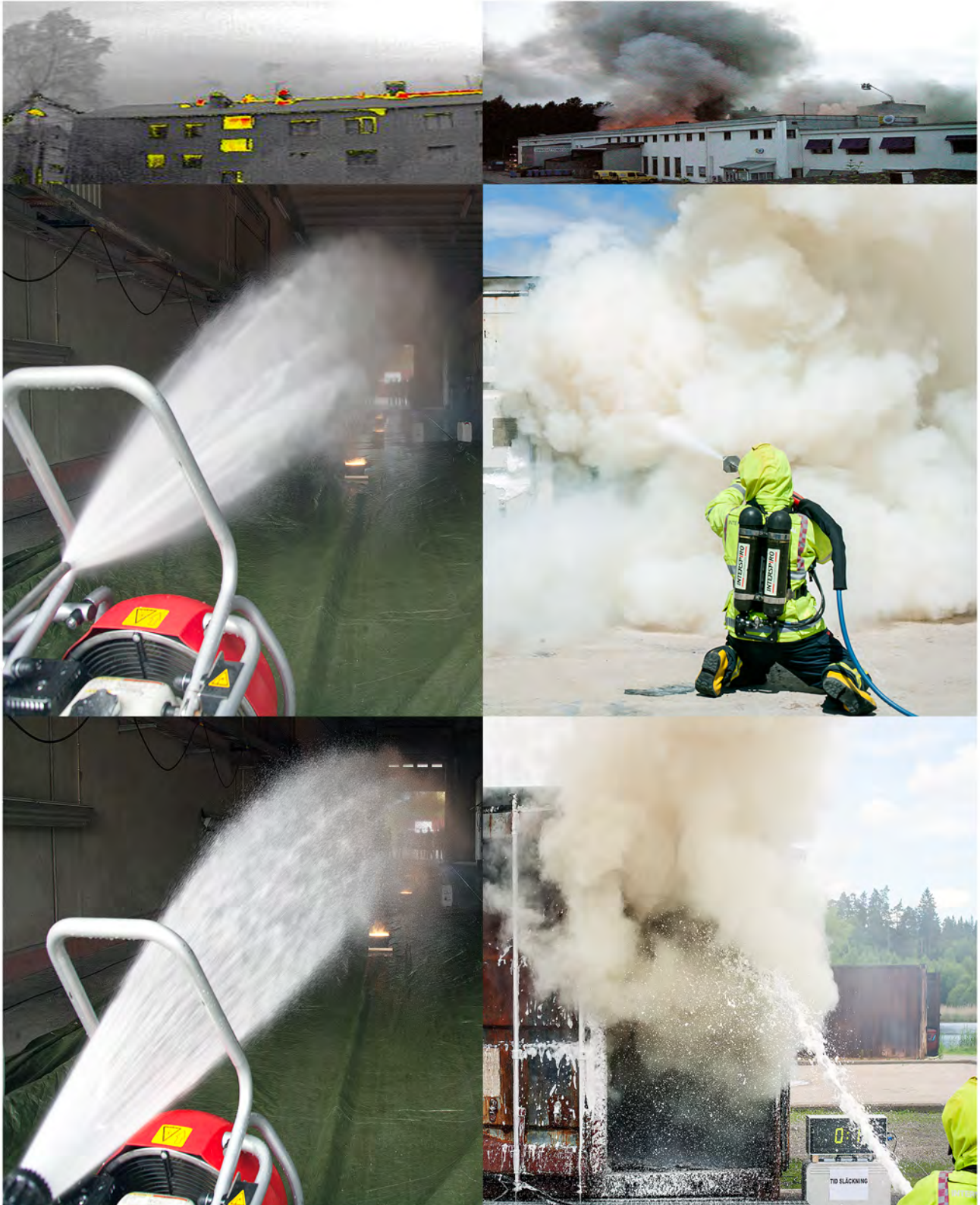




Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

Förmåga och begränsningar av förekommande släcksystem vid brand i byggnad – fokus på miljöarbete



Förmåga och begränsningar av förekommande släcksystem vid brand i byggnad – fokus på miljöarbete

Detta är en MSB studie där SP Sveriges Tekniska
Forskningsinstitut (SP) och Södra Älvsborgs
Räddningstjänstförbund (SÄRF), har utfört arbetet på
uppdrag av MSB.

Huvudförfattare har varit Johan Lindström (SP) med hjälp av
i första hand Glenn Appel (SP), Krister Palmkvist (SÄRF)
och Kamil Oskar Bialas (SP).

Publikationsnummer: MSB618

ISBN-nummer: 978-91-7383-390-5

Abstract

The purpose of this study has been to present the available extinguishing methods and their "Method Ability" for external extinguishment on building fires. The focus has been on both the environment and the working environment for the fire fighters.

In the Swedish regulations regarding entering of a burning building, AFS 2007:7, it's stated that external extinguishment should be the first choice for handling a fire. Unfortunately, many fire services are still entering burning buildings as a first measure to extinguish the fire. The rules are made to protect the fire fighters from dangers linked to exposure of fire. The conclusion of this report is that in many cases, alternative extinguishing methods is better to use from the outside than conventional methods.

The report encourages an external extinguishment through several facts. The exposure of carcinogenic substances which is absorbed through the skin decreases and all risks regarding being inside a burning building is eliminated. The report contains stories from actual fires where alternative extinguishing systems have been used in innovative ways with success.

Because of the fact that the water flow rate is drastically lower in some of the alternative extinguishing systems compared to conventional methods, the amount of water used to extinguish a fire will decrease. As a consequence of this, the spreading of hazardous substances from the excessive water will be reduced. When using foam or other additives to increase the extinguish ability, the effect on the environment should always be in mind. The Incident Commander (IC) has to evaluate the positive and negative aspects of using foam agents in every situation. The spreading of hazardous substance from the foam agent should be weighed as a heavy parameter. In certain situations it might be better to let an object burn down instead of using massive amounts of water or foam.

In the end of the report there are two tables that gives a ruff description of the differences between the most common extinguishing systems in Sweden today. Water mist systems are very good in situations where the fire is situated in an enclosed space whereas foam systems are superior in fighting liquid fires etc. The report describes various situations where different extinguishing methods has been used with success.

The usage of foam agents has a negative effect on the environment. The effect differs depending on the composition of the foam agent. To get a film forming foam, some form of fluor chemicals needs to be added. Historically, manufacturers has often added PFOS which later on has turned out to be aggressive on the environment and for humans by being bio accumulative, persistent and poisonous. Other foam agents claim to be "environmentally friendly" because of their short time of degradation. A fast degradation results in a lot of oxygen being used from water creeks, affecting aquatic animals by suffocating them. What subjects being formed during a degradation of different foam agents is yet to be investigated. PFOA, the replacement for PFOS, has also an effect on the environment and humans. PFOA is now also under investigation to be prohibited.

It is alarming that first responders in Sweden uses foam more and more when research shows negative effects on both humans and nature.

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	4	
Förord	5	
Sammanfattning	6	
Inledning	7	
1.1	Metod för genomförande av studien	7
1.2	Avgränsningar i studien	7
1.3	Definitioner	8
2	Miljöarbete – vårt viktigaste arbete	11
2.1	Arbetsmiljö vid insats mot brand i byggnad	11
2.2	Forskning kring påverkan på människa och miljö	12
2.3	Räddningstjänstens användning av skumvätskor	15
3	Beskrivning av olika släckmedel och släcksystem	19
3.1	Vatten som släckmedel	19
3.2	Vattenbaserade släcksystem	20
3.3	Vatten med tillsatsmedel	32
3.4	Multisystem	38
3.5	Icke vattenbaserade släcksystem	39
4	Värmekamera med IR teknik som beslutsstöd	45
5	Erfarenhetsåterkoppling från sex insatser	48
6	Examensarbete kring användandet av alternativa släcksystem	65
7	Utbildning	67
8	Analys och diskussion	70
8.1	Miljöarbete	70
8.2	Metodförmåga	72
8.3	Släcksystem	73
8.4	Sammanställning över släcksystemens kapacitet	77
8.5	Bas konceptet	86
8.6	Kan brand- och vattenskadorna minimeras i framtiden om alternativa släcksystem används i större utsträckning?	87
9	Förslag på framtida forskningsområden	89
10	Referenser	90

Förord

Studien som redovisas i denna rapport är genomförd på uppdrag av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). Värdegrunden som genomsyrar denna studie är framtagen av MSB.

Studien har genomförts som ett samarbetsprojekt mellan SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP) och Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund (SÄRF).

Projektgruppen vill rikta ett stort tack till:

- Bo Andersson på MSB för att han sett till att denna studie har gått från idé till verklighet och bidragit med viktiga synpunkter.
- Lars-Gunnar Strandberg på MSB för viktiga synpunkter kring arbetet och bidrag med material om BAS- konceptet.
- Dennis Göransson på MSB Revinge och Yvonne Näsman på MSB Sandö för viktiga synpunkter om utformandet av morgondagens övningsanläggningar.
- Tommy Eriksson Wikén på Arbetsmiljöverket för kommentarer och vägledning av Arbetsmiljöverkets föreskrift om Rök- och kemdykning (AFS 2007:7).
- Nina Wennström, Miljöinspektör på Borås Stads Miljöförvaltning för framtagande av materialet kring yttre miljöpåverkan.
- Göran Holmstedt på Lunds Universitet för dina viktiga kommentarer på rapportens innehåll.
- Hans-Eric Zetterström på Länsförsäkringar för statistik om brandskadekostnader.
- Per Gustafsson på Brandskyddsföreningen för viktig statistik och åsikter inom området vattenskador som följdskada av släckinsats.
- Mikael Ehn, Lars Magnusson, Peder Lindström, Jan Bergström och Per Jarring på Räddningstjänsten Storgöteborg för bidrag med viktiga erfarenheter från användandet av olika släcksystem samt material från olika insatser.
- Berndt Karlsson på Räddningstjänsten Väst för viktiga synpunkter på rapportens innehåll samt erfarenheter från användandet av olika släcksystem.
- Patric Nilsson och Lasse Nelson på Räddningstjänsten Syd för bidrag med viktig information och erfarenhet från insatser.
- Anders Palm, Thomas Heldring och Magnus Kark på Storstockholms Brandförsvär för bidrag med viktiga erfarenheter från användning av CAFS samt information om insatsen på KTH samt lägenhetsbranden i Farsta.
- Övriga räddningstjänster som har ställt upp på intervjuer och bidragit med viktig information om användandet av släcksystemen och erfarenheter från skarpa insatser.
- Tillverkare av släcksystem som bidragit med viktig information om sina släcksystem.

Sammanfattning

Studien syftar till att visa vilka tillgängliga släckmetoder som existerar på dagens marknad och skildra deras metodförmåga för utvändig släckning med fokus på miljö- och arbetsmiljö.

I AFS 2007:7 regleras rök- och kemdykning och i denna författning står det uttryckligen ”*Invändig släckning genom rökdykning bör därför undvikas så långt detta är möjligt. Utvändig brandbekämpning bör övervägas som första alternativ.*”. Författningen är framtagen för att skapa en säker arbetsmiljö för räddningspersonalen. I många lägen fungerar alternativa släckmetoder bättre utifrån än konventionella metoder vilket redovisas i rapporten.

Rapporten ger många motiv till att genomföra en släckinsats från utsidan. Bland annat undviks exponeringen för cancerogena ämnen. I syfte att sprida kunskap och erfarenhet beskrivs faktiska insatser där alternativa släcksystem använts på framgångsrika och innovativa sätt.

Då flera av de beskrivna släcksystemen har betydligt lägre vattenflöde än konventionella släcksystem minskar mängden släckvatten vid en insats. Därigenom minskas även spridningen av farliga restämnen från släckningsarbetet. Vid användning av skumvätskor för att öka släckförmågan, bör påverkan på miljön alltid tas i beaktande innan insatsen påbörjas. Räddningsledaren behöver värdera för- och nackdelar med användandet av skumvätskor inför varje situation. I för- och nackdelarna bör därför spridningsrisker till miljön vägas tungt. I vissa situationer kan det av miljöskäl faktiskt vara bättre att låta objektet brinna upp än att påföra stora mängder släckvätska.

I slutet av rapporten finns två tabeller som ger en grov beskrivning av skillnader mellan de släcksystem som idag är mest förekommande i Sverige. Systemen med vattendimma är mycket bra i exempelvis situationer där det brinner i tillslutna utrymmen medan skumsystem är överlägsna vid vätskebränder etc. I rapporten återges situationer där olika släcksystem använts med framgång.

Användandet av skumvätskor har en negativ påverkan på miljön. Miljöpåverkan kan se olika ut beroende på vilka ämnen som finns i skumvätskan och i vilken miljö utsläppet sker. För att få en filmbildande effekt tillsätts någon form av fluorkemikalie. Historiskt sett har tillverkare ofta tillsatt PFOS. PFOS har visat sig ha negativa effekter på människa och miljö då den är bioackumulerande, persistent och giftig. PFOS är därför förbjuden att använda sedan 2011. Andra skumvätskor sägs vara ”miljövänliga” då de har en kort nedbrytningstid. En snabb nedbrytning innebär dock att syre förbrukas exempelvis i vattendrag vilket får negativa miljöeffekter. Vilka ämnen som nybildas när en skumvätska bryts ner är inte alltid helt utrett. Ämnen som ersatt PFOS vet man har en negativ inverkan på miljön och människan och är därför under utredning för ett eventuellt förbud.

Det är alarmerande att användningen av skumvätskor ökar inom räddningstjänsten i Sverige då forskning och vetenskapliga rön påvisar skummets negativa effekter på människa och miljö.

Inledning

När den senaste föreskriften från Arbetsmiljöverket om rök- och kemdykning (AFS 2007:7) trädde i kraft ökade kravet på räddningsledaren att alla moment under en insats skall vara värderade utifrån en riskbedömning. En insats med invändig släckning genom rökdykning bedöms enligt Arbetsmiljöverket som ett av de mest riskfyllda arbetsmomenten vi har i Sverige. Genom att ofta vistas i en miljö där det brinner och hantera kemikalier så som skumvätskor, utsätter sig brandmän för många ämnen som är cancerogena och hormonstörande. Dessa ämnen kan sätta sig i kläderna och kroppen kan sedan ta upp dem via huden eller luftvägarna.

Utöver brandmannens arbetsmiljö behöver räddningstjänstverige beakta den omkringliggande miljön vid varje insats. Studier har visat att skum för brandsläckning historiskt sett har varit en av de större källorna till utsläpp av PFOS (perfluoroktansulfonat) i vår miljö. Fortfarande existerar skumvätskor som är negativa för miljön även om PFOS blev förbjudet att hantera 2011. Utvecklingen av ämnen i skumvätskor går att likna vid dopingämnen för idrottare, dvs. producenterna ersättningsmedel har liknande negativa effekter men är ej förbjudna i nuläget. Även släckvatten från insatser kan medföra en negativ påverkan på miljön (se kapitel 2.2).

Dagens släcksystem beskrivs för att tydliggöra hur dessa kan användas för att förbättra arbetsmiljön vid en insats mot brand i byggnad. Studien är inriktad på situationer där det inte rör sig om någon livräddande insats.

En av de viktigaste aspekterna vid granskning av släcksystemens effektivitet är insikten att bränder är dynamiska händelser och att ingen insats är den andra lik. Detta innebär att förmågan att kombinera flera släcksystem på ett varierat sätt under en och samma insats kan vara avgörande för ett optimalt resultat.

1.1 Metod för genomförande av studien

Studien har genomförts på uppdrag av MSB som ett samarbetsprojekt mellan SP och SÄRF och är baserad på den värdegrund som MSB fastslagit. Studien har genomförts i flera olika steg. En litteraturstudie har genomförts innehållande information om arbetsmiljö, yttre miljöpåverkan samt de idag förekommande släcksystemen i Sverige. Information från relevant forskning inom området har analyserats och sammanställts. Insatsrapporter från olika räddningstjänster har granskats för att sammanställa erfarenheter från användandet av alternativa släcksystem. I samband med detta har även intervjuer med insatspersonal genomförts för att få ytterligare information kring det praktiska användandet av släcksystemen. Platsbesök har genomförts på MSBs skola i Revinge och Sandö för att studera deras övningsanläggningar samt för att diskutera hur nya övningsanläggningar bör utformas för att möta de behov som finns för att se helheten från start av insats till upptagande av släckvatten ur miljöhänsyn.

1.2 Avgränsningar i studien

Studien är begränsad till att omfatta brand i byggnad. Detta innebär att studien inte belyser släcksystemens tekniska kapacitet eller erfarenheter från insatspersonal vid brand vid andra scenarier (visst undantag i Tabell 4 och 5 med vätskebrand utomhus samt brand i personbil).

1.3 Blåa texttrutor

För att tydliggöra viktiga resultat och slutsatser i rapporten samt projektgruppens reflektioner är dessa stycken skrivna i en blå textruta.

1.4 Definitioner

I Räddningstjänstsvetige används idag olika begrepp som inte är entydigt definierade och de kan ha olika betydelse beroende på sammanhang. I syfte att göra en så klar presentation som möjligt följer därför i detta avsnitt, projektgruppens definitioner på olika begrepp som använts.

1.4.1 Definitioner av vattenbaserade släcksystem

I Sverige finns inga klara definitioner för hur vattenbaserade släcksystem för räddningstjänstbruk skall benämnas. De benämningar som idag förekommer är inte strikt definierade utifrån varken tryckintervall, flöden eller droppstorlekar. En jämförelse kan göras till NFPA 750 där fast monterade system med vattendimma definieras enligt följande:

- Lågtryckssystem. System med ett tryck på maximalt 12,1 bar (175 psi).
- Mellantryckssystem. System med ett tryck över 12.1 bar men mindre än 34.5 bar (Högre än 175 psi men mindre än 500 psi).
- Högtryckssystem. System med ett tryck på 34.5 bar eller mer (500 psi eller mer).
- Vattendimma. För att kallas vattendimma skall systemet generera vattendroppar som till 99% har en droppstorlek på maximalt 1 mm. Dropparna mäts i ett plan 1 m från dysan i det område av sprayen där dropparna förväntas vara störst.

I denna rapport har projektgruppen valt att definiera de vattenbaserade släcksystemen enligt följande:

- Konventionella lågtryckssystem. System med ett pumptryck på cirka 10-12 bar.
- Förhöjt lågtryckssystem. System med ett pumptryck på 40-60 bar.
- Släcksystem med vattendimma. Släcksystem som producerar en vattendimma som visuellt svävar fritt i luften. System med ett pumptryck på 100-300 bar. Ett undantag finns och det är Firexpress som har ett arbetstryck på 35-40 bar men med ett lågt flöde på 25-33.7 l/min. Att ange samma definition som NFPA 750 för vattendimma är ej möjligt i denna studie. Detta beror dels på att de flesta av de släcksystem som omnämns i denna studie inte är uppmätta enligt definitionerna ovan samt att mätningen skall ske 1 m från munstycket. Inom detta område har till exempel inte skärsläckarens spraybild (se 3.2.4) brutits upp från en sluten stråle till en fin spray.

I kapitel 8.4 finns en lista med definitioner kopplat till släcksystem och dess metodförmåga samt miljöpåverkan.

1.4.2 Alternativa släcksystem

Alternativa släcksystem definieras i denna rapport som de släcksystem som idag används som tillägg till det konventionella lågtryckssystemet. Intervjuer som genomförts i denna studie har visat att alternativa släcksystem kan utgöra det enda släcksystemet som används vid enskilda insatser.

1.4.3 BAS konceptet

I stort sett alla räddningstjänstfordon som används i Sverige har klassats utifrån ett system som kallas BAS konceptet. Konceptet togs fram redan 1984 i ett samarbete mellan Civilförsvarsstyrelsen och Sveriges Kommuner och Landsting. De första BAS-fordonen levererades redan 1986. Tanken med BAS är att det skall finnas ett koncept för släck-/räddningsfordon som täcker räddningstjänstens behov

och följer ett gemensamt koncept. Genom kontinuerlig uppföljning skall BAS konceptet ständigt förbättras. Brister skall byggas bort och det som är bra skall vidareutvecklas. Utveckling sker kontinuerligt genom att tekniska/taktiska framsteg och anmälningar om fel och brister följs upp. Målsättningen med BAS är att erbjuda svensk räddningstjänst fordon med hög kvalitet som är kontinuerligt uppdaterade med det senaste inom metod och teknik.

BAS-bilar finns i varianterna; BAS 1, BAS 2, BAS 3, BAS 4, BAS 5 och 5A/Offensiv enhet. BAS 2 ändrades 2007 till ett mindre fordon, under 7 ton, för att bättre fylla behovet mellan BAS 1 och BAS 5. I stora drag skiljer de olika modellerna sig åt genom släckmedelsvolym och framkomlighet, se nedanstående tabell:

- BAS 1 har 3000 liter vatten och 400 liter skumvätska.
- BAS 2 har 1000 liter vatten och 100 liter skumvätska. Fordonet är lämpligt för trånga stadskärnor och skärgård. Totalvikt max 7 ton.
- BAS 3 har 3000 liter vatten och 400 liter skumvätska. Bilen är även fyrhjulsdreven.
- BAS 4 har 5500 liter vatten och 400 liter skumvätska.
- BAS 5 kan utrustas för varierande ändamål och är avsedd att bland annat användas för olycksförebyggande arbete, vid räddningsinsats, som servicefordon m.m. Totalvikt max 3,5 ton.
- BAS 5A/Offensiv Enhet är utrustat med ett avancerat besluts- och kommunikationssystem samt den senaste metod-/teknikutrustningen för brandsläckning, trafikolycka, livräddning och IVPA/Sjukvårdslarm (efter avtal med sjukvårdshuvudmannen). I dagens läge har MSB bedömt att Skärsläckaren är den släckutrustning som skall ingå i BAS 5A konceptet.

MSB har tillsammans med Sveriges Kommuner och Landsting genomfört arbetet med upphandling för BAS 1-4. Ramavtal har tecknats med Autokaross Rescue Systems AB och med Sala Brand AB. Avtalstiden är från 2012-01-01 och gäller i 24 månader med möjlighet för MSB att förlänga avtalet med 12+12 månader.

1.4.4 Första Insats Person (FIP) och Första Insats Befäl (FIB)

Första insatsperson är ett uttryck som innefattar att en brandman alltid har tillgång till ett mindre släckfordon och därmed kan åka direkt från där han/hon befinner sig till olycksplatsen. FIP är ett koncept som möjliggör snabbare insatstider för räddningstjänsten för att tidigarelägga en första åtgärd. Ibland används även begreppet Första Insats Befäl (FIB). Släcksystemen som finns på denna typ av fordon kan variera från att bara innefatta en handbrandsläckare till att uppfylla de krav MSB har på en BAS 5 A med skärsläckare.

1.4.5 Metodförmåga

Metodförmåga är summan av utrustningens tekniska kapacitet och individens förmåga att hantera utrustningen vid en specifik händelse.

Metodförmåga delas in i följande begrepp:

- Utrustningens tekniska kapacitet. I den tekniska kapaciteten inräknas avgörande faktorer som exempelvis driftsäkerhet, ergonomi, tryck, flöde och drifttid.
- Individens förmåga att hantera utrustningen. Fokus bör ligga på förståelse för hur systemet verkar och vilka parametrar som är avgörande för ett lyckat resultat. Här ingår förståelsen för hur utrustningen skall användas och hur den skall felsökas och åtgärdas vid ett eventuellt driftstopp

- Utrustningens användandet vid en specifik händelse. Då ingen brandsituation är den andra lik behövs en branddynamisk förståelse och kunskap om släcksystemets påverkan på branden samt olika byggnadskonstruktioners inverkan på brandspridning och släckning.

”Metodförmåga” är ett relativt svårbemästrat begrepp. Varje enskild räddningstjänst bör definiera metodförmåga utifrån sin specifika situation.

1.4.6 Metodkapacitet

Metodkapacitet är ett mått på en räddningstjänsts samlade metodförmågor som finns att tillgå vid en specifik tidpunkt.

Metodkapacitet delas in i följande begrepp:

- Metodkapacitet användas för att beskriva den samlade metodförmågan som finns i ett specifikt räddningstjänstfordon.
- Metodkapacitet innefatta hela räddningstjänstens, kommunens eller regionens tillgängliga metodförmågor.
- Metodkapaciteten utgår från vad som finns tillgängligt vid en specifik tidpunkt.

2 Miljöarbete – vårt viktigaste arbete

Trots att forskning och vetenskapliga rön sedan cirka 20 år tillbaka i tiden (Bengtsson och Antonsson, 1993) påvisat risker och konsekvenser för människa och miljö har lite hänt inom räddningstjänstsvetige för att göra arbetsmiljön säkrare. Miljöarbetet har kommit att bli allt mer viktigt inom räddningstjänstsvetige idag. Frågorna handlar bland annat om huruvida det är acceptabelt att brandmän utsätts för exponering av brandrök och kemikalier då man vet att detta medför ökad risk att drabbas av cancer och andra sjukdomar. Den negativa inverkan av skumvätskor och stora mängder släckvatten på miljön i ett kort samt ur ett långsiktigt perspektiv är också föremål för diskussion. Enligt kontaktade räddningstjänster finns det ett stort utbildningsbehov för att möta de framtida krav som ställs på räddningstjänstsvetige.

2.1 Arbetsmiljö vid insats mot brand i byggnad

Fram till idag har en stor del av Sveriges räddningstjänster arbetat utifrån standardrutiner vid olika typer av insatser. Vid insatser mot brand i byggnad innebar standardrutinen i de flesta fall att man genomför en invändig släckinsats utifrån Arbetsmiljöverkets författningssamling AFS 2007:7. I denna AFS läggs stort fokus på att varje arbetsmoment under en insats skall föregås av en riskbedömning. Även om inträngningen i tät brandrök sker på ett säkert och kontrollerat sätt kvarstår exponeringen av brandrök. Att insatspersonalen påverkas negativt på lång sikt är något som behöver beaktas i större utsträckning än vad som sker idag. Det är heller inte bara brandrök som kan påverka insatspersonalens hälsa negativt utan även olika ämnen som finns i släckvattnet samt tillsatta ämnen i form av skumvätskor. Exakt hur brandrök och olika skumvätskor påverkar människor är inte helt klarlagt men man vet att ämnena är skadliga (Lönnermark et.al. (2005)). Genom åren har en rad ämnen tagits fram och marknadsförts som miljövänliga men som i ett senare skede har visat sig vara direkt hälsoskadliga och akut giftiga för både människor och miljön, exempel på dessa ämnen är bland annat PFOS, PCB och DDT. Fram till att det finns mer information om olika kemikaliers påverkan på insatspersonalen och yttre miljön bör dessa användas i så liten utsträckning som möjligt.

MSBs klara ståndpunkt är att användandet av skumvätskor skall minimeras och bara användas i de situationer där det är nödvändigt, dvs. situationer där andra släcksystem ej är tillämpbara. Ett exempel på detta är stora vätskebränder.

2.1.1 Genomförande av en släckinsats sett ur ett lagstiftningsperspektiv

Arbetsmiljöverket har idag ett 30-tal författningar som styr hur en räddningsinsats får genomföras. En av dessa föreskrifter från Arbetsmiljöverket är AFS 2007:7 om rök- och kemdykning. Det är framför allt femte paragrafen i denna författning som styr val av insatsmetodik vid brand i byggnad.

”5§ Innan en insats påbörjas ska arbetsledaren genomföra en riskbedömning på skade- eller övningsplatsen så att insatsen kan planeras och organiseras så att utrustning, lämplig skyddsklädsel och i övrigt rätt personlig skyddsutrustning kan väljas.

Om riskerna bedöms som stora i förhållande till vad som kan uppnås, ska andra alternativ än rök- och kemdykning väljas. Rök- och kemdykning som redan påbörjats ska då avbrytas.”

I kommentaren till 5§ står att läsa följande:

”5§ Rökdykning är den farligaste arbetsuppgiften vi tillåter i Sverige och också ett av de mest fysiskt krävande. Paragrafen bör tolkas så att rökdykning primärt är en livräddande insats. Invändig släckning genom rökdykning bör därför undvikas så långt detta är möjligt. Utvändigt brandbekämpning bör övervägas som första alternativ.”

Arbetsmiljöverket och MSB har som ståndpunkt att en invändig släckinsats genom rökdykning skall undvikas så långt det är möjligt.

Genom att påverka branden utifrån byggnaden med olika släcksystem kan förhoppningsvis den fysiska miljön inne i byggnaden förbättras för både eventuellt saknade personer samt insatspersonal. Genom att påverka branden från utsidan av byggnaden i ett initialskede av insatsen, kan det medföra att AFS 2007:7 aldrig behöver tas i beaktande då inträngande i tät brandrök ej längre föreligger. Detta medför att arbetsmiljön för insatspersonal klart förbättras.

2.2 Forskning kring påverkan på människa och miljö

Nedan följer resultatet av en litteraturstudie som genomförts kring påverkan på insatspersonal, allmänheten och yttre miljön av brandrök, skumvätskor och förorenat släckvatten.

Redan 1993 publicerades rapporten *Brandmännens arbetsmiljö – Kemiska hälsorisker och förslag till åtgärder* (Bengtsson och Antonsson, 1993). Rapporten har kartlagt brandmännens arbetsmiljö genom att intervjuva enskilda brandmän, genomföra en litteraturstudie inom ämnet, samt genomföra mätningar av halterna av kolmonoxid. Rapporten klarlägger att miljön på en brandplats varierar avsevärt med avseende på förekomst och halter av olika ämnen. Riskerna med de förekommande ämnena diskuteras ingående och det påpekas att ämnen har olika giftverkan. Dels finns det ämnen som verkar kvävande (t.ex. kolmonoxid och cyanväte) andra ämnen är irriterande (t.ex. akrolein, saltsyra) Rapporten anger att det i brandrök förekommer ämnen som är cancerframkallande (bensen och polyaromatiska kolväten (PAH)). Medicinska undersökningar visar på försämrad lungfunktion, liten ökning i dödlighet i vissa cancersjukdomar samt påverkan på fortplantningsförmågan bland manlig personal. Genomförda mätningar av kolmonoxidhalten i blodet hos brandmän, före under och efter en insats, visar att det är stora variationer i exponeringen beroende på brandsituation. Vid mark- och skogsbränder var exponeringen för kolmonoxid låg medan det vid insatser i byggnader uppmättes högre halter.

År 2006 kom en sammanställning som visar på att brandmän löper en högre risk att drabbas av vissa cancersorter än andra yrkesgrupper (LeMasters et al. (2006)). Studien är en sammanställning av 32 olika forskningsrapporter som behandlar risken för cancer hos brandmän. Resultatet visar att brandmän har en faktor på 1.53 gånger högre risk att drabbas av Myelom (benmärgscancer) än andra yrkesgrupper. Riskfaktorn för lymfkörtelcancer är 1.51, för prostatacancer är faktorn 1.28 och för testikelcancer 2.02. Studien visar även att det finns åtta andra sorters cancer som kan relateras till brandmannayrket. Detta har inneburit att USA, Canada och Australien har klassat olika former av cancer som arbetsskada för sina brandmän.

Bodil Persson (2012) höll på Kem konferensen 2012 en föreläsning inom ämnet brandmän och sjukdomar. Persson (2012) pratade i termer om exponeringsdos och latenstid. Exponeringsdos innebär en sammanvägning av hur giftig miljön är som brandmän vistas i och hur lång tid exponeringen pågår. Latenstid är tiden mellan exponering och sjukdom. Persson (2012) påvisar följande samband för latenstiden och olika symptom:

- Kort latenstid (sekunder) → Allergier.
- Medelkort latenstid (timmar-månader) → Astma, hjärtinfarkt, nervskador etc.
- Medellång latenstid (år) → Leukemi, kol, silikos etc.
- Lång latenstid (decennier) → Cancer, mesoteliom och blåscancer.

I UR Samtiden temaserie om cancer höll Erik Johansson (2013) en föreläsning om DNA och cancerutveckling. Johansson (2013) menar att det ständigt sker en nedbrytningsprocess i våra kroppar av det vatten vi har i kroppen. Kroppen har ett väl fungerande sätt att ta hand om denna nedbrytning och återskapa de baser i DNA strukturen som bryts ner. Påverkan av yttre faktorer skulle i värsta fall kunna påverka denna process och generera mutationer. Bengt Järvholm (2013) menar att det är svårt att generalisera vilka yttre faktorer inom en brandmans vardag som kan leda till uppkomsten av olika cancersorter. Järvholm menar att flera av de ämnen som bland annat finns i brandrök och skumvätskor är cancerogena.

Skumvätskors effekter på miljön (Holm och Solyom, 1995) är en FOU rapport från dåvarande Räddningsverket. Rapporten innehåller en litteraturstudie där 25 skumvätskor på den svenska marknaden har bedömts med avseende på miljöpåverkan. Litteraturstudien anger att de flesta skumvätskor bryts ned relativt snabbt. Dessa nedbrytningstester görs dock vid 20-25°C, dvs. en temperatur som sällan uppnås i svenska vatten. En lägre temperatur medför en längre nedbrytningstid. Författarna har även studerat skumvätskornas enskilda komponenter. Holm och Solyom påpekar att även om nedbrytbarheten för skumvätskan är hög, kan de icke-nedbrutna andelen vara svårnedbrytbar. Då flertalet av de svårnedbrytbara komponenterna även är toxiska och bioackumulerande är detta högst oroande för både människa och miljö.

