

# Rökdykning

Studier av

Människa och miljö – Metod och teknik



**RÄDDNINGSG  
VERKET**

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

1998 Räddningsverket, Karlstad  
ISBN 91-88891-64-X

Beställningsnummer P21-249/98

# Rökdykning

Studier av  
Människa och miljö - Metod och teknik

Rapportens del 1, Människa och miljö är utarbetad av  
Ulf Berg och Ulf Danielsson, Försvarets forskningsanstalt  
Désiée Gavhed, Ingvar Holmér och Juhani Smolander,  
Arbetslivsinstitutet

Rapportens del 2, Metod och teknik är utarbetad av  
Magnus Bern, Nerkies Brandkår

Räddningsverkets kontaktpersoner:

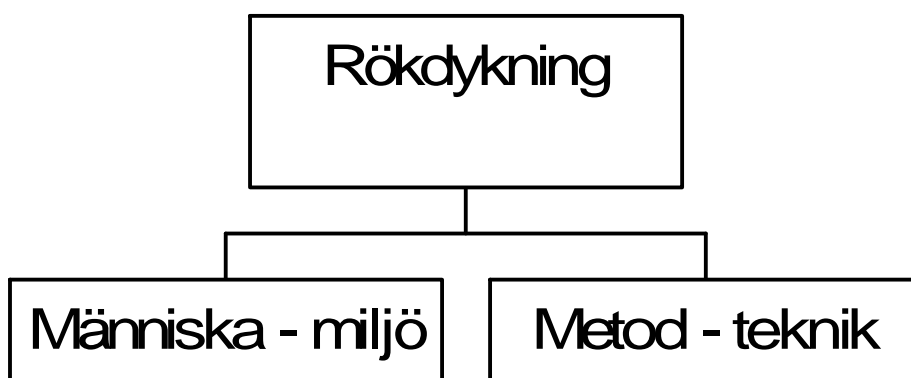
Del 1, Människa och miljö: Dan Carlsson, Enheten för metod och teknik, telefon 054-10 42 13

Del 2, Metod och teknik: Sören Lundström, Enheten för metod och teknik, telefon 054-10 43 63

# Förord

Rökdykning är ett område inom svensk räddningstjänst som är och har varit intressant område för forskning och utveckling. En mängd olika studier har gjorts och görs ur olika perspektiv. Det finns idag ingen samlad information om forsknings- och utvecklingsläget. Räddningsverket beslöt därför att ta ett helhetsgrepp genom att presentera vad som är gjort och vad som pågår samt att belysa de utvecklingsområden som bör bearbetas ytterligare. Studien omfattar kunskapsläget vad avser människa-miljö-metod-teknik

Av praktiska skäl har arbetet genomförts i två förstudier, ”Människa - miljö” samt ”Metod - teknik”.



”Människa - miljö” omfattar det arbetsfysiologiska området och har studerats av forskare från Försvarets Forskningsanstalt och Arbetslivsinstitutet. Studien ”Metod - teknik” som inriktats på metoder och teknik vid rökdykning har genomförts av brandingenjör vid Nerikes brandkår.

Räddningsverket avser att bearbeta resultaten för att prioritera Räddningsverkets kommande forskning/utveckling inom området rökdykning.

# Innehållsförteckning

|  |    |
|--|----|
| <b>Rökdykning - delprojekt 1. Människa och miljö</b> ..... | 9  |
| <b>Sammanfattning</b> .....                                | 9  |
| Bakgrund .....   | 11 |
| Tillvägagångssätt och metoder.....                         | 11 |
| Resultat.....  | 11 |
| Arbetsinnehåll.....  | 11 |
| Syreupptag .....   | 12 |
| Syreupptag i relation till kroppsmassa och bördor .....    | 12 |
| Syrepptagningskrav på brandmän.....                        | 14 |
| Belastning från skyddsutrustningen .....                   | 15 |
| Sammanfattning av syreupptagningsförmåga .....             | 15 |
| Värmebelastning.....                                       | 16 |
| Rörelseorganen .....                                       | 17 |
| Muskelstyrka i samband med brandmansarbete.....            | 17 |
| Styrkekrav på brandmän .....                               | 18 |
| Könsaspekter.....  | 19 |
| Kroppsmassa.....   | 19 |
| <b>Diskussion</b> .....                                    | 20 |
| Arbetsinnehåll.....  | 20 |
| Syreupptagning .....                                       | 20 |
| Muskelstyrka.....  | 22 |
| Åldersaspekter.....  | 22 |
| Könsaspekter.....  | 23 |
| Avslutande synpunkter .....                                | 23 |
| <b>Kunskapsluckor</b> .....                                | 24 |
| Litteraturförteckning .....                                | 25 |
| Krav på personal inom räddningstjänsten .....              | 29 |
| Skiss på fortsättning av projekt.....                      | 31 |
| Krav och belastning vid rökdykning .....                   | 31 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Rökdykning - delprojekt 2. Metod och teknik</b> .....   | 33 |
| <b>Sammanfattning</b> .....                                | 33 |
| <b>Inledning</b> .....                                     | 34 |
| <b>Metoder</b> .....                                       | 35 |
| <b>Beskrivning av nuläge</b> .....                         | 35 |
| AFS 1995:1 .....   | 35 |
| Lokala rökdykarreglementen/instruktioner .....             | 35 |
| Standardrutiner.....                                       | 36 |
| Rökdykning vid normal riskmiljö - metoder .....            | 37 |
| Hög riskmiljö - metoder.....                               | 37 |
| Utrustning .....   | 38 |
| Vikter .....   | 39 |
| Statistik.....   | 40 |
| Inträffade olyckor - uppföljningar .....                   | 41 |
| Arbetskyddsstyrelsen/Yrkesinspektionen.....                | 41 |
| Statens haverikommission.....                              | 42 |
| Räddningsverket .....                                      | 42 |
| <b>Rökdykning - aktuella och angränsande projekt</b> ..... | 43 |
| Vattenförsörjning/slangsystem .....                        | 43 |
| Efterlysande slang .....                                   | 43 |
| Vattenförsörjning vid räddningsinsats.....                 | 43 |
| Säker vattengivning .....                                  | 44 |
| Högtryckssläckning .....                                   | 45 |
| Försök med högtryckssläckning .....                        | 45 |
| Högtryckssläckning, fortsättning .....                     | 45 |
| Håltagning med vätskeskärning.....                         | 46 |
| Andra släckmedel .....                                     | 47 |
| Brandventilation .....                                     | 48 |
| Teknik för brandventilation .....                          | 49 |
| Projektets fortsättning.....                               | 49 |
| Övertrycksventilation.....                                 | 49 |

|   |    |
|---|----|
| Säkerhetsdörrar .....                                   | 50 |
| Speciella insatsmiljöer.....                            | 50 |
| Metodutveckling för tunnelbränder .....                 | 51 |
| Förbättrat seende i brandrök.....                       | 51 |
| IR-kamera för rökdykning.....                           | 52 |
| IR-kameran för rökdykarledaren .....                    | 52 |
| Intelligent belysning .....                             | 53 |
| Lokalisering av rökdykare .....                         | 54 |
| Individuell fysisk status i realtid för rökdykare ..... | 55 |
| Bakgrund.....   | 55 |
| Genomförande .....                                      | 55 |
| Indikering av övertändning .....                        | 56 |
| Utbildningsmaterial.....                                | 56 |
| Räddningstjänst vid industribränder .....               | 57 |
| <b>Diskussion</b> .....                                 | 58 |
| Alternativ till rökdykning.....                         | 58 |
| Rökdykargruppens sammansättning.....                    | 58 |
| Informationsbehov, mm.....                              | 59 |
| Information - presentation, teknik.....                 | 60 |
| Sökmetoder i stora lokaler.....                         | 61 |
| Förslag, önskemål nya projekt - ej prioriterat .....    | 61 |
| Utveckling av dagens utrustning.....                    | 61 |
| Förflyttning, lyftteknik .....                          | 61 |
| Förbättrat seende i brandrök .....                      | 62 |
| Standardrutiner/andra rutiner .....                     | 62 |
| Långa inträngningsvägar .....                           | 62 |
| Utbildning, mm .....                                    | 62 |
| Övrigt.....   | 63 |
| <b>Litteraturförteckning</b> .....                      | 64 |

# Rökdykning - delprojekt 1.

## Människa och miljö

# Sammanfattning

Projektet har syftat till att inventera kunskapen om hur och hur mycket de olika arbetsmoment, som ingår i rökdykning, belastar individen fysiskt, och vilka krav som bör ställas på denne.

Detta har gjorts genom litteraturgenomgång och kontakter med andra forskningsinstitutioner, främst nordiska, räddningstjänsten och SRV.

Rökdykningen innehåller tre huvuduppgifter: Sökning, livräddning och släckning. Rökdykarens utrustning väger ca 24 kg. Dessutom medförs i normalfallet trycksatt slang. I sökningen ingår att gå, krypa och bereda väg (kan innebära att hantera tunga verktyg). Livräddningen består av arbetsmomenten bära, lyfta, släpa personer. Två rökdykare skall tillsammans kunna klara att förflytta en person som kan väga mer än 100 kg. Förflyttningssvägen kan innehålla flera trappor. I släckningen ingår, förutom slangdragning och strålföring, hanterandet av tunga verktyg.

Vid litteraturgenomgången upptäcktes drygt 20 studier som rörde arbetstyngd i samband med brandmansarbete. Av dessa avsåg 8 studier rökdykning (övning). Rökdykarens effektutveckling hade värderats via hjärtfrekvensen (3 studier), lungventilation (3 studier) och syreupptagning (2 studier). I de studier där syreupptaget mättes var detta 2,0 l/min (700 W) respektive 2,5 l/min (850 W). I åldersgruppen 20-25 år skulle nästan alla män och ca hälften av alla kvinnor klara nivån 700W under några minuter. Med stigande ålder skulle dock andelen sjunka, mycket mer bland kvinnor än bland män.

Värme ökar emellertid belastningen och därmed kravet på fysisk arbetsförmåga. Detta förstärks av att rökdykaren svårt kan klara sitt arbete och samtidigt utnyttja 100% av sitt maximala syreupptag. Rökdykarens maximala syreupptag måste därför vara högre än medelsyreupptaget under rökdykning. Resultaten i en studie tyder på att en 80 kilos rökdykare behöver en kapacitet av 1200-1300 W för att klara en rökdykning under vilken det genomsnittliga syreupptaget motsvarar 700-800 W. D v s det behövdes en "överkapacitet" motsvarande ca 500 W. Andra studier som gäller rökdykning anger att rökdykaren behöver en syreupptagningsförmåga på ca  $3 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  (1000 W). Behovet av "överkapacitet" påverkas emellertid avsevärt av faktorer som rökdykarens kroppsmassa, omgivningstemperatur samt insatsens längd och karaktär. I alla händelser finns en hel del att vinna om värmebelastningen kan minskas.

Då det gäller muskelstyrka har olika delmoment som kan ingå i rökdykning undersökts avseende den massa som hanteras och/eller den de krafter som utvecklas. Att översätta dessa till krav på olika typer av muskelstyrka är



komplicerat, vilket kan förklara att den typen av information är mycket sparsam och ofullständig.

Viktiga kunskapsluckor:

- fördelning mellan olika arbetsmoment vid rökdykning.
- inverkan av olika taktik och uppträdande på den fysiska belastningen.
- inverkan av metod och utrustning på den fysiska belastningen
- översättning av beskrivningar av arbetsuppgifter till krav på fysisk prestationsförmåga, särskilt när det gäller muskelstyrka.
- möjligheterna att inom ett rökdykarpar kunna kompensera varandras svagheter.
- kompensation för kroppstorlek vid bedömning av fysiska prov för rökdykare; särskilt viktigt för att bedöma kvinnors möjligheter
- inverkan av kroppsmassa på förmågan att klara rökdykning
- inverkan av tiden för genomförande av rökdykningen dels på kravet dels på riskerna för brandman respektive offer.

## Bakgrund

Rökdykning anses vara en av de mer krävande arbetsuppgifterna i samhället. Det är fysiskt tungt, ibland farligt. Det räddar liv och egendom. Den som skall arbeta som brandman måste därför ha god hälsa, vara fysiskt stark samt psykiskt stabil. Dessutom måste utrustningen hålla hög klass.

Konsekvenserna av detta är bl a att såväl hälsoundersökning som fysiska prov görs både före och under anställningstiden.

Underlag och motiv för rekryteringskraven i synnerhet har länge diskuterats och tidvis ifrågasatts. Somliga har ansett att kraven är för låga, inte minst mot bakgrund av att brandmannens pensionsålder är 60 år, och att den fysiska prestationförmågan hos vuxna sjunker med stigande ålder. Å andra sidan finns åsikten, bl a hos JÄMO, att de fysiska kraven kan vara för höga och därmed skulle de kunna utgöra omotiverade rekryteringshinder, särskilt för kvinnor.

Det finns således ett behov av att kunna beskriva kraven. Första steget är att inventera kunskapsläget särskilt vad gäller fysiska krav för de arbetsuppgifter som utförs i samband med rökdykning.

Målet med detta arbete har således varit att beskriva kunskapsläget avseende vilken belastning rökdykaren utsätts för och vilka fysiska krav som därmed är rimliga att ställa.

Inriktningen har främst varit att behandla de förhållanden som gäller i Norden.

## Tillvägagångssätt och metoder

Litteratursökning har gjorts i databaserna Medline, CISILO, NIOSHTIC och ARBLINE. samt i Brandforsks rapportserie. Kontakter har tagits med forskare i Norden och med brandförsvaret.

## Resultat

### Arbetsinnehåll

Arbetsuppgifterna kan dessa beskrivas på olika sätt. Följande arbetsmoment är dock sådana som rökdykaren måste kunna klara:

- förflyttning med personlig skyddsutrustning och trycksatt slang.
- arbete med verktyg som t ex motorkap (12 kg).
- bära tunga bördor t. ex. skadad person ibland uppför trappor.
- arbetet innebär inte sällan svåra arbetsförhållanden, t ex rökfyllda rum och värme samt besvärliga arbetsställningar, vilka ytterligare ökar belastningen.
- rökdykningen pågår ett antal minuter, ibland med upprepade insatser.

## Syreupptag

I litteraturen finns en rad studier som belyst belastningen på syretransporterande organ under brandmansarbete. En begränsad del av dessa gäller rökdykning som den utförs i de nordiska länderna. Av dessa studier har endast ett fåtal mätt syreupptaget. I övriga fall har beräkningar gjorts från hjärtfrekvens eller lungventilation, vilket är betydligt osäkrare.

## Syreupptag i relation till kroppsmassa och bördor

En väsentlig del av belastningen vid rök- och kemdykningsarbete orsakas av förflyttningar där rökdykaren bär tung skyddsutrustning (10, 25), tidvis också extra bördor. Rökdykaren måste därför kunna utveckla tillräckligt hög effekt per kg förflyttad massa. Detta blir svårt om brandmannens kroppsmassa är låg eftersom utrustning och bördor då innebär en större relativ ökning såväl transporterad massa som syreupptagning. Fetma innebär en onödig börda, eftersom den ökar belastningen utan att öka individens kapacitet. Fetma sänker därmed den fysiska arbetsförmågan och har en negativ effekt på förmågan att utföra simulerad rökdykning (14).

Syreupptaget vid brandmansarbete har mätts av flera forskare, se tabell 1. Sothmann et al. (51, 53) mätte syreupptagen under simulerat släckningsarbete till i medeltal  $2,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  eller  $31 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Tolkningen var att brandmän med en syreupptagningsförmåga per kg kroppsmassa lägre än  $33,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  hade liten chans att klara sina arbetsuppgifter. Hjärtfrekvensen mättes relativt nyligen på brandmän av Gilman och Davis (23) och Sothmann et al. (se ref. 52) under uttryckningar. Baserat på dessa mätningar skattades syreupptaget per kg kroppsmassa till 28 resp. 25,6  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Gledhill och Jamnik (25) mätte bl.a. syreupptag under ett stort antal typiska arbetsuppgifter. Dessa krävde i medeltal  $16,8\text{-}44,0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , varav de högsta värdena ( $34\text{-}44 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) uppmättes då utrustning bars upp för höga stegar. Under övriga aktiviteter var värdena lägre än  $35 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Aktiviteterna pågick kort tid varför syreupptaget troligen inte var i "steady-state" d v s de uppmätta värdena återspeglar inte kravet helt och hållet. En viss andel anaerob energileverans förekom med stor sannolikhet, vilket innebär att energikravet var ytterligare något högre än uppmätt. Koncentrationerna av mjölksyra (laktat), var följaktligen höga i blodet, särskilt vid slangdragning, klättring och bärande av docka ( $7\text{-}10 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  i medeltal). Nyligen gjorde Holmér et al. direkt mätning av syreupptaget hos brandmän, som utförde olika arbetsrelaterade moment i en bana utan yttre värmebelastning (klättring på stege, förflyttning i trappor och på rasmassor med börda) (28). Syreupptaget per kg kroppsmassa var  $21\text{-}55 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  d v s i samma storleksordning som det Gledhill och Jamnik rapporterat. De fann dock lägre värden i det mest effektkrävande momentet, som var att gå upp för trappor med 20 kg börda.

