Waterman, T., and Ward, E., "Fire Protection Handbook", 18th Edition, Addendum to Confining Fires by Heskestad, Automatic Heat and smoke venting in sprinklered buildings, pp. 7-114 to 7-116
 - 20 Waterman, T.E., "Fire Venting of Sprinklered Buildings", Fire Journal - March 1984
 - 21 Heskestad, G., Review of "Fire Venting of Sprinklered Buildings", T. E. Waterman et al', Letter to the Editor , Fire Journal , Vol 78, No 5 September 1985, p. 6
 - 22 Hinkley, P. L., Hansell, G. O., Marshall, N.R. and Harrison, R., "Large Scale Experiments with Roof Vents and Sprinklers, Part 1 and 2", Fire Science and Technology, Volume 13 No. 1 and No 2, p. 19-59, 1993
 - 23 Gustafsson, N.E., "Smoke Ventilation and Sprinklers-A Sprinkler Specialist's view", Seminar at the Fire Research Station , Borehamwood, Herts., 1992
 - 24 Dr. Pfeffer, Personlig kommunikation via brev till Henry Persson, SP, Cooperation between sprinkler and smoke and heating vents TC191 WG5, TC SC 1
 - 25 McGrattan, K, Sheppard, D, "Large Scale Tests of Sprinkler, Vent and Draft Curtain Interaction", Proceedings Interflam '99, 1999, p. 685
 - 26 J., Troup, "Large-Scale Fire Tests of Rack Stored Group A Plastics in Retail Operation Scenarios Protected by Extra Large Orifice (ELO) Sprinklers", Technical Report FMRC J.I. 0X1R0.RR, Factory Mutual Research Corporation, Norwood, Massachusetts, November 1994
 - 27 R. D., Dean, "Stored Plastic Test Program", Technical Report FMRC J.I. 202069, Factory Mutual Research Corporation, Norwood, Massachusetts, June 1975
 - 28 McGrattan, K. B., Hamins, A., Stroup, D., "Sprinkler, Smoke & Heat Vent, Draft Curtain Interaction, Large Scale and Model Development", Technical Report, NISTIR 6196-1, September 1998
 - 29 Gösta Holmstedt, "Begränsa och kontrollera en brand - Sprinklers viktigaste uppgift", artikel i SkandiaTips nr 2, 1987
 - 30 Ingason, H. and Olsson, S., "Interaction of Sprinkler and Fire Vents", SP Report 1991:12, Swedish National Testing and Research Institute (SP)
 - 31 Heskestad G., "Sprinkler/Hot Layer Interaction", NIST-GCR-91-590, 1990
 - 32 Gardiner A. J., "The Mathematical Modelling of the Interaction Between Sprinkler Sprays and the Thermally Buoyant Layer of Gases from Fires" PhD thesis, South Bank University, 1988
 - 33 Hinkley, P. L., "The effect of vents on the opening of the first sprinkler", Fire Safety Journal, 11, pp. 221-225, 1986
 - 34 Hinkley P. L., "The Effect of Smoke Venting on the Operation of Sprinklers Subsequent to the First", Fire Safety Journal, Vol. 14, 1989, pp. 221-240

-
- 35 Cooper, L.Y., "Estimating the Environment and the Response of Sprinkler Links in Compartment Fires with Draft Curtains and Fusible Link-Actuated Ceiling Vent-Theory", *Fire Safety Journal*, Vol. 16, 1990, pp. 137-163
 - 36 Holborn P.G., "Development of the JASMINE Sprinkler Model", South Bank University (Brandforsk Project Report), 1996
 - 37 Forney G.P. and McGrattan K.B., "Computing the Effect of Sprinkler Sprays on Fire Induced Gas Flow", *Proc. International Conference on Fire Research and Engineering*, Sept. 10-15, 1995, Orlando, USA (Editors D. P. Lund and E.A. Angell)
 - 38 Nam S., "Numerical Simulation of Actual Delivered Density of Selected ESFR Sprinklers. Part II: Simulation and Validation", FMRC Report, J.I.0R0J1.RA/0r0J2.RA(4), 1995
 - 39 Novozhilov V., Fletcher D.F., Moghtaderi B. and Kent J.H., "Numerical Simulation of Enclosed Gas Fire Extinguishment by a Water Spray", *Journal of Applied Fire Science*, Vol. 5, No. 2, 1995-96, pp. 135-146
 - 40 Beyler, C. and Cooper, L. "Interaction of Sprinklers with Smoke and Heat Vents", Baltimore, MD, Hughes Associates, Inc., 1999
 - 41 Beyler, C., "The Right Combination, Fire Prevention", *Fire Engineers Journal*, May 2001, pp. 44-47