Svensson och Eskilsson (2011) gjorde en utredning av olika skumvätskors miljöpåverkan. I utredningen valde de att studera miljöpåverkan hos ett övningsskum och två skum som användes skarpt vid insatser. En av de skarpa skumvätskorna var även benämnd som ett ”miljöskum”. Utredningen visade på en hög akut toxicitet på samtliga skumvätskor. ”Miljöskummet” hade lägst akuttoxisk påverkan men innehöll fluortensider som har en negativ påverkan på miljön under lång tid. Utredningen omfattar även en enkätundersökning där styrkeledare blivit tillfrågade om de anser att behovet av övning är överordnat skummets miljöpåverkan. Över 90 % anser att det är så pass viktigt att öva med skum att miljöpåverkan får förbises. Slutsatserna var att fortsättningsvis använda en skumvätska som har en akuttoxisk effekt men med en snabb nedbrytningshastighet. Miljöskummet avråddes från användning på grund av dess långvariga miljöpåverkan.

Högfluorerande ämnen, och inte minst PFOS, har sedan länge varit ett av de stora miljöproblemen med olika skumvätskor. PFOS är svårnedbrytbart i naturen, det är även bioackumulerbart vilket innebär att det lagras i toppkonsumenterna (människor, rovfåglar, sälar, björnar etc.) som äter andra djur med lägre halter. Kemikalieinspektionen (2004) publicerade en rapport där de beskriver hur PFOS skall kunna fhasas ut. Rapporten presenterar släckningsskum som en av de stora källorna till utsläpp i naturen. Övningsskum producerades redan då utan PFOS medan skum för skarpa släckinsatser fortfarande innehöll de farliga ämnena. EU kom med ett direktiv 2006 (Directive 2006/122/EC¹) vilket krävde att all hantering rörande PFOS skulle upphöra senast juni 2011. PFOS, liksom alla organiska fluorföreningar, har lång nedbrytningstid. Kemikalieinspektionen (2004) skriver i sin rapport *Riskbedömning för PFOS – Bilaga 3* att PFOS har visat sig vara extremt stabilt i miljön. Ingen studie har visat på någon kemisk eller biologisk nedbrytning överhuvudtaget under normala miljömässiga betingelser. Detta innebär att PFOS kommer att finnas kvar i naturen länge trots införandet av ett totalförbud. Då förbjudet nyligen trädde i kraft (2011) är det tyvärr stor andel räddningstjänster som har kvar skumvätskor som innehåller PFOS i sina lager.

Jimmy Seow (2013) har gjort en grundlig studie som handlar om perfluorkemikalier. Seow (2013) beskriver hur olika fluorföreningar, däribland PFOS och PFOA, påverkar naturen både akut och långsiktigt. Han skriver även om hur olika länder har valt att hantera problemen med fluorkemikalierna. Ett stort fokus har legat på skum som används inom räddningstjänsten där han uttrycker sig kritiskt mot användning av fluorinnehållande skum. Seow (2013) menar att fluorfritt skum bör användas som förstahandsval medan skum innehållande PFOS och PFOA inte alls ska brukas vid brandsläckning. Fluortelomerer som tillsätts i vissa skum har visat sig ha låg akut toxicitet, Seow (2013) anser dock att användning bör ske restriktivt av hänsyn till långsiktiga effekter. Seow (2013) redovisar också skillnaderna mellan olika länders hantering av PFOS och PFOA. Syftet är främst att kunna jämföra mot Australien som idag inte har klara regler kring användningen.

Alfredsson och Carlsson (2006) har gjort en sammanställning över olika tillsatsmedels miljöpåverkan. Vatten är det mest använda släckmedlet på räddningstjänsterna runtom i landet. I sig är vatten inte farligt men vid bränder färdas olika biprodukter från branden med släckvattnet ut i naturen eller via avlopp- dagvattensystemet till reningsverk. Rekommendationen som Alfredsson och Carlsson ger är

¹ Länk till direktivet:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:372:0032:0034:en:PDF>

att tänka över hur mycket vatten som används för släckning samt, om möjligt, att samla upp vattnet. Rekommendationerna som ges i rapporten är att så långt som möjligt använda rent vatten och inte blanda i skum. Varken pulver eller koldioxid sågs som miljöbelastande av Alfredsson och Carlsson.

Folke Rydén (2013) har med stöd från stiftelsen BalticSea2020 gjort dokumentären *Den Andra Vågen*. Dokumentären handlar om livet runt Östersjön och de miljögifter som påverkar människor och omgivningen. I dokumentären visar olika forskare på hur de miljögifter som används påverkar naturen och människor. I dokumentären följs Cecilia och hennes nyfödde son Alfred. Innan Alfred föddes deltog Cecilia i en studie för att analysera vilka gifter hon hade i sitt blod. Studien visade att Cecilia hade 35 av 49 miljögifter i blodet. När Alfred var 12 veckor genomfördes nya undersökningar på honom samt Cecilia för att se vilka miljögifter som överförts till Alfred dels under graviditeten samt amningen. Det visade sig att Cecilia och Alfred hade 24 av 35 analyserade miljögifter i sitt blod. Anmärkningsvärt var att Alfred hade 20 gånger högre halt av PFOA än Cecilia. Detta är första gången denna typ av tester har skett på människor. Forskning har pågått sedan 1975 där man kunna fastställa att människan är påverkade på samma sätt som övriga toppkonsumenter (sälar, örnar, björnar mm.) av dessa miljögifter. Detta är mycket oroväckande inför framtiden. Än så länge är PFOA inte förbjuden som kemikalie i Sverige men forskningen visar på att den är bioackumulerbar, toxisk och persistent vilket innebär att den lagras i våra kroppar och att den inte bryts ner. PFOA är en relativt ny kemikalie och togs fram bland annat för att ersätta PFOS som varit förbjuden ett par år.

Naturvårdsverket publicerade 2012 rapporten *Environmental and Health Risk Assessment of Perfluoroalkylated and Polyfluoroalkylated Substances (PFASs) in Sweden* (Borg och Håkansson, 2012). Rapporten sammanfattar resultatet av ett projekt för att ta fram information och ny kunskap gällande möjliga miljö- och hälsorisker av perfluoroalkylerade och polyfluoroalkylerade ämnen (PFAS) i Sverige. I studien har 23 utvalda PFAS studerats i människor, däggdjur, fågel och fisk. Studien är den första hälso- och miljörisksbedömningen som undersöker ett så stort antal PFAS, individuellt och i kombination. För studien på människor valdes en referensgrupp med "allmänbefolkning" samt en referensgrupp med professionella skidvällare. Resultatet visar på att de som ätit kontaminerad fisk av "allmänbefolkningen" har högre halter än övriga i referensgruppen. För yrkesgruppen skidvällare var halterna av vissa PFAS 125-200 gånger högre än för "allmänbefolkningen". Riskkaraktiseringen visade inte på någon risk för lever- eller reproduktionstoxicitet i "allmänbefolkningen". För dem som ätit kontaminerad fisk kunde däremot en risk för levertoxicitet påvisas baserat på uppmätta halter av PFOS. För de professionella skidvällarna kunde både en risk för levertoxicitet samt reproduktionstoxicitet identifieras.

Miljöbelastning vid bränder och andra olyckor (Blomqvist et al, 2004) är en utvärdering som SP Brandteknik genomfört för dåvarande Räddningsverket. Utvärderingen som SP Brandteknik genomfört bygger på det material som Räddningsverket, tillsammans med Statens geotekniska institut och ett antal kommuner insamlat genom ett provtagningsprogram i samband med inträffade olyckor där konsekvenser för miljön befarats. Provtagningarna har främst utförts vid större bränder. Provtagningarna och analyserna hade två huvudsyften. Dels att undersöka miljöpåverkan vid det aktuella objektet, men också att ge generella erfarenheter av miljöeffekter som kan uppstå vid en räddningsinsats. Den största delen av rapporterade mätningar gäller släckvatten, där man tagit fram ett stort och unikt material. Man har dock inte nått så långt vad gäller utsläpp till luft och uppföljande undersökningar av effekter på mark och vatten. Blomqvist et al. (2004) sammanfattar rapportens innehåll på följande vis:

En slutsats man kan dra från mätningarna är att PAH generellt är ett stort problem i släckvatten och utgör i många fall en större akut risk än dioxiner. I detta fall skall man dock vara medveten om de olika ämnenas nedbrytningstider som därmed också ger olika hotbilder. Man kan också se att släckvatten är förorenade med VOC-ämnena vid övervägande delen av bränderna. Bromerade flamskyddsmedel fanns i släckvatten framför allt från bränderna i elektronikskrot. I samband med containerbranden återfanns även flera andra organiska föreningar med brom och hög totalmängd av brom. En annan slutsats är att det i analyserna återfinns många metaller och flera metaller i mycket stora halter. Den generella slutsatsen av utvärderingen är att projektet har lett fram till en stor mängd intressant data och en fortsättning av projektet rekommenderas.

En annan viktig faktor med tanke på miljön är de luftburna utsläppen som konsekvens av en brand. Enligt Blomqvist et al. (2002) har det gjorts flera sammanställningar av vad som är betydande ur utsläppssynpunkt från en brand. Exempelvis, den mängd CO som genereras är försumbar från bränder mot hur mycket som släpps ut från stationära förbränningsanläggningar etc. medan för andra ämnen är delen betydande. De ämnen som Blomqvist et al. (2002) har valt att fokusera på är dioxiner, PAH (polycykliska aromatiska kolväten) samt VOC (flyktiga kolväten). Alla dessa ämnen är skadliga för människor i för höga halter samt att tidigare rapporter har visat att förekomsten av dessa ämnen är av betydande storlek i en brand. För bostadsbränder ligger halterna för PAH och VOC högt medan dioxiner främst förekommer vid sopbränder/deponibränder.

COWI (2013) har på uppdrag av MSB skrivit rapporten *Rening och destruktions av kontaminerat släckvatten*. Rapporten klargör att rening av släckvatten är ett område som är viktigt för att inte påverka människa och miljö efter en släckinsats. Idag finns en rad olika reningstekniker men ingen av teknikerna klarar att enskilt rena det breda spektra av ämnen som kan finnas i släckvatten. Författarna påpekar att användandet av skumvätskor försvårar reningen av släckvatten och att det istället kan bli fråga om att skicka släckvattnet på destruktions till ett kommunalt eller privat reningsverk. I rapporten finns det sammanställt beskrivningar av ämnen som är förekommande i släckvatten samt hur dessa bör renas. Sammanställningen av ämnen i släckvatten är bland annat refererat till Blomqvist (2004). Rapporten behandlar följande ämnen med tillhörande reningsmetoder:

- Metaller/ icke metaller
- Organiska ämnen
- Olja
- PAH
- VOC/SVOC
- Dioxiner
- Bromerade flamskyddsmedel
- Isocyanater, aminer och vätecyanid
- Skumvätskor
- Partiklar/ suspenderat material
- Sura eller basiska ämnen
- Övergödande ämnen
- Syretärande ämnen

2.3 Räddningstjänstens användning av skumvätskor

Kapitel 2.3 med dess underkapitel är författat av Miljöinspektör Nina Wennström på Miljöförvaltningen i Borås Stad.

Frågan om och hur skumvätskor och tillsatsmedel ska användas vid en släckinsats samt vilka som är minst skadliga för människor och miljö är komplex. Klassificering av skum enligt NT 051 och tillsatsmedel sker utifrån ingående ämnen. Klassificeringen sker alltså inte utifrån vad som bildas av släckmedlet vid brand eller vilka ämnen som hamnar i släckvattnet när skum interagerar med bränslet. Klassificeringen sker inte heller utifrån nedbrytningsprodukternas miljö- och hälsofarlighet. För att bättre kunna ta ställning till vilket skum som bör användas i olika situationer skulle det behövas fler oberoende tester av flera olika typer av bränder och de skum och tillsatsmedel som finns ute på marknaden.

Skum i släckvatten medför troligen högre toxicitet än släckvatten utan skum. Skummet hjälper också till att tvätta ned föroreningar till släckvattnet. Det förekommer alltså fler toxiska ämnen när skum har ingått vid släckningen än vid släckning med enbart vatten. Det är dock viktigt att betona att även släckning med vatten ger negativa effekter eftersom toxiska och miljöstörande ämnen tvättas ut (Larsson, et al. 2002).

Generellt tycks en släckinsats leda till ökade föroreningshalter och ökad kvarhållande av föroreningar, detta under antagande att brandens varaktighet är densamma som vid fri brand. Lönnermark et al. (2007) menar att om släckningen sker snabbt så att utsläppen upphör, minskar även koncentrationerna snabbare och det totala kvarhållandet (retentionen) blir mindre. Släckvatten innehåller de ämnen som fanns närvarande när branden startade men även reaktionsprodukter som har bildats under brandförloppet. Vid intensiv begjutning med släckmedel blir temperaturen över brandhärden låg, vilket ger ofullständig förbränning och fler komplexa föreningar som kan vara skadliga för miljön.

2.3.1 Skumvätskans miljöfarlighet

Även om skumvätskan inte i sig räknas som särskilt giftig och ska vara tämligen nedbrytbar kan den innebära problem på flera olika sätt. Holm et al. (1996) har tagit fram olika studier som exempelvis har visat på att diesel och skumvätska tillsammans är giftigare än summan av diesel- respektive skumvätskans giftighet. Skuminblandning i släckvattnet har visat sig öka halten av VOC (flyktiga organiska kolväten) och dioxiner i släckvattnet. Lönnermark och Blomqvist (2005) har visat att vid inblandning av skum i vatten vid släckning av brandhärddar med däck ökar koncentrationen av PAH (polycykliska aromatiska kolväten) i släckvattnet med flera storleksordningar.

Konserveringsmedel i skumvätskor kan vid utsläpp störa mikrobiella processer i miljön och i reningsverk.

De flesta av de syntetiska tensider som numera används, förutom fluortensider, är biologiskt nedbrytbara. Att en viss typ av skum eller ingående ämnen i skum har hög biologisk nedbrytningsgrad är positivt på längre sikt men kan i ett kort perspektiv och i ett begränsat område ge mycket negativa följder. Om nedbrytningen är snabb krävs det mycket syre. Därför kan det lokalt uppstå syrebrist med kvävningsrisk för vattenlevande organismer och djur om skum når recipienten i mer eller mindre koncentrerad form. Även om en skumvätska uppfyller kraven på lättnedbrytbarhet så kan den del av produkten som inte brutits ned bestå av svårnedbrytbara ämnen. Nedbrytningsprodukterna kan också vara lika skadliga som ursprungsåmnet eller ha en annan miljöpåverkan än ursprungsåmnet. Det är också viktigt att betona att det kan vara kallare temperaturer i sjöar och vattendrag än den temperatur, 20-25°C, som används i nedbrytbarhetstesterna. Kallare temperatur ger i normalfallet långsammare nedbrytning. Även pH inverkar på nedbrytningshastigheten.

Svårnedbrytbara ämnen som har tvättats ned i släckvattnet och bildats vid hanteringen med skum kan under lång tid påverka organismer i miljön negativt. Om ämnet också är bioackumulerande, innebär det att det ansamlas i organismen genom att det binds till bland annat fetter eller protein i kroppen.

Tensidbaserade skumvätskor kan emulgera olja, vilket innebär att den lättare sprids och lättare tas upp av organismer. Tensidbaserade skumvätskor kan därmed slå ut en oljeavskiljares funktion. Tensider i skummet har som uppgift att minska ytspänningen i vattnet. En minskad ytspänning kan medföra minskad syreupptagningsförmåga i biologiska membraner, exempelvis fiskars gälar. Vissa tensider är dessutom toxiska.

Den akuta giftigheten av skumvätskor vid premixkoncentrationer (utspädd lösning för användning) visar att det skulle krävas mycket stora utspädningar för att uppnå koncentrationer som inte ger effekter i recipienten. Skumvätskorna måste behandlas före utsläpp såväl till recipienten som till reningsverk. I första hand ska det förhindras att släckvattnet når dessa. Detta gäller släckvatten både med som utan skum.

Ett släckmedel som enligt säkerhetsdatabladet ”inte är märkningspliktigt” behöver inte vara ofarligt för miljön. Övergödanden ämnen, som kan ge stor lokal påverkan på en plats, är inte märkningspliktiga. Vad som är märkningspliktigt beror också på halten av det ingående ämnet i en kemisk produkt.

Vilka skador som uppkommer i miljön beror på artsammansättning, vattnets kemiska egenskaper, exempelvis buffringsförmåga, vattnets skiktning, spridningsförutsättningarna och den föroreningssituation som har rått tidigare. Oftast är en biotop med känsliga arter (har oftast haft mindre mänsklig påverkan) och en begränsad utbredning mer utsatt och drabbas hårdare av utsläpp. Det beror

på att de arter som är känsligare oftast inte finns i den närliggande omgivningen och därmed inte kan återinvandra när släckvattnets miljöpåverkan avtar.

Släckvatten som når vattentäkter kan ge smak- och luktproblem. Släckvattnet kan även ge så höga föroreningshalter att vattnet inte kan anses vara tjänligt. I värsta fall kan föroreningshalten vara så stor eller typen av förorening så komplex att rening inte är möjlig. Om en kommunal vattentäkt slås ut innebär det mycket stora problem och kostnader för samhället. Om reserv vattentäkt saknas kan det innebära en akut kris i dricksvattenförsörjningen och resultera i att det blir en så kallad ”extraordinär händelse” i kommunen. Om en enskild brunn slås ut kan det innebära att de boende på platsen inte längre kan få någon vattenförsörjning. Det är inte säkert att det förorenade grundvattenmagasinet (försörjning från grävd brunn) kan ersättas med vatten från berggrunden (försörjning från borrhål brunn). Föroreningen kan också spridas till grundvattnet i berg. Räddningstjänsten bör alltså alltid tänka efter noga innan en släckningsinsats utförs i närheten av en vattentäkt eller inom ett vattenskyddsområde.

2.3.2 Släckmedel som bör undvikas

Räddningstjänsterna skall undvika skumvätskor som innehåller toxiska, bioackumulerbara och persistenta (svårnedbrytbara) ämnen. CMR-ämnen (cancerogena, mutagena och reproduktionstoxiska ämnen samt ämnen som är hormonstörande bör inte heller förekomma). Sådana ämnen omfattas av restriktioner på grund av REACH-lagstiftningen eller nationella förbud.

Idag bör sådana släckmedel som innehåller fluortensider undvikas men om några år kan det vara helt andra ämnen som används i släckmedel som däremot har liknande egenskaper. Det ställs förhållandevis små krav för att introducera ett ämne på marknaden. Det är däremot svårare att förbjuda ett ämne när det väl finns till försäljning. Det krävs då dokumenterad forskning som påvisar de skadliga effekterna som ämnet kan medföra. När ett ämne förbjuds är det inte helt ovanligt att producenten ersätter det med ett strukturellt likartat ämne. Med mer vetenskaplig dokumentation kan det senare visa sig att även det ämnet medför liknande skador på miljön som sin föregångare. Det har länge varit känt att PFOS, som numera är förbjudna att använda, är PBT-ämnen (persistenta, bioackumulerbara och toxiska) och också reproduktionstoxiska. PFOA (perfluorontansyra) däremot är ännu inte förbjudna att använda även om den europeiska kemikaliemyndigheten ECHA har föreslagit att pentadekafluoroktansyra ska tas upp på kandidatlistan². PFOA är inte helt utredda men det är känt att de är persistenta, sannolikt reproduktionstoxiska och kan vara cancerframkallade. De är troligtvis också bioackumulerbara. Det är vanligt att PFOS byts ut mot exempelvis fluortelomerer, fluorkarboner. För dessa ämnen finns få vetenskapliga studier om deras miljöstörande egenskaper och toxicitet. Deras likartade struktur med PFOS och PFOA gör dock att misstanke om liknande miljöstörande egenskaper väcks. Westerlund (2006) menar att fluortelomererna bryts ned till bland annat PFOA i mikrobiella system i vattenmiljöer, varför det redan idag finns belägg för att avråda från användning.

2.3.3 Minska effekten av släckvatten

Huvudfrågan är inte enbart skummets miljöförstörande effekt utan hur det ska användas rent taktiskt vid brandsläckning och vilka skyddsåtgärder som ska vidtas. De åtgärder som vidtas bör vara anpassade till förutsättningarna. Ibland kan det vara bättre att inte släcka alls utan låta allt brinna upp, dock är det ofta bättre att få en snabb släckning. Alternativa släckmetoder till släckning med skum och vatten bör också övervägas.

² www.kemi.se

Den generella släckvattensstrategin vid brandsläckning bör vara att minimera vattenanvändningen, kvarhålla så stor del av släckvattnet som möjligt på brandplatsen, välja det minst dåliga alternativet för den del som inte kan kvarhållas och slutligen att på olika sätt försöka minimera skadans omfattning.

Vid en släckinsats bör följande tas i beaktande:

- Finns det särskilt farliga eller brandfarliga kemikalier som måste säkras/kylas?
- Finns det vattentäkter som måste skyddas?
- Finns det särskilt känslig eller skyddsvärd miljö som måste skyddas?
- Kan röken innebära hälsofara för allmänheten?
- Kan alternativa släckmetoder utan vatten och/eller skum användas?
- Innehåller släckvattnet syror, baser eller salter som kan orsaka skador på markförlagda konstruktioner såsom ledningsrör och pumpar och vilka konsekvenser kan det innebära för miljön?
- Vart rinner vattnet inomhus respektive utomhus?
- Var finns avlopp och brunnar?

Det är mycket viktigt att Räddningstjänsten håller en dialog med miljökontoret så att bästa möjliga åtgärdsstrategi kan väljas.

I ett tidigt skede under släckinsatsen bör Räddningstjänsten uppskatta mängden släckvatten som kan bildas under insatsen, kartlägga möjliga avrinningsvägar, inventera möjliga uppsamlingsvolymmer på plats och bedöma var utläckande släckvatten leder till minst respektive störst skada.

För att förhindra skada på recipienten bör något eller några av följande alternativ övervägas:

- Inte släcka alls
- Täcka över brunnar (dag- och spillvatten)
- Förhindra läckage till rörgravar.
- Valla in till plats med tätt underlag och samla upp släckvatten
- Suga upp släckvatten med slamsugningsbil.
- Rena släckvatten med mobil rening (exempelvis pH-justering och passage genom aktivt kol)
- Använda länsor med nedhängande kjolar i recipienten (denna metod får egentligen bort väldigt lite, mest sot).

När risk finns för påverkan av vattentäkt eller brand sker inom vattenskyddsområde fordras olika alternativ beroende på om det är en grundvattentäkt eller en ytvattentäkt. För ytvattentäkter kan ovan nämnda alternativ övervägas. I vattenskyddsområden för grundvattentäkt är det extra viktigt att förhindra markinfiltration av släckvatten. Något eller några av nedanstående alternativ kan då övervägas:

- Inte släcka alls.
- Förhindra utsläpp i mark
- Valla in till plats med tätt underlag och samla upp släckvatten
- Suga upp släckvatten med slamsugningsbil.
- Hellre avleda släckvattnet bort från vattenskyddsområdet där skadan blir ”mindre”

Exempel på uppsamlingsplatser är källare, pumpgropar, speciella uppsamlingsdammar och täta svackor i terrängen.

Om släckvatten har nått avloppsnätet är det viktigt att snabbt varna VA-verket så att de kan stänga pumpstationen. Det kan då bli aktuellt att slamsuga i pumpstationen.

3 Beskrivning av olika släckmedel och släcksystem

Nedan följer en beskrivning över de släcksystem och släckmedel som är mest förekommande bland räddningstjänster i Sverige vid tidpunkten för denna rapport. I beskrivningen behandlas ett urval av de arbeten som skett inom området under de senaste åren och kopplingar görs till erfarenheter från kommunal räddningstjänst.

3.1 Vatten som släckmedel

Vatten som släckmedel har historiskt sett varit det mest använda släckmedlet. Vatten finns naturligt att tillgå och kan exempelvis anbringas till en brand antingen via vårt väl utbyggda ledningsnät, via tankar på exempelvis brandbilar eller pumpas från sjöar. Ämnets fysikaliska egenskaper, temperaturintervall mellan frys- och kokpunkt, densitet, obrännbarhet, förmåga att absorbera värme samt dess höga ångbildningsvärme (2260 kJ/kg) medför mycket bra släckegenskaper. Enligt SÄRF och SP (2010) kan vatten bidra till att släcka bränder på följande sätt:

- 1 Nedkylning av varma gaser.
- 2 Nedkylning av bränsle och potentiellt bränsle.
- 3 Sänkning av syrekonzentration (inertering) genom bildandet av gasformigt vatten.
- 4 Absorption av strålningsvärme.

Punkt 1 och 2 har traditionellt sett uppnåtts med ett strålrör och konventionellt lågtryckssystem. Strålröret skapar varierande storlek på dropparna vilket medför att du får kylning av varma brandgaser samtidigt som de större dropparna träffar ytor och kyler dessa.

Släcksystem med höga tryck genererar vattendimma och nyttjar samtliga fyra punkter för att släcka en brand. Små vattendroppar förångas mer effektivt än stora droppar. System med vattendimma ökar effekten även på punkt 3 och 4. Punkt 2 uppnås efter ökad påföringstid.

3.1.1 Forskning relaterat till vatten som släckmedel

Nedan sammanfattas kort ett urval av viktiga arbeten som genomförts under senare år inom området vatten som släckmedel. Med nyvunnen kunskap kan vissa beskrivningar i följande publikationer vara inaktuella. Ny teknik och taktik har tillkommit sedan vissa av dessa publicerats.

Vatten och andra släckmedel är skriven av Stefan Särndqvist (2006) vid dåvarande Räddningsverket. Boken behandlar släckmedlen och deras användning. Boken är skriven i första hand för utryckningspersonal inom Räddningstjänsten. Budskapet i boken är att det faktiskt går att analysera vilken av tillgängliga metoder som är mest lämplig att använda vid varje enskild brand. Särndqvist menar att det är möjligt att bedöma hur stor mängd släckmedel som går åt, liksom personal- och materielbehov vid en insats. En stor del av bokens innehåll kretsar kring olika tekniska system och komponenter.

Släcksystem med vattendimma – en kunskapssammanställning är skriven av Arvidson & Hertzberg (2001) vid SP Brandteknik. Skriften är en litteratursammanställning inom området vattendimma. Främst behandlas fast monterade system. I rapporten finns mycket teori kring vattendimma och hur den kan nyttjas vid brandsläckning. Skriften togs fram för att påvisa vattendimmans egenskaper i jämförelse med traditionella sprinklersystem. Kunskapssammanställningen visar bland annat på att den utvecklingen av vattendimma som skedde på 1990-talet innebär att vattendimma har potential att ersätta eller vara ett alternativ till traditionella släcksystem. De flesta studier som sammanställts redovisar ungefär samma slutsatser; (1) stora bränder släcks snabbt, (2) mindre bränder kräver längre tid till släckning och (3) mindre bränder som är dolda för direkt vattenpåföring av olika obstruktioner är svårsläckta. Studien indikerar att mindre vattendroppar gynnar förmågan att släcka mindre, dolda bränder. Större vattendroppar bidrar till lägre känslighet för inverkan av ventilation till det skyddade

utrymmet. Erfarenheter från framförallt passagerarfartyg visar att systemen rent prestandamässigt är jämförbara med sprinkler, men att de kan dimensioneras med lägre vattenflöde.

Vattendimma: Teori, fysik, simulering skriven av Hertzberg et al. (2004) är framtagen i ett samarbetsprojekt mellan SP Brandteknik, Göteborgs Universitet, Lunds Tekniska Högskola och DIFT. Rapporten ger en sammanställning av de mekanismer som styr vattendimmans släckeffektivitet. I rapporten redovisas också olika simuleringsverktyg som kan användas för att simulera släcksystem baserade på vattendimma. Användandet av vattendimma medför att det totala vattenmängden minskar samtidigt som vattnet utnyttjas mer effektivt till att kyla och integrera med gasfasen i brandrummet. Genom förångning av vatten sänks partialtrycket av syre vilket kan bidra till att branden släcks. Vatten uppför sig i detta fall nästan som en gas, jämförbar med exempelvis koldioxid. Emellertid kvarstår vattnets kylande förmåga samt dess förmåga att absorbera strålning vilket har stor betydelse för släckeffektiviteten. Till detta kommer att introduktionen av små vattendroppar med hög rörelseenergi i brandrummet bidrar till en omrörningseffekt som också påverkar brandutvecklingen. Genom att variera droppstorleksfördelningen, rörelsemängd och vattenmängd påverkas olika delar av släckförloppet.

Limitations of Watermist as a Total Flooding Agent är skriven av Andersson och Holmstedt (1999). Artikeln behandlar vattendimma med en droppstorlek av 1-100 μm i diameter. Studien visar på att vattendimma kan släcka en brand på två sätt; antingen genom att direkt släcka lågorna eller att kyla bränsleytor. Författarna menar dock på att det finns begränsningar med vattendimma för att komma åt brandens lågor:

- Vattendropparna har en kort räckvidd.
- Vattendroppar som är inom intervallet 1-100 μm i diameter har en kort livstid.
- Små droppar kolliderar och slås samman till större droppar.
- Stora droppar träffar hinder så som väggar och har därför svårt att fylla en rumsvolym.

För ett rumsskydd anses 150-200 g vattendimma per m^3 skyddad rumsvolym tillräckligt för att släcka en brand. Om vattnet är i form av vattendimma krävs den dubbla mängden. Vid denna koncentration av vattendimma i en rumsvolym är vattnet väldigt effektivt på att kyla från strålningsvärme och på så vis begränsas brandens spridning. För att vattendimman skall följa luftflödet i ett rum får dropparna inte vara större än 20 μm i diameter, helst 10 μm . Vid denna storlek faller dropparna med en hastighet av ca 3 mm/s, dvs mycket långsamt och om det finns en uppåtgående luftström kommer de att följa den. Små vattendroppar har vid rumstemperatur (20°C) en kort livslängd och kortare desto högre temperaturer. Eftersom förångningen sker så fort kommer alla droppar förångas tills den relativa luftfuktigheten når 100%. Då det är oundvikligt att droppar kolliderar kommer större droppar kontinuerligt att bildas på grund av sammanslagningar. Detta medför att vissa droppar kommer falla med högre hastighet och ständigt öka i storlek. För att distribuera droppar jämt i ett rum på en kort tid (10 s) oavsett eventuella hinder, krävs små droppar med hög rörelseenergi. Detta kan åstadkommas genom en hög lufthastighet. En hög hastighet på luften skapar å andra sidan en turbulens i rummet med skiktningar i hastigheter samt att kollisionen mellan dropparna ökar. Alternativet är att fler munstycken används i samma volym för att öka spridningen på dropparna. Det kan vara svårt att designa ett rumsskydd med vattendimma då andelen vattenånga i förhållande till vattendimma ständigt förändras då temperaturen i rummet ändras.

3.2 Vattenbaserade släcksystem

Vattenbaserade släcksystem har historiskt sett utgjort grunden för räddningstjänstens utbud av släcksystem. Dagens utveckling går mer och mer mot att försöka optimera det vatten som används och på så vis minska mängden släckvatten för att minimera miljöpåverkan och vattenskadorna i byggnaderna.

3.2.1 Forskning kring vattenbaserade släcksystem

Nedan sammanfattas kort ett urval av arbeten som genomförts under senare år inom området vattenbaserade släcksystem. Med nyvunnen kunskap kan vissa beskrivningar i följande publikationer vara inaktuella. Ny teknik och taktik har tillkommit sedan vissa av dessa publicerats.

Utvärdering av dimstrålrörs effektivitet vid brandgaskylning är skriven av Anders Handell (2000) vid Lunds Tekniska Högskola. Denna rapport undersöker om det finns avgörande skillnader mellan olika dimstrålrör avsedda för brandsläckning. Undersökningen behandlar kylningen av heta brandgaser vid en rumsbrand. Vid studien som ligger till grund för rapporten, genomfördes bland annat släckförsök i brandövningshuset vid dåvarande Stockholms brandförsvares övningsanläggning i Ågesta. Resultaten från släckförsöken visar att strålrör med högt strålrörstryck samt en bra strålbild är bättre än strålrör med högt flöde men lågt strålrörstryck och dålig strålbild. Studien visar på att TFT Ultimatic är det strålrör som i släckförsöken ger bästa resultat med avseende på brandgaskylning. Detta får antas bero på att det upprätthåller det strålrörstryck som det skall arbeta med samt att den har den mest symmetriska strålbilden av de utvärderade strålrören.

Högtrycksbrandsläckning – Ett beslutsunderlag för Räddningstjänsten är skriven av Larsson & Westerlund (2006). Författarna har i denna rapport gjort en sammanställning kring den vetenskapliga och erfarenhetsmässiga kunskapen som vid tidpunkten för rapportskrivandet fanns kring högtrycksbrandsläckning. Målet med rapporten var att skapa ett beslutsunderlag för räddningstjänsten angående nyttjandet av högtrycksbrandsläckning.