Skillnaderna berodde sannolikt på olikheter såväl mellan de undersökta grupperna, som i mätmetoder samt arbetsmomentens typ och längd. I det tyngsta momentet var det lägsta värdet ( $33,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), vilket mättes hos den som hade längst tid på banan. Syreupptaget var negativt korrelerat med tiden ( $r = -0.74$ ) (ju längre tid desto lägre syreupptag). Detta tyder på att försökspersonerna i viss mån anpassade takten till sin kapacitet.

**Tabell 1.** Uppmätt och beräknad syreupptagning resp. andel av maximal hjärtfrekvens (HFmax) och syreupptagningsförmåga vid simulerat och verkligt brandmansarbete. Medelvärden anges och variationsvidd där denna angivits i källreferensen. N i författarkolumnen betecknar att studien avser nordiska förhållanden.

| Författare                      | Syrekonsumtion<br>( $\text{l O}_2/\text{min}^{-1}$ ) alt. hjärt-<br>frekvens, andel av max. HF                   | Syreupptag<br>( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) | Typ av arbete /mätt<br>variabel/<br>kommentarer                               |
|---------------------------------|--|--|---|
| Danielsson & Bergh<br>(11)<br>N | $2,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  | 25   | Simulerad rökdykn.<br>/syreupptag/direkt<br>mätning                           |
| Davis (14, 15)                  | 91,8 % av max HF,<br>max.värde 97 % av HFmax   | 39,6   | Arbetsrelaterade test<br>/Hjärtfrekvens                                       |
| Gilman och Davis (23)           |  | 28,0   | Verklig uttryckning<br>Hjärtfrekvensmätning                                   |
| Gledhill och Jammik<br>(25)     |  | 16,8-44,0  | Arbetsrelaterade test<br>/syreupptagning<br>Direkt mätning                    |
| Holmér et al. (28)<br>N         | $2,93 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$<br>(1,9-4,13) $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$                                | 36,1 (20,7-55,1)   | Arbetsrelaterade test<br>/syreupptagning                                      |
| Høgskilde et al.(29)<br>N       | $3,6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  | 43   | Simulerad rökdykn.<br>/Luftåtgång   |
| Lemon och Hermiston<br>(32)     | 60-80 % av maxHF,<br>$2,30\text{-}2,55 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  |  | Arbetsrelaterade test<br>/syreupptagning<br>Direkt mätning ,<br>hjärtfrekvens |
| Louhevaara (35)<br>N            | 54-75% av max. syreupptag,<br>76-86 % av maxHF   |  | Simulerad rökdykning/<br>Hjärtfrekvens  |
| Louhevaara (33)<br>N            | 49-99 % av maxHF,<br>75-90 % av max. syreupptag  | 26   | Arbetsrelaterade test<br>/Hjärtfrekvens                                       |
| Lusa (38)<br>N                  | $2,4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ (1,8-4,3),<br>79 % av maxHF (66-90),<br>60 % av max. syreupptag (41-<br>101) | 22-55  | Simulerad rökdykn. /<br>Hjärtfrekvens<br>lungventilation                      |
| Manning och Griggs<br>(40)      | 70-100 % av maxHF  |  | Arbetsrelaterade test /<br>Hjärtfrekvens                                      |
| Sothmann et al.<br>(51, 53)     | $2,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ (1,7-3,7),<br>58-94 % av max. syreupptag                                     | 30,5 (23,5-49,3)   | Arbetsrelaterade test<br>/syreupptagning/ Direkt<br>mätning                   |
| Sothmann et al. (52)            |  | 25,6   | Verklig uttryckning/<br>Hjärtfrekvens   |

|                       |                         |      |   |
|-----------------------|-------------------------|------|---|
| Söderlind (55)<br>N   | 85-100 % av maxHF       |      | Simulerad rökdykn. /<br>Hjärtfrekvens   |
| Von Hallmeyer (58)    | 1,9 l•min <sup>-1</sup> |      | Arbetsrelaterade test /<br>Hjärtfrekvens<br>Simulerad rökdykn. /<br>Ventilation |
| Zylberstein (60)<br>N | 1,9 l•min <sup>-1</sup> | 24,4 | Simulerad rökdykn. /<br>Lungventilation   |

Danielsson & Bergh (11) mätte kroppens effektutveckling hos heltidsanställda brandmän under rökdykning, såväl i kall som i varm omgivning. Rökdykningen omfattade två livräddningar och en släckning. Tempot i arbetet styrdes av en instruktör. Effektutvecklingen motsvarade syreupptaget 2,1 l•min<sup>-1</sup> (25 ml•kg<sup>-1</sup>•min<sup>-1</sup>).

Høgskilde et al (29) beräknade syreupptagning från luftåtgång och fann värdet 3,6 l•min<sup>-1</sup> (43 ml•kg<sup>-1</sup>•min<sup>-1</sup>).

### Syreupptagningskrav på brandmän

Med stöd av sina resultat drog Gledhill et al. (25), i likhet med flera nämnda författare, slutsatsen att max. syreupptag per kg kroppsmassa behövde vara 45 ml•kg<sup>-1</sup>•min<sup>-1</sup> hos nyrekryterade brandmän.

Kilbom (31) kom fram till att en maximal syreupptagning på minst 3,0 l•min<sup>-1</sup> krävdes för att klara rökdykningsarbete. Liknande resultat har rapporterats av Davis et al. (12) samt Louhevaara et al. (33, 35).

Jacobs (30), Doolittle och Kaiyala (16) samt Sparks (54) angav alla 45 ml•kg<sup>-1</sup>•min<sup>-1</sup> som en lämplig lägsta gräns för maximalt syreupptag per kg kroppsmassa. Baserat på en serie undersökningar av brandmansarbete ansåg Davis et al. att gränsen borde vara minst 36 ml•kg<sup>-1</sup>•min<sup>-1</sup> (15) och O'Connell et al. kom till slutsatsen att 39 ml•kg<sup>-1</sup>•min<sup>-1</sup> krävdes för att klättra på stegen med skyddskläder och utrustning (43). Brandmän som klarat en rökdykninguppgift omfattande två livräddningar och en släckning hade i genomsnitt 3,5 l•min<sup>-1</sup> (42 ml•kg<sup>-1</sup>•min<sup>-1</sup>) och 3,2 l•min<sup>-1</sup> (40 ml•kg<sup>-1</sup>•min<sup>-1</sup>) bland heltidare respektive deltidare (11). Denna undersökning visade också att bland dem som precis klarade AFS test (2), vilket för en 80 kilos person kräver ca 3 l•min<sup>-1</sup> (37 ml•kg<sup>-1</sup>•min<sup>-1</sup>), var andelen som klarade rökdykningsuppgiften knappt 60%. Bland dem som hade mer än 41 ml•kg<sup>-1</sup>•min<sup>-1</sup> klarade ca 85% detta rökdykningstest.

Inverkan av kroppsmassa på de krav som skall ställas på rökdykaren syreupptagningsförmåga finns inte belyst.

## Belastning från skyddsutrustningen

Den skyddsutrustning som krävs vid rök- och kemdykningsarbete innebär en ökad fysisk belastning för brandmannen, genom att kroppens effektförbrukningen blir större framför allt på grund av utrustningens massa. Dessutom kan utrustningen innebära viss rörelseinskränkning. I studier med luftapparat (SCBA) och skyddskläder ökade syreupptaget under submaximalt arbete med  $0,3-1,3 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  (17, 27, 34, 43, 50), dels på grund av att den försämrar rörelsefriheten, dels på grund av att transporterad massa ökar. En minskning av syreupptagningsförmågan med 20% under liknande omständigheter har rapporterats Louhevaara et al. (10, 35, 46). Dahlbäck och Jorfeldt (17) fann att den fysiska arbetsförmågan minskade med 10 % vid användning av luftapparat under gång på rullband. För brandmän iförda andningsapparat och idrottskläder ökade syreupptagen vid gång med  $1,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  då bördan ökades med två slanglådor (50, 56). De ergonomiska aspekterna beskrivs i en översiktsartikel av Guidotti (26), i vilken också hjärt-lungfunktion, syreförbrukning, värmepåverkan och psykologisk stress vid brandmansarbete beskrivs och diskuteras.

## Sammanfattning av syreupptagningsförmåga

Enligt de ovan genomgångna studierna (tabell 1) var syreupptaget per kg kroppsmassa mellan ca  $17$  och  $55 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $1,7-4,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) under släcknings- och räddningsarbete. Det är mycket svårt att bedöma om de studerade grupperna, liksom tempot i utförande, var representativa. Om tempot bestäms av den som utför arbetsuppgifterna avspeglar resultatet inte bara hur mycket som krävs för att klara uppgiften. Försökspersonernas fysiska arbetsförmåga kommer att ha en avgörande betydelse eftersom denna sätter den övre gränsen för vilka värden som kan erhållas. I en undersökningsgrupp (räddningskår) med genomsnittligt hög fysisk arbetsförmåga kommer sannolikt högre syreupptag att uppmätas än i en grupp med lägre fysisk arbetsförmåga. Mot denna bakgrund är det svårt att jämföra publicerade data, då dessa inte alltid redovisar försökspersonernas kapacitet och arbetstakt. I en studie (11) har arbetstakten vid mätning av syreupptaget styrts till att motsvara den genomsnittliga för ca 200 brandmän. Syreupptaget var där  $2,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  medan medelvärdet för maximalt syreupptag hos dem som klarade rökdykningsuppgiften var bland heltidarna  $3,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $42 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) och  $3,2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $40 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) bland deltidare. Denna skillnad mellan syreupptaget under rökdykning och maximalt syreupptag hos dem som klarade rökdykning beror på att rökdykaren svårigen kan klara att utföra sitt arbete om han/hon måste utnyttja 100% av sin syreupptagningsförmåga under mer än några minuter, och att den värmebelastning som rökdykarna utsätts för kräver en viss extra kapacitet främst hos cirkulationsorganen. Dessutom varierar syreupptagningen under rökdykningen, vilket betyder att kravet stundtals kan vara avsevärt högre än det genomsnittliga.

Kravet i AFS är att kunna prestera en effekt motsvarande syreupptaget  $2,8 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  under 6 min cykling. Vid gång på rullband gäller detta värde om personen väger 75 kg (lätta personer kräver mindre, tunga personer mer).

## Värmebelastning

Under rökdykning tillkommer som regel värmebelastning. Skyddsklädernas ångmotstånd försvårar kroppens värmeavgivning. Dessutom tillförs värme från omgivningen om denna är varmare än huden, vilket ofta är fallet. Kondensation av vattenånga på dräkten inträffar ofta i samband med släckning. Detta kan leda till en kraftig stegring av, i första hand, hudens temperatur. Hudtemperaturer mellan  $36,7 \text{ }^\circ\text{C}$  (59),  $38,0 \text{ }^\circ\text{C}$  (48) och högre (17, 50) har uppmätts på brandmän som arbetat i skyddsutrustning. Upp till  $41,1 \text{ }^\circ\text{C}$  medelhudtemperatur, rapporterades av Bennett et al. hos brandmän under ett brandbekämpningstest ombord på ett fartyg (4)). Den djupa kroppstemperaturen (rektaltemperatur) var mellan  $38,4$  och  $41,6 \text{ }^\circ\text{C}$  efter ca 25 minuters arbete i värme. Romet och Frim (48) mätte en ökning av kroppstemperaturen på  $1,3 \text{ }^\circ\text{C}$  efter en 20 minuters insats. Vid gång på rullband med skyddsutrustning i varm omgivning,  $41,8$  resp.  $45,0 \text{ }^\circ\text{C}$ , fann Duncan et al. (17) liksom Sköldström (50) en ökning av försökspersonernas rektaltemperatur med  $0,5 \text{ }^\circ\text{C}/15 \text{ min}$  resp.  $2,2 \text{ }^\circ\text{C}$  efter en timme.

Det är känt att god fysisk arbetsförmåga också ger en förbättrad värmeterans i form av partiell acklimatisering (24, 42, 44, 45, 49). Det betyder att personen klarar en given värmebelastning med mindre påfrestning, alternativt högre värmebelastning vid given påfrestning. Ökad värmeförmågan kan också fås genom annan typ av fysiologisk anpassning, som varierar mellan individer och starkt påverkas av värmebelastningens art och regelbundenhet. Vid en studie i klimatkammare observerades att deltidsanställda brandmän hade något sämre värmeterans än heltidsanställda vid givna betingelser, trots att grupperna hade lika högt maximalt syreupptag, dvs.  $3,6 \text{ l}/\text{min}$  (21). Detta kan bero på att det förelåg skillnader i frekvens av värmeexponering och träning.

Under rökdykning förlorar kroppen vatten främst genom svettning. Storleksordningen varierar. Värden omkring  $1,5 \text{ l}$  för en rökdykningsinsats är relativt vanliga (60,11).

Den samlade fysiologiska belastningen på brandmannen utgörs av:

- energikrav för förflyttning av egen kroppsmassa
- energikrav för förflyttning av skyddskläder och skyddsutrustning
- energikrav för andning i mask
- energikrav för förflyttning av bördor/hanterandet av verktyg (t.ex. släckutrustning, räddning av material och personer)
- värmebelastning och åtföljande cirkulatoriska krav

## Rörelseorganen

Brandmansarbetet ställer också krav på muskelstyrka, rörlighet, koordination och balans. Att studera arbetsrelaterade rörelser ger en viss vägledning om vilka muskelgrupper som belastas mest. Bålstyrka har identifierats som viktigast både för arbetsutövning men också för att reducera risken för ryggsador (8).

### Muskelstyrka i samband med brandmansarbete

Det har gjorts vissa försök att kvantifiera kravet på muskelstyrka. Att bära två slanglådor krävde ca 40 % av maximal viljemässig kraft (MVC) i händerna. Att bära en person som väger 73 kg utan bår krävde för den bakre bäraren 9-41 % av MVC för olika muskelgrupper i överkroppen samt i armar och händer. Då en person bars på bår utnyttjade den främre bäraren 23 % av MVC hos armbågsledens böjmuskulatur (56). Eftersom dessa arbetsuppgifter innebar statisk muskelkontraktion, måste sådant bärarbete betecknas som mycket tungt. Vid 40% av MVC inträffar utmattning vanligen mellan 1,5 och 2 min (47).

Lusa et al. (37) visade att en typisk arbetsuppgift för brandmän såsom att hantera en motorkap, innebar en stor belastning på muskler och skelett, och de underströk betydelsen av muskelstyrka och bra arbetsteknik. För att släpa en docka med lufttuber (95 kg) på betonggolv behövdes dragkraften 464 N. Om dockan låg på en filt var kraften 492 N. (11). Släptekniken visar sig ha stor betydelse. Denna hänger samman med rökdykarens storlek och styrka på så sätt att den som av något skäl inte kan lyfta offrets överkropp får större energiåtgång för given släpsträcka. De kan därför inte släpa offrets lika fort.

Gledhill och Jamnik gjorde en arbetsanalys och mätte massan hos den utrustning som hanterades av brandmän och krafter som utövades vid typiska arbetsuppgifter (25). Massan (utöver skyddsklädernas och luftapparaternas 22 kg) varierade mellan 4 kg (slägga) och 111 kg (stege). "Krafterna" angavs som vikter vilka varierade mellan 36 och 68 kg (slangmatning). De vanligaste uppgifterna som krävde muskelkraft och muskulär uthållighet var att

- lyfta och bära
- dra, trycka och släpa
- att hantera föremål framför kroppen, t.ex. stege och pump



Lusa et al. (36) analyserade de arbetsuppgifter som brandmän ansåg ställa störst krav på muskelstyrka. Dessa var i nämnd ordning:

- röja med tunga manuella maskiner/verktyg
- användning av hydrauliska verktyg
- förflytta en skadad person
- rökdykning
- takarbete

På samma sätt rangordnade brandmännen arbetsuppgifter med krav på koordination:

- takarbete
- resa bärbar stege mot brandplats
- rökdykning
- uppsättning av stege och röjning

## Styrkekrav på brandmän

Doolittle och Kayiala (16) rekommenderade en styrketest för brandmän med utgångspunkt från kinesiologisk analys av typiska brandmannauppgifter. Man skulle minst klara bänkpress resp. armböjning (biceps "curl") 19 gånger med 27,5 kg vikt, benböjning 20 gånger med 54 kg vikt utöver kroppsvikten och drag med ryggmuskulaturen ("latissimusdrag") 30 gånger med 34 kg vikt. Dessa styrkemoment skulle motsvara flera av de vanliga arbetsuppgifterna ur biomekanisk och anatomisk synvinkel. Vikterna som är föreslagna överensstämmer ganska väl med de som ska lyftas och hanteras under brandmannansarbetet. Däremot är antalet gånger vikterna ska lyftas svårare att motivera. Muskulär uthållighet rekommenderades av andra författare att mätas med höftböjningar (situps) (6, 15). Resultatet begränsas då att gälla främst uthålligheten hos magmusklerna, vilken bara är en av många muskelgrupper som engageras under det verkliga arbetet. Mätning av rörlighet i ländryggen, genom att försökspersonen sitter på golvet, fäller fram överkroppen och sträcker armarna framåt med utsträckta fingrar har rekommenderats (6, 7). Låg rörlighet och liten styrka har förknippats med ökad risk för ländryggsbesvär (9). Ländryggsbesvär rapporterades vara orsak till 30 % av alla arbetsskadekostnader för brandmän i Los Angeles, USA (9).