Larsson och Westerlund anger följande punktlista som de viktigaste slutsatserna i deras studie:

- 40 bars högtryckssystem kan användas vid uppskattningsvis 9 av 10 insatser och förefaller lämplig för invändig släckning under skyddsnivån rökdykning.
- De främsta fördelarna med 40 bars högtryckssystem är kortare angreppstid och mindre vattenanvändning vid brandsläckning.
- Övriga högtryckssystem har som huvudsakliga fördelar att de är mindre och därför får plats i mindre fordon.
- Största nackdelarna med högtryckssystem generellt är att de inte är utbyggbara där det krävs, samt att flödet är begränsande.
- Högtryckssystem skall alltid ses som ett komplement till konventionella lågtryckssystem.
- Vid användande av högtryckssystem är det viktigt att utrustningen används ofta för att säkerställa att användarnas kompetens upprätthålls. Med andra ord, ”gör en ordentlig satsning på högtrycksbrandsläckning eller gör ingen satsning alls”.

Vårt att påpeka är att förhållandet mellan tryck, flödet, vattnets hastighet, konens formation samt påföringstid är direkt avgörande för resultatet.

Skärsläckarkonceptets operativa användande är en rapport framtagen i ett samarbete mellan SÄRF och SP (2010) på uppdrag av dåvarande Räddningsverket. Projektgruppen genomförde studier av skärsläckarkonceptet mot bakgrund av rapporterade och dokumenterade erfarenheterna från snart tio års praktisk användning av metoden. Rapporten tar upp konkreta exempel från insatser där skärsläckaren har använts och beskriver forskningsförsök som gjorts med skärsläckare. Följande punktlista sammanfattar slutsatser från rapporten:

- Skärsläckaren kyler effektivt brandgaser och bromsar upp brandförloppet samt inerte även brandgaser med låg temperatur.
- Övertrycksventilation underlättas tack vare skärsläckarens förmåga att kontrollera brandgaser innan ventilationen påbörjas. Skärsläckaren möjliggör en snabbare uppstart för att påverka brand och brandgaser vid en insats.
- Skärsläckaren möjliggör släckning mot erkänt svåråtkomliga bränder, t.ex. bränder i trossbottnar, tak och vindar.

- Taktiska valmöjligheter har ökat markant när man sammankopplar modern IR-teknik, skärsläckare och övertrycksventilation.
- Kunskapen om konceptet ökar användningsfrekvensen och insatsens effektivitet och skapar ökad tilltro till skärsläckarkonceptets förmåga.
- Vatten- och miljöskador i samband med brandsläckning har minskat betydligt och i ett antal fall helt upphört efter att skärsläckare har använts.
- Konceptet förbättrar arbetsmiljön för brandpersonalen.
- Som metod har skärsläckaren höjt säkerhetsnivån för insatspersonalen vid brand i byggnad.
- Skärsläckaren kan kontrollera invändig brand och brandgaser, samtidigt som forcering pågår genom säkerhetsdörrar och gallergrindar.

FIREFIGHT I och II³ är två projekt som finansierats av EU. Dessa projekt har samordats av MSB. Projekten behandlar ett helhetskoncept för säkrare arbetsmiljö genom användandet av IR-kamera, skärsläckare och ventilation. I FIREFIGHT II-projektet har ett webb-baserat inlärningsprogram tagits fram. Programmet kommer användas som ett underlag i kommande utbildningar.

Övertrycksventilation kombinerad med skärsläckare, Ingason et al. (2012), är framtagen i ett samarbete mellan SÄRF och SP på uppdrag av dåvarande Räddningsverket. Rapporten belyser experimentellt genomförda undersökningar kring övertrycksventilationens effektivitet i flera sammansatta rum, trycksättning av angränsande lokaler, utnyttjande av övertrycksfläktar för att förkorta långa inträngningsvägar och ventilering i trapphus. Skärsläckarens kapacitet vid olika förhållanden, inverkan av tillsatsmedel i släckvattnet och hur möjligheterna att kombinera övertrycksventilation med skärsläckare har också undersökts. Försök som genomfördes visade att det är luft hastigheten genom rummet, rummets storlek och innerdörrarnas inbördes placering i rummet som är avgörande för hur effektivt röken ventileras ur varje rum. En generell slutsats baserad på försök är att luft hastigheten inne i byggnaden bestäms först och främst av fläktens kapacitet, antal och storlek på dörröppningarna i byggnaden, utskjutande detaljer i byggnaden samt vilka väderleks- och vindförhållanden som råder utanför byggnaden. Resultaten visar att det inte finns någon praktisk anledning att placera en extra fläkt inne i en lång korridor. Ökningen är maximalt 20-30 % i tryck och flöde. Försök med skärsläckaren vid brandskolan i Kuopio visar på en viss kyleffekt på brandgaserna för den använda storleken på försökslokal (1700 m³), bränslemängden (8.3 m² diesel) och ventilationsförhållandet. Temperaturen i brandgaserna sjönk i genomsnitt från 430 °C till 300-330 °C efter 3 minuter. Vid försöket med två skärsläckare släcktes branden på 3 minuter. Försök med en dimspik visade ingen nämnvärd sänkning i temperatur på brandgaserna. Dimspik nummer två aktiverades 5 minuter efter den första vilket ledde till att temperaturen på brandgaserna sjönk från 450 °C till 300 °C efter ytterligare 3 minuter.

Spray characterization of the cutting extinguisher, Försth et al. (2012), är en Arbetsrapport från SP Brandteknik. Rapporten beskriver genomförandet och resultatet av lasermätningar av dropparnas storlek från skärsläckaren. Vid försöken som ligger till grund för rapporten genomfördes även mätningar av dropparnas diameter från olika strålrör och Dimspik för att öka förståelsen kring skillnaderna mellan de olika systemen. Uppmätta droppstorlekar för skärsläckaren på 10 meters avstånd från munstycket visar på en aritmetisk medeldiameter $d_{10} \approx 62 \mu\text{m}$, Sauter medeldiameter $d_{32} \approx 170 \mu\text{m}$ och volymetrisk medeldiameter $d_{30} \approx 110 \mu\text{m}$. Med inblandning av X-Fog samt A-skum minskade droppstorleken avsevärt. Den aritmetiska medeldiametern minskade från 62 till 33 μm för A-skum och från 62 till 38 μm för X-Fog. Sauter medeldiametern minskade från 170 till 149 μm för A-skum och från 170 till 109 μm för X-Fog. Kylning, inertering och absorbering av strålningsvärme blir mer effektivt med mindre droppar än stora droppar i konventionella lågtryckssystem. Vid försöken genomfördes även mätningar på vattendropparnas hastighet på olika avstånd från munstycket. 10 m från munstycket genererar skärsläckaren en hastighet på vattendropparna på 7 m/s. För övriga testade system ligger hastigheten på vattendropparna på ca 1 m/s på ett avstånd av 2-4 m från munstycket.

³ FIREFIGHT I och II, www.eufirefight.com

Släcksystem för lätta räddningsfordon är skriven av Folkesson & Millbourn (2008) vid Lunds tekniska högskola. Författarnas syfte med rapporten är att den ska kunna användas av räddningstjänst som en del av beslutsunderlaget vid valet av släcksystem till ett lätt räddningsfordon. Problemformuleringen som författarna försöker svara på är vilket släcksystem som är mest lämpligt att använda i lätta räddningstjänstfordon. För att svara på detta har författarna bland annat genomfört brandförsök på MSBs skola i Revinge. Vid försöken utvärderades släcksystemen skärsläckaren, Firexpress, Oertzen, OneSeven, DSPA och pulversläckare. Försöken tyder på att det finns skillnader i både brandgaskylning, innertering och återantändningsskydd mellan de testade systemen. Det råder idag meningsskiljaktigheter kring om de olika släcksystemen har testats och utvärderats på likvärdig grund i denna studie. Anledningen till diskussionen grundar sig på att släcksystemen inte applicerades på likvärdigt sätt.

3.2.2 Konventionella lågtryckssystem

Den mest förhärskande metoden för inomhusbrandsläckning har under mycket lång tid varit invändig släckning med strålrör utförd av brandmän utrustade med andningsskydd. Allt sedan andningsskydd togs fram 1920-30 (Palmkvist (2012)) så har invändig släckning varit möjlig att utföra. Förändringar i utrustning och teknik har på olika sätt påverkat och utvecklat detta arbetssätt.

Kring 1940-45 utvecklades internationellt nya strålrör, så kallade dimstrålrör, för att utnyttja vattendimman mer optimalt än en slutna stråle. Dessa gav mer effektiv vattendimma som kylde brandgaser bättre än de slutna strålar som tidigare använts. Vattendimman kunde även regleras till en vattenkon för självskydd och en mer sammanhållen stråle för att skapa lång räckvidd.

För att få perspektiv på dagens konventionella släckmetoder kan man göra en tillbakablick till 1970-80 talet. Efter att flera allvarliga svenska olyckor inträffat på 70-talet vid invändig släckning konstaterades att om brandpersonalen varit bättre utrustade samt haft bättre kunskap om branddynamik och brandförlopp hade med stor sannolikhet flera av dessa olyckor kunnat undvikas. Den svenska räddningstjänsten uppdaterades därför med såväl nytt materiel som nya metoder och utbildningen förbättrades. På 1980-talet utvecklades ett svenskt dimstrålrör (Fogfighter) och brandmännen utrustades med skyddskläder som skulle skydda bättre vid en eventuell övertändning av ansamlade brandgaser. Speciella övertändningscontainers byggdes för att öva startbrand, branddynamik och kylning med hjälp av vattendimma. Med en mindre påföring av pulserande vattendimma kunde en effektiv kylning av brandgaser och brand genomföras utan att brandmännen riskerade att utsättas för het vattenånga efter en för riklig påföring av släckvatten.

Metoden som utvecklades kallas för ”Offensivbrandsläckning”. Den syftar till att komma in i brandrummet med så pass mycket vatten att rökdykarna är ”överstarka” dvs. rökdykarna har tillgång till mer vatten än vad som teoretiskt krävs för att släcka branden. En viktig del av metoden handlar om skapandet av en större säkerhet för rökdykarna. Detta görs genom att placera en rökdykarledare utanför det brandutsatta utrymmet med ytterligare en skyddsslang till hands. Släckutrustningen bestod av dimstrålrör med ett vattenflöde om 150-300 l/minut. Matning av vatten skedde från en brandbil eller motorspruta via ett grenrör till minst två smalslangar. Den ena slangen hade rökdykarna med sig in i byggnaden och den andra slangen hade rökdykarledaren till sitt förfogande. Vid speciella behov där riskbilden var större så kunde ett så kallat förstärkningsstrålrör användas med 1000-1200 l/min och matning direkt från 76 mm slang. Arbetsmetodiken var att bygga upp säkerhet bakom rökdykarinsatsen allt efter som riskbilden kunde klargöras.

När AFS 2007:7 trädde i kraft kom tydligare krav på riskbedömning och mer funktionskrav än vad som funnits i tidigare AFS om rök- och kemdykning. Föreskriften fastslår att rökdykning endast bör genomföras vid livräddande insats.

3.2.2.1 Offensivbrandsläckningens taktik

Vid användandet av Offensivbrandsläckningsmetoden är branddynamiken och brandförloppet viktiga parametrar i taktik och förhållningssätt vid invändig släckning. Avsikten är att hålla startbranden och startbrandrummet tillslutet för att minska risken för övertändning av ansamlade brandgaser. För att säkerställa angreppsväg in till brandrummet och reträttväg ut ur byggnaden genomförs kylning av ansamlade brandgaser in mot startbranden med hjälp av dimstrålröret. Grunden i taktiken är att snabbt nå startbrandrummet för att tillintetgöra branden, därefter genomföra kontroll och eventuell släckning av hotade sidoutrymmen. Rökdykargruppen har ofta tvingats exponera sig för risker på väg in i byggnaden. Nedsatt sikt, värme och giftiga brandgaser är vanligt förekommande i brandsituationer. Säkerhetshöjande åtgärder har normalt satts in bakom den första rökdykargruppen såsom skyddsgrupp, rökdykarkontrollant, säker vattenförsörjning, förstärkningsstrålrör etc.

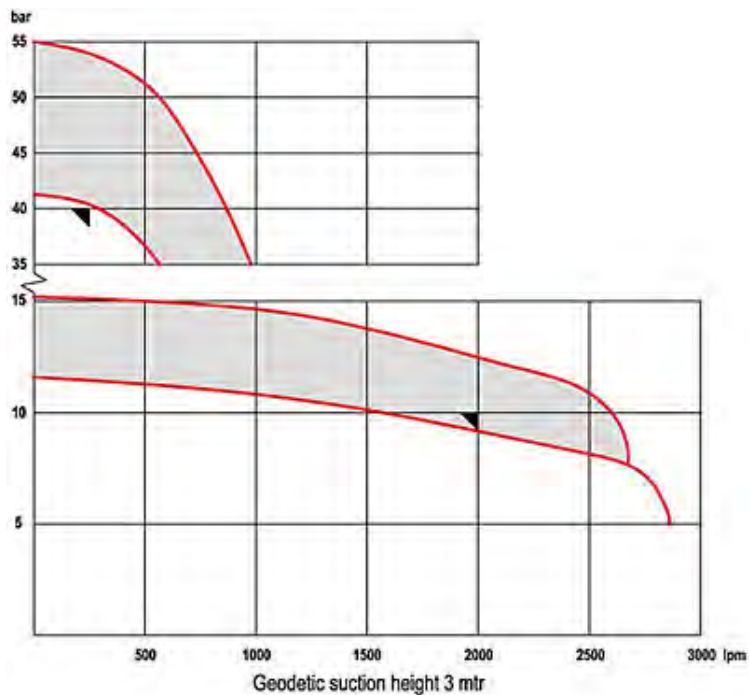
När brandutveckling medfört spridning in i byggnadskonstruktionen har kompletterande släckutrustning kunnat användas. Utrustningen som funnits tillhanda har ofta varit dimspik i två versioner (Attack och Begränsning). För mer information om dimspik, se avsnitt 3.2.4.2.

Ovan beskrivna system har varit vanliga inom svensk räddningstjänst tillsammans med nu alltmer förekommande varianter av nya och förekommande släcksystem. En successiv ökning av nya släcksystem som förhöjt lågtryck, CAFS, vattendimsystem och tillsatsmedel har medfört att detta upplevs som ett konventionellt system idag.

I denna rapport används begreppet ”konventionella system” för att beskriva lågtryckssystemet.

3.2.3 Förhöjt lågtryckssystem

Förhöjt lågtryck är vad vi i Sverige har valt att kalla ett släcksystem som har ett arbetstryck vid pumpen på cirka 40-60 bar. Systemet drivs oftast av en kombinationspump som även klarar att köra konventionella lågtryckssystem med ett pumptryck på mellan 7-15 bar. För den Svenska markanden finns i huvudsak två tillverkare av pumpar för förhöjt lågtryck. Rosenbauer har en pump med beteckningen NH40, som är deras mest sålda pump med förhöjt lågtryck i Sverige. NH40 skall enligt Rosenbauer leverera 4 000 l/min vid 10 bars pumptryck och 400 l/min vid 40 bars pumptryck. W. Ruberg har en pump med förhöjt lågtryck med beteckningen R30/2.5e. Figur 1 visar hur pumpkurvan ser ut för denna pump. Det övre diagramet visar tryck och flöde för det förhöjda lågtryckssystemet. Det undre diagramet visar tryck och flöde för det konventionella lågtryckssystemet. Viktigt att påpeka är att pumptrycken som anges (ofta 40 bar) inte stämmer överens med de munstyckstryck som råder.



Figur 1 Pumpkurva för W. Ruberg R30/2.5e. Med tillåtelse av W. Ruberg.

På grund av det höga trycket (40-60 bar) används en formstyv slang som är monterat på en centrumrulle, se exempel på montering i Figur 2. Denna montering möjliggör att tiden från ankomst till att systemet är färdigt att användas, är betydligt kortare än för ett konventionellt lågtryckssystem där slangen oftast rullas ut för hand och kopplas samman manuellt. Intervjuer med insatspersonal visar att styrkan i det förhöjda lågtryckssystemets ligger i dess enkla användning och snabba igångsättande.

Palmkvist (2012) menar att ett släcksystem med slangen monterad på centrumrulle ofta har en fördel att användas vid lägenhetsbrand (begränsad till en brandcell) där varje sekund är avgörande. Då systemen redan är trycksatta är uppstartstiden kort från framkomst till angrepp. Genom att snabbt få in vatten och kyla brandgaserna är systemet mycket effektivt.



Figur 2 Centrumrulle med formstuv slang. (Foto: Peder Lindström, Räddningstjänsten Storgöteborg).

3.2.4 Släcksystem med vattendimma

Släcksystem med vattendimma blir allt vanligare på marknaden. Dessa system har sin främsta styrka i ett tidigt skede av brandförloppet vid brand i byggnad. Med tidigt skede menas att branden inte har spridit sig utanför startbrandrummet. Det högre trycket medger mer finfördelade vattendroppar än ett konventionella lågtryckssystem. Detta innebär att vattendropparna får en större total area per liter använt vatten vilket möjliggör en effektiv kylning av brandgaser. Vattendimman är däremot sämre på att kyla ytor och på så vis minska pyrolyshastigheten och risk för återantändning. För att öka ytkylningseffekten kan någon form av tillsatsmedel i släckvattnet användas. Vissa tillsatsmedel ger även ett bra återantändningsskydd enligt Palmkvist (2012). Vid insatser med vattendimma mot bränder i byggnaden visar erfarenheter från insatspersonal att det kan dröja en stund från start av påföring till dess att en synlig effekt uppnås. Detta beror sannolikt på att branden och de varma brandgaserna förångar vattendimman på sin väg in i rummet och att det övertryck branden skapar motverkar spridningen av vattenångan. Genom kontinuerlig påföring av vattnet kyls brandgaserna successivt och vattendimman kan på så sätt nå längre in i brandrummet innan den förångas. Vattendimman uppför sig mer som en gas och är mer lättpåverkad av förhållanden i brandrummet än vad släcksystem med större droppar och högre flöde är.

Genom att förånga vattendimma sänks partialtrycket för syre inne i brandrummet och en inerteringseffekt uppstår. För att dra nytta av denna effekt är det viktigt att brandrummet är så tillslutet som möjligt. Öppningar för från- och tilluft kan minska inerteringen avsevärt. Stora mängder släckvatten från ett konventionellt lågtryckssystem kyler brandgaser och ytor effektivt men minskar samtidigt den drivande potentialen för att förånga vatten. Genom de mindre vattendropparna och den mindre mängden vatten som används med vattendimma, förångas vattendimman effektivare än vid släckning med konventionella lågtryckssystem. Detta minskar sannolikheten att vattenskadorna uppstår som sekundärskada vid en släckinsats.

På den svenska marknaden finns framför allt fem olika släcksystem med vattendimma (förhöjt lågtryck behandlas i ett tidigare kapitel). Pumptrycket och flödet, vilket skiljer mellan de olika systemen, är sammanställt i Tabell 1⁴.

Tabell 1 Tryck och flöde för systemen.

Produkt	Arbetstryck vid pumpen [bar]	Vattenflöde vid dessa tryck [l/min]
Firexpress	35 - 40	25 - 33.7
Oertzen HDL 170	170	21
Oertzen HDL 200	200	22
Oertzen HDL 250	250	24
Rosenbauer UHPS	100	38
Skärsläckaren	300	58
Dimspik	10-12 bar för lågtrycksdimspik, 40 bar till förhöjt lågtryck	72 för lågtrycksdimspik och 80 till förhöjt lågtryck.

Resultatet som uppnås med de olika systemen med vattendimma är bland annat beroende av släcksystemets tryck, flöde, kastlängd, penetrationsförmåga, brandens lokalisering, brandens omfattning och byggnadens konstruktion. I vissa situationer kan det krävas håltagning för att vattendimman skall kunna få tillgång till det brandutsatta utrymmet. Sågverktyg, bormaskiner eller dylikt kan då krävas för att skapa åtkoms såvida inte detta är möjligt genom exempelvis trasiga fönster, brevinkast eller öppna dörrar. Skärsläckaren gör det möjligt att skapa åtkomst och applicera vattendimma med ett och samma verktyg. Möjligheten att snabbt förflytta sig med de olika systemen ökar effektiviteten avsevärt.

3.2.4.1 Skärsläckaren, erfarenheter och lärdomar kring dess användande

Skärsläckaren har sin främsta styrka i att den klarar att skära genom i stort sett alla material och föra in vattendimma i bakomliggande utrymmen. Då det inte krävs ett separat moment för håltagning är skärsläckaren effektiv vid omfall, dvs. ändring av angreppspunkt.

⁴ Uppgifterna kommer från tillverkarna av släcksystemen.

3.2.4.1.1 Operativa insatser med skärsläckarkonceptet

Användandet av skärsläckaren har studerats i de två EU- projekten Firefight I och II. Projekten har utmynnat i ett tillvägagångssätt vid brand i framförallt byggnader som benämns ”Skärsläckarkonceptet”. Innehållet i detta kapitel om skärsläckarkonceptet är till stor del framtaget inom dessa projekt. Kompletterande information har sammanställts utifrån genomförda intervjuer.

Skärsläckarkonceptet innebär att skärsläckaren används i kombination med IR-teknik och övertrycksfläktar. Med hjälp av IR teknik identifieras de mest brandutsatta utrymmena där skärsläckaren appliceras. Med IR-kameran kan sedan temperatursänkningen mätas. Efter att brandgaserna kylts tillräckligt tillsätts PPV-fläkt för att ventilera ut brandgaser och göra inträngning i byggnaden för att där släcka de mindre brandhärdar som eventuellt kvarstår.

Rumsbränder

Sett ur ett arbetsmiljöperspektiv har skärsläckaren ett av sina viktigaste arbetsområde vid insatser mot brand i byggnad. Släckinsatsen bedrivs då från en säker position från utsidan av det brandutsatta utrymmet och ingen inträngning i tät brandrök behövs. Den samlade erfarenheten från insatsrapporter och intervjuer är att skärsläckaren presterar väl mot enskilda rumsbränder. Vattendimman utnyttjas på ett effektivt sätt och brandgaserna kyls snabbt inne i utrymmet. För att uppnå ytkylning och återantändningsskydd kan det krävas längre påföringstid eller användande av tillsatsmedel.

Bränder kring murverk och skorstenar

SÄRFS insatsrapporter och utredningar vittnar om att en mycket god effekt har uppnåtts vid bekämpning av dolda bränder i byggnadskonstruktionen kring murverk och skorstenar. Med hjälp av värmekameran har lokalisering av värmepåverkad konstruktion skett. Därefter har punkteringar med skärsläckaren gjorts runt brandindikerade områden för att förhindra brandspridning. Endast korta pulser av vattendimma har tillförts konstruktionen. Den synbara effekten har varit vattenånga som trängt ut och indikerat påverkan på heta brandgaser och ytor.

Beskrivningar finns där punktering skett med inblandning av abrasiv (skärmedel) med lansens vinklad in mot brandutsatt område, varefter enbart vattendimma tryckts in genom de hål som skapats. Att snabbt kunna kyla brandgaser samt enkelt kontrollera temperaturförändringar med IR teknik har medfört att håltagning senarelagts och att syresättning av branden därmed kunnat undvikas. Friläggande runt murverk har skett först efter att en stabil sänkning av temperaturen har erhållits.

SÄRFS erfarenheter visar att det är viktigt att inte rikta skärsläckarens munstycke mot det område som är varmest. Mest effektivt är istället att lokalisera det varma området med IR kamera och därefter börja kyla i ytterkanten av detta, för att sedan arbeta sig in mot det varmaste området. Metoden förhindrar okontrollerad brandspridning.

Bränder inomhus i trossbottnar, väggar och tak

Teknik och taktik som använts vid ränder i trossbottnar, väggar och tak har ofta liknat den som används vid bränder kring murverk. Det är viktigt att beakta behovet av riskbedömning av angränsande sidoutrymmen vid användning av skärsläckare i konstruktionsbränder, då vattenstrålen lätt skär genom väggar och tak och kan skada personal i angränsande utrymmen.

Då det brinner i trossbottnar kan det bildas mycket brandgaser som fyller angränsande rum i byggnaden. Ett flertal exempel från insatser finns där det har använts ventilation för att säkerställa en god arbetsmiljö för brandpersonalen. Vid konstruktionsbränder kan dock en okontrollerad övertrycksventilation generera en svårkontrollerad brand då syre tillförs branden. För att ventilera ut brandröken ur ett rum då det brinner i trossbottnar, väggar och tak räcker det ofta att låta fläkten gå på tomgång. Ett sådant arbetsmoment kan innebära att det ej är att betrakta som rökdykning då

inträngande i tät brandrök inte föreligger. Detta innebär i sin tur att brandmännen vistas i mindre mängder hälsoskadlig rök.

Brandmän med andningsskydd och skärsläckare förflyttar sig relativt smidigt mellan olika rum för att nå brandutsatta utrymmen. Kommunikationsvägar och ansvarsfördelning mellan operatör och säkerhetsman måste klargöras för att skapa en säker och effektiv skärsläckarinsats för all inblandad personal. Operatören styrs av säkerhetsmannen som bör vara utrustad med värmekamera. Kontakten mellan dessa sker förslagsvis via rökdykarradio. Värmekameror har ofta använts för att registrera temperaturskillnader före, under och efter insats. Viktigt att beakta är att värmespridning genom olika byggnadsmaterial kan variera stort. Genom IR-bild eller videoupptagning med IR kameran ges möjlighet att kontrollera släckeffekt och temperaturskillnader över tid.

Bränder i vindar och yttertak

Bränder som omfattar tak och vindskonstruktioner är, rent taktiskt, mycket svåra objekt att släcka. Det är flera faktorer som spelar en stor roll huruvida insatsen blir lyckad eller ej. Snabbhet i brandspridning och tidsaspekten vid igångsättande av släckangreppet är skadeplatsfaktorer som har stor betydelse vid val av släckmetod. Rent byggnadstekniskt finns det flera viktiga parametrar att tänka på. Vindar utgör ofta stora volymer och med låg grad av brandsektionering. Även brandbelastningen kan vara hög. Vid val av taktik bör möjligheten att äntra taket ses över. Många metoder kräver att brandmännen uppehåller sig på taket under insatsen och därmed utsätter sig för potentiell rasrisk.

Nya konstruktionslösningar kräver ibland andra metoder än de som vanligtvis används. Exempel på nya konstruktioner där skärsläckarkonceptet visat god släckförmåga är bland andra högprofilerad självbärande takplåt med isolering av cellplast och ytskikt av brandklassad takpapp. Taktik och metodval har inneburit att man tidigt kunnat lokalisera värmeströmning i vindsutrymmet. Med hjälp av värmekameran har takfot och taknock skannats av. Värmebilden har indikerat hur branddynamiken påverkat underliggande takutrymme. Temperatur och tryckförhållande har sedan ingått som beslutstöd vid val av taktik och metod.

Bränder i industribyggnader och lagerutrymmen

Skärsläckarkonceptet har använts under mer än 10 år vid ett stort antal industribränder. Vid val av taktik och metod vid en industribrand är det flera faktorer som har avgörande betydelse. Det är viktigt att göra en god bedömning av byggnaden i sig. Industrilokaler kan ha begränsad hållfasthet och innehåller dessutom ofta mycket brandfarliga produkter. Information om verksamheten och hur byggnaden är konstruerad bör finnas tillhands vid riskbedömningen. Faktorer som rör branden och som bör vägas in är hur långt branden har utvecklats, var brandgaser kan finnas ansamlade samt hur stor risken är för brandgasantändning. Om branden pågått en längre tid kan konstruktionen vara försvagad och därigenom finns en risk för ras.

Erfarenheter vid släckning av bränder i industrilokaler har indikerat vikten av ett högt säkerhetstänkande och ett metodval som inte förutsätter att brandpersonal äntrar byggnaden. Genom användning av värmekameror har brandspridning och konstruktionspåverkan kunnat registreras. Dessutom går det att utläsa brandens spridning. Exempel på användningsområden beskrivs i kapitel 4. Skärsläckarkonceptet används i de fall där insatsbefälet bedömt att släckning kan ske på ett säkert sätt. I och med att all verksamhet sker utifrån kan skärsläckning ske mer säkert i högre utsträckning än vid invändig släckning. Det finns fall där skärsläckaren tagits in i en byggnad för att kyla intilliggande brandceller. I dessa fall har alltid en skyddsstråle anbringats om något skulle gått fel.

Viktiga lärdomar kring skärsläckarkonceptet:

Följande blå ruta är en sammanställning av viktiga lärdomar som framkommit i de två EU projekten samt från intervjuer med insatspersonal.

- Skärsläckare kyler effektivt brandgaser från säker position.
- Strålens uppbrott inne i brandgaserna medverkar till vattendimmans stora kyleffekt.
- Vattendimma kräver längre påföringstid i jämförelse med dimstrålrör med lågtryck.
- Successiv kylning med vattendimma ökar produktionen av vattenånga under längre tid.
- Handlansens vinkel anpassas efter byggnadskonstruktion, för att ge ökad räckvidd.
- Kyl och släckeffekt når fram till svåråtkomliga områden, pga. indirekt släckeffekt (vattendimman transporteras med luftflödet i utrymmet).
- Insats med vattendimma skapar förutsättningar för reduktion av syrenivå. Minskning av syrenivå kan minska från 21 till 7 volym % i det brandutsatta utrymmet enligt SÄRF och SP (2010).

3.2.4.1.2 Skärsläckarprojektet – Ett projekt i metodutveckling för att skapa effektivare och säkrare räddningsinsatser

Skärsläckarprojektet (Snickars, T., et.al (2013)) är ett utvecklingsprojekt med Räddningstjänsten Lomma-Staffanstorp, Räddningstjänsten Syd, Södertörns brandförsvarsförbund, Arbetsmiljöverket, Cold Cut Systems och Myndigheten för Samhällsskydd och beredskap. Rapporten beskriver på ett tydligt sätt erfarenheter från insatsutvärderingar med skärsläckaren från ett tvåårig användande av skärsläckaren från deltagande räddningstjänster. I rapporten går att läsa följande sammanfattning kring räddningstjänstens erfarenheter:

”Personalen är positivt övertygade om att man gör en bra insats och bryter brandförloppet i ett tidigt skede när man åker på larm med offensiva enheter som är utrustade med IR-kamera och skärsläckare. Man har dessutom skapat bättre miljö för rökdykarna om behov föreligger för en senare invändig insats för att slutföra släckningen. Vattenmängden som används vid insatserna har gjort att mindre vattenskador och restvärdesarbete har behövt göras. Sammantaget bättre insats med ett bra användande. Personalen på Räddningstjänsten Syd är övervägande positiv till systemet, i synnerhet kombinationen med värmekamera. Det har genomförts ett antal insatser där man anser att skärsläckaren har haft en mycket stor eller avgörande betydelse för insatsresultatet. Befälen har i hög grad haft skärsläckarenheten med i omfallsplanering vid insatser då enheten har varit på plats. Önskemål om att ha signalkabel integrerad i slangen för att undvika problem om-när radioförbindelsen bryts i djupa trapphus, källare mm. (pågår för närvarande långtids test med prototyp av trådstyrning). Kommentar från en på Räddningstjänsten Syd: ”Vi borde ha skärsläckaren på förstabilen”. Fortbildning av personal och insatsutvärderingar måste ske kontinuerligt för att hålla rätt kompetensnivå. Värmekamera för utvändigt skanning av byggnader underlättar betydligt vid bedömning och beslut.”

3.2.4.2 Dimspik

Dimspiken är en svensk uppfinning och konstruerades 1988 av Lennart Strand som arbetade som brandman och brandförman på Kristianstads Räddningstjänst mellan år 1957-1997. Dimspiken togs fram främst för att möjliggöra släckning av bränder i dolda utrymmen som var svåra eller för riskfyllda att komma åt genom en rökdykarinsats. Det finns flera olika typer av dimspikar för olika ändamål. I denna studie har fokus legat på varianterna ”Dimspik Attack” och ”Dimspik Begränsning”. ”Dimspik Attack” har en långsmal kon medan ”Dimspik Begränsning” har en vidare spridning på vattendimman. Beteckning ”LT” i produktnamnet anger att det är en dimspik för ett lågtryckssystem.

Dimspiken nyttjar vattendimmans egenskaper för att begränsa och släcka en brand. Vid användning av dimspikar krävs att de sätts in via ett befintligt hål i byggnaden, till exempel ett trasigt fönster, brevinkast etc., eller via ett hål som tillverkas med till exempel Dafo Dimspikshammare, en bormaskin eller dylikt. Dafo Brand AB har angivit i sitt produktdatablad att ett pumptryck på 10 bar och ett tryck vid munstycket på 7 bar ger ett flöde på 72 l/min.

För att minimera vattenskadorna är det viktigt att hela tiden beakta den rök som lämnar byggnaden. Börjar röken bli vit som vattenånga bör dimspikarna köras i kortare intervaller. Ett effektivt sätt att hantera Dimspiken är att scanna av byggnaden med IR-kamera för att se mer specifikt i vilka utrymmen det brinner och var påföringen ger effekt. Arbetet bör utföras från en säker position. Operatören bör exempelvis vara medveten om att det är riskfyllt att beträda ett tak ovanför en brand.