En kartläggning av dynamisk och statisk muskelstyrka hos 44 aktiva brandmän (20-51 år) visade att det presterade vridmomentet tenderade att vara positivt korrelerat till kroppsmassan (57). Åldersgruppen 40-51 år hade lägre styrka än grupperna 20-29 och 30-39 år. Förmodligen var kroppsmassa och ålder korrelerade och därmed var vridmomentet snarare en funktion av ålder. Den äldsta gruppen tycktes också vara långsammare.

## Könsaspekter

Få kvinnor arbetar inom räddningstjänsten, som traditionellt varit helt mansdominerad. Kvinnors fysiska förutsättningar för släcknings- och räddningsarbete har i viss mån studerats. Misner och medförfattare (42) undersökte prestationen hos vältränade män och kvinnor som utförde 9 arbetsrelaterade uppgifter. Kvinnorna presterade i medeltal sämre än männen, men en undergrupp av kvinnorna presterade nästan lika bra i vissa övningar. Skillnaderna i prestation hänfördes främst till mindre fettfri kroppsmassa (kroppsmassa - kroppsfettets vikt). Kvinnorna presterade betydligt sämre än männen (= behövde längre tid) i test som innehöll slag med slägga, men också vid gång i trappor med börda på ryggen och i handen samt vid hantering av bärbar stege. Vid upprepning av testen förbättrades kvinnornas prestation relativt sett mer än männens.

Sedan 1993 har JämO haft kontakt med brandförsvaret beträffande förhållandet att få kvinnor arbetar som brandmän. Ett utredningsarbete gällande könsneutraliteten i rekryteringstester för brandmän har initierats av JämO.

Under 1997 deltog 8 kvinnor (utvalda ur en grupp om 85 sökande) i ett projekt vid Stockholms brandförsvaret. Projektet innebar utbildning och tjänstgöring vid olika brandstationer. Ett antal prov genomfördes under utbildningen. Samtliga hade under utbildningens senare del klarat de prov som krävs för att få rökdyka (22). Alla klarade också det rökdykningsprov som ingick i projektet "Brandman 2000" (uppgift från Södertörns Brandförsvarsförbund). Dock använde kvinnorna avsevärt längre tid än männen, vilket delvis kan förklaras av skillnader i vana vid rökdykning. Ett liknande projekt, dock med andra urvalsmetoder, har genomförts i Västerås. Av dessa kvinnor klarade ingen det nämnda rökdykningstestet (uppgift från Södertörns Brandförsvarsförbund).

I Tysklands reglering av krav på personal som använder luftapparat har man skilda krav för män och kvinnor och för ålder (3). Män ska klara att cykla på ergometer med belastningen 3 W/kg kroppsvikt under 39 års ålder, kvinnor 2,5 W/kg, män över 40 år 2,1 W/kg och kvinnor över 40 år 1,8 W/kg.

## Kroppsmassa

Det experimentella underlaget beträffande inverkan av kroppsmassa är magert. Erfarenheten är dock att i vissa situationer behövs en viss massa som motvikt vid användande av t, ex trycksatt slang och hanterandet av tunga föremål. Muskelstyrkan är allmänt sett positivt korrelerad till kroppsmassan, även om det inte är så att alla tunga personer är starkare än alla lätta. Kunskapen om massans inverkan på förmågan att klara rökdykning är emellertid bristfällig.

Fetma sänker den fysiska arbetsförmågan och har en negativ effekt på förmågan att utföra simulerad rökdykning samt medför kardiovaskulära effekter som ger ökad risk för tidig död (13, 14).

# Diskussion

Målet för denna studie var att fastställa kunskapsläget när det gäller fysisk belastning vid rökdykning. En första del var att beskriva vilka arbetsuppgifter som ingår i rökdykning. Den andra delen har främst bestått i att inventera och tolka den vetenskapliga litteraturen beträffande den fysiska belastningen under dessa arbetsmoment.

Vad som ingår i rökdykning är inte helt självklart. Det är dels en fråga om när en rökdykning anses börja och sluta, dels hur vanliga dessa uppgifter skall vara för att de skall betraktas som ett moment i rökdykningen. I denna genomgång har inget försök till strikt avgränsning gjorts. Detta innebär bl a att ett mer omfattande material blivit föremål för genomgång. Vid bedömning av syreupptagningskravet under rökdykning har dock endast studier där uppgiften varit att rökdyka inkluderats. Orsaken är det är svårt att bedöma hur arbetsintensiteten, och därmed syreupptaget, påverkas av frånvaro av rök/värme. Exempel på en sådan undersökning är Holmér et al. 1977 (28). I andra studier saknas uppgifter om arbetsuppgiften och/eller omgivningsfaktorer, t ex Fatollahzadeh (18).

Ett antal undersökningar har gjorts i syftet att värdera skyddsutrustning vid arbete i värme men där arbetsuppgifterna inte har varit sådana som är vanliga vid rökdykning. Resultaten från dessa undersökningar har utelämnats.

## Arbetsinnehåll

Då det gäller arbetsuppgifter kan dessa beskrivas på följande sätt:

- förflyttning med personlig skyddsutrustning och trycksatt slang.
- arbete med verktyg som t ex motorkap (12 kg).
- bära tunga bördor t. ex. skadad person ibland uppför trappor.
- arbetet innebär ofta svåra arbetsförhållanden t ex rökfyllda rum och värme och besvärliga arbetsställningar, vilket ytterligare ökar belastningen.
- rökdykningen pågår ett antal minuter (ca 5-30), ibland upprepat.

Denna beskrivning visar att arbetet ställer krav på såväl styrka som uthållighet och arbetsteknik.

## Syreupptagning

De undersökningar som gäller aerob kapacitet har mestadels använt hjärtfrekvens som mått på belastningen. Denna variabel beskriver främst belastningen i relation till individens kapacitet. Dessutom påverkas hjärtfrekvensen inte bara av arbetets krav på effektutveckling (syreupptag) utan även av värmebelastning och mental stress. Flertalet studier har funnit att hjärtfrekvensen är mycket hög under rökdykning, ibland högre än vad som mätts vid maximalt arbete på rullband.

De undersökningar där syreupptaget mätts under rökdykning har funnit värden på drygt  $2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , vilket avser medelvärdet under rökdykningen. För flertalet brandmän skulle denna nivå på syreupptaget inte innebära maximal puls vid t. ex normal löpträning. Den höga pulsen beror således inte bara på syreupptaget. Värmen är en viktig faktor, vilket också visats sig då kall rökdykning jämfördes med varm (11). Vid släckning var pulsen vid varm rökdykning 50 slag/min högre än vid kall trots likvärdigt syreupptag.

Lungventilationen har också använts för att beräkna syreupptaget. I likhet med hjärtfrekvensen påverkas lungventilationen av andra faktorer än syreupptaget, vilket ökar osäkerheten i erhållna värden. I de flesta fall blir värdena för höga.

Lungventilationen kan beräknas från luftåtgång, vilken i sin tur kan erhållas från nedgången i tubernas massa eller lufttrycket i dessa. Sådan beräkning förutsätter bl a att all luft som lämnar tuberna passerar lungorna. Det är inte alltid fallet utan förhållandevis stora volymer kan ibland läcka ut mellan ansikte och friskluftsmask. Det kan ha varit orsaken till det i sammanhanget höga värdet  $3,6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $43 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) som rapporterats av Høgskilde et al. (29).

En annan orsak till att olika studier har kommit till olika resultat är att arbetstempot har varierat dels mellan olika undersökningar och dels mellan olika personer inom en och samma studie. Resultatet kommer därmed att påverkas av rökdykarnas fysiska kapacitet och motivation. De som har hög kapacitet brukar utnyttja denna till att arbeta snabbare och med en högre syreupptagning. Det betyder att de uppmätta värdena speglar inte bara arbetsuppgiftens krav utan även individens kapacitet. För att kunna få en uppfattning om kravet måste arbetstempot standardiseras.

Rökdykaren skall inte bara klara de energetiska kraven utan även värmen. Till detta kommer att rökdykaren, av flera skäl, knappast kan klara sina uppgifter om han tvingas arbeta med 100% av sin syreupptagningsförmåga. Det skulle betyda att syreupptagningsförmågan måste vara högre än det genomsnittliga syreupptaget under rökdykning.

Detta överensstämmer med att många undersökningar utmynnat i krav på syreupptagningsförmågan per kg kroppsmassa av storleksordningen 40-45  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  d v s ca  $3,2\text{-}3,6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  för en 80 kilos person. Detta är betydligt högre än de medelvärden som uppmätts under rökdykning och ca 10-20 % högre än vad som motsvaras av AFS krav (både cykelergometer- och bandprovet). Bland dem som precis uppfyllde AFS krav (band) klarade knappt 60% ett rökdykningstest omfattande två livräddningar och en släckning medan drygt 80% av dem som hade ca 10% högre kapacitet än AFS krav klarade testet (11). Dessutom måste man komma ihåg att syreupptagningen kan variera under en rökdykning, bl a beroende på uppgiften. Som exempel kan nämnas att då syreupptaget för hela rökdykningen var i medeltal  $2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , uppnåddes under livräddningen genomsnittsvärdet  $3,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  (11). Sådana toppar ökar givetvis kravet på rökdykaren.

Syreupptaget under arbete ökar som regel med ökad kroppsmassa, dock inte direkt proportionellt mot denna. Sannolikt gäller detta även rökdykning. Det gör att den kompensation för olikheter i kroppsmassa, som innebär att syreupptaget divideras med kroppsmassan, är en förenkling som med största sannolikhet kommer att underskatta kravet på lätta individer och överskatta kravet på de tunga. Det mest korrekta sättet att uttrycka kravet i relation till kroppsmassan är än så länge obekant.

Kravet minskar naturligtvis om arbetstempot sänks. Därmed skulle fler, särskilt bland kvinnorna kunna klara rökdykning. lägre arbetstakt ökar dock expositionstiden både för rökdykaren och den som skall undsättas, vilket kan innebära ökade risker. De sammanlagda effekterna av ändrad arbetstakt är fortfarande inte kända.

Heltidsanställda klarade testet bättre än deltidare vid likvärdigt resultat på AFS-provet (11). Det förklarades bl a av att de heltidsanställda visade större skicklighet vad gäller t. ex strålföring och hanterandet oförutsedda händelser t. ex. slangbrott. En annan förklaring kan ha varit skillnader i värmeterans (21).

## Muskelstyrka

De studier som försökt belysa styrkekravet, har resulterat i att man antingen redovisar de krafter som utvecklas vid olika arbetsuppgifter eller massan hos de bördor som skall bäras eller de verktyg som skall hanteras. Då det gäller utvecklad kraft var spridningen mellan olika personer som utförde en given arbetsuppgift ganska stor, vilket betyder att beräkningar av krav på muskelstyrka blir mycket osäkra.

Då det gäller muskelstyrka finns inga data på hur stor andel av olika grupper med olika testresultat som klarar vissa arbetsuppgifter. Allmänt gäller dock att det är svårt att överföra prestation vid test till prestation vid utförandet av praktiska uppgifter. Ett exempel är att kvinnans muskelstyrka i genomsnitt är 50-80% av mannens, beroende på muskelgrupp. Då det gäller att släpa en person är kvinnornas prestation (antal meter på given tid) ofta bara ca 30% av männens (19). Här finns betydande kunskapsluckor.

## Åldersaspekter

Den fysiska kapaciteten hos vuxna personer sjunker med stigande ålder (61). Detta gäller även inom räddningstjänsten (11, 36). Andelen som klarar givna arbetsuppgifter sjunker också med stigande ålder.

Äldre brandmän svettas mindre (11, 60), och de upplever oftare problem med att tåla värme (39). Till detta kommer att med stigande ålder följer ökad sjuklighet bl a i hjärtkärlsjukdomar, vilket bidrar till att andelen som klarar rökdykning är lägre bland de äldre.

Resultatet blir bl a att de som precis klarar kraven för rökdykning vid 20-25 års ålder har liten chans att 20 år senare, då maximalt syreupptag sjunkit med

15-20%, kunna genomföra detta arbete. Detta problem minskar om anställningskravet är högre än vad som behövs för att kunna klara rökdykning. Ökade anställningskrav leder, å andra sidan, till att färre kommer att klara dessa, i synnerhet bland kvinnor (5).

## Könsaspekter

Kvinnor har i genomsnitt lägre fysisk kapacitet än män. Skillnadens storlek varierar beroende på vilka arbetsuppgifter det gäller. Spridningen inom respektive kön är emellertid ganska stor, vilket betyder att vissa kvinnor är starkare än vissa män. Då det gäller sådan tävlingsidrotter, där den fysiska kapaciteten spelar stor roll, uppnås de bästa resultaten av män. Kravet för rökdykning ligger emellertid inte på den höga nivån. Det betyder sannolikt att vissa kvinnor har förutsättningar för att klara rökdykning, vilket stöds av de erfarenheter som det projekt som genomfördes vid Stockholms brandförsvaret under 1997 (22). Hur stor andel av kvinnorna som ur fysisk synvinkel skulle kunna klara rökdykning, som den idag genomförs, är svårt att bedöma. Det saknas kunskap om kravet för att klara rökdykning främst vad gäller muskelstyrka, men också vad gäller kroppsmassans inverkan. En grov uppskattning är dock att den andel av 20-25 åriga kvinnor, som har tillräcklig fysisk kapacitet för att klara dagens rökdykning är ned mot 5%. Med stigande ålder minskar denna andel.

## Avslutande synpunkter

Som nämnts har inriktningen varit rökdykning. Det innebär att beskrivningen av arbetets innehåll har förutsatt att räddningstjänsten skall kunna klara rökdykning. Huruvida detta gäller för alla delar av landet har inte undersökts. Skulle rökdykning inte vara nödvändig kan det få avsevärda konsekvenser för kravet på räddningstjänstens dimensionering både vad gäller personal och utrustning. I ett sådant läge vore det rimligt att se över de fysiska kraven. I bilaga 3 redovisas kortfattat några synpunkter på och konsekvenser av detta.

Den vetenskapliga litteratur som behandlar brandmannens arbete och som finns tillgänglig i de stora databaserna kommer främst från de anglo-saxiska länderna och Norden (se tabell 1). Då det gäller rökdykning kommer nästan allt underlag från Norden. Det gör att allt som beskriver rökdykning har baserats på nordiska studier.

Det som behandlar krav på brandmannen kommer delvis från utomnordiska länder. Dessa data överensstämmer dock väl med dem, som kommer från Norden då det gäller syreupptagningsförmåga. Beträffande kravet på muskelstyrka är detta huvudsakligen beskrivet som massan hos utrustning och bördor. I de nordiska studierna har detta inte, på motsvarande sätt som för kondition, översatts till krav som rökdykaren skall uppfylla. Det finns ej heller finns något experimentellt underlag som stöd för hur stor styrka som behövs för att klara rökdykning.

Föreliggande genomgång visar på ett antal kunskapsluckor (se avsnitt 5.)

Dessa skulle kunna minskas avsevärt genom olika typer av studier. Problem av teknisk/taktisk/metodisk natur kan ofta undersökas vid kårer och skolor med viss hjälp av forskare. Några av dessa möjligheter finns belysta i bilaga 2.

## Kunskapsluckor

- fördelning mellan olika arbetsmoment vid rökdykning.
- inverkan av olika taktik och uppträdande på den fysiska belastningen.
- inverkan av metod och utrustning på den fysiska belastningen
- översättning av beskrivningar av arbetsuppgifter till krav på fysisk prestationsförmåga, särskilt när det gäller muskelstyrka.
- möjligheterna att inom ett rökdykarpar kunna kompensera varandras svagheter.
- kompensation för kroppsstorlek vid bedömning av fysiska prov för rökdykare; särskilt viktigt för att bedöma kvinnors möjligheter
- inverkan av kropps massa på förmågan att klara rökdykning
- inverkan av tiden för genomförande av rökdykningen dels på kravet dels på riskerna för brandman respektive offer.