Ett vanligt användningsområde för dimspikar är att upprätta en begränsningslinje för att förhindra att branden sprider sig vidare. Erfarenheter från insatser visar att det dock kan ta tid att upprätta en begränsningslinje. Man måste därför beakta brandens spridningshastighet för att säkerställa att inte branden spridit sig förbi begränsningslinjen innan denna är färdigställd.

Om det har börjat brinna inne i väggar eller trossbottnar behöver man arbeta systematiskt och göra många hål för vattenpåföring eftersom isolering, balkar med mera, kan förhindra vattenspridningen i sidled. Det låga trycket i systemet kan göra det också svårt för vattendropparna att transporteras längre sträckor in i en konstruktion. Rekommenderat är att vattenpåföringen utförs i korta intervaller på 3-4 sekunder för att undvika allt för stora vätskeflöden in i konstruktionen.

När det brinner i väggar och trossbottnar kommer IR-kameran till sin fulla rätt för att lokalisera brandhärdar enligt Palmkvist (2012).

Det finns även Dimspikar som är anpassade till ett förhöjt lågtryckssystem. Beteckningen FLT i produktnamnet anger att det är en dimspik för ett förhöjt lågtryckssystem. Även beteckningen HT förekommer som anger att det är en dimspik för ett högtryckssystem (förhöjt lågtryckssystem). Dafo Brand AB anger att ett pumptryck på 40 bar och ett munstyckstryck på 31 bar skall ge ett vattenflöde på 80 l/min. Jämfört med lågtrycksdimspiken är flödet cirka 10% högre.

Det högre munstyckstrycket genererar mindre droppar än lågtrycksdimspiken. Detta innebär en effektivare värmeupptagning från de varma brandgaserna, lågorna och värmestrålningen. Små droppar kan dock ge sämre inträngningsförmåga i flammor och sämre vätning av brandytor än större droppar.

Användningen av dimspikar för förhöjt lågtryck skiljer sig inte nämnvärt från den beskrivning som givits för dimspikar anpassade för lågtryckssystem. Värt att notera är att det högre trycket i det förhöjda lågtryckssystemet gör att framför allt ”Dimspik Attack” kräver ett visst mothåll för att hållas på plats.

Vid samtal med insatspersonal från flertalet räddningstjänster verkar den allmänna uppfattningen vara att ”Dimspik Begränsning” är ypperlig att använda i utrymmen med begränsad volym så som trossbottnar, väggar, tak, krypvindar med mera. Genom att skapa små vattendroppar och en vid spridning på strålen når den mer effektivt bränder inne i konstruktioner.

”Dimspik Attack” med förhöjt lågtryck har visat sig ge en bra vattendimma och en lång kastlängd. Lindström och Ehn (2012) menar att ”Dimspik Attack” kan användas via exempelvis brevinkast i dörrar, trasiga fönster med mera för att snabbt få in vattendimma i en brinnande byggnad. Dimspiken används alltmer som ett handburet munstycke vilket möjliggör en optimering av vattenförbrukning och släckeffekt.

Idag är det Dafo Brand AB som tillverkar och säljer dimspikar.

3.3 Vatten med tillsatsmedel

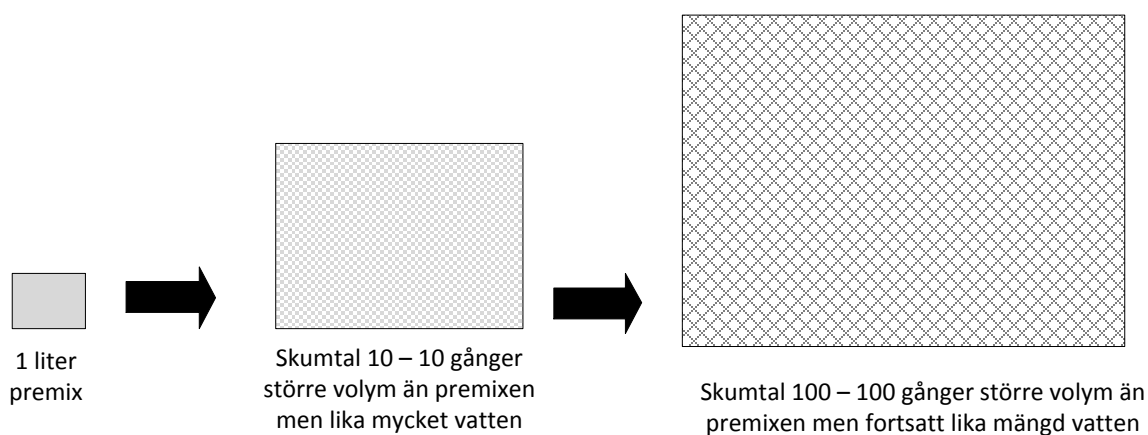
Denna del av rapporten behandlar olika skumtyper och andra tillsatsmedel som tillsätts i släckvattnet för att förbättra återantändningsskyddet eller kyleffekten.

Skum har varit en del av räddningstjänstens metodförmåga sedan länge. Skum är det enda släckmedlet på marknaden som klarar av att hantera en större vätskebrand (Persson 2013). På grund av detta har Räddningsverket (nuvarande MSB) givit ut bland annat *Basutrustning för skumsläckning* (Persson (1990)) där olika alternativ för skumsläckning diskuteras. Idag har många räddningstjänster tillgång till utrustningen som rekommenderas i rapporten.

3.3.1 B-skum – för vätskebränder

I stort sett alla räddningstjänster runt om i Sverige använder B-skum i någon form. B-skum är den typ av skum som används mot vätskebränder, dvs ej primärt mot brand i byggnad. Utöver vatten är detta det mest använda släckmedlet hos räddningstjänster i Sverige. Nedan redovisas en kortfattad genomgång av de olika skummens egenskaper. För den intresserade finns mycket mer information att hämta i exempelvis Särdaqvists (2006) *Vatten och andra släckmedel*, Rosanders (1996) *Skumboken* samt i *FOAMSPEX* skriven av Persson et al (2001).

Skum består egentligen av tre komponenter; vatten, skumkoncentrat och gas. Gasen är oftast den omkringliggande luften som blandas in i skummet. Vilken form av skum som bildas beror på hur stor del av de olika komponenterna som används. Skum delas upp i tungskum, mellanscum och lättskum. Det som skiljer dessa åt är det så kallade skumtalet. Skumtalet finns illustrerat i Figur 3 och är ett mått på hur mycket skummet expanderar från att vara en förblandad mix bestående av 97% vatten och 3% skumvätska, till ett skum. Vilken form av skum som bildas beror på val av skummunstycke och hur mycket luft munstycket tillsätter premixen vid utloppet.



Figur 3 Förklaring av begreppet skumtal

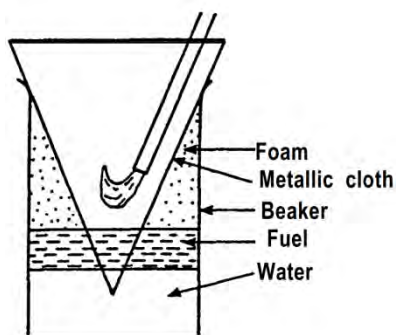
B-skum är det enda släckmedel på dagens marknad som klarar av att släcka en vätskebrand av större storlek (Persson (2013)).

I Sverige finns det främst två olika skumtyper på räddningstjänsterna. Det första och största är tensidbaserad skumvätska. Tensidbaserat skum innehåller olika petroleumprodukter och fettsyror för att bilda en syntetisk skumvätska. Denna form av skumvätska kallas även detergentiskum. Detergentiskumvätska har en hög förmåga att bilda formaterat skum i jämförelse med bland annat proteinscum.

Proteinscum är en annan form av skumvätska som används av räddningstjänsten. Skumvätskan görs av spill i slaktindustrin, exempelvis hovar, horn etc. eller sojabönor och har därför en oangenäm lukt. Kännetecknande för proteinscum är att vätskan är brunfärgad, att skummet har en god

vidhäftningsförmåga samt att det är värmebeständigt. När skummet i sig är förbrukat kommer en brun hinna finnas kvar som fortsätter skydda materialet mot brand.

Genom att tillsätta fluor i skumvätskan förbättras dess utbredningsförmåga. Dessutom kan ämnen tillsättas i skumvätskan så att de får filmbildande egenskaper. Filmen som bildas ger bränsleytan ett bra återantändningsskydd om den inte bryts av yttre påverkan. Filmbildande skum kallas AFFF (Aqueous Film-Forming Foam) som syntetiskt skum och FFFP (Film-Forming FluoroProtein) när det rör sig om proteinskum. Filmen som bildas lägger sig under skummet och kvarstannar även om skumtäckets skulle brytas. Under provning enligt brandtestmetod NT Fire 023, trängs skumtäckets bort och ett försök till antändning sker på den blottade "filmytan" enligt Figur 4.



Figur 4 Test av filmbildande skum enligt NT Fire 023.

3.3.2 A-skum – för fibrösa bränder

A-skum är ett brett område. För den intresserade har Colletti (1998) skrivit en hel bok i ämnet. Collettis (1998) bok innehåller allt från erfarenhetsåterföring till strålförarteknik och skummets egenskaper. Persson (2005) gjorde en sammanställning över användandet av både CAFS och A-skum fram till 2005 i vilken mycket information kan återfinnas.

A-skum har liknande utseende som B-skum. Skillnaden är användningsområdena. Bokstaven A står i sig för fibrösa material. Ett A-skum behöver en betydligt lägre inblandning av skumbildande tillsattsmedel än B-skum. Vid bränder i fibrösa material är det ytspänningssänkningen som ger en ökad inträngning i materialet. A-skum fungerar bra vid inblandningar ända ner till 0,1 %, även om Colletti (1998) menar att erfarenheten visar att 0,3 – 0,5 % inblandning behövs.

Inblandning av skumvätska i släckvattnet sänker ytspänningen på vattnet och ger därigenom en bättre inträngning i fibrösa material.

Vid släckning av fibrösa bränder behöver inblandningen av skumvätska vara betydligt lägre än vid släckning av vätskebränder.

A-skummets funktion skiljer sig mot den för B-skum. Colletti (1998) menar att medan B-skummets främsta tillgång är dess förmåga att skapa en barriär för bränsleångorna har A-skummet ett annat användningsområde. A-skummet skall fungera penetrerande i fibrösa material genom att vara motståndskraftigt och kunna hålla länge innan skumbubblorna spricker.

3.3.3 CAFS

CAFS är en förkortning av Compressed Air Foam System, fritt översatt på svenska betyder detta tryckluftsgenererat skum. Till skillnad mot vanligt skum där en förblandad mix tillförs slangen och där luft tillförs vid munstycket, bildas skummet i CAFS redan innan det antrar slangen. Detta gör slangen lätt att hantera på grund av den låga vikten. Dessutom minskar vattenåtgången kraftigt per liter släckmedel. Processen är att tryckluft tillsätts förblandningen så att skum bildas och går ut i slangsystemet. I slangen har skummet ett tryck på 8 bar vilken bidrar till den förhållandevis långa

räckvidden. Skumkvaliteten går att ändra, de kallas ofta våt- och torrskum där torrskum har ett högre skumtal och passar bäst för vidhäftning på vertikala ytor och dylikt.

CAFS har växt sig stort under de senaste åren. Persson (2005) skrev 2005 en sammanställning över dåtidens användning av CAFS, där han skriver att ingen svensk räddningstjänst skaffat CAFS. Idag är det annorlunda, den sammanställning som SÄRF genomfört som en del av detta projekt visar att det totalt i Sverige finns omkring 81 CAF-system från olika tillverkare bland Svenska räddningstjänster.

Antalet CAF-system har ökat från 0 till omkring 80 system på 7 år.

CAFS i sig är inget nytt fenomen. Persson (2005) har beskrivit historien bakom CAFS och följande text är en sammanfattning av hans rapport.

Den första CAFS-utrustningen utvecklades redan 1929. Skum i sig hade fram till detta bildats genom kemiska reaktioner istället för det ”mekaniska skum” som används idag. Det nya skummet gjordes genom att vattnet och skumvätskan förblandades för att därefter blandas med luft i en så kallad skumpump (liknande en kompressor) där blandningen komprimerades till 3,5 bar. Blandningen gick sedan vidare till en förädlare innan den expanderade i slangen fram till munstycket. Svenska Skum AB var de som tog tag i marknaden i Sverige 1933. De hann bland annat utrusta ett tiotal bilar från flygvapnet med skuminsatsen. De hann även med att producera en större skumpump som sattes på en så kallad ”Haveribil” benämnd TATRA 111 i Sverige. Denna producerades i ett 50-tal exemplar under 1950-talet och levererades runt om i Europa. CAFS började efter detta förlora marknad i och med framtagandet av filmbildande skum.

Efter att tekniken varit begravd i 20 år tog USA upp den återigen under 1970-talet. Till en början var intresset svagt, det växte dock till sig inom skogsbrandbekämpningen. I begynnelsen var det tänkt till att skydda skogsmaskinerna som arbetade i branden men effekten på vegetationsbränderna gick inte att förbise. Sedan dess har det alltmer gått över till ett verktyg som går att använda i många situationer, inte minst mot byggnadsbränder.

3.3.3.1 Tillverkare på den svenska marknaden

I Sverige är det främst två tillverkare av CAFS som är framträdande, One Seven (OS) och Rosenbauer. De erbjuder olika storlekar på system beroende på användningsområde.

Enligt One Seven kan storleken på systemet begränsas av på vilken bil det skall installeras. Är det en BAS 1 eller BAS 3 med en tankstorlek på 2,4 till 3 m³ rekommenderas OS 2400 med två uttag som var för sig kan ge 1400 l färdigt skum per minut. Vid en maximal förbrukning, det vill säga då båda munstyckena är fullt öppnade (2800 liter släckmedel), ger detta en maximal vattenförbrukning av ca 400 liter per minut, räknat på ett skumtal av 7. För BAS 4 rekommenderas ett större system med möjlighet för större uttag. Självklart sker alltid installationer i samförstånd med kunden men de presenterade fallen är några av de vanligaste kombinationerna.

Tabell 2 Olika system av CAFS och dess flöden.

System	Maximalt släckmedelsflöde för systemen [l/min] (våtskum)	Teoretiskt vattenflöde [l/min] (våtskum)
OS 300 T	320	46*
OS 1200 E	1400	200*
OS 2400 E	2800	400*
OS 3100 E	3600	514*
OS 5000 E	5900	843*

Conti CAFS 30 (Rosenbauer)	3000	750**
Conti CAFS 60 (Rosenbauer)	6000	1500**

*Beräknat utifrån ett skumtal av 7.

** Beräknat utifrån ett skumtal av 4.

3.3.3.2 Forskning relaterat till CAFS

Som tidigare nämnts gjorde Persson (2005) en litteratursammanställning som beskrev vad som gjorts fram till 2005. Sammanställningen omfattar erfarenheter från såväl forskning och försök som praktisk användning. Dessutom tar rapporten upp flera regler och standarder förknippade med skum. Rapporten omfattar många områden och drar flera slutsatser inom dessa. En av de främsta skillnaderna som belystes var hur enkelt skumkvaliteten ändras med CAFS i jämförelse med traditionella skumrör. Med detta kan användaren enklare anpassa skummet till aktuell situation. I jämförelse med vatten har flera studier visat att A-skum i allmänhet har en betydligt högre inträngning i fibrösa material. Detta i sin tur betyder ett betydligt bättre återantändningsskydd. Författaren skriver att CAFS ses av många som revolutionerande för släckinsatser. I reklamblad kan siffror om effektivitetshöjning på 4-5 gånger jämfört med vatten hittas. Vad detta betyder och hur bra detta stämmer är svårt att verifiera, däremot kan slutsatser kring minskad vattenanvändning dras. Vid användning av CAFS krävs mycket mindre vatten för liknande effekter som vattenbegjutning av ytor. En viktig parameter vad gäller inträngning i byggnader med CAFS är robustheten på slangen. Det finns dokumenterade fall där slangen brunnit av på grund av att skummet i slangen inte kylt den lika bra som vatten.

Även en senare sammanställning har gjorts angående forskning kring CAFS. Lyckeback och Öhrn (2012) gjorde sitt examensarbete kring CAFS där de bland annat listat vad som lyfts fram i den forskning de gått igenom kring CAFS. De främsta egenskaper de listar är att skummet fäster bra på vertikala ytor, det skyddar skumbelagt material från strålning effektivare än vatten, ger bra återantändningsskydd, fungerar bra mot inomhusbrand, förbättrar sikten i byggnaden samt att det förbrukar generellt mindre vatten än vid traditionella insatser. Det enda de funnit som varit negativt är att en nyinstallation i en gammal bil kan ge tekniska problem samt att skummet i sig kan göra att marken blir hal att gå på. En av deras källor, Grimwood (2006), sammanställde även han en del forskning som gjorts kring just CAFS. Här finns en rapport som visat att CAFS har haft problem att släcka bränder när det inte kunnat komma i direktkontakt med den brinnande ytan.

Lyckeback & Öhrn (2012) genomförde också egna tester för att ta reda på hur CAFS sänker gastemperaturen i jämförelse med vatten. Försöken skedde genom att införa släckmedel i ett brandutsatt rum under en förutbestämd tid. Eftersom målet inte var att släcka branden riktades aldrig släckmedlet direkt mot den brinnande ytan. CAFS påfördes för att träffa varma ytor medan vattnet påfördes i en svepande rörelse för att komma i kontakt med så mycket varma brandgaser som möjligt. Med andra ord användes en spridd stråle för vatten medan CAFS påfördes med samlad stråle. Resultatet visade att vatten har en bättre brandgaskylning per liter släckmedel när det påförs på detta sätt.

Även CEA, Frankrikes kommission för alternativ- och kärnenergi, har tillsammans med Gimaex, ägaren till One Seven, genomfört försök där syftet var att undersöka brandgaskylningen hos CAFS. Försöken kallas P.R.O.M.E.S.I.S och tar upp flera släcktekniker. Släckteknikerna används på samma sätt men med olika påföringstid. CAFS används i pulser om 4-5 sekunder med målet att sikta på den bortre väggen för att kyla så mycket som möjligt. Vattnet påfördes på liknande sätt men med mycket kortare påföringstid (1-2 sek). För att vatten ska ha så bra kylning som möjligt av brandgaserna bör det påföras med spridd stråle. Därför kan inte en direkt jämförelse mellan vatten och CAFS göras i dessa försök. Försöken visade dock att CAFS sänkte temperaturen vid träffpunkten under ca 30 sekunder efter påföringsstart. Detta bevisar ytterligare CAFS förmåga att effektivt kyla ytor och deras omedelbara närhet. Någon officiell rapport från försöksserien är i skrivande stund inte publicerad.

Kim & Crampton (2009) genomförde tester där de inrett likadana rum och gjorde jämförande tester mellan CAFS, vatten och skum/vattenblandning. Målet var att se hur mycket vatten som behövdes för att släcka en brand i rummet. Genom temperaturmätning och visuella observationer bedömdes det huruvida branden var släckt eller ej. Resultaten visar att CAFS kräver mindre mängd vatten för att släcka en rumsbrand än ett strålrör med vatten eller skum/vattenblandning.

3.3.4 Tillsatsmedel

På marknaden finns idag flera tillsatsmedel som tillverkaren hävdar har egenskaper som överträffar ”vanligt” skum. Allt viktigare på senare år är att skummet eller tillsatsmedlet har så liten miljöpåverkan som möjligt. Filmbildande skum (AFFF, FFFP) med fluortensider har en negativ påverkan på miljön varför det i vissa fall väljs bort, se kapitel 2.2. Nedan presenteras kort information om några olika tillsatsmedel.

På senare tid har flera miljöinriktade tillsatsmedel tagits fram på grund av bland annat filmbildande skumvätskors innehåll av fluorerande ämnen.

3.3.4.1 Forest A-skum

Forest A-skum är producerat av Dafo och är ett av Sveriges mest sålda A-skum. Dafo var tidigare återförsäljare av ett annat A-skum, Silv-ex, men detta försvann från den svenska marknaden när produktionen i Europa drogs ned. Som namnet antyder är Forest tänkt att vara ett tillsatsmedel i vattnet vid släckning av skogsbränder. Detta är inte lika utbrett i Sverige som i andra länder, även om det förekommer. Räddningstjänsten Karlstadsregionen är en av de som köpt in Forest. Grundidén var att använda det vid skogsbränder, dels för den effektivare släckeeffekten samt för att kunna bygga mindre vattensystem vid en utbredd insats. Forest är ett A-skum och har därmed de egenskaper som presenteras i kapitel 3.3.2. Sala brand, återförsäljare av Rosenbauers CAF-system, säljer ofta Forest A-skum som CAFS-skum när de levererar system. Detta bygger på bra erfarenheter från släckningsarbeten med Forest. Många kunder anser att skummet fungerar bra vid bland annat byggnadsbränder.

3.3.4.2 Bio For C

Bio For C är ursprungligen från Frankrike men har nu funnits i Sverige i några år. Vätskan är producerad av Bio-ex som har flera olika vätskor i sitt sortiment. Bio For C är ett A-skum med biologisk nedbrytbarhet. Släckvätskan har varit på miljögranskning hos SP enligt NT Fire 051 §7 och klarat samtliga kriterier. Detta system har använts av flera räddningstjänster runt om i Sverige, tyvärr är erfarenheterna kring husbränder få. De räddningstjänster som införskaffat produkten har främst fokuserat på den som ett hjälpmedel för att släcka bilbränder. För bilbränder anses den minska vattenåtgången radikalt. Räddningstjänsterna kom i kontakt med ämnet via uppvisningar där det visades hur bra det fungerar på just bilbränder. Vännäs räddningstjänst är en av de som skaffat produkten, de såg det initialt som ett billigare alternativ till CAFS. Istället för att byta ut hela sitt system kunde endast en koppling vid munstycket tillsättas.

3.3.4.3 X-Fog

Det som gör X-Fog speciellt är att det är ett miljösläckmedel som är metodneutralt och kan användas vid flera olika vätsketryck, bland annat som tillsatsmedel i vattendimma. X-Fog innehåller Ammoniumklorid och Ammoniumfosfater vilket enligt tester och analyser genomförda av Ringhals inte påverkar miljön. Flera filmer från jämförelsetester med vanlig vattendimma finns där tydlig skillnad i ytkylning och återantändning syns. De tester som utförts kring ämnet är utförda av tillverkaren själv i samarbete med räddningstjänster. Ringhals är en av de aktörer som haft kontakt med X-Fire. Vid samtal med Lindskog (2012) menar han att testresultaten som X-Fire AB presenterat

var så pass bra att det var det som gjorde att valet föll på dem. Palmkvist (2012) har under sina år på SÄRF testat mellan 25-30 olika tillsatsmedel och hans uppfattning är att inget annat medel har haft motsvarande hög effekt på släckeffekt, återantändningsskydd och miljöprofil. Räddningstjänsten Väst, SÄRF, Ringhals, Södra Cell/ Väröbruk har varit delaktiga vid testerna av X-Fog. Karlsson (2012), brandmästare på Räddningstjänsten Väst, menar att hans erfarenheter av X-Fog användning vid insatser stämmer väl överens med det Palmkvist (2012) konstaterat. Räddningstjänsten Väst anser att vätskan är så pass bra att de alltid har 1 % inblandning i allt släckvatten. Än så länge har de inte använt vätskan på några större insatser och kan därmed inte bedöma den i sin helhet jämfört mot vanligt vatten. Vid de mindre olyckorna som har inträffat vittnar brandmännen om att röken blir mycket vitare vid användning av X-Fog än vid vanligt vatten. Enligt Karlsson (2012) tyder detta på att det vattnet som sprutas på har större effekt än utan tillsatsmedlet. Räddningstjänst Väst var de första som dokumenterade användning av produkten. Insatsen gällde då en fullt övertänd mindre stuga. Även om objektet inte var särskilt stort anser sig räddningstjänsten ha fått ett kvitto på effekten hos X-Fog. Brandpersonalen på plats ansåg att vattnet gav större effekt med iblandning av X-Fog. Byggnaden fylldes med vit rök vilket gjorde att sikten blev nedsatt för rökdykarna. På grund av den begränsade ytan sågs inte siktförhållandena som ett problem. Konventionellt strålrör användes vid insatsen.

Landskrona räddningstjänst har nyligen valt att utvärdera X-Fog vid skarpa insatser. Den 8 Juni 2013 fick de larm om brand i ett flerfamiljshus. Branden skulle enligt uppgift ha spridit sig via gardiner. Vid ankomst lämnas en vindruter rapport om fullt utvecklad brand. Rutan till ett av rummen har gått sönder och lågor slår ut. X-Fog i en handbrandsläckare används genom fönstret för att dämpa branden. En invändig släckinsats påbörjas efter det med ett förhöjt lågtryckssystem med X-Fog inblandning och fläktar. Enligt uppgift från insatspersonal användes tre korta svep med strålen för att släcka branden. Ett par mindre glödbränder kvarstod. Upplevelsen från insatsen var att förvånansvärt små mängder släckvatten användes och att inga vattenskadur uppstod som följd. Landskrona räddningstjänst har även testat X-Fog mot bränder i bildäck med mycket gott resultat och släckt bilbränder med 9 liters handbrandsläckare med 4% X-Fog.

Räddningstjänsten Storgöteborg har använt X-Fog inblandning vid en insats med skärsläckaren. Insatsen beskrivs mer i detalj i kapitel 5.5.

X-Fog är ett tillsatsmedel som marknadsförs av X-Fire AB. X-Fire AB säljer även X-Foam och skillnaden är att vätskorna har olika specialområden anpassade för olika släcksystem.

3.4 Multisystem

De vattenbaserade släcksystem som nämns i denna studie har som grundtanke att släcka med vattendimma genom att kyla brandgaser och successivt kyla brandhärden. Många av systemen går att komplettera med tillsatser i släckvätskan för att öka släckeffektiviteten, ytkylningsförmågan och återantändningsskyddet. Idag finns andra typer av system på väg att etablera sig på den svenska marknaden.

3.4.1 AFT

AFT är ett nytt släcksystem som är på intågande bland Sveriges räddningstjänster. AFT står för Advanced Firefighting Technology och klassas i denna studie som ett multisystem. Med AFT systemet finns möjligheten att växelskifta mellan vatten, vattendimma, premix och CAFS. Systemet finns i tre olika grundutföranden och visas i Figur 5 nedan.



Figur 5 AFT Backpack

AFT Trolley

AFT MPM 04

AFT Backpack varianten rymmer 9 alternativt 10 liter släckvätska. Den gula tuben i Figur 5 innehåller tryckluft med ett fyllnadstryck på antingen 200 eller 300 bar. Beroende på vilket munstycke som används kan en sluten stråle med vatten/premix alternativt vattendimma/CAFS användas. Backpacken går att komplettera med en trycklufttub och andningsmask för användarens personskydd. AFT trolley har samma funktioner som AFT Backpack men är storleken större. Trolleyen innehåller upp till 50 liter släckvätska och 6 liter tryckluft vid 300 bar. AFT MPM 04 är ett vattendimma system och monteras lämpligast på ett fordon eller en kärva. MPM 04 drivs av en liten bensinmotor och innehåller 300–1000 liter släckvätska beroende på variant, har ett arbetstryck på 20 bar och genererar ett flöde på 60 l/min. Systemet har digital injicering mellan 0,1-10 % för olika tillsatsmedel. AFT säljs i Sverige av X-Fire AB.

3.5 Icke vattenbaserade släcksystem

Användning av icke vattenbaserade släckmedel vid brand i byggnad används framför allt i ett initialt skede av insatsen för att snabbt få en påverkan på brandförloppet. Insatsen kan i vissa situationer helt släcka en brand i ett begränsat utrymme. Erfarenheter visar på att en effektiv dämpning av branden i initialskedet kan minska mängden släckvatten avsevärt.

3.5.1 Pulver

Pulver för brandsläckning utgörs av partiklar i storleksordningen en hundradels till en tiondels millimeter och består oftast av en blandning av olika salter. Pulver är det konventionella släckmedel som har högst släckeffekt per viktenhet. Släckverkan i de allra flesta fall är termisk, vilket betyder att pulver tar energin från flammen, den agerar termisk barlast, varvid flammans temperatur sänks tills den inte längre kan upprätthållas. Den höga släckeffekten förklaras av att pulverkornen, som från början är fasta partiklar, då de värms upp ofta genomgår två energikrävande fasövergångar⁵; smältning och förångning, alternativt ett kemiskt sönderfall (Särdqvist, 2006).

Pulver är mycket effektivt på att ta upp värme på grund av att pulvret både smälts och förångas av branden.

3.5.1.1 Pulversläckare och pulveraggregat

Pulver brukar i räddningstjänstsammanhang påföras antingen med handbrandsläckare eller pulveraggregat. I en tryckladdad släckare eller aggregat är pulvret från början trycksatt med drivgas medan det i de icke-tryckladdade varianterna finns en separat drivgasflaska som används till att trycksätta pulvret först när utlösning sker. I handbrandsläckare sker det genom att trycka på en slagknapp, varvid ett membran mellan drivgasflaskan och den övriga släckaren punkteras, vilket resulterar i att släckaren trycksätts. För själva utlösningen av släckaren används sedan ett klämgrepp eller en fingeravtryckare (Särdqvist, 2006).

3.5.1.2 Befintlig forskning på området

I en studie från 1986 utförd av SP Brandteknik i samarbete med dåvarande Borås Brandförsvaret och Luleå Brandförsvaret, redovisad som film (Johansson och Mårtensson, 1986), tas det fram rekommendationer för operativ användning av pulversläckare som första insats vid rumsbrand. Detta görs utifrån en rad försök med (invändiga) pulversläckningsinsatser mot fullt utvecklade bränder i två olika testrum samt i en villa. Bilder från försöken visas i Figur 6. Försöken visade att 20 kg pulver har en god förmåga att (fördelade på två samtidigt utlösta släckare) kontrollera eller till och med släcka en brand i utrymmen på 15 – 20 m², med en återantändningsskydd på upp till 5 min. Detta stod till grund för rekommendationen att sådana insatser borde övervägas då en mindre styrka är först på plats, eller medan vattnet kopplas upp.

⁵ Jämför med vatten: det krävs mer än fem gånger så mycket energi att förånga en viss vattenmängd än att värma upp den från 0°C till 100°C.



Figur 6 Försöksbrand i en villa (ett rum inblandat) före och efter applicering av 20 kg pulver (Johansson & Mårtensson, 1986).

Försök har visat att 20 kg pulver klarar av att släcka en fullt utvecklad rumsbrand med en golvarea av 15-20 m².

3.5.1.3 Erfarenheter

Sedan många år tillbaka använder Räddningstjänsten Storgöteborg en handbrandsläckare med 12 kg pulver som en del av standardrutin vid lägenhetsbränder (till en viss del även vid villabränder). Upplägget är att en person springer upp i trapphuset och utlöser pulversläckaren genom lägenhetsdörren, under tiden som resterande personal lägger upp slangsystemet för rökdykning. Tillvägagångssättet används i lägenheter belägna högre upp än på 3:e våningsplan (förhöjt lågtryck används annars, men centrumrullens slanglängd räcker endast upp t.o.m. 3:e våningen) och i vilka brandspridning utanför startbrandrummet redan har skett. Om branden är begränsad till startbrandrummet, men invändig punktinsats mot branden ändock inte är möjlig (t.ex. som följd av tät brandrök), brukar vatten inväntas för att slippa kontaminera hela lägenheten med pulver genom en utlösning från dörren. Taktiken upplevs som effektiv. Utlösning av brandsläckaren innebär ofta en avsevärd dämpning av branden så att enbart eftersläckningen återstår, med ringa vattenskador som följd (Lindström, 2012).

3.5.2 Aerosoler

Med aerosoler för brandsläckning avses ett släckkoncept som går under namnet PGA (pyrotekniskt genererad aerosol). Med aerosol menas mycket små (en miljondel till en tusendel millimeter) fasta eller vätskeformiga partiklar som har god förmåga att hålla sig svävande i luften under längre tid. I jämförelse med en pulversläckare kan nämnas att det ryms ca 40 aerosolpartiklar i ett pulverkorn. Då släckmedlet fortfarande är lagrat utgörs det i de flesta fall av en fast klump av främst kaliumföreningar. För att skapa en aerosol av denna fasta klump krävs någon form av aktivering. För manuella, mobila enheter som är aktuella för räddningstjänstbruk (släckgranater), sker aktiveringen med hjälp av en pyroteknisk starter som aktiveras genom att man drar ut en sprint. Den pyrotekniska startern igångsätter efter en viss fördröjning en förbränning av det lagrade släckmedlet som bildar en ånga av förbränningsprodukter. När ångan lämnar behållaren, kondenserar den till små vätskeformiga eller fasta partiklar så att en aerosol med goda släckegenskaper bildas. Aerosoler bidrar till brandsläckningen genom att de tar energi från flaman samt kemiskt neutraliserar fria radikaler som upprätthåller flaman (Ekström m.fl., 2008).

3.5.2.1 Aerosolsläckgranater

De aerosolsläckargranaterna som idag är tillgängliga på den svenska marknaden är DSPA-5, FirePro och StatX. Aerosolgranater marknadsförs främst som verktyg för så snabbt som möjligt bromsa brandutvecklingen. De används därför med fördel inom ramen för FIP-konceptet, av väktare, fastighetstekniker, polis och brandansvariga på idrottsarenor med flera. Överhängande risk för övertändning eller hög temperaturbelastning som gör en invändig rökdykarinsats omöjlig eller ej önskvärd brukar också anges som förhållanden som motiverar användning av en aerosolsläckgranat. Genom att göra en första insats med en aerosolsläckgranat påverkas miljön i brandrummet till det bättre för eventuellt saknade personer och det skapas en säkrare arbetsmiljö för brandmännen. Aerosolsläckgranater är framför allt tänkta att appliceras i mindre, slutna utrymmen. Efter att granaten kastats in, stängs dörren till och någon/några minuters väntan sker medan aerosolen inerterar utrymmet så att branden kraftigt dämpas eller till och med släcks. Följden av en aerosolgranat förväntas vara kraftigt reducerade temperaturer och därmed mycket mer önskvärd miljö för fortsatt insats mot återstående glödhärdar. Vid aktivering av en släckgranat kommer temperaturprofilen i brandrummet jämnas ut och brandgaser blandas om. Detta kan medföra att det blir sämre sikt i brandrummet.

Aerosolgranater är ett utmärkt första verktyg för att bromsa ett brandförlopp eftersom ingen inträngning behöver ske.

3.5.2.2 Befintlig forskning på området

Den forskning som finns behandlar främst fasta aerosolsläcksystem.

Peter Kangedal (Kangedal et al. (2001)) gjorde en litteraturstudie som behandlar forskningen kring pyrotekniskt genererade aerosoler fram till 2001. Rapporten beskriver illustrativt hur pyrotekniskt genererade aerosoler fungerar med att en fast substans antänds och bildar en upphettad ånga. När ångan kyls i ett kylmedium kondenserar den till en aerosol med små partiklar. Vid tidpunkten för rapporten var pyrotekniskt genererade aerosoler godkända för att användas i obemannade utrymmen på grund av att hälsoriskerna inte var fullt utredda.

Ekström m.fl. (2008) behandlar experimentellt pyrotekniskt genererade aerosolers släckförmåga, påverkan på elektriska komponenter och behandlar utförligt hälsoaspekter. Experimenten kunde påvisa att PGA är ett väldigt effektivt släckmedel med en 3 till 10 gånger större släckeffektivitet per viktenhet än Halon 1301 som idag är förbjudet ur miljösynpunkt. Siktbarhetsförsök konstaterade att sikten omedelbart blir obefintlig, men detta medför emellertid att återantändningsskyddet är gott och varar under en längre tid. Ingen funktionspåverkande effekt på elektriska komponenter iaktogs. Tester gjordes bland annat på kretskort som utsattes för aerosolpartiklar under en lång tid utan att påverkas negativt. Aerosolpartiklar leder ej heller ström. Sanneringen görs enklast genom att dammsuga eller att torka av med en fuktig trasa. Studien visade att utlösning av PGA kan leda till höga koncentrationer av partiklar som kan deponeras i lungorna. Dessutom kan koncentrationer av kolmonoxid och ammoniak överskridande IDLH-värden (Immediately Dangerous to Life or Health) uppnås i områden nära utlösningplatsen. På grund av detta rekommenderar Ekström m.fl. (2008) att denna typ av system inte installeras i utrymmen där människor normalt vistas. Medan partiklarna är ofrånkomliga oavsett vilken aerosol det rör sig om, kan det finnas stora variationer vad gäller toxicitet mellan olika tillverkares aerosoler, varför provningsdata bör kontrolleras för produkterna. Ljudnivån vid utlösning av släckgranaten överskrider inte arbetsmiljöverkets nivåer för skadligt ljud. Fördelen med detta släckmedel är att det inte tar bort syret i utrymmet. De aerosoler som är testade av Ekström m.fl. (2008) är FirePro och StatX. Andra fabrikat som inte är testade på detta sätt kan innehålla ämnen som är direkt giftiga och miljöskadliga.

Det finns dokumenterade brandtester på släckgranater (Chiltern (2009) och Office of the Canadian Forces Fire Marchal (2006)) som visar god släckförmåga, men det finns inga undersökningar som på ett djupare plan undersöker hur bra dessa är vid olika brandscenarion som räddningstjänsten ställs inför samt hur bra de är jämfört med andra tänkbara alternativ.

3.5.2.3 Erfarenheter

I dagsläget har omkring 25 svenska räddningstjänster införskaffat aerosolsläckgranater. Den troligen första dokumenterade operativa släckgranatanvändningen i Sverige är från en insats mot brand i garage genomförd av Räddningstjänsten Enköping-Håbo (Walgeborg, 2011). Branden startade i en moped i garaget och spred sig sedan i utrymmet. Vid ankomsten bedömde räddningstjänsten att övertändningen var nära varpå en släckgranat slängdes in i garaget. Efter 30 sekunder ventilerades brandgaserna och aerosolen ut med en fläkt varefter endast mindre eftersläckning återstod (inga synliga flammor). Personalen var imponerad över släckverkan och mycket positiv till metodförmågan (Walgeborg, 2011).

Gästrike Räddningstjänst hade framgångsrik användning av släckgranat vid en lägenhetsbrand i november 2012. Under tiden som rökdykarna förberedde sig för en invändig släckinsats, rekognoscerade räddningsledaren och kunde konstatera att det brann i köket, varpå han slängde in en släckgranat från lägenhetsdörren mot dörröppningen till köket. Kort därefter gick rökdykarna in och använde endast lite vatten för eftersläckning. Räddningsledaren bedömde följaktligen att de hade stor nytta av släckgranaten (Gästrike Räddningstjänst, 2012 a).

Gästrike Räddningstjänst använde också släckgranaten vid en radhusbrand i Hofors i november 2012. Första insatspersonen tillika styrkechefen kunde vid ankomsten konstatera att branden var begränsad till ett rum och använde en släckgranat. Granaten fick en bra verkan, ty efter de ca 5 minuter som det tog innan resten av styrkan var på plats och kunde påbörja invändig släckinsats, brann det inte längre i brandrummet (även om stark hetta kvarstod). Efter ventilering av brandgaserna och aerosolen menar rökdykarna att de endast kunde identifiera glödhärdar för eftersläckning i brandrummet (Gästrike Räddningstjänst, 2012 b).

I Gästrike Räddningstjänst åker alla deltidspåbuds på larm i en egen bil vilket gör dem till första insatsperson (FIP) i de flesta fall och nu är alla utrustade med en släckgranat. Även högre befäl i organisationen som åker på insats i egna ledningsbilar har en släckgranat med sig, då även dessa kan hamna i ett läge som första insatsperson. Efter de positiva erfarenheterna med släckgranater, kommer Gästrike Räddningstjänst med största säkerhet utrusta alla sina släckbilar med släckgranater framöver (Andersson, 2012).

Räddningstjänsten Jättendal har enligt X-Fire AB (2013) haft en mycket lyckad insats vid brand i villa i Gnarp. Enligt uppgift skall branden ha startat i köket och när första styrkan anlände var fortfarande fönstren intakta i byggnaden. De nyinköpta släckgranaterna användes då för första gången och användandet stoppade brandutvecklingen och endast en efterföljande genomsökning av byggnaden behövde genomföras.

Rapporteringen av släckgranatanvändning utomlands (främst USA, Kanada och Holland) domineras även den av insatser till sin art liknande dem som beskrivs ovanför samt av insatser vid källarbränder.

Samtliga fall som belysts som effektiva insatser är bränder som inte spridit sig utanför startbrandrummet. Då mängden släckmedel är begränsad i aerosolsläckgranaterna har de en begränsning i större volymer och byggnader med flera brandutsatta utrymmen. För att öka effekten kan flera släckgranater användas samtidigt.

De räddningstjänster som valt att köpa in släckgranater ser god effekt vid användande av produkten. Ofta används granaterna av FIP.

Tabell 3 Släckgranater och pulversläckare – jämförelse av vissa parametrar

Produkt	massan [kg]	massflöde [kg/s]	effektiv tömningstid [s]
DSPA-5	3.3	0.11	ca 30
FirePro	1	0.04 – 0.05	20 - 25
StatX	0.5	0.025	20
pulversläckare	12	0.4	ca 30

Enligt Tabell 3 har släckgranaten och pulversläckaren ungefär samma tömningstid samtidigt som pulversläckarens högre massflöde på 0.4 kg/s (Särdqvist, 2006) vilket kompenserar för lägre släckeffektivitet per viktenhet. Det finns situationer där en aerosolgranat kan vara bättre lämpad än andra ej vattenbaserade släcksystem. Nedan följer tre argument:

- 1 En insats med pulversläckare förutsätter att FIP är beredd att låsa sig i en halv minut för denna uppgift, medan en applicering av släckgranat endast tar några sekunder, varefter kastaren kan avlägsna sig omedelbart för andra uppgifter.
- 2 En effektiv insats med pulversläckare förutsätter att brandrummet går att nå med pulverstrålen under släckarens utlösningstid, vilket kan vara omöjligt eller riskabelt till exempel på grund av hög strålningsbelastning (rapporterad av FIP vid appliceringen av släckgranaten genom fönstret vid villabranden Torshälla) och omöjligheten att ta sig hela vägen till brandrummet (som i Gästrikens Räddningstjänsts insatser med släckgranat).
- 3 Ur restvärdessynpunkt är det fördelaktigare att utlösa en aerosolgranat än en pulversläckare eftersom mängden påfört släckmedel är mindre och mer lättventilerad, varvid sekundärskadorna blir betydligt mindre (Andersson, 2012).

3.5.3 Gasformiga släckmedel

En ren gas består inte av några fasta eller vätskeformiga partiklar (som pulver eller aerosol) utan fritt svävande gasmolekyler. Ofta hörs utlåtanden som att finfördelat pulver eller aerosol uppträder på ett gasliknande sätt, vilket avser gasens förmåga att homogent fylla det utrymme som den befinner sig i och föras med luftströmmar. Även om ett pulver eller en aerosol kan bete sig liknande under en viss tid som beror på partikelstorleken, kommer den slutligen alltid deponeras på marken eller ytorna.

Gasformiga släckmedel verkar som termisk barlast och är inerterande. I och med att de appliceras som gas genomgår inga fasövergångar under tiden som de hettas upp vid släckning av brand. Detta göra att de, sett till sin vikt, är ganska ineffektiva. De används i brandsläckare och automatiska släcksystem där deras renhet och inerteringsförmåga efterfrågas och där samtidigt åtgärder har vidtagits för att säkerhetsställa att inga personer befinner sig i lokalen när systemet aktiveras.

3.5.3.1 Koldioxidsläckare och mobil gasutrustning

Koldioxidsläckare är i princip de enda släckarna som använder sig av ett gasformigt släckmedel. Koldioxidens, i jämförelse med pulver, låga släckeffekt gör att en koldioxidsläckares användningsområde vid brand i byggnad aldrig går utanför en punktinsats i tidigt skede av brand i elapparater, kablage etc.

Inertering med kvävgas anser Persson (2012) vara den primära släcktaktiken för att inertera en silo. Kvävgasen tränger undan syret och dämpar succesivt pågående pyrolys. För detta krävs en form av mobil gasutrustning. Tillgången till denna är begränsad då det i dagsläget inte finns någon nationell resurs som innehar en sådan reserverad för brandbekämpning. Följaktligen blir det alltid tal om rekvisition. Journummer för att rekvirera lämplig utrustning återfinns i RIB Resurs (Persson, 2012).

Koldioxid har ganska låg släckeffektivitet sett till massan som behöver påföras. Det är användbart vid punktinsats i brandens begynnelse eller vid beslut om att gasfylla källare eller dylikt. Viktigt att tänka på är att olika gaser tränger undan syret och kan på så sätt vara livshotande för personer som finns kvar i utrymmet.

4 Värmekamera med IR teknik som beslutsstöd

Intresset för att använda IR kameror som beslutsstöd under insatser är på stark uppgång i Sverige. IR bilderna kan ge information under insats som kan vara direkt avgörande för att snabbt bryta ett brandförlopp. Nedan följer en kort beskrivning av IR tekniken och dess användningsområde.

4.1 Allmänt om IR kameror

En IR kamera använder andra frekvenser på ljus än en vanlig kamera för att registrera en bild. IR kameran tolkar inkommande information från värmestrålning och presenterar en artificiell bild som bygger på olika temperaturdifferenser i mätområdet. Detta innebär att en värmekamera kan generera en bild i utrymmen som inte innehåller något synligt ljus. Stora temperaturskillnader i bilden ökar kontrasten och ger större tydlighet i bildtolkningen. Användningen av värmekameran som beslutsstöd för räddningstjänsten kommer ursprungligen från termografering som är en etablerad teknik för att upptäcka värmeläckage från en byggnad. Termografering genomförs för att förvissa sig om att värmeförlusterna i en byggnad hålls på en låg nivå. På senare tid har många fler användningsområden för IR-teknik framkommit, bland andra:

- Läckage av regnvatten genom tak.
- Kyl och förvaring inom livsmedelsindustrin.
- Vattenläckage från rörledningar och element ut i väggar och golv.
- Medicinska bedömningar hos människor vid sjukdomstillstånd.
- Veterinärer som bedömer sjukdomstillstånd såsom inflammationer hos djur.
- Slitage i lager på motorer och brister i elinstallationer.
- Skanna vattendrag vid misstanke på utsläpp av olja och kemikalier.

4.2 Värmekameror för användning inom räddningstjänsten

Räddningstjänster har använt värmekameror för invändig användning för rökdykare vid bränder sedan ett 15-tal år tillbaka enligt Palmkvist (2012). Dessa kameror har anpassats för att tåla värme och har ett dynamiskt mätområde som ska varna för hög temperatur på brandgaser och underlätta vid eftersökning av eventuellt kvarvarande personer i byggnaden. Kameror har sedan dess utvecklats för att upptäcka små värmeskillnader även vid låga temperaturer och ger därigenom räddningstjänsten möjlighet att undersöka indikationer om misstänkt brand. Värmekameror ger brandpersonalen ett beslutsstöd i en mängd olika situationer på en brandplats.

Värmekameror tillverkas för olika användningsområden, i varierande storlekar och kostnadsnivåer.

Beroende på användningsområde kan kameror lämpade för räddningstjänsten sammanfattas i tre områden:

- **Värmekameror för rökdykning**
 - Tål högre temperaturer och ett ökat skydd mot vatten.
 - Är normalt något större i utförandet på grund av skydd mot värmepåverkan.
 - Mätområde normalt 140-1000°C.
 - Skärmupplösning varierar beroende på modell. Bildlagring kan finnas.
- **Värmekameror för scanning och rökdykning**
 - Tål högre temperaturer och har ett ökat skydd mot vattenstänk.
 - Är normalt större än scanningskameror.
 - Mätområden: -40°C till + 900°C. Variationer finns mellan olika modeller.

- Bildtagning och video kan finnas.
- **Värmekameror för scanning/termografering**
 - Tål ej högre temperaturer än ca 60°C under kort tid. Har normalt en lägre IP klass (damm- och vattentäthet) än ovanstående.
 - Mätområden -40°C till + 900°C.
 - Finns i stora variationer på storlekar prestanda och prisklasser. Storlekar ända ner till fickmodell.
 - Har mätområden indelat i tiondelar av grader vilket ger stor exakthet i mätningen. Vissa modeller har markerade pekare som visa var i bilden den högsta temperaturen finns.
 - Finns med bildtagning och videoinspelning, även digital kamera finns på vissa modeller.
 - Kan användas inne i byggnaden i ett senare skede av insats när temperatur har påverkats under släckning och ventilering. Vissa modeller är utrustade med laserpekare, vilket underlättar vid överföring av information till övrig insatt brandpersonal på platsen.

4.3 Skanning av brandutsatt byggnad

Vid användning av värmekamera vid yttre skanning av en byggnad är det främst tre metoder som tillämpas enligt Palmkvist (2012). Metoderna åskådliggörs i Figur 7.



Figur 7 Olika skanningstekniker med IR-kamera.

Skanning av en ram används för att få en uppfattning om storleken på byggnaden och dess konstruktion. Skanning av ett kryss visar dörrar trapphus ventilationsöppningar och onormala värmemönster. Skanning med pensling visar detaljer i byggnaden som bostäder, kontor och industrilager etc.

Värmebildens information är naturligtvis användbar under alla ljusförhållanden, oberoende av om skanningen utförs under dag- eller nattetid.

4.4 Beslutstöd under insats

Värmekameran kan underlätta och ge ett gott beslutstöd vid en insats. Här följer några exempel på situationer där informationen från värmekameror kan vara värdefull:

- Riskbedömningar i samband med brandsläckning, före, under och efter insats.
- Att kunna fastslå startrum för brand och brandspridning i byggnad, så kallad värmeströmning.
- Kunna identifiera indikationer på huruvida branden är ventilations- eller bränslekontrollerad.
- Att kunna se termiska mönster som indikerar tidsförlopp från brandens uppkomst.
- Att kunna se tecken på tidigare övertändningar innan räddningstjänsten anlant till brandplatsen.

- Beslutstöd för att fastställa mål med insats och taktisk plan.
- Beslutstöd vid metodval och genomförande av taktisk plan.
- Att se effekt av insatta metoder och överväga behov av eventuell omfallsplanering.
- Ge information om temperatur och tryckförhållande i olika byggnadsdelar.
- Kunna följa värmespridning och effekt av släckning i byggnadskonstruktionen.
- Som stöd vid bedömning om insatsen kan avslutas och om branden har släckts.

5 Erfarenhetsåterkoppling från sex insatser

Följande avsnitt beskriver sex verkliga insatser med förekommande släcksystem för att belysa viktiga erfarenheter kring dessa användande. Syftet med beskrivningarna är att sprida kunskap och lärdomar för att öka förståelsen för hur olika släcksystem kan användas. Under flera av insatserna kombineras flera släcksystem för att uppnå ett bra resultat.

5.1 Insats 1

Vindsbrand på Montessoriskolan, S:t Lars väg 4 i Lund, 2012-04 09 kl. 03:26. Insats med konventionellt lågtryckssystem, IR kamera samt skärsläckare.



Figur 8 Rök tränger ut ur ventilationsöppningar och takfot på vinden vid ankomst. (Foto: Räddningstjänsten Syd).

Händelse⁶: Larm inkom om röklukt i kulvert på S:t Larsområdet. Vid ankomsten lokaliserades branden till byggnaden där montessoriskolan är inrymd. Vid räddningstjänstens ankomst uppmärksammades också att brandgaser och rök trängde ut från ventilationsöppningar och takfot på vinden enligt Figur 8.

Objekt: Byggnad i två plan uppförd i murad stomme med takstol av trä beklätt med plåt. Byggnaden uppfördes i slutet på 1800-talet som vårdanläggning men byggdes i slutet av 1900-talet om till skola.

⁶ Uppgifterna är hämtade från Räddningstjänsten Syds dokument från insatsen samt intervjuer med berörd personal.

Insatsbeskrivning: Efter framkomst konstaterades det att branden var lokaliserad till plan 2 i byggnaden. Redan tidigt i insatsen stod det klart att startbranden spridit sig genom innertaket och vidare upp till vinden.

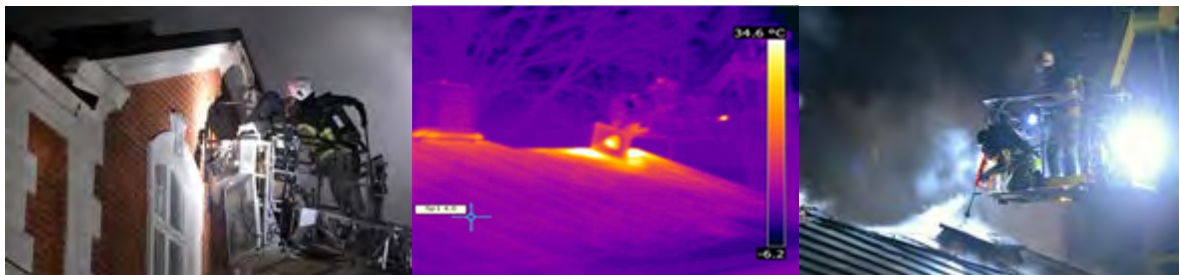
Initialt sätts rökdykare in via entrén på södra sidan av byggnaden. Rökdykarna avancerade upp till plan 2 och slog ner initialbranden som var belägen i ventilationsrummet. Samtidigt som rökdykarinsatsen pågår ställs en maskinstege upp mot gaveln på byggnaden. Via en ventilöppning på byggnadens fasad påbörjas ett utvändigt angrepp med hjälp av ett dimstrålrör från maskinstegen.

Strax därefter, uppskattningsvis 1 minut senare, skedde en mycket häftig antändning av vindsutrymmet. Takyterna bokstavligen lyfte i antändningsögonblicket för att därefter falla tillbaka. En hastig kontroll med rökdykarna om huruvida de uppmärksammat antändningen gjordes, men från deras position hade de knappt känt något.

De flammande lågor som tidigare tryckts ut genom ventilationsöppningen försvann tillbaka in på vindsutrymmet när vattenbegjutningen återupptogs med strålröret. Efter en stunds vattenbegjutning stängdes strålröret av vilket medförde att den flammande branden snabbt återgick till tidigare förlopp ut genom ventilen på gaveln till byggnaden. Samma tillförsel av vatten återupptogs därefter med samma resultat som tidigare varje gång vattentillförseln avbröts.

Förstärkande enheter från station Jägersro anslöt i samband med att effekten av dimstrålröret uppmärksammats. Den skärsläckare som fanns att tillgå i ett av Jägersros fordon sattes in i samma ventilationsöppning som tidigare ockuperades av dimstrålröret. Operatören och säkerhetsmannen i korgen var erfarna och visste mycket väl att det krävs uthållighet vid påföring av vattendimma in i vindsutrymmet för att nå önskad effekt. Effekten kom som väntat inte omedelbart utan efter 4-5 minuter, då uppmärksammades en påtaglig förändring i brandförloppet. Brandtrycket ut från takfot och taknock minskade och brandgaserna ändrade utseende från mörka turbulenta till ljusa, gråvita mer liknande vattenånga. Trycket inne på vinden sänktes avsevärt vilket medförde att vattendimman från skärsläckaren lättare kunde tränga vidare in i vindskonstruktionen.

Taktik efter att ytterligare skärsläckarenheter anlant var att använda skärsläckaren från två håll. Målet med detta var att slå ner branden som fanns på krypvinden. Effekten övervakades kontinuerligt med hjälp av IR-kamera inifrån och utifrån. Med hjälp av skärsläckarna har branden blivit så pass under kontroll att övriga våningsplan i stort sett blivit rökfria. Hela insatsen gick då över från rökdykning med skyddsgrupper till att branden skulle hanteras utifrån med hjälp av skärsläckarna. Skärsläckaren tilläts arbeta mot de punkter där temperaturen var fortsatt hög med gott resultat, se Figur 9. Efter en tids punktinsatser med skärsläckare hade temperaturerna i konstruktionen gått ned så pass mycket att räddningsinsatsen kunde avslutas.



Figur 9 Bilder från insatsen på S:t Lars. (Foto: Räddningstjänsten Syd).

Räddningstjänsten Syds egna erfarenheter och reflektioner efter insatsen

En insats som fungerat föredömligt. Byggnaden är komplicerad byggnadstekniskt med öppna mellanutrymmen i valv och mellanväggar vilket ofta får en okontrollerad spridning av brand och brandgaser som följd.

Insatsen gick så pass bra genom att kombinera skärsläckarkonceptet med konventionell insats. Detta gjorde att brand och vattenskador blev begränsade. Verksamheten på plan 1 kunde fortgå dagen efter branden.

Framgångsfaktorer.

- Kunskap och erfarenhet har varit avgörande vid val av metod och arbetssätt.
- Räddningspersonalen har ej utsatts för risker då yttre släckning har skett från arbetsplattform.
- Brandpersonalen avvaktade med håltagning inledningsvis.
- Invändig rökdykarinsats har främst inriktat sig på begränsning och kontroll.
- Koordinering av yttre insats fungerade utmärkt genom arbete från 2 höjdfordon.

Utvecklingsförslag.

- Insats med skärsläckare skulle kunna kompletteras genom insats från två håll.
- Tillsatsmedels i skärsläckarvattnet kunde eventuellt ge ökad effekt.
- Utbilda fler i alternativa metoder och koncept för att öka kunskapen.
- Fler skärsläckare i organisationen.

Projektgruppens reflektioner:

En av de viktigaste lärdomarna från denna insats är att det är det förändrade metodvalet som är avgörande för utgången av insatsen.

Släckinsatsen som sker via ventilationsöppningen i gaveln visar tydligt på skillnaden i effekt mellan metoderna. Skärsläckarens uppenbara fördelar i denna insats är dess förmåga att skapa finfördelat vattendimma, detta uppnås genom den höga utgångshastigheten samt att den producerade vattenkonen bryts upp inne i vindsutrymmet.

Branddynamiken hjälper till att sprida vattendimmans kyleffekt. Tryckminskningen och temperatursänkningen i utrymmet är klart märkbar, både visuellt och via värmekameran.

Vattendimmans flöde är 50 l/min vilket kräver en lång påföringstid för att uppnå tillräcklig kyleffekt. En positiv effekt av detta är att vattenkonen träffar heta ytor under en längre tid och genererar därigenom stora mängder av vattenånga som sprider sig inne i vindsutrymmet. Denna släckeffekt når utrymmen som skulle vara svåra att nå med konventionella dimstrålrör. Syrenivån i rummet sänks dessutom under detta moment och inströmningen av syrerik luft försvåras genom förångningen av vattendimman. Sammantaget kan konstateras att en viss storlek på brandeffekten måste uppnås inne i utrymmet för att vattendimmans förångning skall optimeras under en släckinsats.

Med stor sannolikhet har branden i detta exempel pågått under en längre tid innan upptäckt. Efter branden konstaterades att takbjälkar med dimension 300x300 mm nästan förkolnats helt under branden. Detta tyder på ett långdraget brandförlopp.

Det är fördelaktigt att hålla utrymmet tillslutet i denna insats, att öppna upp och ventileras får vänta till efter att brandgaskylningen nått full effekt.

I jämförelse med dimstrålrör med högre flöde, där temperaturen på brandgaser och ytor som träffas av vattenkonen sänks snabbt, tillför det inget att fortsätta tillföra släckmedel. I och med att ytan som nås redan är kyld kommer inte mer vatten kyla den ytan ytterligare. Om pyrolysen därigenom stoppats kommer fortsatt vattenbegjutning inte att ge någon större effekt på den övriga branden. Vattnet kommer mest att ge vattenskador på underliggande lokaler. Denna reflektion återfinns även i Räddningstjänsten Syds dokumentation.

5.2 Insats 2⁷

Brand i byggnad, Mölnlycke, 2012. Insats med pulversläckare, IR kamera samt skärsläckare.



Figur 10 Genombrunna fönster och rökspridning via simsventilen. (Foto: Räddningstjänsten Storgöteborg).

Händelse: Räddningstjänsten Storgöteborg larmas till en lägenhetsbrand på 2:a våning av två i ett flerbostadshus i Mölnlycke. Vid utlarmningen är det oklart om någon människa finns kvar inne i lägenheten.

Objekt: Objektet är ett flerbostadshus med två våningsplan.

Insatsbeskrivning: Insatsen startar med ett inkommande larm om en brand i flerbostadshus till Räddningstjänsten Storgöteborg. Vid utlarmningen är det oklart om någon människa finns kvar inne i lägenheten. Dörren är stängd men inte låst in till lägenheten. När första anländande styrka kommer till byggnaden möts de av en fullt utvecklad lägenhetsbrand. Rutorna i lägenheten har gått sönder in mot gården. Rökgaser har spridit sig via simsventilen upp till yttertaket och förorsakat en brand på vinden. Figur 10 visar en bild över husets ena långsida. Bilden visar lägenheten där branden startade och hur röken har spridit sig via de sönderbrända fönstren och vidare via takfoten till taket. Byggnaden där lägenhetsbranden startade är hopbyggd i en vinkel med en byggnad som är en våning högre. Skulle branden sprida sig förbi vinkeln så skulle detta kunna hota grannbyggnaden. Byggnaderna är sammanbyggda med ett trapphus.

Redan under framkörningen begär både Styrkeledaren som initialt är räddningsledare samt utlarmad Insatsledare att en enhet med skärsläckare skall larmas till objektet.

⁷ Informationen är hämtad från den Olycksundersökningsrapport som Räddningstjänsten Storgöteborg gjort samt intervju med Insatsledare Peder Lindström.

Förstastyrkan prioriterar initialt en livräddande insats i lägenheten då det är oklart ifall någon är kvar. Rökdykarna börjar sin insats med att tömma en pulversläckare genom entrédörren. Denna första åtgärd klarar att slå ner branden mycket effektivt. Åtgärden följs av en rökdykarinsats för att söka av lägenheten efter eventuella personer samt för att kontrollera och eftersläcka eventuella brandhärdar. När denna insats är gjord och det är konstaterat att ingen är kvar inne i lägenheten fortsätter arbetet med att knacka dörr och evakuera de andra lägenheterna med tanke på den pågående vindsbranden och rökspridningen i övriga fastigheten. Figur 11 visar rökspridningen via takfoten och ut över loftgångarna.



Figur 11 Rökspridning från takfoten över byggnadens loftgångar. (Foto: Räddningstjänsten Storgöteborg).

Under tiden som evakueringen pågår har skärsläckarenheten anlänt till fastigheten. Arbetet på taket går nu ut på att med hjälp av IR-kamera lokalisera varma områden och kyla dessa med vattendimma från skärsläckaren. Detta arbete är mycket lyckat och den initialt svarta röken övergår till allt mer vit rök. När insatsen med skärsläckaren är avslutad övergår arbetet till håltagning genom taket och eftersläckning. Även i detta skede används IR-kameran flitigt med mycket lyckat resultat för att lokalisera varma områden och finna eventuella glödbränder.

Projektgruppens reflektioner:

Bedömningen från projektgruppen är att detta är en mycket väl genomförd insats. Insatsen innehåller flera aspekter kring metodvalet som är värda att påpeka:

Initialt användes en pulversläckare för att dämpa branden i lägenheten. Detta har ett mycket lyckat resultat och branden dämpas effektivt. Denna åtgärd medför att rökdykarna får en betydligt bättre arbetsmiljö att arbeta i.

Genom att tidigt larma en skärsläckarenhet och avvakta med håltagning i takkonstruktionen skapas bra förutsättningar för att skärsläckaren skall ge önskvärd effekt. Skärsläckarens stora fördel i detta läge är att den klarar av att skära genom takkonstruktionen och på så sätt snabbt få in vattendimma på önskvärd plats.

IR-kamera används flitigt under insatsen och har en avgörande betydelse för att skärsläckaren sätts in på rätt plats. Även efter håltagning för att leta glödbränder och eftersläcka är IR-kameran ett ypperligt verktyg för att effektivt hitta dessa områden.

5.3 Insats 3⁸

Brand i byggnad, Kungliga tekniska högskolan, Stockholm, 2011. Insats med konventionella lågtryckssystem, skärsläckare, CAFS samt kranbil för rivning.

Händelse: 07:10 den 4 maj 2011 kommer ett automatlarm in till SOS alarm, det gäller Östermalmsgatan 26, KTH – Arkitekturskolan och Storstockholms Brandförsvär (SSBF) larmas. Larmet ändras under framkörning till konstaterad brand.

Objekt: Arkitekturskolan är en mycket komplex byggnad med både en hög- och en lågdelen som båda blev påverkade vid branden.

Insatsbeskrivning: Östermalms station larmas ensamma till detta larm men under framkörningen får SOS alarm in telefonlarm om att det står lågor ur ett fönster. Fler enheter larmas innan första bilen är på plats och rapporterar att det sker en kraftig rökutveckling ur taket. Branden verkar ha pågått på vinden under en längre tid utan att det automatiska brandlarmet utlösts.

Första beslut som togs av räddningsledare på plats var att försöka dämpa branden med hjälp av maskinstege samt rökdykning. Redan vid inträngning i byggnaden var det mycket rök och rökdykarna kunde inte komma in till brandrummet på grund av de rasrisker som fanns. Räddningsledaren tog tidigt ett BIS (beslut i stort) om att släcka branden i lågdelen samt förhindra spridning till högdelen. Detta skulle uppnås dels via släckning från höjdfordon, rökdykning samt håltagning av tak. Håltagningen misslyckades på grund av den tjocka isoleringen som fanns i taket, brandmännen som arbetade med håltagningen hade problem att ta sig igenom denna. Figur 12 visar en översikt av situationen under insatsen.



Figur 12 En översiktsbild av KTH-branden, lågdelen. (Foto: MSB 90 sekunder).