## Litteraturförteckning

1. *AFS 1986:6 Rökdykning*. Arbetarskyddsstyrelsen, 1986 (1986:6).
2. *AFS 1995:1 Rökdykning*. Arbetarskyddsstyrelsen, 1995 (1995:1).
3. *Berufsgenossenschaftlicher Grundsatz 26*. Institut für Arbeitswissenschaften der Ruhrkohle AG, 1994
4. Bennett BL, Hagan RD, Banta G, Williams F. Physiological responses during shipboard firefighting. *Aviat Space Environ Med* 1995;66:225-231.
5. Bergh U. Försvarmaktsgemensamma fysiska prov: Kondition ålder och kravgränser. *FOA-R-00589-720--SE*, 1997.
6. Bernauer EM, Bonanno J. Development of physical profiles for specific jobs. *J Occup Med* 1975;17:27-33.
7. Brownlie L, Brown S, Diewert G, et al. Cost-effective selection of fire fighter recruits. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17, 6:661-666.
8. Cady LD, Bishoff DP, O'Connel ER, Thomas PC, Allan JH. Strength and fitness and subsequent back injuries in firefighters. *J Occup Med* 1979;21:269-272.
9. Cady LD, Thomas PC, Kawasky MS. Program for increasing health and physical fitness of fire fighters. *J Occup Med* 1985;27(2):110-114.
10. Dahlbäck G, Jorfeldt L. *Fysisk och mental prestationsförmåga vid användandet av oxygenapparater för rökdykare*. Avd för klinisk fysiologi, Regionsjukhuset, 581 85 Linköping, 1982 (Sammanfattn nr 503).
11. Danielsson U, Bergh U. Fysiska krav på befattningar inom räddningstjänsten. *FOA-R-97--00549-720--SE*, 1997.
12. Davis PO, Biersner RJ, Barnard RJ. Medical evaluation of fire fighters. *Postgrad Med* 1982;72(2):241.
13. Davis PO, Dotson CO. Heart rate responses to fire fighting activities. *Ambul Electrocardiol* 1978;(1):15-18.
14. Davis PO, Dotson CO. Physiological aspects of fire fighting. *Fire Techn* 1987;:280-291.
15. Davis PO, Dotson CO, SantaMaria DL. Relationship between simulated fire fighting and physical performance measures. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14(1):65-71.
16. Doolittle TL, Kaiyala K. A generic performance test for screening firefighters. In: Asfour SS, ed. *Trends in Ergonomics/Human Factors IV*. ed. North-Holland: Elsevier Science Publishers B V, 1987: 603-610. vol IV).



17. Duncan HW, Gardner GW, Barnard RJ. Physiological responses of men working in fire fighting equipment in the heat. *Ergonomics* 1979;22, 5:521-527.
18. Fatollahzadeh K. Working conditions of firefighters. Thesis No 634, Linköpings Universitet, Linköping, 1997.
19. Fothergill D, Shake C, and Marcinik E. Utility of mechanical aids to reduce physical demands of shipboard emergency damage-control tasks. *In: Proceedings from the 7th International Conference on Environmental Ergonomics (Eds. Y. Shapiro, D. S. Moran, Y Epstein), Freud publishing House, Ltd, London, Tel Aviv, 1996 : 31-34.*
20. Fysiske Belastninger ved røykdykning. Hydro Aluminium, Karmøy, Hagesunds Brannvesen, Karmøy Brannvesen og Oslo Brannvesen, 1995.
21. Gavhed DCE, Holmér I. Thermoregulatory responses of firemen to exercise in the heat. *Eur J Appl Physiol* 1989;59:115-122.
22. Gavhed D. Kvinnor som brandmän, Arbetslivsrapport xxxx, 1998.
23. Gilman W, Davis P. Fitness requirements for firefighters. *Nat Fire Protect Assoc J* 1992;.
24. Gisolfi CV. Influence of acclimatization and training on heat tolerance and physical endurance. In: Hales JRS, Richards DAB, ed. *Heat stress: Physical exertion and environment.* ed. Elsevier Science Publishers B.V., 1987: 355-366.
25. Gledhill N, Jamnik VK. Characterization of the physical demands of firefighting. *Can J Spt Sci* 1992;17(3):207-213.
26. Guidotti TL. Human factors in firefighting: ergonomic-, cardiopulmonary-, and psychogenic stress-related issues. *Int Arch Occup Environ Health* 1992;64:1-12.
27. Holmér I, Arvidsson S. Arbete i gasskyddsdräkt. *Arbete och Hälsa* 1975;7.
28. Holmér I, Gavhed D, Carlsson D, Kuklane K, Nilsson H. *Belastningsstudier av rökdykning vid extrem strålningsvärme.* Arbetslivsinstitutet, 1997.
29. Høgskilde S, Mikkelsen S, Nürnberg B, Henriksen O og Carl P. Rökdykkere og fysisk belastning. Københavns brannvesen, Korpslægeenheden, 1997
30. Jacobs DT. *Physical fitness and the fire services.* National Fire Protection Association, 1976
31. Kilbom Å. Physical work capacity of firemen with special reference to demands during firefighting. *Scand J Work Environ Health* 1980;(6):48-57.

32. Lemon PWR, Hermiston RT. The human energy cost of fire fighting. *J Occup Med* 1977;8:558-562.
33. Louhevaara V, Soukainen J, Lusa S, Tulppo M, Tuomi P, Kajaste T. Development and evaluation of a test drill for assessing physical work capacity of fire-fighters. *Int J Ind Erg* 1994;13(2):139-146.
34. Louhevaara V, Tuomi T, Korhonen O, Jaakola J. Cardiorespiratory effects of respiratory protective devices during exercise in well-trained man. *Eur J Appl Physiol* 1984;52:340-345.
35. Louhevaara V, Tuomi T, Smolander J, Korhonen O, Tossavainen A, Jaakola J. Cardiorespiratory strain in jobs that require respiratory protection. *Int Arch Occup Environ Health* 1985;55:195-206.
36. Lusa S, Louhevaara V, Kinnunen K. Are the job demands on physical work capacity equal for young and aging firefighters? *J Occup Med* 1994;36(1):70-74.
37. Lusa S, Louhevaara V, Smolander J, Kinnunen K, Korhonen O, Soukainen J. Biomechanical evaluation of heavy tool-handling in two age groups of fireman. *Ergonomics* 1991;34(12):1429-1432.
38. Lusa S, Louhevaara V, Smolander J, Kivimäki M, Korhonen O. Physiological responses of firefighting students during simulated smoke-diving in heat. *Am Ind Hyg Assoc J* 1993;54(5):228-231.
39. Lusa S, Punakalio A, Louhevaara V, Viikari-Juntura E, Ilmarinen R, Ollila J, Korhonen O, Wirkamäki S, Luukkonen R. Health and fitness of firemen of different age. Part 1 (in Finnish). Institute of Occupational Health, Helsinki Finland.
40. Manning JE, Griggs TR. Heart rates in firefighters using light and heavy breathing equipment: Similar near-maximal exertion in response to multiple work load conditions. *J Occup Med* 1983;25(3):215-218.
41. Misner JE, Plowman SA, Boileau RA. Performance differences between males and females on simulated firefighting tasks. *J Occup Med* 1987;29(10):801-805.
42. Nadel ER, Pandolf KB, Roberts MF, Stolwijk JAJ. Mechanisms of thermal acclimation to exercise and heat. *J Appl Physiol* 1974;37, 4:515-520.
43. O'Connell ER, Thomas PC, Cady LD, Karwasky RJ. Energy costs of simulated stair climbing as a job-related task in fire fighting. *J Occup Med* 1986;28(4):282-284.
44. Pandolf KB, Cadarette BS, Sawka MN, Young AJ, Francesconi RP, Gonzalez RR. Thermoregulatory responses of middle-aged and young men during dry-heat acclimation. *J Appl Physiol* 1988;65(1):65-71.
45. Piwonka RW, Robinson S, Gay VL, Manalis RS. Preacclimatization of men to heat by training. *J Appl Physiol* 1965;26(3):379-383.

46. Raven PB, Davis TO, Shafer CL, Linnebur AC. Maximal stress test performance while wearing self-contained breathing apparatus. *Occup Health Saf* 1977;19:802-806.
47. Rohmert W. Die Beziehung Zwischen Kraft und Ausdauer bei Statischer Muskelarbeit. Schriftenreihe Arbeitsmedizin, Arbeitshygiene, band 22, p. 118. A W Gertner Verlag, Stuttgart, 1968.
48. Romet TT, Frim J. Physiological responses to fire fighting activities. *Eur J Appl Physiol* 1987;56:633-638.
49. Shvartz E, Shapiro Y, Magazanik A, et al. Heat acclimation, physical fitness, and responses to exercise in temperature and hot environments. *J Appl Physiol* 1977;43(4):678-683.
50. Sköldström B. Physiological responses of fire fighters to workload and thermal stress. *Ergonomics* 1987;30, 11:1589-1597.
51. Sothmann M, Saupe K, Raven P, et al. Oxygen consumption during fire suppression: error of heart rate estimation. *Ergonomics* 1991;34(12):1469-1474.
52. Sothmann MS, Landy F, Saupe K. Age as a bona fide occupational qualification for firefighting. *J Occup Med* 1992;34(1):26-33.
53. Sothmann MS, Saupe KW, Jasenof D, et al. Advancing age and the cardiorespiratory stress of fire suppression: Determinating a minimum standard for aerobic fitness. *Human Performance* 1990;3(4):217-236.
54. Sparks PJ. *Minimum medical standards for firefighters*. Association of Washington Cities, 1987
55. Söderlind T. *Relativ pulsbelastning hos rökdykare under standardiserad rökdykningsövning*. Arbetsmiljöinstitutet, 1991
56. Tönnes M, Behm M, Kilbom Å. Krav på muskelstyrka och uthållighet vid tunga bärmoment i brandmannens arbete. *Arbete och Hälsa* 1986;24.
57. Tönnes M, Hägg G, Finn L, Kilbom Å. Dynamisk och statisk muskelstyrka hos brandmän. *Arbete och Hälsa* 1982;36.
58. von Hallmeyer A, Klingbeil M, Köhn-Seyer G, et al. Physische und psychische belastungskomponenten in der tätigkeit des feuerwehrmannes. *Z ges Hyg* 1981;27(3):191-194.
59. White MK, Hodous TK. Reduced work tolerance associated with wearing protective clothing and respirators. *Am Ind Hyg Assoc J* 1987;48, 4:304-310.
60. Zylinderstein M. *Fysisk belastning under rökdykning*. Arbetarskyddsstyrelsen, 1973 (488/72).
61. Åstrand P-O, Rodahl K. *Textbook of Work Physiology*. New York: McGraw-Hill, 1986.

### Krav på personal inom räddningstjänsten

Målet med denna bilaga är att vidga diskussionen om de fysiska kraven inom räddningstjänsten.

Beslut om Räddningstjänstens dimensionering, och de krav som ställs på denna, påverkas främst två faktorer.

- den lokala riskanalysen, d v s vilken risk finns för olika typer av olyckor och vilka konsekvenser kan dessa tänkas få.
- ambitionsnivån, d v s i vilken utstäckning skall man kunna förebygga olyckor alternativt bekämpa deras verkningarna.

Dessa överväganden utgör således underlag för att bedöma vilka arbetsuppgifter räddningstjänsten skall kunna klara.

Möjligheterna att klara dessa uppgifterna bestäms i hög grad av personalens kompetens och utrustningens kvalitet. Personalens kompetens påverkas både av urval och utbildning.

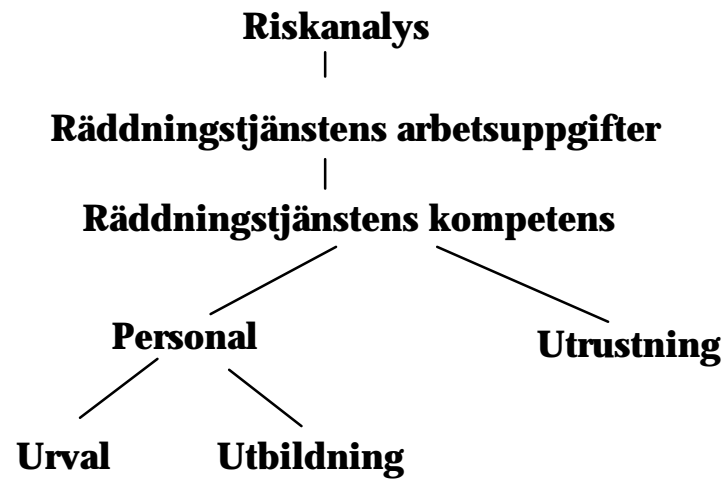
Riskerna för olyckor är sannolikt olika stora kommunerna emellan, både kvantitativt och kvalitativt, vilket borde få konsekvenser för Räddningstjänstens utformning. Detta är också fallet inte minst kvantitativt.

Kraven på personalen är delvis styrda av bestämmelserna i AFS. Dessa krav gäller alla kommuner och är avsedda att bli en pröva om brandmannen har tillräcklig fysisk kapacitet för att klara rökdykning.

Detta kan tyda på att dimensioneringen av denna del av Räddningstjänstens kompetens inte grundar sig på kommunens riskanalys. Om så är fallet kan det innebära att i de kommuner som har de svåraste uppgifterna blir kraven på personalen för låga, med risk för att de får svårt att klara vissa uppgifter. I andra kommuner kan kraven vara onödigt höga i vissa avseenden, vilket kan resultera i svårigheter att rekrytera personal.

Skulle sådana riskanalyser peka mot att det behovet av kompetens är olika i olika kommuner skulle det kunna påverka rekrytering och utbildning.

Samanfattningsvis, kommunens riskanalys borde i hög grad styra de krav som ställs på personalen. Dock måste hänsyn tagas till de behov som uppkommer vid samverkan med andra kommuner.



## Skiss på fortsättning av projekt

### Krav och belastning vid rökdykning

#### A. Krav på fysisk arbetsförmåga för att klara rökdykning.

Sambandet mellan den fysiska arbetsförmågan och möjligheterna att klara rökdykning kan tänkas likna det som beskrivs i figuren nedan.

Syftet är således att beskriva sambandet mellan å ena sidan fysisk arbetsförmåga och förmågan att klara rökdykning, å den andra.

Det kan göras genom att jämföra hur grupper med olika fysiska arbetsförmåga klarar rökdykning av olika svårighetsgrad (t ex lätt/medelsvår/svår).

Rökdykningsuppgifterna bör utarbetas av en grupp där bl a SRV och olika räddningstjänster är representerade. Uppgifterna skall kunna standardiseras. Genomförandet sker på ett antal utvalda platser i landet. Det är nödvändigt att provningen övervakas av utbildad personal. Projektet "Brandman 2000" kan tjäna som modell för uppläggning och mätningar.

#### B. Belastningsreduktion

Minskad belastning under rökdykning har många fördelar t ex (i) effekterna av den åldersbetingade nedgången i fysisk kapacitet minskas., (ii) fler kvinnor kan klara arbete inom räddningstjänsten, (iii) minskad slitage på räddningstjänstens personal.

Syftet är att beskriva effekterna av olika

- taktik
- teknik/utrustning
- metod

Det innebär att en given arbetsuppgift görs med olika taktik, teknik/utrustning, metod.

Som jämförelse används flera standardiserade rökdykningar av olika svårighetsgrader (måste definieras och beskrivas noggrant)

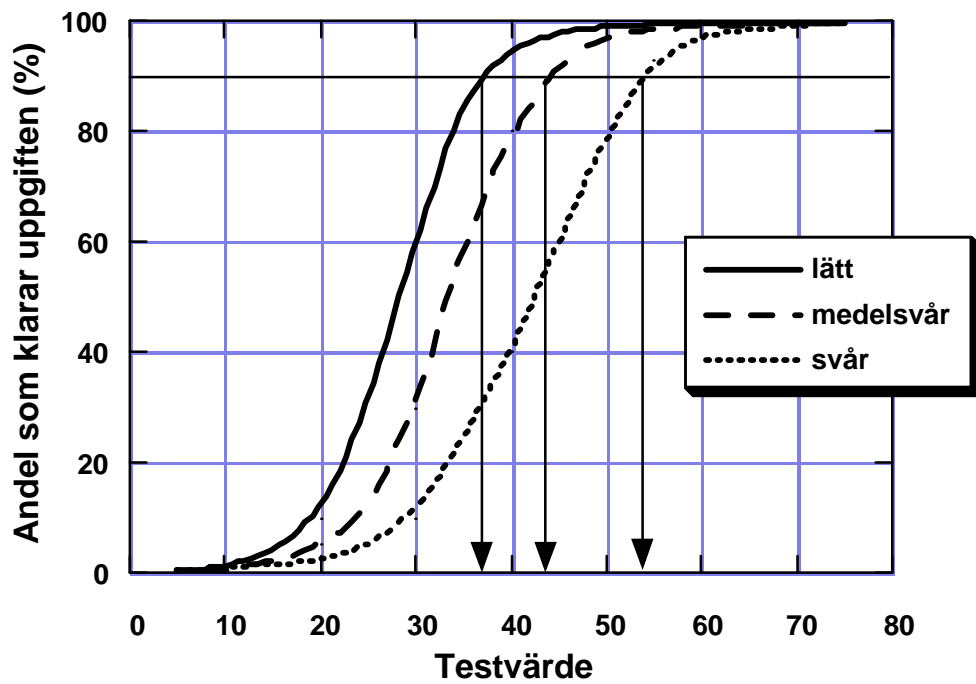
Som kriterier används olika fysiologiska mått samt subjektiva skattningar av t ex ansträngning och temperatur, samt olika mått på hur väl uppgiften kunde lösas.