Efter en stunds arbete drogs brandmännen som jobbade med håltagning bort från taket på grund av rasrisk, under tiden drogs även rökdykarna ut på grund av samma anledning. Inriktningen på insatsen blev nu att endast fokusera på att begränsa branden till lågdelen. Initialt jobbade styrkorna med dimspik, skärsläckare och strålrör för att begränsa branden, detta hade en relativt liten effekt. CAFS

⁸ Informationen har erhållits från Anders Palm (SSBF), MSBs dvd 90 sekunder 2/2012 samt Insatsrapporten från KTH-branden.

och kranbil beställdes till platsen för att kunna hålla de begränsningslinjer som satts upp. Kranbilens uppgift blev att lyfta taken på lågdelen för att enklare komma åt och släcka i anslutning till högdelen. Detta tillvägagångssätt verkade ha bra effekt och branden började bli mer under kontroll. Samtidigt hade plåtfasaden från den högre byggnaden bänts upp och fyllts med skum från ett CAF-system, se Figur 13. Många inblandade anser att det som CAFS uppnådde, kyleffekten av fasaden, var det som avgjorde att de kunde stoppa spridningen till högdelen.



Figur 13 En bild över arbetet som genomfördes på högdelen med att fylla insidan av fasaden med CAFS. (Foto: MSB 90 sekunder).

Efter detta övergick insatsen till en mindre kritisk fas med eftersläckning och restvärdesräddning.

Projektgruppens reflektioner:

Denna insats speglar en mycket komplex och svårsläckt brand som hade pågått en lång tid innan räddningstjänsten fick larmet och kunde bryta förloppet. Det finns flera bra åtgärder att belysa hos denna insats, här är några:

När en inslagen väg inte fungerar ses tillgängliga alternativ över. Att veta vilken metodkapacitet som finns att tillgå och att ha en plan B för insatsen är viktigt. Framför allt för att kunna arbeta parallellt i olika sektorer och spara tid vid ett eventuellt omfall.

Användningen av CAFS sker på ett oprövat sätt genom att skumfylla en fasadbeklädnad. Resultatet av detta är direkt avgörande för insatsen.

5.4 Insats 4⁹

Lägenhetsbrand i Farsta, Stockholm, 2011. Insats med konventionellt lågtryckssystem samt CAFS.

Händelse: Natten till den 11:e november inkom ett larm till SOS om en lägenhetsbrand i Farstaområdet. När första styrkorna från SSBF ankommer till objektet konstateras det att en lägenhet på översta våningen var övertänd.

Objekt: Flerfamiljshus med tre våningar och vind.

Insatsbeskrivning: Direkt vid framkomst konstaterades det att en lägenhet på översta våningen var övertänd, se vänstra bilden i Figur 14. Brandmästaren på plats ansåg att risken för brandspridning upp på vinden var överhängande varpå utvändigt släckning med CAFS beordrades. På grund av CAFS långa kastlängd kunde detta göras från marken upp till tredje våningen.



Figur 14 Skillnaden på utsidan lägenheten, före och efter användning av CAFS. (Foto: Thomas Heldring, SSBF).

Påföringen av CAF gav en så pass bra effekt att lågor inte längre slog ut från fönstret när rökdykarna var färdiga för att gå in i lägenheten, se högra bilden i Figur 14. Även branden i lägenheten hade dämpats genom införseln av CAF genom fönstret. När rökdykarna kom in i lägenheten var endast en måttlig brand kvar i hallen av lägenheten. På andra platser i lägenheten fick de punkt släcka små brandhårdar. Enligt SSBF förbrukades endast 900 liter vatten under insatsen, detta inklusive allt vatten som krävs för att fylla slangsystemen. I normala fall menar SSBF att ca 3000 liter vatten brukar gå åt under en liknande insats.

SSBF egna erfarenheter och reflektioner: SSBF väljer att inte rökdyka med systemet men de har i sin organisation så pass mycket personal på plats att CAFS kan påföras utifrån utan att fördröja arbetet med att koppla upp slangsystemet för rökdykarna. Brandmästaren på SSBF antyder också att CAFS har en bra släckeffekt utan att skapa en stor brandgasexpansion som vatten genom konventionell släckning. Detta medför att han känner sig säkrare med att utifrån föra in CAFS i byggnaden utan vetskapen om att ingen är kvar där inne.

På detta sätt har SSBF använt CAFS många gånger med framgång. Genom att kyla utifrån har rökdykarna en betydligt bättre miljö vid inträngning. Med det CAF-system som SSBF har kan

⁹ Informationen om insatsen kommer från intervjuer med personal från SSBF.

metoden användas upp till och med fjärde våningen, därefter räcker inte kastlängden och en maskinstege eller hävare måste brukas.

Projektgruppens reflektioner:

SSBF svarar själva på hur denna insatsen hade kunnat se ut om endast konventionellt lågtrycksystem används. Vattenåtgången minskade med 70% jämfört med vad de anser vara normalförbrukning för en liknande insats. Projektgruppen gör flera positiva observationer:

CAFS används samtidigt som rökdykning förbereds vilket minimerar tidsfördröjningen i det fortsatta arbetet.

Detta är ett exempel på hur en eventuell FIP med CAFS skulle kunna sätta igång insatsen utan att ha möjlighet till rökdykning.

Även om rökdykningen är huvudsyftet med insatsen görs en insats utifrån delvis för att förbättra miljön för rökdykarna.

5.5 Insats 5¹⁰

Brand i flerbostadshus, Änggården, Göteborg 2013. Insats med dimspik samt skärsläckare med X-Fog inblandning.

Händelse: Räddningstjänsten Storgöteborg får ett larm om brand i ett flerbostadshus i Änggården. Renovering av fastigheten pågick när det upptäcktes att det rök från vinden.

Objekt: Objektet var ett kedjehus med flertalet lägenheter. Branden upptäcktes av fastighetsägaren då de skrapade bort färg med hjälp av varmluftspistol uppe vid takfoten. Det rök då från vindsutrymmet. Det är inte fastställt att det var användandet av varmluftspistol som orsakade branden på vinden. Byggnaden är uppförd i trä i två våningar samt vindsplan och källare. Huset är troligtvis uppfört runt sekelskiftet 1800-1900 talet. Byggnadens gavel syns i Figur 15.



Figur 15 Vy från gaveln av byggnaden. Förberedande insats med skärsläckaren och X-Fog. (Foto: Räddningstjänsten Storgöteborg).

¹⁰ Informationen är hämtad från den insatsrapport som Räddningstjänsten Storgöteborg gjort samt intervju med Insatsledare Peder Lindström.

Skärsläckarenheten: Räddningstjänsten Storgöteborg hade dagen före denna insats lämnat sin skärsläckarenhet på service och ombyggnation. De vände sig då till Coldcut Systems (CCS) som ordnade så de fick en lånebil under tiden tills deras var åter från verkstaden. CCS hade tidigare använt den utlånade enheten i sin utbildningsverksamhet och då blandat in X-Fog i tanken. Vilken dosering som användes är inte klarlagt men allt tyder på att det var mellan 1-3% X-Fog i släckvattnet.

Insatsbeskrivning: När första styrkan anländer ryker det från taket och en glödbrand syns i simsens på byggnaden. Branden ökar kraftigt i intensitet kort efter ankomst. Det framgår tidigt att byggnaden är utrymd. Inriktningen blir att försöka släcka branden med skärsläckaren. Då skärsläckaren inte finns på plats initialt sätts dimspik in på taket för att skapa en begränsningslinje. Takfönster öppnas för att ventilera ut brandgaser. När enheten med skärsläckare ankommer används denna med X-Fog inblandning och angreppsvägen blir gavelspetsen. Angreppet visas i Figur 16. Resultatet av skärsläckaren med inblandning av X-Fog syns direkt då röken som tidigare läckt ut från taket ersätts av kraftig, vit vattenånga. Branden bedöms kort därefter som släckt och ersätts av arbete på taket med friläggning och kontroll så att allt är släckt. Under pågående insats arbetade personal parallellt med restvärdesarbete.

Räddningstjänsten Storgöteborgs kommentarer: Viktigt att direkt larma skärsläckarenheten vid denna typ av insatser. Skärsläckaren anses vara direkt avgörande för resultatet. Användandet av dimspik användes med bra resultat initialt för att begränsa brandspridningen. Inblandningen av X-Fog som tillsatsmedel bidrog starkt till det lyckade resultatet och att ingen återantändning skedde. Detta var första gången Räddningstjänsten Storgöteborg använde X-Fog. Reflektionen från insatsbefäl är att inblandning av X-Fog har stora fördelar gentemot rent vatten.

Projektgruppens reflektioner:

Att invänta skärsläckarenheten och arbeta med en begränsningslinje gav bra förutsättningar för det mycket lyckade resultatet. Hade frånluftsöppningar skapats hade dessa försämrat förutsättningarna för att lyckas med skärsläckaren. X-Fog användes för första gången vid en skarp insats med skärsläckaren. X-Fogs styrka vid denna insats är att det bidrar till en snabb släckning och att det minskar risken för glödbränder och återantändning då det tränger in i materialen.



Figur 16 Angrepp med skärsläckaren vid gavelspettsen. (Foto: Räddningstjänsten Storgöteborg).

5.6 Insats 6¹¹

Takbrand i Sturegatan i BORÅS. Insats med snabbt förändrat händelseförlopp.



Figur 17 Sammanbyggd idrottshall / flerbostadshus och kyrka. (Foto: SÄRF).

Händelse: Larm om röklukt inne i idrottshallen, se Figur 17. Under träningsaktivitet känner deltagare röklukt. Vaktmästare på platsen tillkallas. Vid en första orientering kan ingen källa till röklukten upptäckas. Räddningstjänsten larmas därefter till platsen.

Objekt: Byggnaderna är uppförda kring 1960 talet med träpanel i idrottshallens innertak samt inbyggda trätakstolar med råspånt i yttertaket och med ytskikt takpapp.

Metodförmåga förststyrkan: Utryckningsstyrkan bestod av en insatsledare i eget fordon samt en släckbil med 1+4, skylift med två brandmän samt släckbil nr 2 med 2 brandmän. Förmåga till rökdykarinsats parallellt med yttre insats via höjdfordon. På fordonen finns konventionellt släcksystem med 32 mm formstyv slang 85 m längd på centrumrulle alternativt 42 mm slang från lågtryckspump. IR kameror 3 st. Övertrycksfläktar 3 st., samt 2 st. skärsläckarsystem.

Insatsbeskrivning: Framkörningstid från brandstation ca 3 minuter. På plats blir insatsledare hänvisad in i idrottshallen där röklukten känns. Ingen synbar rök kunde upptäckas. IR-kamera sätts då in för scanning av innertaket, misstanken hade väckts om att det kunde vara en lysrörsarmatur som var överhettad, se Figur 19 och Figur 20.

Insatsledaren rapporterar till stabschef att det pågår undersökning av lokalerna och att det fortfarande ej har klarlagts orsak till röklukten. Scanningen resulterar i att det upptäcks en takarmatur som klart har en högre temperatur. Ett slangsystem dras från släckbil in i hallen 32 mm centrumrulle samt en stege för att möjliggöra åtkomst till armaturen ca 6-7 meter ovanför golvet. Från golvet riktas ett

¹¹ Informationen kring denna insats kommer från SÄRF och intervjuer med insatspersonal.

strålrör snabbt mot armaturen och en finfördelad vattenstråle träffar armaturen. Stegen reses för att kunna fortsätta med eventuell demontering av armaturen som är direkt monterad på innertakets träpanel.

Ny rapport från insatsledare till stabschef. Lugnt på platsen vi har hittat värmekällan som orsakat röklukten vi åtgärdar med kylning och kontroll eventuell demontering av armatur.

Då inträffar följande, En person kommer inrusande i idrottshallen och ropar till brandstyrkan att det sprutar eld och rök ur takfoten till idrottshallen på baksidan mot innergården. Personen hade passerat på en sidogata och tittat in mot innergården och upptäckt branden.

Insatsledaren springer med vittnet ut runt in på gården och upptäcker att en häftig brand har utbrutit på takutrymmet ovanför idrottshallen. Insatsledaren bedömer att ett snabbt omfall krävs för att om möjligt kunna bryta det häftiga brandförloppet och förhindra risken till en fullt utvecklad takbrand.

Via radio till styrkan inne i idrottshallen samt till stabschefen ges order om omdisponering av personalen på plats samt ytterligare förstärkning från inkallad personal via brandstation. Insatsledaren skyndar snabbt in i idrottshallen och har en viss svårighet att få styrkan att förstå hur allvarlig situationen är i mellanutrymmet i takkonstruktionen. Den nu utdragna centrumslangen dras ut för att kunna omdirigera fordonet till baksidan mot innergården.

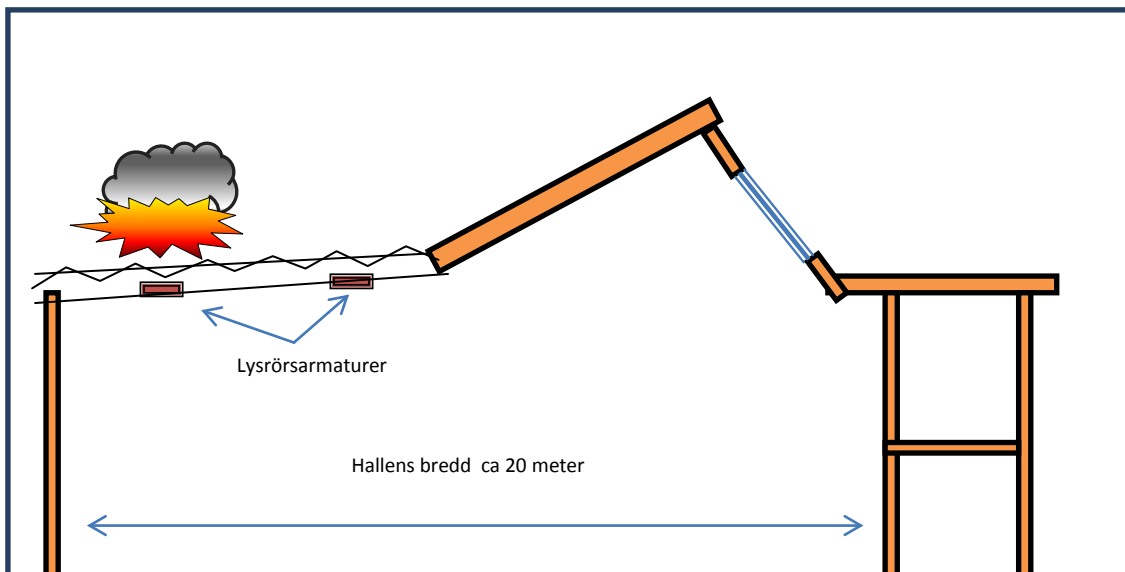
När släckbilen har omflyttats till ny position anländer en förstärkande en mindre skärsläckarenhet med 2 man som skickats som förstärkning från stationen. Snabbt reses en skarvstege och 2 brandmän tar varsin skärsläckarlans upp på taket som första insats, Figur 18.



Figur 18 Första insats på taket med två skärsläckare. (Foto: SÄRF).

Kommentarer från skärsläckaroperatörerna: Läget var kritiskt när vi rest upp stegen. Min kollega tog släckbilens skärsläckarlans och jag följde efter med den mindre enhetens (Bil 121) skärsläckare. Väl uppe på taket upptäcker vi att branden brutit igenom yttertak, ett hål på ca 2 meter hade öppnats av branden och ett kraftig eldkvast trycks ut. Min bedömning är att det inom några få minuter kan vara för sent att bromsa brandutvecklingen. Jag ropar till min kollega, backa tillbaka 4-5 meter innan hålet och punktera takytan samt vinkla skärsläckaren mot öppningen, Detta för att möjliggöra max spridning och kyleffekt av vattendimman, jag själv gör samma sak med min skärsläckare på andra sidan hålet. Effekten kommer ej omedelbart men inom 40-50 sekunder kan vi märka att trycket avtar och att kylningen börjar ge effekt. Punktering och förflyttning sker nu under ca 10 minuter samtidigt som

brandpersonal säkrar inifrån idrottshallen. De rapporterar när vattenstrålen bryter innertaket och därigenom kan påföringen av vattenjetstrålen anpassas så vattendimman enbart stannar i mellanutrymmet i takkonstruktionen.



Figur 19 Skiss över byggnaden i genomskärning.



Figur 20 Innertaket i idrottshallen och den takarmatur där branden startade. (Foto: SÄRF).

Insatsledarens analys av taktik och metodval: Mitt metodval i samband med omfall var baserat på behov av snabbt angrepp mot mellanliggande takutrymmet. Ansamlade brandgaser hade tänts och hotade att helt omfatta takkonstruktionen ovanför idrottshallen. En fullt utbruten takbrand hade med stor sannolikhet spridit sig till flerbostadshuset där 15 lägenheter med fönster placerade direkt ovanför takytan. På motsatta sidan av taket var kyrkan sammanbyggd vilket kunde medföra spridningsrisk vid en eventuell utvecklad brand, se Figur 21. Med stor sannolikhet hade en mer defensiv taktik valts om ej tillgång till effektiva släckmetoder funnits på plats direkt vid uppstart av insatsen.

Under hela skärsläckarinsatsen trycksattes idrottshallen och angränsade utrymmen med hjälp av övertrycksfläktar.

När branden var under kontroll skars takpappen upp med vattenjet från skärsläckaren och möjliggjorde en uppsågning runt det genombrända takpartiet.

Kontroll och konstaterande att branden helt släckts med en kombination av ovan beskrivna metoder.



Figur 21 Bild från baksidan av byggnaden mot innergården. (Foto: SÄRF).

Projektgruppens reflektioner:

Att få optimal effekt på släckinsats i ett kritiskt skede kräver dels metodförmåga vid första insats samt en stor förmåga hos brandpersonalen att välja rätt metoder och kunna sätta in dessa beroende på brandens utveckling i byggnadskonstruktionen. Ett annat mer tidskrävande metodval hade sannolikt ej givit motsvarande effekt. Tillgång fanns till dimspik och konventionellt dimstrålrör men insatsstyrkan bedömde skärsläckaralternativet som klart bäst i det förlopp som branden befinner sig i.

Beslutet att ej sätta in släckangrepp i det hål som uppstod vid genombränningen medförde att man undvek att trycka in och syresätta direkt via vattenkon i hålet. Insatspersonalen påtalar vikten av att hålla taket intakt under denna första kritiska insats med kylning av brandgaser med skärsläckarna. Först efter att full effekt har nåtts och att IR-kamerorna registrerat temperatursänkning under 20-30 minuter tillåts brandpersonalen att ventilera via taköppning. Detta är en insats som speglar vikten av metodanskaffning för att möjliggöra effektiva insatser i brandscenarios som historiskt varit svåra att bemästra och där stora skadestnader uppstått.

6 Examensarbete kring användandet av alternativa släcksystem

Aronsson och Emanuelsson (2012) har genomfört ett examensarbete där målet var att ta reda på hur och när olika släckmetoder används på de svenska räddningstjänsterna. Här kommer de mest intressanta aspekterna tas upp och för den intresserade presenterar Aronsson och Emanuelsson samtliga resultat i sitt examensarbete.

Enkäterna har skickats till räddningstjänster runt om i Sverige som uppgett att de har tillgång till ytterligare släcksystem än konventionellt lågtryckssystem. Enkäterna har därefter skraddarsyts beroende på vilket system räddningstjänsten uppgett att de har.

6.1 Förhöjt lågtryck

Förhöjt lågtryck är i studien det vanligaste alternativa släcksystemet, 84 % av de svarande räddningstjänsterna upp gav att de hade det. I stort sett samtliga svaranden har haft systemet längre än ett år. Detta system är även det i undersökningen som används oftast. Detta kan kopplas mot att det ofta är monterat på centrumrulle och därför enkelt att göra en första insats med. De insatser där räddningstjänsterna anser att förhöjt lågtryck är missgynnsamt är främst vid större bränder då vattenmängden är mindre än i ett konventionellt lågtryckssystem. I övrigt anser majoriteterna av räddningstjänsterna att släckeffekten mot konventionella system är likvärdig men att vattenåtgången är mindre. De enda svagheter som lyftes fram var att det inte går att bygga ut systemet samt att slangrullen är trög. Dock nämndes detta av en minoritet av räddningstjänsterna.

Projektgruppen bedömer att förhöjt lågtryck idag har samma användningsområde/ scenarier som ett konventionellt slangsystem. Projektgruppens erfarenheter är dock att ett förhöjt lågtryckssystem är underdimensionerat vid kraftig utvecklade bränder (exempelvis brand i flera rum). Detta innebär att rökdykare utsätts för risker då branden kan vara övermäktig metodförmågan. Detta är på grund av ett lägre vattenflöde och ett lågt munstyckstryck, vilket ger en vattendimma som motverkas av en kraftigt utvecklad brand.

6.2 Skärsläckare

Av de som svarat på undersökningen (27 räddningstjänster) har 78% haft skärsläckaren som verktyg i över ett år. Skärsläckaren används vid en betydligt mindre mängd insatser än det förhöjda lågtrycket. Många belyser att de använder skärsläckaren som ett verktyg för att hantera dolda bränder. Skärsläckaren ses inte som ett verktyg som går att använda i alla situationer. Bland exemplen på när skärsläckaren inte används återfinns bland annat stora lokaler, fordonsbränder och brand i samband med livräddning. En annan punkt som tas upp är säkerheten för brandmännen, denna anses som likvärdig mot konventionell brandsläckning. Vattenåtgång och vattensador är två punkter där skärsläckaren verkar mycket fördelaktig mot konventionell brandsläckning. Att räddningstjänsterna kan påbörja en insats med endast 1-2 brandmän menar de flesta räddningstjänster är en klar fördel. Utbildningsbehovet anses som stort vid införande av systemet då arbetssättet skiljer sig mycket i jämförelse med konventionell släckning. Skärsläckaren som verktyg har tagits emot bra och de flesta tycker att det uppfyllt deras förväntningar och tror att de kommer använda systemet mer i framtiden.

Projektgruppens kommentar är att många räddningstjänster som har skärsläckaren kan använda denna i fler situationer än de gör idag. Många verkar ha förutfattade meningar om hur brandrummet reagerar vid införande av vatten, exempelvis att de små droppar som kommer från ett vattendimmsystem inte har samma påverkan som vatten från ett konventionellt strålrör. Ingason et. al (2012) menar att skällningseffekten minskar markant med vattendimmsystem, dessutom blir ångbildningen av vattnet hög. Skärsläckaren har dessutom bevisad effekt i stora lokalvolym och brand med hög effektutveckling.

6.3 Firexpress

Samtliga svaranden har över ett års erfarenhet av Firexpress. Systemet används främst vid bilbränder och mindre bränder utomhus. Emellertid används inte systemet speciellt ofta av flera räddningstjänster, även om systemet tagits med ut på skadeplatser. Firexpress anses som mindre bra vid kraftigt utvecklade bränder då större släckmedelsvolymmer behöver användas. Även för detta högtryckssystem anses vattenåtgången och vattenskadorna vara en stor fördel. En åsikt som flera räddningstjänster delade var att munstycket är enklare att hantera än ett konventionellt strålrör. Ytterligare en positiv aspekt är att ingen räddningstjänst har upplevt ett större utbildningsbehov vid införande av Firexpress. Det bör nämnas att många svaranden uppgav svaret ”ingen uppfattning” på många frågor.

Projektgruppen ser en trend i att räddningstjänsterna använder systemet främst för användning av FIP/deltid tills slangsystem finns utlagt för invändig insats genom rökdykning. Tyvärr verkar inte systemet användas så ofta som det förmodligen vore möjligt. Ingen räddningstjänst har motiverat varför de inte använder det oftare.

6.4 CAFS

Dagens CAFS är relativt nytt på marknaden vilket gör att många räddningstjänster inte haft systemet speciellt länge. I stort sett hälften av de tillfrågade har haft CAFS under ett år. CAFS används av räddningstjänsterna främst för bränder i byggnad samt bilbränder. De flesta räddningstjänsterna har svarat att de inte avråder från användning av CAFS vid några specifika brandscenarier medan andra svarat att de inte rökdyker med systemet eller att de inte brukar det vid behov av stora mängder släckmedel då tillgången på producerat skum kan vara begränsande från ett aggregat. CAFS anses ha snabbare släckeffekt än konventionell släckning av de flesta svaranden. De svarande belyser också CAFS förmåga att häfta mot vertikala ytor, dess förmåga att förhindra antändning av täckta ytor samt återantändningsskyddet. De allra flesta anser dessutom att det är enkelt att få ett bra skum ur röret. CAFS anses ge lägre vattenförbrukning och vattenskador än konventionella släckmetoder. Åsikten om utbildningsbehovet vid införskaffande av systemet var delat, många tyckte det var stort medan andra ansåg att det inte behövdes speciellt mycket utbildning. Den främsta negativa egenskapen som lyftes fram var ”dålig tillförlitlighet”, cirka 20 % av de svarande ansåg detta. Över 80 % av de tillfrågade tror de kommer använda systemet mer i framtiden än vad de gör idag.

Projektgruppen anser att det råder oklarheter/meningsskiljaktigheter kring CAFS användning vid invändig brandsläckning (rökdykning). Det viktiga att påpeka är att CAFS är ett skumsystem, vilket innebär att det kan ha negativ påverkan på människa och miljö, se kapitel 2. Eftersom endast ca 50 % av de svarande haft systemet längre än ett år kan resultatet vara något missvisande då erfarenheten är begränsad.

6.5 Övriga system

I rapporten tas även ”Högtryck” och ”Släckgranat” upp som system, svarsfrekvensen på dessa var så pass låg att ett tillförlitligt statistiskt underlag inte erhållits.

7 Utbildning

Att utbilda och fortbilda personalen blir allt viktigare för att följa den snabba utvecklingen av släcksystem och brandförlopp som sker idag. Som tidigare nämnts är personalens förmåga att hantera ett släcksystem avgörande för att vidmakthålla en hög metodförmåga.

7.1 Övningsanläggningar

En viktig del i utbildningsförfarandet är tillgång till relevanta anläggningar för ändamålet. Traditionellt sett har övningsanordningar som containerhus och det så kallade "Lulehuset" byggts och anpassats för invändig släckinsats med rökdykare. Efter att brandmän genomgått grundutbildning för rökdykning har fortsättningsvis årliga varma rökövningar genomförts i denna typ av anläggningar.

Att skapa heta brandmiljöer med möjlighet att rökfyll sidoutrymmen har prioriterats i övningsupplägget. Offensivsläckningen har utgjort den förhärskande metoden där en rökdykargrupp utrustad med dimstrålrör trängt in i byggnaden och kylt brandgaserna på väg in mot initialbranden. Initialbranden har därefter kunnat släckas och en genomsökning av resterande utrymmen har skett. Vanligtvis har ventilering av brandutsatt utrymme genomförts därefter.

När övertrycksventilation som metod infördes i Sverige kring 1995 uppmärksammades bristen på anpassade övningsanordningar för detta ändamål. Många övningscontainrar saknade t.ex. fönsterluckor och dörrar med realistisk täthet.

Faktorer och behov som påverkar utveckling och anskaffning av ny teknik är många. AFS 2007:7 med sina krav på riskbedömning och alternativa val av släckmetoder, alltmer vanligt förekommande offensiva enheter och FIP-enheter (första insats person), för att nämna några. Även alternativa släcksystem på höjdfordon och släckbilar möjliggör olika val av taktik och metodik vid första insats mot brand i byggnad. Övningsupplägg och anläggningar måste därför anpassas för nya behov. Nedan följer en lista som beskriver några av de aspekter som bör tas i beaktande vid utformning av nya anläggningar samt vilka möjligheter de ger till övning och utbildning:

- Utveckling av metoder kräver anpassade övning- och utbildningsanordningar.
- Övningsbyggnader bör utformas för att olika scenarier skall kunna genomföras.
- Brand och brandgaser skall kunna spridas både horisontellt och vertikalt i övningsbyggnaden.
- Omfallstaktik kan stimuleras vid övningsgenomföranden genom att scenariot förändras under pågående övning.
- Instrukörer har tillgång till temperatur display och tidsmätning för att kunna följa utvecklingen av insatsen. Syftet med detta är bland annat för att kunna göra nya inspel och stimulera till en ny omfallstaktik med mera.
- Instrukören har möjlighet att styra branddynamiken i anläggningen med fasta fläktar.
- Taktiska val kan skall kunna övergå till tillämpade metodanvändning.
- Beslutstöd kan bland annat innebära yttre scanning av brandutsatt byggnad med IR-kamera.
- Brandkällor kan återstartas snabbt efter genomförd släckinsats (skapar korta ställtider samt samma förutsättningar för nästkommande övningsgrupp).
- Säkerhetshöjande åtgärder kan ingå i övningsupplägg. Effekt av riskbedömning och metodval.
- Miljöbelastning vid val av släckmetod skall ingå i genomförande och utvärdering.
- Dokumentation genom personliga videokameror på både befäl och brandmän.
- Mätning av släckvattenförbrukning kan ingå som övningsmål.

- Val av släckmedelsinblandning kan bedömas utifrån brandscenariot.
- Släckbilsbesättning 1+4 alternativt mindre enhet 1+1 kan utgöra insatsstyrka.
- FIP och FIB kan öva som förststyrka på plats för att bromsa utvecklingen och vinna tid.
- Möjliga angreppsvägar och alternativ till dem kan varieras och utgör således en grund för metodval.
- Ventilation med övertryck kan ingå i metodanvändningen.
- Värmekällor utvändigt ger övningseffekter vid scanning med IR kamera.
- Sammankoppling av metoder är viktiga övningsmoment.
- Ledningsstruktur samt befälens sektoransvar kan övas i anpassad anläggning.
- Bedömning kan göras angående brandutvecklingen före och under metodinsats.
- Uppföljning av effekt på insats. Om ej resultat nås ändra metod och taktik.

7.2 Anpassade övningsanläggningar på MSBs skola i Revinge och Sandö

På MSBs skolor i Revinge och Sandö planeras och projekteras övningsanläggningar med tanke på förmåga att öva med ny taktik, varierande metodval och oberoende vid val av släcksystem. Anläggningarna kommer att utformas för att vara metodneutrala där olika scenarier kan ingå i övningsupplägget.

Grundutbildningar på MSB kommer att kunna genomföras i övningsanläggningarna och det gäller även befälsutbildningar i taktik och metodval.

Övningshusen är även planerade att vara anpassade för både industribrandkårer samt kommunal räddningstjänst för att genomföra uppdateringsutbildning i nya metoder taktik och metodik där scenarier till mycket stor del efterliknar verkliga insatser. Arbetet fortskrider och beräknas i båda fallen vara klart för bruk under 2014.

Mycket arbete har lagts på att säkerställa reningen av det släckvatten som används vid övningarna.

7.3 Anpassade utbildningar för brandpersonal som använder värmekameror

Vidgade användningsområden för IR-teknik ökar behovet av kvalificerad utbildning inom räddningstjänsten. Leverantörer av värmekameror erbjuder teknisk utbildning i handhavande och skötsel. Bristen har gällt kvalificerad utbildning kring olika brandscenarier med rökdykarkameror. För termograferingskameror har utbildning erbjudits i samband med inköp av kameror. Leverantörer av kameror har haft egna utbildningsorganisationer som erbjudit certifierade skanningsutbildningar för skanning. Räddningstjänsterna har ofta fått genomföra denna typ av utbildning i egen regi genom övningar i egna övningsanläggningar som container eller betongövningshus varefter egen kunskap erhållits.

Behovet för riktad utbildning ökar för användare av värmekameror inom alla ledningsnivåer inklusive brandmansnivå. Specialanpassade utbildningar som ökar kunskapen att använda tekniken för att öka insatsstyrkans förmåga på skadeplatsen bör införas.

Även stabspersonal kan behöva utbildas för att kunna bedöma IR-information som skickats från skadeplats vidare till staben. Den tekniska utbildningen bör följas upp med att övningsanläggningar anpassas så att brandstart och förlopp kan efterlikna verkliga brandscenarier. Tekniken med

värmescanning kan då integrera metod och taktik så att effekten av insatta åtgärder går att utläsa och värdera under utbildning och övning.

8 Analys och diskussion

För att summera rapportens kärnfrågor genomförs en diskussion kring miljöarbete och de mest förekommande släcksystemens betydelse för att bedriva en effektiv räddningstjänst. Rapporten har presenterat fall där olika system använts på sådana sätt att de varit avgörande för en lyckad insats. Tyvärr har det varit svårt att hitta information kring insatser involverande flera av systemen. Detta medför att det har varit svårt att dra slutsatser om hur släcksystemen använts på en skadeplats samt att jämföra systemen inbördes.

Relevant forskning på olika områden har också presenterats. Den feedback som användare gett kring de olika systemen stämmer ofta överens med forskningen.

Att presentera ett underlag som påvisar vilken teoretisk metodförmåga olika släcksystem har i förhållande till konventionella lågtryckssystem är svårt. Insatsen från S:t Lars, se kapitel 5.1, som innehåller en konventionell insats med lågtryckssystem och en alternativ insats med skärsläckaren är ett tydligt exempel som visar skillnaden i resultat för dessa två metoder. Utifrån den insatsen går det att föra en diskussion om skillnader i metodförmågan men då är ingångsvärdena låsta vid de parametrar som fanns vid den specifika insatsen.

8.1 Miljöarbete

I över 20 års tid har det publicerats rapporter kring giftiga ämnen i skumvätskor, brandrök och släckvatten. Rapporterna påvisar hur dessa ämnen negativt påverkar både människa och miljö. Trots att det publicerats flertalet rapporter har inte tillräckliga åtgärder vidtagits. Projektgruppen anser att det måste tas ett helhetsgrepp kring denna problematik. De som bland annat måste samarbeta i denna avgörande fråga på riksnivå är MSB, Arbetsmiljöverket och Naturvårdsverket. På kommunal nivå är det viktigt med ett ökande samarbete mellan räddningstjänsten och kommunens miljö och hälsa.

Ett övergripande mål med denna rapport har varit att studera brandmännens arbetsmiljö vid insatser mot brand i byggnad. Enligt AFS 2007:7 bör invändig släckning genom rökdykning i första hand genomföras som en livräddande insats. Alternativa släcksystem bör användas vid en snabb initial insats för att påverka förhållandena inne i den brandutsatta byggnaden. Detta görs i syfte att dels påverka miljön för eventuellt saknade personer så snabbt som möjligt och dels för att förbättra arbetsmiljön för brandmännen när de skall genomsöka byggnaden samt eftersläckning.

Enligt AFS 2007:7 skall alltid för och nackdelar vägas mot varandra huruvida det är värt att äntra ett rökfyllt utrymme eller ej. Genom att inledningsvis förbättra förhållandena utifrån kan en så pass bra miljö åstadkommas att AFS 2007:7 inte är tillämbart på grund av låga brandgastemperaturer eller förbättrade siktförhållanden.

Att undvika invändiga släckinsatser så långt som möjligt innebär att exponeringen mot höga riskmiljöer samt hälsoskadliga ämnen i brandröken minskar. Flera av de alternativa släcksystem som presenteras i denna rapport kan användas i ett inledande skede av insatsen för att snabbt påverka branden innan en invändig genomsökning av utrymmet genomförs. Genom att påverka branden med exempelvis en handbrandsläckare, aerosolgranat eller vattendimma och sedan om det är lägligt öppna upp frånluftöppningar och påbörja ventilering av utrymmet innan inträngning sker, har brandgaserna som finns i utrymmet minskat och riskerna för övertändning minskat drastiskt. En initial insats av detta slag är ofta snabb att genomföra och kan startas upp under tiden ett system för en rökdykarinsats byggs upp.

En utvändig initial insats medför att miljön för eventuellt saknade personer kan förbättras snabbare än vad den kunde gjort genom en invändig släckinsats enligt AFS 2007:7 där det i vissa lägen tar tid att bygga upp ett system för en rökdykarinsats.

Idag är det mycket diskussioner om de hälsoskadliga (i värsta fall hormonstörande och cancerogena) ämnen som sitter kvar i larmställen efter en släckinsats. Det har dessutom visat sig att många av dessa föroreningar är svåra att tvätta bort. Ett steg för att minska exponeringen är att se över användandet av

de larmställ brandmän använder när de åker på larm som rör bränder. De larmställ som idag används vid i stort sett alla typer av larm är anpassade för en rökdykarinsats. Samma larmställ måste exempelvis inte användas vid ett sjukvårdslarm som vid en rökdykarinsats. Rökdykning kan på samma vis som en kemdykning ses som en skyddsnivå och ej en metod. Kring denna skyddsnivå finns det fler skyddsbarriärer som används för att minska risken för att kroppen exempelvis påverkas av farliga ämnen. Det finns idag brister i denna skyddsbarriär som gör att brandmän har en högre risk att drabbas av följsjukdomar. Utvecklingen av nya larmkläder som inte släpper in skadliga ämnen mot huden är en avgörande aspekt. Som Lasse Nelson (2013) påpekar i sin artikel finns det situationer där det är svårt att undvika en rökdykarinsats och att de larmkläder som används idag inte ger ett fullgott skydd för exponering av brandrök mot framför allt huden. Nelson (2013) föreslår som exempel på lösning av problemet att ha ett lätt övertryck i larmkläderna som hindrar röken från att tränga in. Denna princip används idag i vissa kemskyddsdräkter.

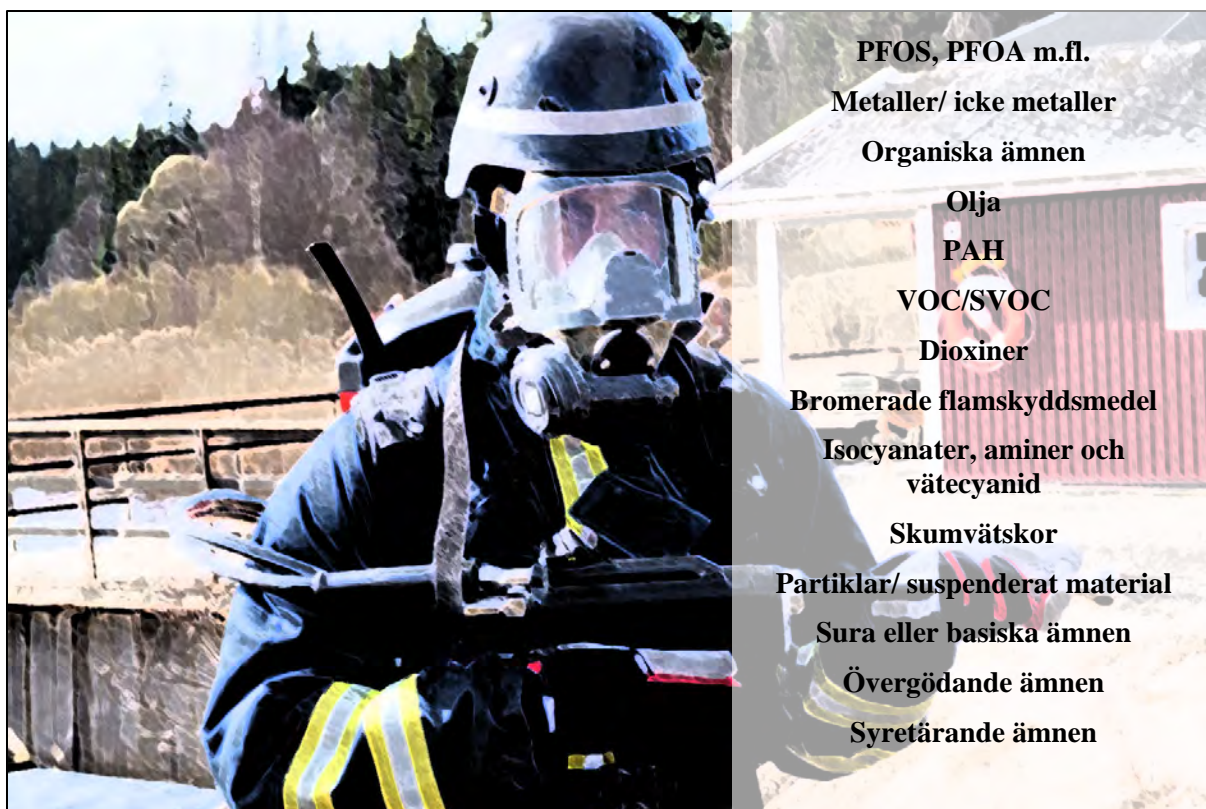
Tillsatsmedel blir alltmer vanligt idag tack vare sina positiva effekter ur släckeffekt och återantändningsskydd. Några tillsatsmedel marknadsförs som miljövänliga av tillverkarna.

Att skumvätskor påverkar människor och miljön negativt visas tydligt i den litteraturstudie som presenterats i kapitel 2.2. Hur mycket skumvätskor påverkar insatspersonal negativt är inte klarlagt. Substanserna fastnar delvis i larmkläderna och tas upp via huden. Troligtvis tas vissa ämnen även upp via lungorna om inte andningsskydd används. Även om inte skumvätskan i sig är hälsoskadlig kan det vid släckningen ha bildats nya ämnen som kan vara det.

Denna studie har fokuserat på släcksystemens användande vid brandsläckning som sker från utsidan av byggnaden. Systemanvändning vid invändig brandsläckning tas inte upp i denna rapport. En svårighet för en sådan analys är osäkerhet om vad som bör betraktas som "säker tillgång till släckvatten" (AFS 2007:7) vid en rökdykarinsats.

Viktigt att påpeka är att helt undvika en invändig släckinsats är i många lägen svårt då det kan finnas saknade personer kvar i byggnaden och då brandhårdarna inte alltid nås från utsidan av byggnaden.

Figur 25 visar en sammanfattning från litteraturstudien i kapitel 2.2 över vilka ämnen/ ämnesgrupper som påverkar insatspersonal, allmänheten och yttre miljön vid en släckinsats.



Figur 22 Sammanfattning av ämnen som påverkar en brandman vid en släckinsats.

8.2 Metodförmåga

För alternativa släcksystem är tyvärr inte metodförmågan generellt sett lika hög som för släckning av enskilda brandceller med konventionella lågtryckssystem. Detta beror främst på att det utbildas och övas för lite med nya släcksystem. En orsak till detta är att det inte har funnits övningsanläggningar som är anpassade för andra släcksystem än konventionellt lågtryckssystem förrän nu. Behovet av utbildning och övning skiljer sig dessutom åt en hel del mellan de olika släcksystemen. Erfarenhetsåterkopplingen från insatser med alternativa släcksystem är också bristfällig. Om räddningstjänster vore bättre på att sammanställa erfarenheter från insatser med fokus på användandet av olika utrustningar och sprida informationen mer, internt och externt till andra räddningstjänster, skulle förståelsen för begränsningar och möjligheter med de olika systemen och metoder kunna ökas markant. Projektgruppen anser att detta initiativ bör ledas av MSB och bli en del i den insatsrapportering räddningstjänsten gör efter insatser. Distributionen av dessa erfarenheter bör sammanställas och göras tillgängligt digitalt.

Viktigt att påpeka är att varje beskrivning av metodförmåga som tas fram bör följas av en handlingsplan där det är bestämt hur metodförmågan skall byggas upp och upprätthållas genom bland annat underhåll av utrustning, utbildning, övning och spridning av erfarenheter genom lärande av insats.

Svenska brandmän har fram till idag fått en gedigen utbildning i att släcka bränder med konventionella lågtryckssystem. Denna utbildning har i mångt och mycket handlat om hur pumpen på en brandbil fungerar samt att släcka bränder i containersystem som lastas med lastpallar, spånskivor eller dylikt för att ge en lagom brandbelastning. Metodförmågan hos varje enskild brandman är således relativt hög då det gäller att släcka en brand i ett containersystem genom att använda sig av ett konventionellt lågtryckssystem med dimstrålrör.

Viktigt att påpeka är att det under en insats blir allt vanligare att flera olika släcksystem används sekventiellt eller parallellt för att uppnå ett bra resultat. För att lyckas väl med detta krävs en hög

individuell kunskap och kompetens för att kunna läsa av en brandsituation och veta när och hur olika system lämpar sig.

Palmkvist (2012) menar på att fler räddningstjänster bör tänka i termer av att det är den tillgängliga metodkapaciteten i förhållande till situationen på plats som får styra upplägget för insatsen vid brand i byggnad istället för standardrutiner för rökdykning. Är det konstaterat att det inte finns några liv att rädda bör fokus ligga på att minimera exponeringen av hälsoskadliga ämnen för insatspersonalen och miljön.

8.3 Släcksystem

Med utgångspunkt från de arbeten som lyfts fram i denna studie och de intervjuer som genomförts med insatspersonal från räddningstjänstsvärdig förs en diskussion kring varje enskilt släcksystem nedan.

8.3.1 Förhöjt lågtryck

Tillvägagångssättet vid användning av förhöjt lågtryck är till mångt och mycket liknande det för konventionellt lågtryckssystem. Förhöjda lågtryckssystem är placerade på centrumrulle i bilen och behöver därför endast rullas ut för att användas. Vid framkomst till lägenhetsbränder eller liknande behöver brandförloppet brytas så fort som möjligt, om en första insats då sker med hjälp av det förhöjda lågtrycket tjänas minuter då inget slangsystem behöver kopplas upp. Släckförmågan för förhöjt lågtryck anses av de flesta räddningstjänster som likvärdigt det som uppnås med ett konventionellt lågtryckssystem även om vattenflödet är lägre. Detta beror troligen till stor del på att släckinsatsen oftast påbörjas i ett tidigare skede av brandförloppet samt att systemet genererar mindre vattendroppar som effektivare kyler brandgaser.

Det är viktigt att tänka på att det förhöjda lågtrycket har ett mindre vattenflöde och är inte passande i alla situationer. Vid stora rumsvolymer med stora mängder varma brandgaser och kraftigt utvecklade brand har inte systemet samma metodförmåga som ett konventionellt lågtryckssystem. Detta är på grund av ett lägre vattenflöde och ett lågt munstyckstryck, vilket ger en vattendimma som motverkas av en kraftigt utvecklad brand.

Vattenförbrukningen vid användning av förhöjt lågtryck blir lägre än den för konventionellt lågtryckssystem på grund av att systemet genererar mindre vattendroppar. Ofta vid kylning av brandgaser med konventionella lågtryckssystem förångas inte allt vatten vid brandgaskylning utan en stor del hamnar på golvet. Genom lägre flöde och mer finfördelade droppar ger förhöjt lågtryck en större effekt per liter släckmedel. För att utnyttja de mindre vattendropparna optimalt krävs ett så högt munstyckstryck som möjligt. Det har visat sig vid studier att munstyckstrycket hos ett förhöjt lågtryckssystem kan variera kraftigt beroende på bland annat val av munstycke (Handell (2000) och Försth et al. (2012)).

Trots att systemet är enkelt att använda måste metodförmågan byggas upp från grunden med utbildning och övning. För detta system bör fokus ligga på strålförarteknik för att nyttja mängden vatten så effektivt som möjligt.

Systemet har en begränsning i den relativt korta slanglängden (oftast 60 m som standard). Detta innebär att systemet inte blir tillämpligt vid till exempel lägenhetsbränder högt upp i flerbostadshus. Viktigt att beakta vid användandet av förhöjt lågtryckssystem är hur utläggning av skyddsslang sker parallellt vid uppstart för att inte tappa tid.

8.3.2 CAFS

CAFS har fått mycket uppmärksamhet de senaste åren och från 2005 har antalet inhandlade CAF-system gått från 0 till ca 80 system i Sverige. I presenterade insatser i denna rapport har CAFS använts till att kyla ytor, dels en större vägg vid en begränsningslinje samt vid en brand i en lägenhet på översta våningen med risk för vindsbrand. Båda fallen vittnar om god funktion av skummet för både strålningsskydd och återantändningsskydd.

Flera räddningstjänster använder idag ett CAF-system vid invändig brandsläckning. Projektgruppen anser att det är inte tillräckligt utrett huruvida CAFS (likt andra förekommande släcksystem) lämpar sig för rökdykning eller ej. Några saker talar emot rökdykning med systemet. Det finns ett dokumenterat fall där slangen brunnit av vid användning på grund av att skummet i slangen inte kyler slangen lika bra som vatten. Tillverkare hävdar dock att slangar som tål värme bättre finns på marknaden idag. Åsikter om egenskydd vid övertändning är också en faktor i det hela, dimstrålrör med ett vattenflöde om 300 l/min menar många vara det som behövs för att kunna skydda sig mot övertändning. Andra menar att om systemet används rätt finns det inga problem i att rökdyka med CAFS.

Något som bör beaktas vid användning av CAFS är att räddningstjänsten bör fokusera mer på arbetsmiljön och miljön. Användning av skumvätskor kan ha negativ påverkan på människan och miljön då ingående ämnen kan vara direkt skadliga enligt flertalet nämnda studier i kapitel 2.

8.3.3 Släcksystem med vattendimma

Här avses systemen som beskrivs i kapitel 3.2.4. samt den forskning som presenterats i kapitel 3.1.1 och 3.2.1.

Vattendimman dessa system genererar kan vara begränsande i flöde och hastighet på dropparna. Detta medför att systemen i vissa situationer kan ha begränsande effekt på kraftigt utvecklade bränder.

Få erfarenheter kring insatser med flertalet av nämnda släcksystem har framkommit under studiens genomförande. Många av de som har systemet på sina bilar använder det tyvärr förhållandevis lite. Detta kan bero på bristfällig utbildning på systemet eller låg tilltro till användandet.

Forskningen som presenterats i kapitel 3.1.1 och 3.2.1 visar på att släcksystem med vattendimma släcker en brand på ett annat vis än ett konventionellt lågtryckssystem på grund av de små dropparna och att det krävs en mer teoretisk förståelse för att komma till insikt med vattendimmans fördelar och begränsningar.

För flera av släcksystemen ökar metodförmågan att kyla ytor och minska risken för återantändning då tillsatsmedel används i släckvattnet.

Viktigt att poängtera är att det inte alltid är bra med så små droppar som möjligt då de i vissa förhållanden förångas innan de ger effekt på branden. Det är framförallt förhållandet mellan tryck, flöde, dropparnas storlek, konens utformning, dropparnas hastighet samt påföringstid av släckmedlet som är avgörande för resultatet.

8.3.3.1 Skärsläckare

Skärsläckaren är det enda verktyget som med hjälp av vattentryck och abrasiv kan penetrera väggar och föra in släckmedlet direkt i det brandutsatta rummet. Skärsläckare är ett användbart verktyg vid bränder som är innesluta utan fri tillförsel av syre. Med hjälp av vattendimman kyls brandgaserna effektivt i utrymmet och partialtrycket av syre sänks. Vattendimma är inte avsett för ytkylning utan ska i första hand användas till att kyla brandgaserna. I de insatser som tagits upp i denna rapport har skärsläckaren använts till just detta. Ytkylning uppnås vid längre påföringstider då brandgaserna redan kylts. Vid vindsbränder och liknande där tilluftsöppningarna inte är stora kan skärsläckaren arbeta med att kyla brandgaserna och därigenom minska övertrycket i lokalen och till sist släcka branden. Flera

praktiska användningar visar att skärsläckaren ofta behöver påföras en stund för att ge effekt. Detta har visat sig speciellt viktigt vid insatser mot lokaler med stora volymer där avsikten varit att kyla brandgaser.

Vattenanvändningen vid en insats med skärsläckare skiljer sig kraftigt mot en med konventionell släckning. Skärsläckaren har en flöde av 58 l/min jämfört med en konventionell lågtryckssystem med cirka 300 l/min i flöde. Även om användningsområdena för de båda skiljer sig menar många räddningstjänster att vattenåtgång och följdskador är mycket lägre vid insatser där skärsläckaren använts.

Ehn (2009) anser i sin utredning att skärsläckaren är ett mycket bra taktiskt alternativ för räddningsledaren att tillgå då mål med insatsen ej är livräddning. Ehn menar att traditionell släckning kan ge betydande sekundärskador av släckvattnet som det finns stora möjligheter att minska genom att utveckla användandet av skärsläckaren.

En fördel med skärsläckaren i jämförelse med flera andra system är att vid bränder i byggnadens konstruktion, så som väggar, trossbottnar och innertak, inte det brandutsatta utrymmet behöver öppnas upp. Vid bränder i byggnadskonstruktionen kan branden lokaliseras effektivt med IR-kamera och punktsläckas istället för att golvet eller väggen ska bändas upp och öka brandens syretillgång.

MSB har i samarbete med bland annat SÄRF tagit fram ett skärsläckarkoncept i projekten Firefight I och II som går ut på att använda fördelarna med vattendimma i kombination med IR skanning och ventilation. Enkelt beskrivet går konceptet ut på att lokalisera branden med hjälp av IR-kamera, attackera rätt utrymmen med skärsläckaren, se effekten med hjälp av IR-kameran, arbeta vidare med skärsläckaren och till sist ventiler ut brandgaserna från utrymmet.

8.3.3.2 Dimspik

Dimspik, likt skärsläckaren, är till för invändigt bruk. Genom att slå in dimspiken genom väggen, hålls rummet tätt samtidigt som släckmedel kan påföras. När dimspiken används är det mycket viktigt att tillse att den inte bara sätts i och tillåts föra in vatten kontinuerligt under insatsen. Om dimspiken endast sätts i och lämnas i en viss position kommer vattenskador uppstå. Om dimspiken å andra sidan används rätt kan den ha en avgörande betydelse för brandsläckningen. Eftersom dimspiken inte ger ifrån sig lika små droppar som ett vattendimmsystem kommer vattnet inte användas fullt lika effektivt i brandgaskylningen. Däremot finns det större möjligheter att påverka den faktiska brandkällan genom ytkylning då mer vatten tar sig fram till branden.

Flera olika dimspikar finns på dagens marknad. Dimspikarna av modellen Attack ger ett längre kastlängd än begränsnings-dimspiken, och kopplade mot förhöjt lågtryck ges en effekt som kan likna den från andra vattendimmsystem. En dimspik används med fördel genom att låta vattnet flöda i 3-4 sekunders pulser för att utvärdera vattnets verkan.

Den samlade erfarenheten av flera räddningstjänster är att användandet av dimspikar har bra effekt. Genom att blanda i tillsatsmedel kan både släckeffekten och återantändningsskyddet förbättras gentemot användandet av rent vatten.

8.3.4 Pulver

Pulver används relativt sällan vid insatser mot brand i byggnad. Några räddningstjänster har som en del av en standardrutin att använda en pulversläckare som förstaåtgärd vid brand i byggnad. Under tiden styrkan kopplar upp slangsystem angriper en brandman branden genom att tömma en pulversläckare på lämpligt ställe, genom ett fönster eller dörren etc., för att bromsa förloppet. Genom att använda pulver på detta vis vid en snabb förstainsats är det större chans att kunna bryta brandförloppet så snabbt som möjligt.

8.3.5 Aerosoler

Aerosolgranater är något som är på intågande inom både räddningstjänst, industri, sjukhus och den personliga skyddsmarknaden (väktare, arenasäkerhet). Aerosolgranaten har visat ge stor effekt mot inneslutna bränder i mindre utrymmen (stugor, lägenheter, soprum, klassrum, elutrymmen mm.). Den är ett ypperligt verktyg för en första insatsperson (FIP) som kan komma fram ensam till en brandplats. Flera presenterade insatser som genomförts med släckgranaten visar på dess goda släckförmåga. Granaten kan i vissa fall ersätta en handbrandsläckare då granaten endast kräver att personen i fråga aktiverar den och kastar in den i brandrummet medan en handbrandsläckare kräver att personen hanterar verktyget under släckningen.

I de fall aerosolgranater inte släcker branden fullt ut, bromsas förloppet vilket skapar en gynnsam situation för det fortsatta släckningsarbetet. Detta medför att ”klockan stoppas och vrider tillbaka till tidigare förlopp”. Detta innebär att temperaturen sänks i brandrummet och det skapas tidsutrymme att bygga upp resurser.

Fördelen med aerosolgranater är att de inte ger något släckvatten samt att de inte påverkar elektrisk utrustning negativt och att de inte är syrereducerande. Detta åstadkoms genom att de har en kylande effekt i brandrummet (stabiliserar fria radikaler).

8.3.6 Gasformiga släckmedel

Att använda gas för att släcka en brinnande byggnad är sällsynt i Sverige. Endast ett fall har hittats där gas har använts i stor skala (bortsett från silo-brandsläckning). För att en gasfyllnad ska vara ett alternativ krävs en tät byggnad och de faktiska gasresurser som behövs måste finnas tillgängliga i närområdet. Gasfyllnad är mycket tidskrävande då utrustningen måste till platsen samt att gasen i sig inte har en kylande effekt vilket ger en mycket lång efterbevakningstid och kontinuerligt gasflöde.

Gas som släckmedel vid bränder i byggnad sker oftast i liten skala med hjälp av portabla koldioxidsläckare vid små bränder i framför allt elutrustning.

Om en gasinsats planeras för att inertera en större volym är det viktigt att poängtera är att en insats med gasfyllnad tränger bort syret i utrymmet och är då direkt livshotande för de personer som kan finnas kvar i utrymmet.

8.4 Sammanställning över släcksystemens kapacitet

Diskussionen på föregående sidor belyser att de förekommande systemens användbarhet beror på många faktorer, däribland brandens karaktär, moment i insatsen och metodförmågan. Ett försök att sammanställa styrkor och svagheter för de olika systemen beroende på insatsförhållandena görs i Tabell 4 och Tabell 5 nedan.

Värdegrunden som ligger till grund för de bedömningar som har gjorts i tabellerna är angivna av MSB. Tabellerna innehåller en uppskattning av hur de olika släcksystemen presterar i olika situationer. Vid denna bedömning har antaganden gjorts om att insatspersonalen som hanterar släcksystemen är väl utbildade inom området. Bedömningarna baseras på scenariot att ett släcksystem används och att det är möjligt att angripa branden från olika positioner genom omfall (förändring av angreppspunkt).

Bedömningarna skall inte ses som strikt gällande för alla organisationer och objekt utan är en uppskattning baserat på forskningsrelaterade studier, erfarenheter från insatser och intervjuer med insatspersonal. Med en hög kunskapsnivå om de olika släcksystemens fördelar och begränsningar ökar förutsättningarna för att få en hög effekt i samband med en insats. Framför allt är detta viktigt vid insatser där användande av olika släcksystem används parallellt eller att systemen används i följd efter varandra.

Samtliga system bedöms utifrån att påföring sker från utsidan av den brandutsatta byggnaden med grundförutsättning att AFS 2007:7 tas i beaktande. Detta innebär att det måste finnas öppningar in i utrymmet eller att öppningar skapas som en del i släckinsatsen.

Bedömningarna är klassificerade i tre olika nivåer enligt Figur 26 nedan. Den gröna nivån har bedömts som högsta nivå och har således fått en 1:a i betyg. Den blåa nivån har bedömts som en måttlig nivå och har således en 2:a i betyg. Den röda nivån har bedömts som den lägsta nivån och har således fått en 3:a i betyg. Betygsnivåerna har kompletterats med +, ± eller – för att betona att det finns positiva och/eller negativa aspekter som kan påverka släcksystemets effektivitet.



Figur 23 Tre nivåer för klassificering.

Användandet av tillsatsmedel får en kluven bedömning i tabellen beroende på vilken rubrik det behandlas under. Den släckningsmässiga bedömningen är positiv (+) men miljöpåverkan anses negativ (-). Viktigt att poängtera är att olika skummet/ tillsatsmedel påverkar insatspersonalen och miljön på olika sätt beroende på vilka ämnen som finns i skummet/ tillsatsmedlet enligt kapitel 2.

Bedömningarna som gjorts i tabellerna nedan är baserade på den information som inhämtats under arbetet med rapporten. Emellertid måste det betonas att även om strävan varit att efter bästa förmåga dra objektiva slutsatser från inhämtat material och erfarenhetsunderlag, finns med nödvändighet en viss grad av subjektivt tyckande med i betygssättningen. Det är upp till var och en som läser rapporten att dra egna slutsatser men förhoppningsvis kan projektgruppens bedömning vara ett stöd vid analys av de olika släcksystemen.

De rubriker som används i Tabell 4 och 5 förklaras närmare nedan:

- **Ytkylning**

Med ytkylning avses släckmedlets förmåga att stoppa pyrolysis-processen på brandutsatta ytor. Förutsättningen är att släckmedlet kan träffa de brandutsatta ytorna i ett rum. Bedömningen baseras på ett scenario som motsvarar definitionen för rumsbrand, det vill säga upp till 20 m² golvareal.

- **Brandgaskylning**

Med brandgaskylning avses släckmedlets förmåga att kyla antändningsbara brandgaser till en så låg temperatur att de är svårantändliga. Bedömningen baseras på ett scenario som motsvarar definitionen för rumsbrand, det vill säga upp till 20 m² golvarea.

- **Inerteringsförmåga**

Med inerteringsförmåga avses förmågan att inertera brandgaser genom att sänka partialtrycket av syre i utrymmet eller sänka temperaturen på brandgaser så att de ej längre är antändningsbara. Bedömningen baseras på ett scenario som motsvarar definitionen för rumsbrand, det vill säga upp till 20 m² golvarea.

- **Återantändningsskydd**

Med återantändningsskydd avses släckmedlets förmåga att förhindra återantändning av det brandutsatta utrymmet efter släckning. Värderingsgrunden för hög effekt på återantändningsskyddet är 3 minuter. Bedömningen baseras på ett scenario som motsvarar definitionen för rumsbrand, det vill säga upp till 20 m² golvarea.

- **Vattenflöde och tryck**

Med vattenflöde avses det vattenflöde som lämnar munstycket per minut. Vid användandet av skumsystem har mängden premix angetts som vattenflöde. Angivna trycket är pumptryck.

- **Arbetsmiljö**

Med arbetsmiljö avses brandmannens arbetsmiljö vid användande av släcksystemet vid en utvändig släckinsats samt efterföljande genomsökning, eftersläckning och säkring av byggnaden.

- **Miljöpåverkan**

Med miljöpåverkan avses släcksystemets påverkan på miljön genom till exempel miljöfarliga tillsatsmedel/ skumvätskor och höga flöden med släckvatten.

- **Snabbhet till första insats**

Med tid till påföring avses tiden från det att insatspersonalen ankommit till platsen till dess att släckmedel är klart att påföras branden. Handburna släcksystem (handbrandsläckare, aerosolgranater) räknas som liten tidsåtgång.

- **Personalåtgång**

Med personalåtgång avses den insatspersonal som krävs för att effektivt genomföra en släckinsats med släcksystemet. Detta innebär både personalåtgång för uppbyggnad av systemet samt vid användandet för att bekämpa branden.

- **Utbildningsbehov**

Med utbildningsbehov avses behovet av utbildning för insatspersonalen för att effektivt kunna genomföra en släckinsats med släcksystemet. Både taktiskt, teknisk och förmågan att kombinera med andra metoder.

- **Rumsbrand**

Med rumsbrand avses ett enskilt rum i en brandcell. Inga krav på brandspridning till andra rum i brandcellen finns. Scenariot är att en övertändning har skett eller är nära att ske i en snar framtid i utrymmet. I bedömningen har ett rum med upp till 20 m² golvarea använts. Brandbelastningen i rummet har antagits vara $\leq 800 \text{ MJ/m}^2$ golvarea.

- **Brand i enplansbyggnad**

Med brand i enplansbyggnad avses en enplansbyggnad på $\leq 130 \text{ m}^2$, baserat på dagens normala villastorlek för enplanshus enligt hustillverkare. Scenariot är att ett av byggnadens rum är övertänt eller att detta kommer ske i en snar framtid, samt att det är omfattande brandgasspridning i större delen av byggnaden. Byggnaden anses vara byggd som en brandcell med en brandbelastning på $\leq 800 \text{ MJ/m}^2$. Med brandcell avses en avskild del av en byggnad inom vilken en brand under hela eller delar av brandförloppet kan utvecklas utan att sprida sig till andra delar av byggnaden eller andra byggnader. (BFS 2011:26).

- **Vindsbrand**

Med vindsbrand avses brand på vindsplanet. Vindsbränder kännetecknas av trånga utrymmen, svår åtkomlighet och bristfälliga brandavskiljande konstruktioner. I bedömningen antas ett vindsutrymme med en maximal area på 400 m^2 enligt BBR 5:535. Scenariot är att branden ej brutit genom taket. Värderingen grundar sig på personalbehov, miljöpåverkan samt arbetsmiljö för att genomföra släckinsatsen.

- **Dolda bränder i byggnadskonstruktion**

Med dolda bränder i byggnadskonstruktionen avses bränder i väggar, trossbottnar, bjälklag och takkonstruktion med begränsat utrymme (krypvind). Dessa bränder kännetecknas av glödbränder där brandspridningen sker långsamt under en längre tid på grund av låg syretillgång. Håltagning i konstruktionen kan medföra ökad syretillförsel till branden vilket kan ge ett snabbt brandförlopp.

- **Förhindra spridning till angränsande byggnad**

Med förhindrad spridning till angränsande byggnad avses att branden i byggnad 1 inte sprids till byggnad 2. Bedömningen är att släckmedel påförs byggnad 2 för att förhindra antändning orsakad av framför allt strålningsvärme men även flygbränder (gnistregn).

- **Vätskebrand utomhus**

Med vätskebrand avses en brand i en vätskepöl utomhus med en area på cirka 7.5 m^2 .

- **Bilbrand**

Med bilbrand avses brand i enskilt fordon motsvarande personbil.

- **Brand i driftrum**

Med brand i driftrum avses en brand som uppstår i ett utrymme på $5\text{-}10 \text{ m}^2$. Utrymmets syfte är att verka som driftrum/ el-central vilket medför att det finns elektrisk apparatur och höga spänningsnivåer i utrymmet.

Tabell 4 Sammanställning 1, med grundförutsättning att all släckinsats sker från utsidan byggnaden enligt AFS 2007:7.