Genomförandet kan ske vid kårer och räddningsskolor möjligen.

Standardisering är viktig. Troligen krävs övervakning av utbildad personal.

För båda delprojekten behövs en central samrådsgrupp t. ex inom SRV som stöd vid planering samt för rådgivning och rekommendationer. En sådan grupp skulle också kunna bli värdefull vid det utvecklingsarbete som pågår vid olika kårer och skolor.

### Testvärdets inverkan på andelen som klarar olika uppgifter



## Rökdykning - delprojekt 2. Metod och teknik

# Sammanfattning

Denna rapport är ett försök att inom metod- och teknikområdet av rökdykningen beskriva forsknings- och utvecklingsarbete

- som tidigare gjorts,
- som pågår för närvarande,
- som behöver genomföras.

Avsikten med detta är att samla information om detta så att dels onödigt dubbelarbete kan undvikas, dels underlätta prioriteringar av framtida utvecklingsinsatser.

Inom många räddningstjänster pågår eller har tidigare genomförts flera olika projekt inom området rökdykning. Problemen med dessa är att de inte alltid är genomförda på ett metodiskt sätt och framförallt att dokumentation av försöken nästan alltid saknas. Det finns dock en ansenlig mängd praktiska erfarenheter att samla in i olika framtida projekt.

Inom SRV har mycket hänt de senaste åren och många projekt är nyligen avslutade eller fortfarande pågående. Här finns ett stort behov av att få ut information om innehållet i dessa projekt till användarna, dvs i slutändan rökdykarna. Det finns mycket ny teknik, t.ex inom IR-området som behöver testas i större skala och användas av fler personer för att verkligen utveckla metoderna för hur vi kan arbeta i framtiden. Stor vikt måste också läggas vid att avväga hur mycket nyheter som kan införas i rökdykningen så att dessa inte på något sätt försämrar säkerheten för rökdykarna.

Ett stort behov finns även av att studera rökdykning internationellt. Även om vi i svensk räddningstjänst ligger långt framme inom rökdykningen finns säkerligen mycket att lära av andra länder. Framförallt kan det finnas erfarenheter av många större insatser.

Nyckelord: Rökdykning, metod, teknik, standardrutiner, rökdykarinstruktion, forskning, utveckling



# Inledning

Svensk räddningstjänst är inom det skadebegränsande området uppbyggd kring rökdykningen. Det innebär att många intressenter arbetar med utveckling / forskning inom området. En mängd olika studier har gjorts och görs ur olika perspektiv på rökdykning. Informationen är i dagsläget inte samlad så att den kan påverka den fortsatta utvecklingen. Det dubbelarbete som görs idag ifrågasätts därför och en samordning efterlyses.

Syftet med denna rapport är att beskriva nuläget inom området rökdykning, delen metod - teknik, genom att presentera vad som är gjort och vad som pågår samt att belysa de utvecklingsområden som bör bearbetas ytterligare.

Rapporten är en del av ett större projekt "Rökdykning" som ska inventera kunskapsläget enligt uppdelningen människa, miljö, teknik och metod. Av praktiska skäl är projektet indelat i två delar, "Människa - miljö" samt "Metod - teknik". Projektet utförs som en förstudie och litteraturstudie. Därigenom skapas den plattform som ligger till grund för fortsatt utveckling.

Området "Metod - teknik" avgränsas till metoder och teknik som används i Sverige vid rökdykning. I genomförandet av denna del ska hänsyn tas till:

- utrustning vid rökdykning
- hantering av utrustning
- metoder vid olika insatsmiljöer
- söktechnik
- problemområden
- säkerhet

# Metoder

Arbetet har skett dels genom en studie av tillgänglig litteratur och dels genom intervjuer/kontakter med ett antal räddningstjänster (stora, medel, små), tjänstemän inom SRV centralt och skolorna, Brandforsk, Statens Haverikommission, yrkesinspektionen och ett antal företag med anknytning till branschen. Vidare har sökningar gjorts i RIB (Räddningsverkets Informationsbank), på internet och i facktidningar.

I detta arbete är en del material hämtat ur projektbeskrivningar för ännu ej startade eller nyligen påbörjade projekt.

Inom många räddningstjänster pågår eller har tidigare genomförts flera olika projekt inom området rökdykning. Problemen med dessa är att de inte alltid är genomförda på ett metodiskt sätt och framförallt att dokumentation nästan alltid saknas. Det finns dock en ansenlig mängd praktiska erfarenheter att samla in i olika framtida projekt.

# Beskrivning av nuläge

## AFS 1995:1

Arbetskyddstyrelsens föreskrifter om rök- och kemdykning (AFS 1995:1) innehåller de grundläggande reglerna om rökdykning. Föreskriften lägger fast var miniminivån för utrustning, övning, mm ligger.

När det gäller metod/teknik finns i stort sett nedanstående:

- Definition av rökdykning.
- Krav på andningsskydd (även funktionen).
- Krav på övrig utrustning.
- Krav på att rökdykarna arbetar parvis i normalfallet, tillgång till rökdykarledare (får ej användas till andra arbetsuppgifter), räddningsledare ska finnas och rökdykargruppen ska ha säker tillgång till släckvatten. Detta ger miniminivån 1+4 för att självständigt utföra en normal rökdykning. Detta har också gjort att 1+4 nästan blivit en vedertagen dimensionering av en räddningsstyrka, vilket kanske inte varit tanken.

## Lokala rökdykarreglementen/instruktioner

Vid varje räddningstjänst bör det finnas ett lokalt rökdykarreglemente som innehåller de instruktioner m.m. som gäller inom den egna kåren. Kvaliteten

på dessa reglementen varierar från att i princip vara obefintliga eller helt inaktuella till mycket omfattande och nyreviderade. Alla utgår i princip från AFS 1995:1 (eller den äldre utgåvan 1986:6) och många använder även SRV:s tillämpning (se nedan) som mall. Många kårer, framförallt större heltidskårer, har en egen ambitionsnivå som går långt utöver den miniminivå som AFS 1995:1 lägger fast, framförallt vad gäller övningsnivån.

Räddningsverket har tagit fram en egen tillämpning av AFS 1995:1 som ska användas vid all utbildning på skolorna. Tillämpningen är framtagen för att gälla speciellt vid utbildningssituationer och därför kan den i vissa fall gå längre jämfört med andra instruktioner vad gäller säkerheten.

## Standardrutiner

Vid vissa räddningstjänster och skolor finns skrivna standardrutiner (se exempel nedan), andra har en praxis som följs men rutinerna är inte nedskrivna. Ytterligare andra räddningstjänster saknar i stor utsträckning standardrutiner. Här finns önskemål om att SRV (skolorna) tar fram mallar (förslag) på enkla rutiner för flera olika typinsatser och att dessa är lika vid de olika skolorna.

Exempel på standarrutin från Räddningsverkets skola i Sandö;

### **RUTINER VID RÖKDYKNING (LIVRÄDDNING)**

Rökdykarna gör sig klara för insats under framkörningen, dvs mask på vid ankomst.

| UPPGIFTER VID FRAMKOMST |  |
|-------------------------|--|
| RL:                     | Anmäl framkomst och lämna lägesrapport.<br>Orienterar sig på skadeplatsen - beordrar omedelbara åtgärder.<br>Meddela angreppsväg till RDL snarast möjligt.   |
| RDL:                    | Medtager RDL-väska och bestämmer baspunkt.<br>Förbereder sig själv och rökdykarna på insatsen.<br>"LÄS BYGGNADEN"  |
| RÖK-                    | Medtager ev specialutrustning till baspunkten.   |
| DYKARNA:                | Kontrollerar klädsel.<br>Inväntar information och/eller order om insatsen.<br>"LÄS BYGGNADEN"  |
| CH 1:                   | Lägger ut grovslang, grenrör och smalslang inkl strålrör till rökdykarna.<br>Trycksätter pumpen ( minst 10 bar ).<br>Lägger ut och kopplar smalslang+ strålrör till RDL.<br>OBS! INSATSEN PÅBÖRJAS SÅ SNART RÖKDYKARNAS SLANG ÄR KLAR. |
| CH 2:                   | Tryggar vattenförsörjning från brandpost alternativt tankbil.  |

SYFTE: Möjliggöra snabb och säker insats.

Med uttrycket "LÄS BYGGNADEN" menas att RDL och rökdykarna skall titta "upp ur masken" och studera faktorer som:

- Byggnadstyp
- Brandförlopp och rökgaser
- Rumsindelning, lägenhetsstorlek etc.
- osv

Några sekunders uppmärksamhet på dessa faktorer kan leda till att man tjänar minuter inne i den rökfyllda miljön.

## Rökdykning vid normal riskmiljö - metoder

Några definitioner på vad som avses med normal respektive hög riskmiljö finns inte, utan detta varierar mellan kårerna. Exempel på normal riskmiljö kan vara;

- lägenhet
- villa
- mindre kontor
- annan lokal med låg brandbelastning

Vid rökdykning i normal riskmiljö skiljer det inte speciellt mycket i vare sig teknik eller metoder mellan olika kårer. De skillnader i metoder som finns är bl.a.

- Utnyttjande av standardrutiner
- Uppbyggnad av slangsystem
- Rökdykarledaren mask på eller inte
- Protokoll förs eller inte

## Hög riskmiljö - metoder

Exempel på faktorer som kan medföra hög riskmiljö:

- långa inträngningsvägar
- hög brandbelastning
- stora rumsvolymer
- risk för ras eller motsvarande
- risk för att reträttvägen kan spärras
- stora svårigheter att orientera sig
- ansvarigt befäl bedömer att det är hög riskmiljö

Här finns kanske fler skillnader mellan kårerna på hur man bygger upp insatsen. Många faktorer spelar in, t.ex. numerär, kompetens och utrustning. Några skillnader som kan nämnas är;

- Uppbyggnad av organisationen
- Nomenklatur
- Uppbyggnad av slangsystem
- Rökdykarkontrollant
- Utnyttjande av standardrutiner
- Användande av IR-kamera, andra hjälpmedel
- Användande av lina

## Utrustning

Den grundutrustning (exempel nedan) som används vid rökdykning varierar inte speciellt mellan kårer och skolor. Vad gäller vikten, är det framförallt mellan äldre tryckluftapparater och nyare Spirolight som det skiljer nämnvärt.

### Grundutrustning (normalt):

branddräkt, bälte

hjälm

stövlar

underställ/övriga kläder, sockar

innerhuva

handskar

rökdykarradio

handlampa

andningsskydd med övertryck

Utöver grundutrustningen har personerna utrustning enligt nedan (normalt);

|                 |                            |
|-----------------|----------------------------|
| Rökdykarledare: | slang med dimstrålrör      |
|                 | kopplad räddningsluftslang |
|                 | rökdykarledarväska         |

Rökdykare: rd1: slang med dimstrålrör  
rd2: kopplad räddningsmask (Revitox)  
verktyg vid behov  
säkerhetslina vid behov

Skillnader:

38 - 42 mm slang

Efterlysande slang

IR-kamera

Verktyg

## Vikter

Vikterna angivna nedan är uppmätta på enklast möjliga vis för att ge en uppfattning om vilka vikter det handlar om. Avvikelser från detta kan förekomma.

|  |                   |
|--|-------------------|
| Larmställ, underställ, hjälm, handskar och stövlar | 8 - 9 kg          |
| Tryckluftapparat                                   | 10,5 - 19 kg      |
| Rökdykarradio                                      | 1,5 - 5 kg        |
| Handlampa  | 0,5 - 1 kg        |
| Strålrör   | 1,5 - 3,5 kg      |
| Vattenfylld slang 38 mm                            | 1,3 kg/längdmeter |
| Vattenfylld slang 42 mm                            | 1,7 kg/längdmeter |

Observera att vikten av slangens är svår att definiera då bara en liten del av slangens bärs, resten släpas. Erfarenheter visar att skillnaden i vikt mellan 38 och 42 mm slang inte upplevs som någon större skillnad i arbetet. Det som upplevs som arbetsamt är att släpa den vattenfyllda slangens som dessutom kan fastna. När det gäller strålrörets vikt finns olika uppfattningar om vad som är bra. Många anser att ett tyngre rör är att föredra, då detta inte påverkas av slangens rörelser på samma sätt som ett lättare. Verktøy, övrig utrustning kan variera allt från små handverktyg med försumbar vikt upp till t.ex. fläktar på 50 kg.

## Statistik

För att få en liten uppfattning om vilka volymer som är aktuella av rökdykarinsatser med tillhörande moment studerades insatsstatistik från 1996 för riket. (1997 års siffror har ännu inte kommit). Det är dock viktigt att notera att statistiken för 1996 uppvisar stora brister då detta var det första året hela landet använde den nya insatsrapporten. **Antalet rökdykarinsatser, mantimmar, mm är sannolikt kraftigt underskattat.** Kvaliteten på 1997 års rapportering är betydligt bättre.

|                                       | 1996    | 1997   |
|---------------------------------------|---------|--------|
| Totalt antal rapporterade insatser    | 105 109 | 94 381 |
| varav Brand i byggnad                 | 13 266  | 12 290 |
| därav med rökdykarinsats              | 2 492   | 3 235  |
| <br>                                  |         |        |
| Totalt antal mantimmar vid rökdykning | 4 853   | 6 310  |

| Brister i utrustning     | Antal tillfällen |      |
|--------------------------|------------------|------|
|                          | 1996             | 1997 |
| Andningsapparat          | 105              | 44   |
| Rökdykarradio            | 180              | 117  |
| Slangbrott pump-strålrör | 257              | 229  |
| Övrigt slangbrott        | 113              | 105  |
| Strålrör                 | 66               | 48   |
| Pump på fordon           | 103              | 94   |

| Fördröjning av insats                      | Antal tillfällen |      |
|--|------------------|------|
|  | 1996             | 1997 |
| Gasflaskor                                 | 75               | 67   |
| Svårforcerad dörr                          | 142              | 130  |
| Bristfällig information vid ankomst        | 114              | 123  |
| Lång inträngningsväg                       | 64               | 50   |
| Saknad utrustning/ utbildning. Specificera | 137              | 114  |

| <b>Brand i byggnad per objektstyp</b> | <b>Antal insatser</b> |      |
|---------------------------------------|-----------------------|------|
|                                       | 1996                  | 1997 |
| Allmän byggnad                        | 1780                  | 1940 |
| Bostad                                | 7359                  | 7046 |
| Industri                              | 1350                  | 1428 |
| Annan byggnad                         | 819                   | 859  |
| Övrigt                                | 1032                  | 848  |
| Ej angivet                            | 926                   | 169  |

| <b>Livräddning</b>                    | <b>Antal tillfällen</b> |      |
|---------------------------------------|-------------------------|------|
|                                       | 1996                    | 1997 |
| Rökdykning, räddningsmask användes    | 93                      | 338  |
| Rökdykning, räddningsmask användes ej | 82                      | 253  |
| Undsättning via högfordon             | 32                      | 86   |
| Annan metod                           | 46                      | 117  |

Uppföljning av funktionsbrister/fördröjningar kommer att ske.

## Inträffade olyckor - uppföljningar

### Arbetarskyddsstyrelsen/Yrkesinspektionen

Under tiden 1992-1996 rapporterades det 2009 olycksfall med brandmän. Av dessa hade 1252 inträffat under fysisk träning. Av de övriga är det i sin tur 86 stycken där rapporten innehåller text om "rökdykning" eller enbart "rök".

Totalt 86 rapporterade varav 67 under övning (78%).

Sammanfattning av orsaker:

- 1 Halkningar, fall, snedtramp, mm (dels dålig sikt, men kan även vara beläggningar av rökvätska i övningshus?)
- 2 Överbelastningar (tunga lyft, mm)
- 3 Ej använt andningsskydd (bränder utomhus, mm) - ej rökdykning



Förslag på åtgärder;

- Rubriker/indelningar bör ses över
- Inom SRV bör man gå igenom anmälningar om arbetsskador för att fånga upp återkommande skador, mm
- ”Säkerhetsinstruktion” för övningar (halkiga golv)

## Statens haverikommission

Statens haverikommission skriver i sin rapport S 1996:1 B rökdykarolycka ombord MV Baltic Link den 3 oktober 1993 i Storugns hamn, Gotland, I län, att ”Mot bakgrund av undersökningsresultaten har SHK rekommenderat Arbetarskyddsstyrelsen och Statens Räddningsverk att i samråd verka för en sådan komplettering av föreskriven rökdykarutrustning, som underlättar en snabb lokalisering av en nödställd rökdykare i mörka och rökfyllda större utrymmen.”

SHK har även undersökt bränderna i Västerås (ABB), Upplands Bro (Bro Center), Tyresö, Karlskoga (explosion Bofors), Stockholm (John Wall). I den sistnämnda rapporten rekommenderas att avlösning vid rökdykarinsats ska ske framme vid strålröret, i övriga rapporter finns inte några speciella rekommendationer vad avser rökdykning.

## Räddningsverket

Räddningsverket gjorde, efter dödsolyckan i samband med rökdykning i Olofström, en egen utredning av händelsen. De rekommendationer som gavs efter utredningen är:

- Räddningstjänsten och SRVs skolor bör ta lärdom av den inträffade olyckan och träna rökdykning under så realistiska former som möjligt. Speciellt bör övningarna utgå från att branden kan vara anlagd och att det kan finnas flera brandhärdar. Vid dessa övningar bör särskild vikt läggas vid att alla säkerhetsåtgärder ingår i övningarna.
- Mindre kommuners räddningstjänster bör teckna avtal med angränsande kommuner om bl.a. förstärkning vid bränder där det fordras omfattande rökdykning.
- SRV bör utveckla metoder och materiel som gör rökdykningen säkrare.
- SRV bör göra ett utbildningspaket om rökdykning som utgår från den lilla branden och fortsätter upp till bränder som fordrar reservrökdykare och skyddsgrupper. Med fördel kan formen ”brandmannaskolan” väljas.

# Rökdykning - aktuella och angränsande projekt

## Vattenförsörjning/slangsystem

Är 38/42 mm optimalt för rökdykning? När man ville öka dimensionen från 38 mm fanns tankar att gå upp till 45 mm, men då skulle dels kopplingar, grenrör strypa bort nästan hela vinsten om de inte byttes, dels skulle inte slangkorgar mm passa längre. I många andra länder används grövre slang. Det skulle vara intressant att studera släckeffekt/tryckfall/mm kontra hanterbarhet för att få fram optimal slangdimension, men förmodligen skulle kostnaderna för att byta alla komponenter i slangsystemen överväga de eventuella fördelar som kan finnas.

Andra önskvärda projekt skulle vara att göra tidstudier på uppbyggande av olika slangsystem för rökdykning - jämföra standardrutiner.

## Efterlysande slang

SVEBAB startade 1989 utveckling av efterlysande slang för att göra det enklare att hitta ut igen. Denna slang finns idag på ett antal kårer. Enda kravet att slangen ska fungera efterlysande är att den har fått absorbera ljus under ett par minuter innan den används. I praktiken innebär detta att slangen bör sitta i en särskild aktiveringsbox för att ständigt vara insatsklar. Detta är dock ej ett absolut krav, 3 minuters dagsljus ger > 1 tim efterlysningseffekt. Slangen kommer att utvecklas vidare vad gäller funktion.

## Vattenförsörjning vid räddningsinsats

Inom SRV pågår ett projekt (Lennart Danielsson) som syftar till att studera hur brandvattenförsörjningen är organiserad vid olika typer av räddningsinsatser, samt vilken kapacitet (tryckförluster, flöde) ingående komponenter har. Projektet syftar även till att genom beräkning optimera system och eventuellt vidareutveckla ingående komponenter. Projektet beräknas vara klart 98-06. Målet med projektet är att;

- kartlägga olika vattenförsörjningssystem och när de används.
- genom mätning bestämma i slängsystem ingående komponenters kapacitet.
- beräkna och optimera slangsystem.
- om behov föreligger, vidareutveckla ingående komponenter för att minska tryckförluster i systemen.

En rapport som behandlar tryckförluster för smalslangskopplingar finns tidigare utarbetad.

## Säker vattengivning

Sedan september 1997 pågår ett projekt finansierat av räddningstjänsten i Skinnskatteberg, Räddningsverket och Svenska kommunförbundet. Syftet är att undersöka om ett system för övervakning av vattenförsörjning kan öka säkerheten för rökdykarna. De praktiska testerna genomförs av räddningstjänsten i Skinnskatteberg och beräknas vara klart 98-06.

Arbetskyddsstyrelsens föreskrift angående rök- och kemdykning, AFS 1995:1, föreskriver i § 16 att rök- och kemdykarna, vid brand eller risk för brand, för sitt skydd skall ha säker tillgång till släckvatten. Med säker tillgång till släckvatten avses i detta fall att släckvatten under hela tiden insatsen pågår, finns framme hos rök- eller kemdykarna. För att säkerställa detta behövs normalt en särskild person utsedd. Denna skall förutom att övervaka att vattentillgången är säkrad även omedelbart kunna åtgärda fel som kan äventyra rök- eller kemdykarnas säkerhet t.ex. slangbrott eller större läcka.

Släcksystem som har övervaknings- och larmsystem, som varnar när fel i vattenförsörjningen uppstått, finns numera utvecklat. Dessa system kan vara ett hjälpmedel att höja säkerheten för rök- eller kemdykare samtidigt som det avlastar pumpskötaren vid insatser där insatsstyrkan endast består av räddningsledare, pumpskötare och rökdykargrupp. I dessa situationer krävs ibland att pumpskötaren, förutom sina ordinarie arbetsuppgifter, även utnyttjas till annat.

Rapport skall bl.a. redovisa följande:

- Behov av systemet
  - För pumpskötare
  - För rökdykargruppen
  - För rökdykarledaren, räddningsledaren
- I vilket skede av insatsen kan pumpskötaren utföra andra uppgifter
- Möjliga alternativa arbetsuppgifter för pumpskötaren
- Säkerhet
  - För rökdykargruppen
  - För rökdykarledaren
- Står nyttan av systemen i proportion till kostnaderna
- Förslag på eventuella vidare tester och/eller utveckling av systemen

# Högtryckssläckning

## Försök med högtryckssläckning

Ett projektet med syftet att jämföra effektivitet mellan högtrycksbrandsläckning och konventionella släcksystem genomfördes under 1997 av Räddningsverket. Försöken finns beskrivna i rapport P21-196/97. Försöken är en jämförelse av släckeffekten oberoende av strålförarteknik. Resultaten från försöksserien tyder på att högtryckssystem kan släcka rumsbränder betydligt snabbare och med betydligt mindre vattenåtgång än konventionella system.

Om det håller vad det lovar kan detta underlätta rökdykarnas arbete betydligt. Kortare släcktid betyder också kortare tid i värmepåverkan vilket underlättar rökdykarnas arbete. Bättre släckeffekt skulle också kunna innebära bibehållen säkerhet med klenare slangdimension vilket betyder mindre vikt att släpa på. Fortfarande är det dock många obesvarade frågor och fortfarande har högtryckssystem inte testats praktiskt i större skala i Sverige.

## Högtryckssläckning, fortsättning

Som en fortsättning på det tidigare projektet planeras en uppföljning med start 9805 och beräknat slutdatum 9908. Avsikten med detta projekt är att utreda vilken droppstorlek som ger optimal manuell släckning av rumsbränder och hur pumptryck och strålrörets konstruktion påverkar droppstorleken.

Projektet ska belysa eventuella effektivitetsvinster med högtrycksbrandsläckning i förhållandet till kostnaderna för anskaffning av utrustning samt kostnaderna för utbildning och övning.

Projektets målsättning är att klargöra om användning av manuell högtryckssläckning, under vissa omständigheter är ett alternativ till de konventionella metoder som idag används vid släckning av rumsbrand. Projektet skall visa på vilka insatssituationer där högtryck är lämpligt, redovisa strålförarteknik, fördelar/nackdelar jämfört med konventionell lågtryckssläckning, säkerhet, utbildningsbehov och kostnader.

Projektet genomförs som en förstudie där kontakt tas med räddningstjänstorganisationer som idag arbetar med högtryck i operativ räddningstjänst. Insamlad information utvärderas och därefter besöks någon eller några räddningstjänstorganisationer för att på plats kunna dokumentera hur högtrycksbrandsläckning används i operativ tjänst samt studera hur utbildning och övning bedrivs.

Projektet bör följas upp med ytterligare två delar.

Del 2 skulle omfatta en försöksserie i sk förevisningscontainer med dels stationära strålrör och dels mobila strålrör. Försöksserien skall också omfatta fullskaleförsök i rivningshus för att få så verklighetsnära förutsättningar som möjligt. Dessa försök bör utföras mot såväl lågande brandgas som icke

lågande brandgas. Mätning av temperatur och vattenflöde. Försöken kan även dokumenteras med kamera.

Del 3 skulle omfatta en utredning tryckets betydelse för att skapa lämplig droppstorlek. En jämförelse mellan droppstorlek för konventionella lågtrycksdimstrålrör och högtrycksstrålrör bör ingå.

### **Förslag på ytterligare projekt**

- Lämplig strålförarteknik
- Hanterbarhet
- Jämförande prov högtryck - konventionell släckning, praktiska släcktest
- I vilka situationer kan högtryckssläckning användas? Testa gränser, prova i större volymer
- Snabbheten vid normala insatser i lägenhet/villa
- Tillförlitlighet
  - pumpar
  - risk för slangbrott
  - reservsystem vid slangbrott
- Vikt, ”släpkraft” jämfört med konventionella system

## **Håltagning med vätskeskärning**

Traditionella metoder för håltagning i tak har på senare år kompletterats genom att sprängramar har utvecklats. Håltagning med sprängteknik har dock flera begränsningar, bl a krävs specialutbildad personal, speciella tillstånd för förvaring av tänd och sprängmedel, metoden kan endast användas mot ett fåtal takkonstruktioner, samt att metoden är kostsam.

1994 inledde räddningstjänsten i Luleå en studie för att utveckla håltagningsmetoder och kom då i kontakt med företaget Cold Cut System som utvecklar metoder för vattenskärning. Samarbetet resulterade i en rapport som hamnade hos Räddningsverket.

Inom industrin (off-shore, raffinaderier) används vätskeskäming, eftersom den inte är någon anstiftare av brand. Vätskeskäming kan förklaras enkelt att vatten med ett tillsatsmedel (abrassiv) under högt tryck, 50-300 Bar, sprutas genom ett specialmunstycke mot t ex en plåt. Skärning i 50 mm pansarplåt är möjligt. För räddningstjänsten bör metoden kunna utgöra ett alternativ till håltagning med sprängteknik.

En förstudie genomfördes under 1996 inom "Håltagning med vätskeskärning" och därefter har Räddningsverket startat ett projekt med syftet att dels utveckla håltagningsmetoden vidare och dels att studera

alternativa användningsområden, t ex högtryckssläckning. I projektet har man nu tillsammans med CCS i Göteborg tagit fram två prototyper för montage på hävare. Dessa är placerade vid vardera Luleå räddningstjänst och Helsingborgs Brandförsvär.

Enligt vissa är detta en släckmetod som i många situationer kan ersätta rökdykning. Snabbhet, säkerhet för egen personal och liten personalåtgång är de stora fördelarna. Fortfarande återstår dock mycket metodutveckling innan denna metod slår ut andra, och den kan knappast ersätta rökdykningen i alla situationer.

## Andra släckmedel

Redan 1986 genomförde dåvarande Statens Provningsanstalt (Anders Ryderman) tillsammans med Borås Brandförsvär en serie praktiska försök med släckning av rumsbränder med pulverhandbrandsläckare. Försöksserien ingick i ett forskningsprojekt finansierat av Brandforsk. Metoden byggde på att rökdykargruppen genomförde släckning med två stycken pulverläckare utan att ha tillgång till vatten. Insatsen kunde därigenom ske snabbare än en traditionell insats. En sammanfattning av de resultat man då kom fram till;

- Pulver är effektivt mot rumsbränder
- 2x10 kg ABE-pulver kan släcka en brand i ett bostadsrum med 20-25 m<sup>2</sup> golvyta
- Pulverläckare ersätter inte traditionella släckmetoder, men ger tidsvinster genom att systemet är bärbart
- Pulver har god släckeffekt mot både A- och B-bränder
- Om pulverinsatsen är underlägsen branden, finns stor risk för återantändning
- Pulver smutsar ner rökdykarna och deras utrustning
- Om huvudstyrkan är långt efter första bilen måste släckinsatsen ske från en rimligt säker reträttväg
- Släckinsats med bärbara pulverläckare är ett alternativ som bör övervägas när en bostadsbrand fortfarande är begränsad till ett rum i en villa eller till en mindre lägenhet i flerbostadshus (hyreshus).

Idag är det knappast aktuellt att överväga denna typ av rökdykarinsats då kraven på säkerhet gör att ett absolut krav är tillgång till kontinuerlig vattenförsörjning (motsvarande) för eget skydd åt rökdykarna. Motsvarande resonemang gäller för olika typer av ”vattengevär”, andra handbrandsläckare, mm. Fortfarande kan dock metoderna användas för snabba/kompletterande insatser från utsidan.

# Brandventilation

På uppdrag av Brandforsk genomförde Statens Brandnämnd under 1985 - 86 en studie med avsikt att identifiera och beskriva problem och behov av brandgasventilation. Bland annat konstaterade man att brandgasventilation är en mycket väsentlig del i brandsläcknings- och livräddningssammanhang. Behov av att kunna utföra snabb och effektiv brandventilation har efter hand ökat beroende på ett flertal faktorer. Av dessa kan nämnas ökade krav på utrymning, livräddning och arbetarskydd samt utnyttjande av allt större och brandbelastade lokaler, som i en del fall har stor värdekoncentration.

Statens Brandnämnd föreslog följande åtgärder:

- att en mall med teorier för brandgasventilation framtages,
- att nya metoder för brandgasventilation utarbetas,
- att ett utbildningspaket för brandgasventilation framarbetas,
- att en avgränsning av kravspecifikationen görs genom praktiska försök.

Räddningsverket genomför bland annat av denna anledning sedan hösten 1994 ett större projekt om brandgasventilation i samband med räddningsinsats. Målet med projektet är att ge en mycket noggrann redogörelse för möjligheter, brister, problem och svårigheter samt rekommenderat tillvägagångssätt för olika metoder för brandventilation. Projektet avser också att ta fram en vetenskapligt underbyggd metodik, inklusive teorier om brandventilation, som är anpassad för fältbruk.

Projektet består i huvudsak av fyra delar.

**Del 1** består av ett beräkningsmässigt (ingenjörsmässigt) underlag omfattande tryckförhållanden vid olika brand- och ventilationsförhållanden i byggnader. Underlaget har bland annat legat till grund för del 2 (försök).

**Del 2** består av en serie försök innefattande kända och eventuellt nya metoder samt känd och eventuellt ny teknik för brandventilation och håltagning. Närmre innehåll av försöksserien har under hand bestämts bland annat med ledning av det beräkningsmässiga underlaget. Både brandventilation som fenomen och håltagningsteknik avsågs ingå i försöken. En stor del av försöken har varit tillägnade så kallad övertrycksventilation.

**Del 3** är en analys av resultaten från försöken, beräkningsunderlaget och eventuellt tidigare genomförda försök och studier.

**Del 4** innebär att utifrån resultatet i de första delarna ta fram underlag för nya/förbättrade metoder, ny/förbättrad teknik samt framför allt utbildningsunderlag.

## Teknik för brandventilation

Vid Norrköpings Brandförsvär genomförs en studie över känd befintlig teknik för brandgasventilation. Detta delprojektet avser att ge som resultat en noggrann redogörelse av de metoder och de tekniker som används av svensk räddningstjänst för att ventilerar brinnande byggnader.

Redogörelsen kommer i stora drag att omfatta:

- olika verktyg och redskap som används,
- vilka typer av konstruktioner dessa verktyg och redskap är tillämpliga vid,
- säkerhetsaspekter vid arbeten i samband med olika konstruktioner,
- problem som uppstår i samband med uppöppnande av hål eller luckor,
- säkerhetsaspekter för olika metoder, tekniker, verktyg och redskap.

## Projektets fortsättning

Under 1998 planeras att slutföra projektet genom att den erhållna kunskapen omsätts till ett utbildningsmaterial och dels att eventuella kunskapsluckor rättas till. Detta kommer bland annat att ske genom sammanställningar av genomförda räddningsinsatser och vissa försök avseende övertrycksventilation.

För närvarande pågår utarbetandet av en ny grundbok för brandventilation. Tanken är att denna sedan ska användas både i grund- och fortbildning av brandmän. Boken innehåller dels en teoretisk del med enkla beräkningar, tryckbilder, mm och en praktisk del med olika metoder för håltagning.

## Övertrycksventilation

I ett samarbete mellan Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund (SÄLV) och Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP) har Räddningsverket under 1997 genomfört en hel del praktiska prov med övertrycksventilation, framförallt inriktat på lägenheter och andra mindre lokaler. Under 1998 startas ett nytt projekt om övertrycksventilation som beräknas pågå 1-2 år med inriktning på lite större lokaler. Avsikterna är bl.a. att:

undersöka vilka begränsningar som finns med metoderna,

- ge råd till räddningstjänster,
- undersöka vilka flätkapaciteter som krävs,
- titta på kombinationer av rökdykning/släckinsats och ventilation i större lokaler,
- undersöka vilka storlekar på frånluft som krävs.