Släckmetoder	Ytkylning	Brandgas- kylning	Inerterings- förmåga	Återantändnings- skydd	Vatten- flöde	Arbetsmiljö och säkerhet	Miljö- påverkan	Snabbhet till första insats	Personal- åtgång	Utbildning och kompetens
Konventionellt lågtryckssystem	1 (+) God effekt Ökad effekt med tillsatsmedel	2 (-) Måttlig effekt Stora droppar innebär ingen optimal förångning	3 Låg effekt Skapas begränsad mängd vattenånga pga. stora droppar	2 (±) Måttlig effekt Viktigt att alla brandutsatta ytor träffas. Risk för vattenskador. Ökad effekt med tillsatsmedel	3 Höga flöden	1 God arbetsmiljö	3 Stor påverkan Producerar mycket släckvatten. Skumvätskor kan ge ytterligare negativ miljöpåverkan	3 Stor tidsåtgång Att bygga upp ett slangsystem kan ta tid	2 Måttlig personal- åtgång Kan krävas mycket personal under uppstarten	1 Ingår i grund- utbildningen
Förhöjt lågtryck	2 (+) Måttlig effekt Lägre flöde än konventionellt lågtryckssystem. Ökad effekt med tillsatsmedel	2 Måttlig effekt Finare droppar än konventionellt lågtrycks- system	2 Måttlig effekt Genererar finare droppar än lågtrycks- systemet	2 (+) Måttlig effekt Viktigt att alla brandutsatta ytor träffas. Ökad effekt med tillsatsmedel	2 Måttligt flöde	1 God arbetsmiljö	2 Måttlig påverkan Lägre flöde än konventionellt lågtryckssystem	1 Liten tidsåtgång Effektivt med centrumrulle	2 (+) Måttlig personal- åtgång Effektivt med centrum- rulle	1 Ingår i grund- utbildningen
Dimspik	3 (+) Låg effekt ¹³ Ökad effekt med tillsatsmedel	2 Måttlig effekt	2 Måttlig effekt	2 (+) Måttlig effekt Effektökning vid inblandning av tillsatsmedel	2 Måttligt flöde	1 (+) God arbetsmiljö Kräver inte exponering vid öppningar	1 Liten påverkan Måttliga flöden genererar sällan stora mängder släckvatten vid rätt användning.	2 (+) Måttlig tidsåtgång Effektivt med centrumrulle	2 (+) Måttlig personal- åtgång Effektivt med centrum- rulle	1 Ingår i grund- utbildningen

Släcksystem med vattendimma¹²	3 (+) Låg effekt¹³ Ökad effekt med tillsatsmedel	1 Hög effekt Effektiv vattendimma	1 Hög effekt Fina droppar som kylv effektivt och lätt förångas	2 (+) Måttlig effekt Effektökning vid inblandning av tillsatsmedel	1 Lågt flöde	1 God arbetsmiljö	1 Liten påverkan Vattendimma och små flöden genererar sällan stora mängder släckvatten..	2 (+) Måttlig tidsåtgång	2 Måttlig personalåtgång	2 Komplettering kan krävas
Skärsläckare	3 (+) Låg effekt¹³ Ökad effekt med tillsatsmedel	1 Hög effekt Effektiv vattendimma	1 Hög effekt Fina droppar som kylv effektivt och lätt förångas	2 (+) Måttlig effekt Effektökning vid inblandning av tillsatsmedel	1 Lågt flöde	1 (+) God arbetsmiljö Kräver inte exponering vid öppningar	1 (±) Liten påverkan Vattendimma och små flöden genererar sällan stora mängder släckvatten.	2 (+) Måttlig tidsåtgång Ökad åtkomst till brandrummet tack vare skärande egenskaper	2 Måttlig personalåtgång	2 Komplettering kan krävas
CAFS	1 Hög effekt Viktigt att alla ytor skumbeläggs	3 Låg effekt Skummet är för kompakt för att kyla brandgaser effektivt (förångas dåligt)	3 Låg effekt Kylv inte brandgaser effektivt och sänker inte partialtrycket av syre tillräckligt	2 (-) Måttlig effekt Viktigt att alla ytor beläggs samt att det finns kontinuitet i påföringen	1 Lågt flöde	2 Måttlig arbetsmiljö Hantering av skumvätska kan vara skadligt.	3 Stor påverkan Kan uppstå stora miljöproblem pga. de ämnen som finns i skumvätskan	2 Måttlig tidsåtgång	2 Måttlig personalåtgång	2 Komplettering kan krävas

¹² Tänk på att det skiljer i tryck, flöde och hastighet på dropparna mellan de olika systemen vilket kan ha olika effekt beroende på situationen.

¹³ Ytkylning anses inte vara systemens primära användningsområde. Släcksystem med vattendimma används optimalt genom att kyla brandgaser. Ytkylning kommer sekundärt genom längre påföringstid.

Pulver, handbrand- släckare	3 Låg effekt Inte släcksystemets primära användnings- område	2 Måttlig effekt	1 (-) Hög effekt Förutsätter slutet utrymme	3 (+) Låg effekt Återantändnings- skydd kan uppnås genom användning av ABC-pulver på A-bränder	12 kg pulver	1 God arbetsmiljö	1 Liten påverkar Kan vara sämre beroende på substans	1 Liten tidsåtgång	1 Liten personal- åtgång	1 Ingår i grund- utbildningen
Aerosoler, släckgranat	3 Låg effekt Inte släcksystemets primära användnings- område	1 Hög effekt	1 (-) Hög effekt Förutsätter slutet utrymme	2 (-) Måttlig effekt Förutsätter slutet utrymme	1-4 kg släck- medel	1 (+) God arbetsmiljö Kort exponeringstid	1 Liten påverkar Kan vara sämre beroende på substans	1 Liten tidsåtgång	1 Liten personal- åtgång	1 Kort introduktion

Tabell 5 Sammanställning 2, med grundförutsättning att all släckinsats sker från utsidan byggnaden enligt AFS 2007:7.

Släckmetoder	Rumsbrand	Brand i enplansbyggnad	Vindsbrand	Dolda bränder i byggnads-konstruktion	Förhindra spridning till angränsande byggnad	Vätskebrand utomhus	Bilbrand	Brand i driftrum
Konventionellt lågtryckssystem	1 (±) Hög effekt Risk för vattenskador. Användandet av tillsatsmedel minskar risken för återantändning	1 (±) Hög effekt Risk för vattenskador. Användandet av tillsatsmedel minskar risken för återantändning	2 (-) Måttlig effekt Stor risk för vattenskador. Svårt att optimera påföringen	3 Låg effekt Kräver håltagning för att komma åt brandhårdar. Tänk på ökad syretillförsel och risken för vattenskador	2 (+) Måttlig effekt Användning av skum eller tillsatsmedel kan öka effekten	1 (-) Hög effekt Användning av skumvätska är en förutsättning. Negativt med skumvätskans miljöpåverkan	1 (-) Hög effekt Risk för miljöpåverka pga. mycket släckvatten och eventuell skumvätska	3 Rekommenderas ej Risk för elstötår
Förhöjt lågtryck	1 (+) Hög effekt Användandet av tillsatsmedel minskar risken för återantändning	2 (±) Måttlig effekt Användandet av tillsatsmedel minskar risken för återantändning. Begränsning i slanglängd och flöde	2 (-) Måttlig effekt Stor risk för vattenskador. Svårt att optimera påföringen. Begränsande i slanglängd och flöde	3 Låg effekt Kräver håltagning för att komma åt brandhårdar. Tänk på ökad syretillförsel och risken för vattenskador	2 (+) Måttlig effekt Användning av skum eller tillsatsmedel kan öka effekten	1 (-) Hög effekt Användning av skumvätska är en förutsättning. Negativt med skumvätskans miljöpåverkan	1 (-) Hög effekt Risk för miljöpåverka pga. mycket släckvatten och eventuell skumvätska	3 Rekommenderas ej Risk för elstötår
Dimspik	1 (+) Hög effekt Användandet av tillsatsmedel minskar risken för återantändning	2 (±) Måttlig effekt Användandet av tillsatsmedel minskar risken för återantändning. Begränsning i slanglängd och flöde	2 (+) Måttlig effekt Bra för åtkomlighet och inertering. Kan användas både för direkt släckning samt begränsning	1 (-) Hög effekt Kan ta tid till uppstart och omfall. Vid kompakta konstruktioner kan trycket vara begränsande	Ingen information från konkreta insatser	Ingen information från konkreta insatser	2 Måttlig effekt Kan vara begränsande i flöde	3 Rekommenderas ej Risk för elstötår

Släcksystem med vattendimma ¹²	1 (+) Hög effekt Användandet av tillsatsmedel minskar risken för återantändning	2 (±) Måttlig effekt Kan vara begränsat i flödet. Fler system kan krävas. Användandet av tillsatsmedel minskar risken för återantändning	Ingen information från konkreta insatser. Vattendimmans effekt anses bra för inertering	2 (±) Måttlig effekt Kräver håltagning. Tänk på ökad syretillförsel. Bra med vattendimmans effekter	3 (+) Låg effekt Låga flöden och kastlängd ger begränsning i applicering. Tillsatsmedel ökar effekten	2(-) Måttlig effekt Användning av skumvätska är en förutsättning. Negativt med skumvätskans miljöpåverkan	2 Måttlig effekt Kan vara begränsande i flöde	3 Rekommenderas ej Risk för elstöt
Skärsläckare	1 (+) Hög effekt Användandet av tillsatsmedel minskar risken för återantändning.	1 (±) Hög effekt Snabbt till omfall. Kan kräva flera system på grund av lågt flöde. Viktigt att kontrollera rätt påföringsställe. Användandet av tillsatsmedel minskar risken för återantändning	1 (+) Hög effekt Bra med skärande egenskap. Snabbt vid omfall. Vattendimmans effekt anses bra för inertering	1 (+) Hög effekt Kräver inte håltagning. Bra med vattendimmans effekter	3 (+) Låg effekt Låga flöden och kastlängd ger begränsning i applicering. Tillsatsmedel ökar effekten	2 (-) Måttlig effekt Användning av skumvätska är en förutsättning. Negativt med skumvätskans miljöpåverkan	2 Måttlig effekt Kan vara begränsande i flöde	3 Rekommenderas ej Risk för elstöt
CAFS	1 (-) Hög effekt Kräver att alla brandutsatta ytor skumbeläggs kontinuerligt för att inte få återantändning. Negativ miljöpåverkan av skumvätskan.	2 (-) Måttlig effekt Kräver att alla brandutsatta ytor skumbeläggs kontinuerligt för att inte få återantändning. Negativ miljöpåverkan av skumvätskor. Kan kräva flera system på grund av lågt flöde	Ingen information från konkreta insatser	2 (±) Måttlig effekt Finns spjut att montera som munstycke. Bra med skumfyllnad av mindre utrymmen i trossbottnar etc. Kan vara svårt att distribuera släckmedlet vid kompakta konstruktioner	1 (+) Hög effekt Torrsaum kan öka vidhäftningen och varaktigheten	1 (-) Hög effekt Negativt med skumvätskans miljöpåverkan	1 (-) Hög effekt Negativt med skumvätskans miljöpåverkan	3 Rekommenderas ej Risk för elstöt

Pulver, handbrandsläckare	2 (-) Måttlig effekt Risk för återantändning	3 (+) Låg effekt Begränsande i mängd släckmedel. Flera pulversläckare kan ge betydligt bättre effekt	Ingen information från konkreta insatser	Ej tillämpbar	Ej tillämpbar	1 Hög effekt Vid bränsleytor motsvarande kapacitet enligt EN 3 standarden	2 (-) Måttlig effekt Kan vara begränsande i mängd släckmedel	2 Måttlig effekt Både pulver och kolsyre-släckare har måttlig effekt. Kräver dock viss exponering i rummet
Aerosoler, släckgranat	1 (-) Hög effekt Kan kräva eftersläckning	3 (+) Låg effekt Kan vara begränsande i mängd släckmedel. Flera släckgranater kan ge betydligt bättre effekt	Ingen information från konkreta insatser. Finns fasta system för vindsutrymmen. Möjligt att invertera vindar.	Ej tillämpbar	Ej tillämpbar	Ej tillämpbar	Ej tillämpbar	1 (+) Hög effekt Mycket säker för personalen

8.5 Bas konceptet

Anledningen till att BAS konceptet tas med i denna studie är framför allt för att belysa den utveckling som har skett inom fordonssidan. Fram till för inte så många år sedan var i princip alla räddningstjänstfordon byggda utifrån ett lastbilschassi och utformade och utrustade för en styrka om 1+4 samt tankbilar och höjdfordon. Idag är det många räddningstjänster som tänker om och ser fördelarna med små och smidiga bilar som framförs av 1 – 2 brandmän. Framför allt blir det mer och mer populärt bland deltidsbrandkårerna. När MSB tog fram kravspecifikationen för Bas 5 var det tidsaspekten som var i fokus. När det händer en olycka gäller det att vara på plats så snabbt som möjligt och kunna göra en första insats för att bromsa skadeförloppet. Ett argument som framförts för Bas 5 är att öka möjligheterna till jämställdhet inom räddningstjänsten genom att bland annat minska den fysiska belastningen. Bas 5 är en modernare form av räddningstjänst. Det nya konceptet sätter den drabbade i fokus genom snabbhet, smidighet och effektivitet. Tack vare nya metoder, senaste tekniken och nytt taktiskt tänkande kan beredskapen förbättras. På samma gång kan säkerhetsarbetet effektiviseras och arbetsmiljön för insatspersonalen förbättras. Räddningstjänstfordonet Bas 5 kan utrustas för att uppfylla de krav som ställs i kravspecifikationen för Bas 5A/Offensiv enhet. Offensiv enhet är ett helhetskoncept för insatser vid brand, trafikolyckor, vattenlivräddning, IVPA (i väntan på ambulans), sjukvårdslarm och förebyggande säkerhetsarbete i kommunerna. Bas 5 och Bas 5A/Offensiv enhet möjliggör ett offensivt tänkande både när det gäller kommunens säkerhetsarbete och effektiviteten vid räddningsinsatser. Det handlar om att ligga steget före, såväl vid insatser som i det förebyggande arbetet. Med en Bas 5 eller Bas 5A/Offensiv enhet är personalen alltid beredd att rycka ut, vare sig de är på stationen eller arbetar med förebyggande säkerhetsarbete ute i kommunen. Det innebär att en del av basen för räddningstjänsten flyttas ut från stationen och blir mobil. För kommuner som enbart har en deltidsorganisation kan fordonet följa deltidsbrandmannen på arbetet eller i hemmet. Genom sin rörlighet kan enheten effektivt utnyttjas i det dagliga arbetet med att skapa en trygg och säker kommun. Förebyggande arbete, som tillsyn och information till arbetsplatser och skolor, kombineras med att alltid vara beredd att rycka ut. På så sätt breddas räddningstjänstens roll.

Fördelen med mindre enheter är att de i flera utföranden kan köras med B-körkort.

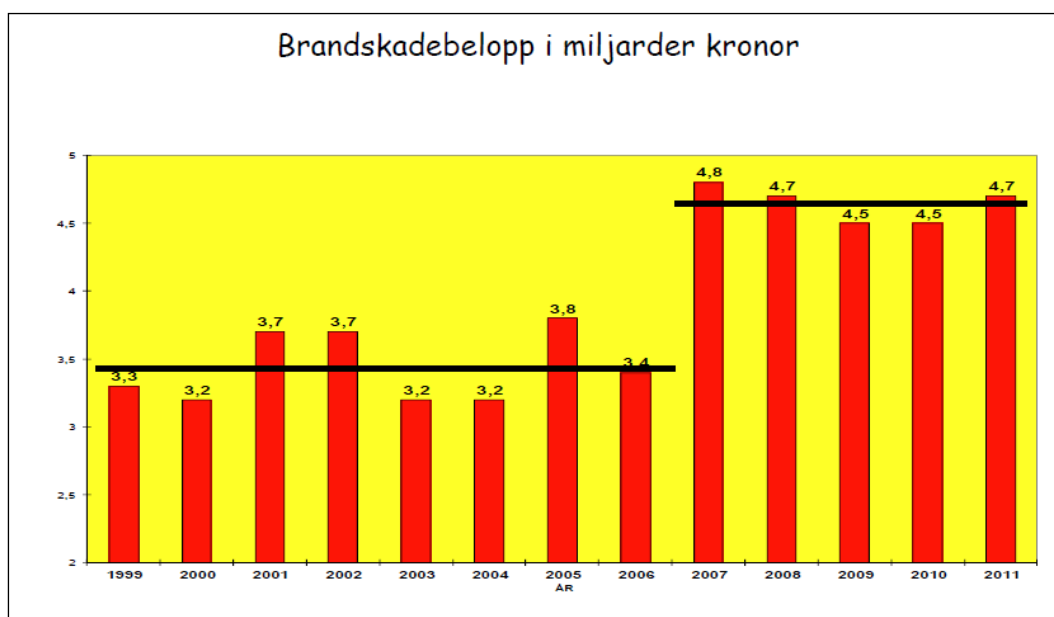
Räddningstjänsterna har idag stora problem att anställa personal som innehar C-körkort. Flertalet räddningstjänster som intervjuats i denna studie väljer andra alternativ av räddningstjänstfordon som är anpassade utifrån deras specifika behov.

8.6 Kan brand- och vattenskadorna minimeras i framtiden om alternativa släcksystem används i större utsträckning?

Att använda sig av stora mängder släckvatten vid insatser mot brand i byggnad är hos många räddningstjänster enda alternativet vid en insats. Anledningen till detta är bland annat att flera av de alternativa släcksystemen är dyra att köpa in och att de kräver betydligt mer tid för övning och utbildning av personal i ett inledande skede. Vissa räddningstjänster har som rutin att använda alternativa släcksystem som ett andra alternativ ifall inte en konventionell insats blir lyckad. I dessa fall kan det ofta vara för sent att använda alternativa släcksystem på grund av brandförloppet har ökat och att det exempelvis har brunnit hål genom taket eller likande.

De sex exempel på insatser som tas upp i denna rapport visar på nyttan med att använda alternativa släcksystem på rätt sätt och vid rätt tillfälle vid insatsen för att minska de skador som branden orsakar samt minimera de vattenskadorna som skulle kunna ha uppkommit om konventionella släcksystem använts istället.

Figur 27 visar försäkringsbranschens¹⁴ kostnader för brandskador mellan år 1999 – 2011. I beloppen finns inte kostnader för bilbränder, självrisk, avskrivningar, nedsättningar eller oförsäkrad egendom medräknat. Det verkliga brandskadebeloppet är således betydligt högre än vad som visas i diagrammet. Diagrammet visar på en tydlig trend att brandskadekostnaderna har ökat drastiskt från år 2007 och framåt. Denna ökning beror till stor del på att det år 2007 inträffade ett antal storbränder runt om i Sverige, bland annat brann en stor skola i Vellinge, den så kallade Potatisåkern (fastighet med lägenheter) i Malmö och ett sågverk i Dalarna. Denna trend med storbränder har sedan dess hållit i sig menar Zetterström (2012).



Figur 24 Brandskadebelopp i miljarder kronor från år 1999 – 2011. (Källa: Zetterström, H., Länsförsäkringar).

Hur stor andel av brandskadebeloppet som skulle kunna sparas varje år om alternativa metoder används mer kontinuerligt är svårt att säga. De exempel som har tagit upp i denna rapport hade med stor sannolikhet kunnat ha inneburit totalskador på fastigheterna om inte alternativa släckmetoder hade

¹⁴ I denna statistik inräknas bolag som är medlemmar i branschorganisationen Svensk Försäkring.

använts på det sätt som de gjorde. Bara vid dessa insatser har flera miljoner sparats i ej utbetalda belopp för brandskador som kunde ha uppstått om de alternativa metoder som användes inte hade funnits att tillgå.

Det finns idag ingen statistik som visar på hur stor andel av skadebeloppet vid en brand som är direkta kostnader som följd av det använda släckvattnet. Zetterström (2012) menar att det går att visa på enstaka fall där vattenskadorna blivit omfattande. I dessa fall är det dessutom svårt att urskilja vad som är släckvatten eller vad som är vatten från avbrunna vattenledningar eller regnvatten. Per Gustafsson (2012) på Brandskyddsföreningen menar också att det varje år inträffar ett antal händelser där det kan anses att mängden vatten som använts vid släckinsatsen har varit onödigt hög. Gustafsson (2012) påpekar att detta måste ställas i förhållande till vilka resurser räddningstjänsten haft för sitt val av taktisk inriktning för insatsen samt hur de byggnadstekniska lösningarna har påverkat val av släckmetod. Vid vissa insatser kan det vara så att Räddningsledaren endast väljer mellan att låta byggnaden brinna ner eller att det blir konsekvenser i form av stora vattenskador.

Vid de intervjuer som genomförts i undersökningen har det dock framkommit många synpunkter på att räddningstjänsten ofta använder för mycket vatten än vad som anses vara nödvändigt vid en brand i byggnad. Flera av de som intervjuats påpekar att alternativa släcksystem hade kunnat minska vattenskadorna om de funnits att tillgå.

Viktigt att påpeka i diskussionen om släckvatten är att stora mängder av det släckvatten som används vid en insats försvinner ut i naturen och för då med sig substanser från branden som kommer påverka naturen på ett negativt sätt. Används dessutom skumvätskor eller tillsatsmedel i släckvattnet för att öka effektiviteten eller återantändningsskyddet kommer även dessa ämnen att föras vidare ut i naturen. Idag finns för lite studier som visar på den långsiktiga effekten av dessa tillsatsmedel. Många av de gifter som idag finns i naturen ansågs vara ofarliga för miljön då de användes för många år sedan. Många substanser som används idag anses vara ”miljövänliga” men det finns för dåligt med underlag som visar på att det inte bildas skadliga ämnen vid de höga temperaturer som förekommer vid en brand.

9 Förslag på framtida forskningsområden

Det är alarmerande att användningen av skumvätskor ökar inom räddningstjänsten i Sverige då forskning och vetenskapliga rön påvisar skummets negativa effekter på människa och miljö. För att uppnå en säkrare arbetsmiljö och minska skadorna på miljö i form av skumvätskor, släckvatten mm. måste en nationell satsning göras. Denna satsning bör genomföras gemensamt av bland andra MSB, Arbetsmiljöverket och Naturvårdsverket.

Idag råder det oklarheter kring olik släckutrustningars effektivitet vid brand i byggnad. Storskaliga släckförsök bör genomföras för att tydligt visa på de olika systemens möjligheter och begränsningar. Avsikten är att uppnå hög släckeffekt, minimerad miljöpåverkan och en ökad kunskap inom detta område.

För att ytterligare motivera en insats utifrån bör en utredning om rökdykningens betydelse för uppkomsten av cancer hos brandmän genomföras. Detta kan innebära att räddningstjänster generellt kommer se större nytta i att påbörja insatsen utifrån.

10 Referenser

- Alfredsson, C. och Carlsson, C. (2006). *Räddningstjänst och miljö*, ISBN: 91-7253-280-7, Räddningsverket 2006.
- Andersson, H. (2012). Operativ chef Gästrikre Räddningstjänst; Telefonsamtal, 4 dec 2012.
- Andersson, P., Holmstedt, G., *Limitations of Water Mist as a Total Flooding Agent*, Journal of Fire Protection Engineering, 9 (4), 1999, pp 31-50.
- Aronsson, H. & Emanuelsson, R. (2012). *Alternativa släcksystem – en sammanställning av räddningstjänstens erfarenheter*, Lunds tekniska högskola, Rapport 5403, Lund.
- Arvidson, M. & Hertzberg, T. (2001). *Släcksystem med vattendimma – en kunskapssammanställning*, SP Rapport 2001:26, Borås.
- Back G., Boosinger M., Forssell E., Beende D., Weaver E., Nash L. (2008) An Evaluation of Aerosol Extinguishing Systems for Machinery Space Applications, *Fire Technology*, 45, 43-69, 2009.
- Bengtsson, L., Antonsson, A-B., *Brandmännens arbetsmiljö – Kemiska hälsorisker och förslag till åtgärder*, IVL rapport, Räddningsverket, 1993.
- Bengtsson, L.-G., (2001), *Inomhusbrand*, Räddningsverket, Karlstad.
- Blomqvist, P., Persson, B., Simonsson, M., *Utsläpp från bränder till miljön - Utsläpp av dioxin, PAH och VOC till luften*, Räddningsverket, 2002, ISBN 91-7253-164-9.
- Blomqvist, P., Lönnermark, A., Simonson, M., *Miljöbelastning vid bränder och andra olyckor – Utvärdering av provtagning och analyser*, Räddningsverket, 2004.
- Borg, D., Håkansson, H., *Environmental and Health Risk Assessment of Perfluoroalkylated and Polyfluoroalkylated Substances (PFASs) in Sweden*, Report 6513, Naturvårdsverket, 2012.
- Chiltern International Fire (2009) *Bespoke Fire Testing Dry Sprinkler Powder Aerosol hand held fire fighting system*, Chiltern International Fire, Storbritannien.
- Colletti, D. (1998). *Class A Foam-Best Practice For Structure Firefighters*, Lyon's Publishing, 1998.
- COWI (2013) *Rening och destruktion av kontaminerat släckvatten*, Norberg, P., Lithner, D., Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2013.
- Ehn, M. (2009). Projektledare för utvärdering av skärsläckare, IR – kamera och PPV. Räddningstjänsten Storgöteborg, 2009.
- Ekström J., Nilsson B., Holmstedt G., van Hees P., Åqvist J., Gudmundsson A. (2008) *Pyrotekniskt genererade aerosoler*, Rapport 3145, Brandteknik och Riskhantering, Lunds Universitet.
- Folkesson, O. & Millbourn, M. (2008). *Släcksystem för lätta räddningsfordon*, Folkesson, O., Millbourn, M., Lunds tekniska högskola, Rapport 5261, Lund.
- Försth, M., Ochoterena, R., Lindström, J.(2012). *Spray characterization of the cutting extinguisher*, SP Arbetsrapport 2012:14, Borås.
- Grimwood, P. (2006). *Promesis Research Project 2008*, tillgänglig på : <http://www.firetactics.com/CAFS.htm%20>
- Gsell, J. (2010), *Assessment Of Fire Suppression Capabilities Of Water Mist – Fighting Compartment Fires with the Cutting Extinguisher*, University of Ulster, Ulster.
- Gustafsson, P. (2012). Verksamhetschef på Brandskyddsföreningen inom området Försäkringsbranschens restvärdesräddning. Samtal 2012-12-06.
- Gästrikre Räddningstjänst (2012 a) *Insatsrapport, larmnummer 2012A01701 (utdrag)*, Gästrikre Räddningstjänst, Gävle.

- Gästrik Rådningstjänst (2012 b) *Insatsrapport, larmnummer 2012A01819, Gästrik Rådningstjänst, Gävle.*
- Handell, A, (2000). *Utvärdering av dimstrålrörs effektivitet vid brandgaskylning*, Lunds tekniska högskola, Rapport 5065, Lund.
- Hertzberg, T., Hahne, A., Josefsson, C., Holmstedt, G., Husted, B.(2004). *Vattendimma: Teori, fysik, simulering*, SP Rapport 2004:15.
- Holm, G., Bjurhem, J. Solyom, P. *Skumvätskors/Oljeemulsioners giftighet och skumvätskors inverkan på oljeavskiljare*. Räddningsverket, Karlstad, 1996.
- Holm, G., Solyom, P., *Skumvätskors effekter på miljön*. FOU RAPPORT P21-101/95, Räddningsverket, Karlstad, 1995.
- Ingason, H., Fallberg, R., Palmkvist, K., Edholm, U.(2012). *Övertrycksventilation kombinerad med skärsläckare*, SP Rapport 2012:63, Borås.
- Johansson, E., (2013) telefonintervju. Professor i medicinsk kemi och biofysik, Umeå Universitet.
- Johansson, J., & Mårtensson, U., (1986) *Pulver som förstahandsinsats vid rumsbrand* (videofilm), Statens Provningsanstalt, SP Brandteknik, Borås.
- Järvholm, B., (2013) telefonintervju. Professor och överläkare, Inst. för folkhälsa och klinisk medicin, Yrkes och Miljömedicin, Umeå Universitet.
- Kangedal P., Hertzberg T., Arvidson M. (2001) *Pyrotekniskt genererade aerosoler för brandsläckning – en litteraturstudie*, SP Rapport 2001:28, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP Brandteknik, Borås.
- Kangedal, P., et al. (2001). *Pyrotekniskt genererade aerosoler för brandsläckning – en litteraturstudie*. SP Rapport 2001:28. Brandforsk projekt 507-991.
- Karlsson, B. (2012), Samtal 2012-11-28 om X-Fogs effektivitet.
- Kemikalieinspektionen (2004). *PFOS-relaterade ämnen - Strategi för utfasning*, Rapport 3/04, Kemikalieinspektionen.
- Kemikalieinspektionen (2004) *Riskbedömning för PFOS – Bilaga 3*, Rapport 3/04, Kemikalieinspektionen.
- Kim, A. & Crampton, G. (2009). *Evaluation of the Fire Suppression Effectiveness of Manually Applied Compressed-Air-Foam (CAF) System*, Fire Technology, 48, 549–564, 2012.
- Larsson, I., Lönnermark, A., *Utsläpp från bränder – Analyser av brandgaser och släckvatten*, BRANDFORSK projekt 707-021.
- Larsson & Westerlund (2006). *Högtrycksbrandsläckning – Ett beslutsunderlag för Räddningstjänsten*, Lunds tekniska högskola, Rapport 5184, Lund.
- LeMasters, G. K., Genaidy, A. M., Succop, P., Deddens, J., Sobeih, T., Barriera-Viruet, H., Dunning, K., Lockey, J. *Cancer Risk Among Firefighters: A Review and Meta-analysis of 32 Studies*. JOEM, Volume 48, Number 11, November 2006.
- Lindskog, B. (2012), Samtal 12-11-28 om Ringhals införande av X-fire.
- Lindström, P., Insatsledare Räddningstjänsten Storgöteborg; Telefonsamtal, 28 nov 2012
- Lindström, P., Ehn, M., Räddningstjänsten Storgöteborg, intervju december 2012.
- Lyckeback, E., Öhrn, J. (2012). *Investigation on the gas-cooling effects of CAFS*, Lunds tekniska högskola, Rapport 5394, Lund.
- Lönnermark, A. Andersson-Sköld, Y. Axelsson, J. Haeger-Eugensson, M. Palm Cousins, A. Rosén, B. Stripple, H (2007). *Emissioner från bränder, metoder, modeller och mätningar*. ISBN 978-91-7253-323-3, Räddningsverket, Karlstad.

- Lönnermark, A. Blomqvist, P. (2005). *Emissions from Tyre Fires*. SP Rapport 2005:43, SP Sveriges tekniska forskningsinstitut, Borås.
- Nelson, L. (2013) *Hur farlig är arbetsmiljön?* Tjugofyra7 #17.
- Office of the Canadian Forces Fire Marshal (2006) *Test Report, DSPA-5 Knockdown Tool*, Canadian Forces, Kanada.
- Palmkvist, K. (2012). Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund, intervju december 2012.
- Persson, B. (2012). *Långsiktig påverkan av hälsoskadliga ämnen*. Föreläsning på KEM 2012 konferensen i Helsingborg.
- Persson, H. (2005). *En sammanställning av kunskaper och erfarenheter kring Klass A-skum och CAFS*, SP Rapport 2005:46, Borås.
- Persson, H. (2012) *Brand i silo, Brandsläckning samt förebyggande och förberedande åtgärder*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- Persson, H., (1990) *Basutrustning för skumsläckning – Försöksresultat och rekommendationer som underlag för dimensionering och utförande*. SP Rapport 1990:36, Borås.
- Persson, H., (2013), Samtal om skum 2013-04-11.
- Persson, B., et al. (2001) *FOAMSPEX Large Scale Foam Application – Modelling of Foam Spread and Extinguishment*. SP Rapport 2001:13, Borås.
- Rosander, M. (1996). *Skumboken*, Statens Räddningsverk, 1993.
- Rydén, F. (2013) *Den Andra Vågen*. <http://player.vimeo.com/video/66640818>
- Räddningstjänsten Eskilstuna (2012) *Insatsrapport 2012/01292*, Räddningstjänsten Eskilstuna.
- Snickars, T., et al., *Skärsläckarprojektet – Ett projekt i metodutveckling för att skapa effektivare och säkrare räddningsinsatser*, 2013.
- Svensson, E. & Eskilsson, P. (2011). *Miljöpåverkan från Räddningstjänsten Storgöteborgs skumvätskor*, Göteborgs universitet.
- Seow, J. (2013) *Fire Fighting Foams with Perfluorochemicals – Environmental Review*.
http://www.hemmingfire.com/news/fullstory.php/aid/1748/The_final_definitive_version_of_91Fire_Fighting_Foams_with_Perfluorochemicals_96_Environmental_Review_92_by_Dr_Jimmy_Seow_Manager_Pollution_Response_Unit_Department_of_Environment_and_Conservation_Western_Australia.html
- Särdqvist, S. (2006). *Vatten och andra släckmedel*, Räddningsverket, 2006.
- SÄRF och SP. (2010). *Skärsläckarkonceptets operativa användande*. Räddningsverket, 2010.
- Thelaus J., AGA Gas AB; Mejl från 16 jan 2013
- Walgeborg K. (2011) *DSPA-5 Deployment Evaluation*, Räddningstjänsten Enköping-Håbo, Sverige.
- Walldén M. (2012) *Granaten som släcker eld, Brandsäkert 1:2012*
- Westerlund, E. (2006). *Fluortelomerer, Faktaunderlag till Miljöförvaltningen i Lund*. Miljöförvaltningen i Lund, Lunds kommun.
- Wikén, T. (2012), Intervju med Tommy Eriksson Wikén på Arbetsmiljöverket.
- Zetterström, H. (2012). *Risk- och Skadeteknik*, Länsförsäkringar AB. Samtal 2012-12-06