## Säkerhetsdörrar

SRV har initierat ett projekt med målsättningen att förkorta angreppstiden till en lägenhet som är utrustad med säkerhetsdörr eller gallergrind. Projektet ska även ge underlag till ett utbildningspaket för forcering av säkerhetsdörrar. Arbetet har sedan delats upp i två delprojekt, dock ska inventering av, och metod att identifiera, olika säkerhetsdörrar/lås samt upprättande av testprogram göras gemensamt mellan de två delprojekten.

Den ena delen av projektet (genomfört av Stockholms Brandförsvär, Ulrik Blomqvist) är klar. Denna del avser tester av nuvarande metoder att forcera de på svenska marknaden vanligast förekommande kombinationer av lås/säkerhetsdörrar/ grindar.

Testerna har visat att kraftiga handverktyg är snabba, säkra att använda och har hög tillförlitlighet. Behövliga verktyg för att arbeta med forcering av lägenhetsmonterade inbrottsskyddade dörrar och gallergrindar är; två bräckjärn, ett spett, en handslägga och en kil. Som komplement vid extrema montage kan kapmaskin, tigersåg eller batteridrivna klippare för armeringsjärn vara lämpliga.

Del två av detta projekt är motsvarande tester av ett nyutvecklat hydraulverktyg vad gäller snabbhet, hanterbarhet, tillgänglighet och säkerhet. Testerna genomförs av Eskilstuna räddningstjänst (Rolf Forsell). Denna del av projektet beräknas vara klar 98-06.

Ytterligare ett projekt med denna inriktning är nyligen genomfört vid Malmö Brandkår. Här har man tagit fram ett antal olika forceringsmetoder beroende på vilken typ av dörr det rör sig om. När det gäller motsvarande säkerhetsdörrar kom man fram till att motorkap med stålskiva ger det snabbaste resultatet.

## Speciella insatsmiljöer

I en del mycket speciella objekt är förutsättningarna för en rökdykarinsats helt annorlunda än dem vi kan möta i mer normal bebyggelse. Rökdykning i dessa miljöer (t.ex. långa tunnlar, gruvor, andra extrema miljöer) kräver en för varje objekt unik insatsplanering byggd på en riskanalys. Flera problem är dock gemensamma, bl.a. långa inträngningsvägar. T.ex. vid den numera berömda tunneln i Hallandsåsen kan det bli upp till 250 m inträngningsväg (i värsta fall med en blockerad dörr upp till 500m). Mycket av den teknik och de metoder som kan komma till användning är gemensam med övrig rökdykning men specifika lösningar måste också till. Inom detta område kommer nedanstående projekt att startas hos SRV (Omar Harrami) som beräknas pågå under 1998 och 1999.

## Metodutveckling för tunnelbränder

Många tunnelprojekt är startade i Sverige idag och beräknas vara klara vid sekelskiftet. Banverket räknar med att minst fördubbla antalet tunnelkilometer fram till år 2000. Räddningstjänsten är idag osäkra på hur de ska angripa en brand på ett effektivt och säkert sätt. Det har medfört att många olika lösningar diskuteras på hur man ska lösa problematiken vid insatser i tunnlar.

Syftet med projektet är att ge Räddningstjänsten ett bättre underlag för att kunna göra en insatsplanering för bränder i tunnlar, vilket också kan resultera i krav på åtgärder redan i projekteringsstadiet och inte i efterhand.

Projektet ska inte ta fram regler för hur angrepp ska ske.

Projektet genomförs i tre delar:

1. En förstudie som ska
  - beskriva hur räddningstjänsten taktiskt och ledningsmässigt förbereder och genomför insatser i befintliga tunnlar och
  - beskriva hur räddningstjänsten utifrån ett insatsperspektiv deltar och påverkar under projekteringstiden.
  - ge förslag på områden som behöver förbättras eller studeras vidare och fortsatt inriktning av projektet (del 2 och 3).
2. Består av praktiska prov av olika metoder i syfte att ge förslag på
  - hur räddningstjänsten, taktisk och ledningsmässigt, kan förbereda insatser i befintliga tunnlar,
  - hur räddningstjänstansvariga myndigheter kan påverka utformningen utifrån ett insatsperspektiv.
3. Innebär att ta fram ett utbildningsmaterial för att genomföra räddningsinsatser i tunnlar.

## Förbättrat seende i brandrök

SRV-projektet "Förbättrat seende i brandrök" är ett samlingsprojekt med flera delprojekt, varav vissa är avslutade, andra pågående respektive planerade. Hela projektet som sådant är i sin nuvarande form tänkt att avrapporteras 98-06. Sammanhållande i projektet är Tekn. Dr Bo Persson, KTH.

Huvudsyftet med projektet är att förbättra seendet i brandrök. Ett delsyfte är att ställa krav på hur och vilken typ av information som presenteras för rökdykaren så att den inte medför en risk. Kraven är tänkta att vara synergonomiska krav - bildkvalitet, ljusstyrka, kontrast, färg mm.

## IR-kamera för rökdykning

Södertörns brandförsvarsförbund har i samverkan med marinens räddningstjänstskola, FMV och KTH på uppdrag av Räddningsverket genomfört tester av IR-kameror för rökdykning under 1996. Testerna finns beskrivna i rapporten "IR-kamera för rökdykning; en studie av fyra kameror, förslag till framtida testmetod samt arbetsätt och säkerhet vid rökdykning R53-157/96. IR-utrustningarna upplevs som ett mycket bra hjälpmedel av de som fått prova dem, särskilt vid sökande efter människor och lokalisering av brand. Testen visade att orienteringsförmågan i mörka och rökfyllda lokaler är goda. I vissa situationer har dock utrustningen inte klarat av situationen, för varmt eller för jämn temperatur. Vissa farhågor har framkommit att bilden är så bra att de övriga sinnena inte registrerar vad som händer. Om bilden tas bort blir rökdykaren lätt desorienterad vilket kan medföra ett säkerhetsproblem. Ett sätt att komma till rätta med detta är att vara tre man i rökdykargruppen, där den extra rökdykaren bär IR-kamera och är "extra ögon" åt gruppen.

Användningsområden är rökdykning i hög riskmiljö, långa inträngningsvägar och stora och på annat sätt svårorienterade lokaler för att underlätta sökning och öka rökdykarens säkerhet. Tekniken lämpar sig väl på fartyg.

Bland de önskemål som fanns då om utveckling kan nämnas;

- Bättre IR-teknik, kombination av olika sensorer
- Lättare, mer fältmässiga kameror - lär vara på gång
- Bildöverföring till rökdykarledare - se nedan
- Bättre på att läsa temperatur, mm i brandgaser
- Jämföra tidsåtgång vid långa inträngningsvägar med/utan IR

Fortsatta studier av handburen kontra hjälmintegrerad kamera bör också göras.

## IR-kameran för rökdykarledaren

I ett samarbete mellan SRV, KTH, Stockholms Brandförsvär och Agema Infrared Systems AB har man studerat hur man skulle kunna låta rökdykarledaren ta del av IR-bilder inifrån en rökfylld lokal. Metoden innebär kortfattat att en högkvalitativ IR-kamera ställs in i ett rökfyllt rum och rökdykarledaren som står utanför detta rökfyllda rum kan på olika sätt med hjälp av IR-bilder leda verksamheten.

Projektet är avslutat och avrapporterat i rapporten "Förbättrat seende i brandrök. En koncentrerad arbetsrapport för delprojektet: IR-kameran för rökdykarledaren".

Denna metod är ännu så länge inte testad under fältmässiga förhållanden och det återstår en del att göra innan metoden är praktiskt genomförbar. Någon fortsättning på detta projekt är för närvarande inte planerad, men här finns

det ett stort behov av att gå vidare. Metoden är inte en ersättning till IR-kamera för rökdykare utan mer ett komplement. Kanske kan man även länka ut den bild som rökdykarnas IR-kamera visar så att rökdykarledaren kan ta del av samma bild?

## Intelligent belysning

I normala fall har rökdykaren med sig en handlampa eller liknande för att kunna förbättra siktförhållandet i en rökfylld lokal. Lampans ljus reflekteras i rök och vattenånga och kan medföra att mörkerseendet försvinner temporärt eller att det blir svårt att se någon längre sträcka.

Om ljuset istället kan anpassa sig till siktförhållandet så har man fått en "intelligent belysning". Jämför den utveckling som sker inom fordonsbelysning för att öka siktbarheten i dimma. Att utveckla seendet i brandrök kan innebära att utveckla även andra sinnen än synen.

En prototyp till ny rökdykarlampa har utvecklats vilken genom tester visat sig påtagligt ge förbättrat "seende i brandrök". Försöken, som utförts vid Enköpings Brandförsvars övningsanläggning i konstgjord rök, har givit ett oväntat positivt resultat. Prototypen har utöver det vanliga framåtriktade ljuset dels nedåtriktat ljus, dels ett uppåtriktat (t.ex. monterat på hjälmen).

De nedåtriktade ljuset ger betydligt förbättrat seende nedåt. Rökdykaren ser var han sätter sina fötter. Iakttagelser av en erfaren rökdykare som använt prototypen i ett praktisk test i tät konstgjord rök indikerar att söktiden i ett rökfyllt rum förkortas.

Det nedåtriktade ljuset kombineras med ett uppåtriktat diffuserat ljus som gör att rökdykaren, oavsett om han befinner sig i mycket tät rök eller i rök som håller på att bli tät (tex så att ett innetak fortfarande kan skönjas) erhåller ett "visuellt rum" som förbättrar:

- balans,
- orientering,
- möjlighet att se kollegan (även på längre avstånd).

Detta "visuella rum" får inte påverka rökdykarens förmåga att se/söka med den framåtriktade ljuskällan. Underlag för en intelligent automatisk styrning av ljuset så att detta inte sker finns framtaget.

Det är tydligt att det nedåtriktade ljuset ger ett snabbare sökförfarande och upplevs som mycket positivt när man väl en gång fått testa detta. När både det nedåt- och uppåtriktade ljuset är på ser man rökdykaren tydligt i siluett på ett givet avstånd. Troligtvis är det så att intelligent belysning även skall kombineras med moment "intelligent kamera" beskrivet nedan.

Tester med den nya prototypen är avsedda att utföras med rökdykare vid Enköpings Brandförsvär och vid Uppsala Brandförsvär. Även Stockholms Brandförsvär har visat intresse att testa prototypen.

## Övriga delprojekt

Arbetet eller uppföljning av följande projektmoment har lagts åt sidan för arbetet med intelligent belysning;

### "Intelligent kamera"

- nära IR-kännande kamerateknik,
- medelvärdesbildande kamerateknik,
- ljuskänslig kamerateknik.

Under 1996 har man genom enkla praktiska tester konstaterat att samtliga tre moment ger förbättrat artificiellt seende i brandrök. Förhoppningen är att dessa tre moment kan inrymmas i en och samma kamera och att en liten kamera kan fästas i den intelligenta lampan även inkluderande IR-dioder för belysning med nära IR-strålning.

### Mm-Radar

CelsiusTech har visat intresse att testa den nya bilradarn i samband med detta projekt. Av speciellt intresse är den låga kostnaden för denna radar.

### "Gated viewing"

Principen är att korta ljuspulser skickas iväg från betraktaren och en bländare framför en ljuskänslig optik öppnar under ett kort tag så att endast ljuset från ett visst avstånd reflekteras till den seende optiken framför ögonen. Genom att successivt vänta allt längre med att öppna slutaren "sök" rummet framför av. Ljuspulserna når allt längre och längre bort och man erhåller ett förbättrat seende i brandrök. Eftersom detta förfarande också ger avståndsinformation så kan en "karta" av rummet ritas upp. Principen som bedöms som mycket intressant används bland annat idag av olika kustbevakningar för att se bättre i dimma.

### Mörkerseende optik (NVG - Night vision goggles)

Bo P har mycket goda kontakter avseende denna teknikprincip. Bedöms dock för närvarande som ett sämre alternativ än IR-kamera.

## Lokalisering av rökdykare

Två rökdykare har dött under rökdykning i Sverige sedan 1993. Statens haverikommission skriver i sin rapport S 1996.1 B att "Mot bakgrund av undersökningsresultaten har SHK rekommenderat Arbetarskyddsstyrelsen och Statens Räddningsverk att i samråd verka för en sådan komplettering av föreskriven rökdykarutrustning, som underlättar en snabb lokalisering av en nödställd rökdykare i mörka och rökfyllda större utrymmen."

Med anledning av haverikommissionens rekommendation har Räddningsverket startat ett projekt för att studera vilka möjligheter som finns för att underlätta lokalisering av rökdykare. Studien är en förstudie som ska undersöka olika tekniska möjligheter och ge rekommendation om vilka som

kan användas och eventuellt utvecklas. I rapporten bör minst ingå tekniker som infrarött, sonar, ultraljud, radar samt synligt ljus.

Projektet genomförs av Richard Corlin, Södertörns Brandförsvarsförbund.

Användning av t.ex. en IR-fyr beskriven i avsnittet "IR-kameran för rökdykarledaren" skulle tillsammans med IR-kamera kunna innebära snabba möjligheter till lokalisering.

## Individuell fysisk status i realtid för rökdykare

Detta projekt är planerat inom SRV, men ej igångsatt än. Tanken är att invänta människa/miljö-delen i detta projekt för att sedan utreda vilka parametrar som är intressanta att mäta och presentera. Teknik för att mäta och vidarebefodra värden finns redan i andra sammanhang, kanske inte helt anpassad för våra förhållanden.

### Bakgrund

Rökdykningen ställer mycket höga krav på fysisk och psykisk förmåga. För att ha en hög säkerhet ställs det krav på att rökdykaren ska ha en rökdykarradio så att kontakt kan hållas med rökdykarledaren och rökdykarkollegan. Rökdykarledaren har som uppgift att hålla kontakt med rökdykarna under rökdykningen. Dock är oftast kontakten sporadisk och medför att rökdykaren måste stanna upp varje gång för att svara eller rapportera. Detta kan medföra att insatsen försenas. Om rökdykaren skulle behöva undsättas så får rökdykarledaren ofta reda på det om svar inte ges eller om rökdykarkollegan meddelar. Om rökdykarledaren utöver detta med automatik kan få reda på när olika kritiska nivåer på rökdykarens fysiska status uppstår har han större möjlighet att ta ansvar för sin roll som första "backup" till rökdykarna.

Det görs idag många mätningar vad gäller träning och utbildning av rökdykare och diskussioner förs om vad rökdykararbetet har för inverkan på kroppen på kort och lång sikt. Dessa mätningar ger ett bra underlag för att kunna ta fram relevanta parametrar och nivåer som är intressanta att mäta vid "skarp" rökdykning.

### Genomförande

Projektet första del innebär att ta fram vilka parametrar som går att mäta och är relevanta för säkerhetens del.

Del två innebär att bestämma vilka kritiska nivåer och tendenser som bör ge larm. Del ett och två bör genomföras tillsammans med Arbetslivsinstitutet och fysiologer.

Den tredje delen innebär att ta fram en prototyp som visar hur det kan fungera och att verifiera att nivåerna och tendenserna stämmer överens med verkligheten genom att utrustningen används vid skarp rökdykning.

Genomförare i det här skedet blir ovanstående först en räddningsskola och sedan en räddningstjänst samt eventuell leverantör av rökdykarutrustning.

I detta projekt (liksom många andra) är det oerhört viktigt att bedöma hur mycket information bör/kan rökdykarledaren ta emot? På vilket sätt ska det presenteras? Vem/vilka ska ha information? När det gäller den tekniska delen av projektet finns redan bl.a. hos tillverkare av andningsapparater långt framskridna lösningar.

## Indikering av övertändning

Ett omfattande arbete har gjorts och pågår av L-G Bengtsson och Björn Karlsson vid LTH när det gäller studier av det tidiga brandförloppet och att harmonisera de äldre svenska begreppen (varm fet övertändning, kall fet övertändning, varm mager övertändning, kall mager övertändning, m.fl.) med motsvarande internationella terminologi.

Det övergripande målet är att ta fram begrepp inom området övertändning som vilar på vetenskaplig grund och som kan användas av praktikerna för att lättare förstå fenomenet övertändning och på det sättet lättare kunna förutsäga och påverka en övertändning.

Den första delen av projektet, rapporten "Fenomenen övertändning, backdraft och brandgasexplosion" (P21-185/97) har skrivits med syftet att förklara dagens begrepp vad gäller det som vi idag kallar övertändning på ett vetenskapligt sätt.

Del två av projektet är att verifiera vilka faktorer det är som styr övertändningsförloppet med praktiska tester samt att skriva en rapport som behandlar det tidiga brandförloppet. De tre begreppen övertändning, backdraft och brandgasexplosion benämns oftast idag som övertändning allihop, trots skillnaden i förbränningshastighet. Här gäller det också att hitta nya begrepp eller definiera de gamla så att ingen begreppsförvirring råder.

Del tre av projektet är att ta fram ett utbildningsmaterial tillsammans med utbildningsavdelningen på Räddningsverket. Avsikten är att brandmän genom detta utbildningsmaterial ska bli bättre på att bedöma risker för obehagliga överraskningar.

Projektet kommer att slutrapporteras under året med en vetenskaplig rapport som ges ut av SRV, ett seminarium samt ett utbildningsmaterial. Rapporten ska även skrivas på engelska.

## Utbildningsmaterial

I utbildningar om rökdykning saknas det idag ett heltäckande utbildningsmaterial, och det material som används varierar idag mycket beroende på skola/kår och instruktör. Det som används mest är bl.a. Malmsten/Rosanders bok rök- och kemdykning (omarbetad 1997), SRV:s eller lokal rökdykarinstruktion, SBF:s videofilmer om rökdykning, mm.

Stockholms Brandförsvär håller i ett eget projekt på att försöka ta fram ett enhetligt och genomarbetat utbildningsmaterial för all nyutbildning och fortbildning inom rökdykarområdet. Projektledare är Håkan Ragell, beräknas klart 1986.

## Räddningstjänst vid industribränder

Birger Lennmalm, Brand & Riskteknik AB har på uppdrag av Brandforsk utfört en förstudie och förslag till forskningsprogram om Räddningstjänst vid industribränder. Rapporten publicerades i mars 1993. Detta arbete har sedan byggts på med två nya delprojekt; "Rökdykarinsats vid industribränder" och "Utformning av insatsplaner för industrin".

Det förnämnda projektet är nu inne i slutfasen, och en rapport presenteras inom kort. En videofilm med delar av resultaten, mm har nyligen givits ut. Projektet har syftat till att studera och analysera den del av rökdykarinsatsen som omfattas av angreppstiden, dvs från ankomst till släckangrepp. Ett antal kårer har medverkat vid sammanlagt 37 videofilmade övningar där man framförallt studerat tidsåtgång vid dels "normala" insatser och dels insatser med längre inträngningsväg där skyddsgrupp krävs.

Bland de erfarenheter från övningarna som Lennmalm noterat kan nämnas;

- Orienteringen i en rökfylld lokal är svår utan kartbild i minnet.
- Väntan på skyddsgrupp tar på luftförrådet för angreppsgruppen till ingen nytta.
- Reservrökdykargrupp fordras som avlösning vid lång inträngningsväg för att angrepp skall vara möjligt.
- Slangen är ett stort hinder vid förflyttningen. Rökdykare nummer 2 drar och släpar den med all sin kraft. Den fastnar ofta och då måste han gå tillbaka och lossa den om han inte får hjälp bakifrån av rökdykarledare eller skyddsgrupp.
- Flera slangar som är utlagda i en lokal kan lätt leda till förväxlingar. När slangen är lagd i böjar och omvägar följer rökdykarna alltid samma väg vid avlösning och uttåg även om den är lång och svårframkomlig.
- Sökmetoderna är inte utvecklade. I huvudsak söker man uteslutande väggarna i vänster eller höger varv, vilket i många fall visar sig vara mycket ineffektivt i en industrilokal.
- Kommunikationen mellan rökdykarna och till rökdykarledaren är viktig men innebär många svårigheter. Beskrivning av lokalen sker med ord och förståelsen är helt beroende om man kan åstadkomma lika bild i sitt minne. Avlösningarna blir därför svåra då grundinformationen är olika hos de båda grupperna och avlösningen sker i mörker utan att man kan se samma bild.
- Det är alltför lätt att tappa bort sin rökdykarkamrat om man inte hela



tiden håller fysisk kontakt med honom.

- Vid långa inträngningsvägar väntar rökdykargruppen på skyddsgruppen efter en slanglängd. Detta utgör en ökad risk för båda grupperna då branden okontrollerat kan utvecklas under tiden.

## Diskussion

### Alternativ till rökdykning

Vi är kanske överdrivet fixerade vid invändig rökdykarinsats - ny teknik, mm kan ge både snabbare och säkrare insatser utifrån, t.ex. ”håltagning med vätskeskärning”, lättskumfyllning, snabba släckningar med pulver och motsvarande utifrån. Dessa insatser kan också utföras även när styrkan inte är 1+4. Ett annat alternativ i extrema situationer kan vara olika typer av fjärrstyrda robotar.

### Rökdykargruppens sammansättning

AFS 1995:1 upplevs av många som mycket styrande för hur en rökdykarinsats ska genomföras. Kraven på att rökdykarna arbetar parvis i normalfallet, tillgång till rökdykarledare (får ej användas till andra arbetsuppgifter), räddningsledare ska finnas och rökdykargruppen ska ha säker tillgång till släckvatten. Detta ger miniminivån 1+4 för att självständigt utföra en normal rökdykning. Detta har också gjort att 1+4 nästan blivit en vedertagen dimensionering av en räddningsstyrka, vilket kanske inte varit tanken.

Vid behov skulle rökdykargruppen kunna förstärkas vid olika byggnads- eller insatstyper. (Enligt uppgift använder många kårer i USA 3 man i rökdykargruppen vid vissa typer av byggnader). Ibland 3 man vid insats med TFT-strålrör (Stockholm m.fl.), vid insats med IR-kamera (Södertörn).

Måste man alltid jobba parvis? Beroende på situation kan det kanske vara enklare att arbeta med en ensam rökdykare inne, med bättre backup utanför. Överhuvudtaget ha en större flexibilitet att dimensionera rökdykargruppen beroende på situationen.

Är organisationen med en rökdykarledare riktig? Skall detta arbete i ett tidigare skede delas upp på protokollande mm på en person och en ren säkerhetsman som bara stöttar rökdykargruppen?

Bör man ha olika nivåer/krav på rökdykarna beroende på den riskbild man har inom kommunen? Många anser att dagens minimikrav (fysik, utbildning, återkommande övningar) är för låga med tanke på de risker man möter. Många kårer har också en högre ambitionsnivå än vad som är beskrivet i AFS:en. Borde man då ha en kravnivå för rökdykning i villa/lägenhet/mindre

industrier och t.ex. en högre kravnivå för rökdykning i speciella objekt? Detta förekommer i viss utsträckning redan idag, t.ex många kårer har högre krav på den ena personen i ett rökdykarpar (två nybörjare paras inte ihop).

Resonemanget ovan kan även överensstämma med grundtanken i det nya utbildningssystemet som är under uppbyggnad. Alla brandmän får en gemensam basnivå via preparand- och grundutbildning för att sedan vid behov gå vidare med påbyggnadskurser i rökdykning respektive brandteori - brandförlopp. Här borde man också kunna väva in påbyggnadsutbildningar till rökdykarledare, kontrollant mm.

## Informationsbehov, mm

Redan i dagens läge är det oerhört stora mängder information som ska tas i och bearbetas på olika sätt via hörsel (muntligt, via radio, lyssna av andra ljud, mm) via synen (läsa byggnaden, brandgaser, mm) och känslan. Vi har redan idag frågetecken kring den mängd information som tillförs och som ska bearbetas. Behövs det t.ex. föras ett rökdykarprotokoll vid en insatt rökdykargrupp? Det står i de flesta rökdykarinstruktioner att så skall ske, men det blir inte så många protokoll skrivna. Vissa kårer har helt tagit bort detta ur sin instruktion, andra har kravet kvar vid fler än en insatt grupp. Om det behövs, vem ska föra protokoll? Som idag RDL med masken på? Pumpschötaren? Hur kan detta förenklas?

Rökdykaren har idag möjlighet att få information presenterad i masken till andningsapparaten i form av lysdioder för tryck i flaskpaketet. Beroende på vilken nivå trycket har så lyser de olika dioderna. Andra tillverkare har motsvarande eller andra lösningar på gång, klart är att tillgänglig informationsmängd kommer att öka.

Inom ett antal pågående projekt har man dessutom planerat att tillföra ytterligare en hel del information till i första hand rökdykarna och rökdykarledaren bl.a. genom olika automatiska varningar - säker vattengivning, fysisk status i realtid, IR-kamera för rökdykarledaren. All denna ytterligare information presenteras på olika sätt där det är mycket viktigt att samordna detta och prioritera bland informationen så att den hamnar dels hos rätt person och dels blir uppmärksammas.

En studie där man gör en avvägning av informationsmängder till:

- rökdykarna
- rökdykarledare
- pumpschötare
- räddningsledare/annat befäl
- rökdykarkontrollant

vore mycket önskvärd. Vilken information ska till vem? Hur mycket information ska presenteras?

Utöver den information som ska presenteras för olika personer kan det finnas ett behov att logga många andra uppgifter för att senare kunna bearbeta vid en eventuell utredning av insatsen. Detta bör också beaktas, men inte blandas ihop med den information som ska presenteras under pågående insats.

## Information - presentation, teknik

När det gäller själva överföringstekniken för data och olika sätt att presentera informationen finns en hel del att studera vidare. Utvecklingen inom detta område är också mycket snabb.

Vid Uppsala Brandförsvaret tog man för ett antal år sedan fram en dator för att underlätta arbetet för rökdykarkontrollanten med bl.a. färdiga streckkoder för olika rökdykargrupper, olika moment mm. Tanken var framförallt att det skulle vara ett stöd under insatsen, men även loggning av data för dokumentation och senare bearbetning. Tankar fanns också på att i anslutning till detta genomföra en särskild rökdykarkontrollantutbildning, men detta slutfördes inte.

Det finns andra sätt att underlätta informationspresentationen;

- Det finns utrustningar som med hjälp av en IR-kamera skapar en bild som presenteras på en bildskärm som fälls ned framför ögonen respektive projiceras vid näsan.
- Med en digital insatsplan tillsammans med andra hjälpmedel för lokalisering/ positionering kan man t.o.m. få sin egen position på insatsplanen presenterad direkt framför ögat.
- I projektet "Förbättrat seende i brandrök" har Bo Persson, m fl funnit att bilden som skall visas för rökdykaren oavsett sensorer skall initialt läggas ovanför rökdykarens vanliga synfält.
- Använda pekskärmar till rökdykarledare, kontrollant
- Röststyrd utrustning

Ovanstående är några exempel på saker att studera som kan göra informations-presentationen och bearbetningen lättare och snabbare. Den snabba utvecklingen gör också att det kan dyka upp helt nya tekniker, endast fantasin sätter gränser. Hårdvaran för det mesta finns redan idag framme, även om den ständigt förbättras. Det som kan ta tid (och pengar) är att utveckla rätt mjukvara.

Ett önskemål från projektet "Förbättrat seende i brandrök" är att göra en studie av hur brandmän under arbete uppfattar olika sorters information och presentationssätt för att utröna vilka faktorer som är viktiga vad gäller synergonomin vid rökdykning. Om möjligt bör studien delas upp på krävande och icke krävande rökdykning.

Ett annat önskemål från Bosse är att skapa en testutrustning för rökdykare för all den nya teknik som kommer. Detta är också ett angeläget önskemål i

flera andra projekt. Även om inte alla projekt är klara eller att vi inte vet exakt vad som ska finnas med i slutändan så bör vi komma igång med prototypen dels för att designa och utvärdera teknik, samordning av olika önskemål från olika projekt och inte minst i förevisningssyfte så att ny teknik så småningom accepteras enklare.

## Sökmetoder i stora lokaler

Ett ofta återkommande önskemål om utveckling är olika sätt att söka av större lokaler och att organisera denna insats på ett effektivt sätt. Flera kårer, bl.a. Södra Roslagen, Stockholm, Göteborg och Uppsala har genomfört en del försök /övningar med olika modeller, vidare finns i Birger Lennmalms projekt (se tidigare avsnitt) en del förslag inom detta område. ”Skarpa” erfarenheter av stora sök saknas i stort sett i Sverige, men erfarenheter och genomtänkta modeller för detta och lär finnas utomlands.

Hur man arbetar med lina för att underlätta sökarbetet, snabba på avlösningar, mm - här finns också förmodligen mycket att hämta internationellt.

## Förslag, önskemål nya projekt - ej prioriterat

En sammanställning av önskemål om utveckling/projekt från kårer, m.fl. Dessa önskemål är inte berörda tidigare i diskussionskapitlet.

### Utveckling av dagens utrustning

Andningsapparat, hjälmar, handskar, handlampa

Integrering hjälm - andningsmask - radio

Utveckling strålrör enklare, lättare, bättre

Rökdykarradio bättre (säkrare) funktion

Rökdykarradio bättre röststyrning

### Förflyttning, lyftteknik

Krypa/gå, förflyttning i dålig sikt

Plocka ut folk

Öva lyftteknik!

Lyfthjälpmedel

Kamraträddning

(I Södertörns Brandman 2000 finns en början)

## Förbättrat seende i brandrök

Bättre IR-teknik, kunna läsa temperatur, mm i brandgaser

Lättare, mer fältmässiga kameror

Handburen kontra hjälmintegrerad kamera

Jämföra tidsåtgång vid långa inträngningsvägar med/utan IR, kunna visa på vinsterna!

IR-kameran för rökdykarledaren, utveckling av praktiska metoder

Intelligent belysning, utveckla vidare

"Intelligent kamera" (nära IR-kännande kamerateknik, medelvärdesbildande kamerateknik, ljuskänslig kamerateknik)

mm-Radar, "Gated viewing", NVG

## Standardrutiner/andra rutiner

Angrepp över stege/balkong - reträttväg?, baspunkt?

Slangutläggning - dubbelrullad, i trapphus, ... - tidsstudier

Märkning av slang

Organisation hög riskmiljö

## Långa inträngningsvägar

Tumregel MPa luft per m inträngningsväg

Återtåg när?

Transport i rökfylld miljö - ej rökdykning

Luftdepåer?

Ofta bekymmer med radiokommunikation. Läckande kabel (motsvarande) finns ju vid fasta installationer. Kan man själv lägga ut, alternativt ihop med slangen, linan?

## Utbildning, mm

Likrikta utbildningen vid i första hand skolorna, därefter kommer kårerna

Samlat utbildningsmaterial, nomenklatur - Stockholm

Kravspekifikation på rökdykarledare, (RD-kontrollant) Vissa räddningstjänster har krav på förmansutbildning, vissa har lokal utbildning av varierande omfång, andra ingenting

Särskild rökdykarledarutbildning (hos SRV)

Särskild rökdykarkontrollantutbildning

## Övrigt

Indikera förestående ”övertändning” - teknik

Ta vara på statistiken från insatsrapporteringen, arbetsskador, mm. Gå även igenom det material som finns sedan tidigare - fritexter

Skapa forum för informationsutbyte om teknikutveckling, t.ex. via internet

# Litteraturförteckning

- AFS 1995:1 Rökdykning. Arbetarskyddsstyrelsen, 1995
- AFS 1986:6 Rökdykning. Arbetarskyddsstyrelsen, 1986
- Rapport S 1996:1 B Rökdykarolycka ombord MV Baltic Link den 3 oktober 1993 i Storugns hamn, Gotland, I län. Statens haverikommission, 1996
- Rapport O 1993:3 Brand 1992-07-07 i Bro Centrum, Upplands-Bro kommun, AB län. Statens haverikommission, 1993
- Rapport O 1994:1 Brand den 30 november 1991 i ABB Relays AB:s lokaler i Västerås, U län. Statens haverikommission, 1994
- Rapport O 1994:2 Brand den 27 september 1990 John Wall AB i Stockholm, AB län. Statens haverikommission, 1996
- Dödsolycka i samband med rökdykning i Olofströms kommun R616-1/95. Intern rapport SRV, 1995
- Tryckförluster i kopplingar för brandslang 38/42 mm R53-125/95. SRV, 1995
- Försök med högtryckssläckning P21-196/97. SRV 1997
- Pulver som försthandsinsats mot rumsbränder, Anders Ryderman. Statens Provningsanstalt, 1986
- Forcering av säkerhetsdörrar P21-224/98. SRV, 1998
- IR-kamera för rökdykning; en studie av fyra kameror, förslag till framtida testmetod samt arbetssätt och säkerhet vid rökdykning R53-157/96. SRV, 1996
- Förbättrat seende i brandrök. En kondenserad arbetsrapport för delprojektet: IR-kameran för rökdykarledaren. SRV, 1997
- Fenomenen övertändning, backdraft och brandgasexplosion P21-185/97. SRV, 1997
- Rök- och kemdykning, Malmsten/Rosander. SBF, 1997
- Räddningstjänst vid industribränder, Birger Lennmalm Brand & Riskteknik AB, 1993
- Brandman 2000 Rapport 1996:1 Ett projekt inom internkontroll som utifrån arbetsteknik och fysiska krav vill tillgodose rökdykarens krav på kvalitet i arbetet, Räddningstjänsten i Region Syd, 1996