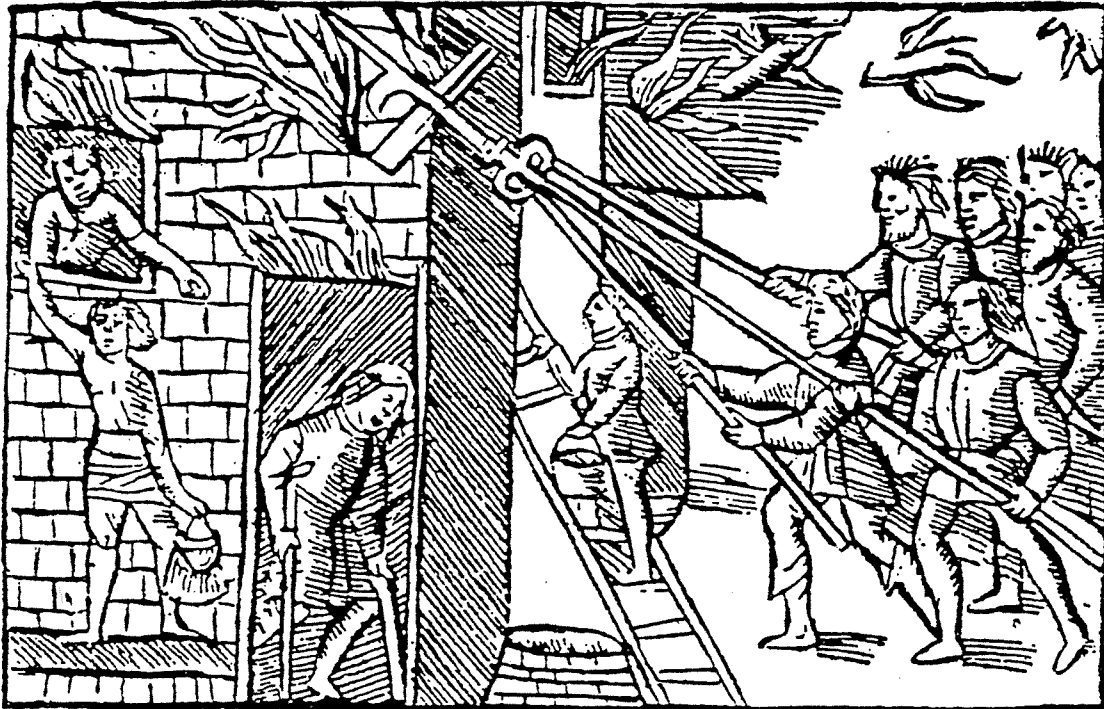


IVL RAPPORT



Brandmännens arbetsmiljö

**Kemiska hälsorisker
och förslag till åtgärder**



**RÄDDNINGSG
VERKET**

IVL RAPPORT

Leif Bengtsson och Ann-Beth Antonsson

**Rapporten har ställts till
Räddningsverkets förfogande för
mångfaldigande och distribution**

1993 Statens räddningsverk
Räddningstjänstavdelningen

Beställningsnr R49-101/93

IVL

Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning
Swedish Environmental Research Institute

Organisation/Organization Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning	RAPPORTSAMMANFATTNING Report Summary
Adress/Address Box 21060 100 31 STOCKHOLM	Projekttitel/Project title
Telefonnr/Telephone 08-729 15 00	Anslagsgivare för projektet/Project sponsor Arbetsmiljöfonden, D-nr 89-1241
Rapportförfattare, author Leif Bengtsson och Ann-Beth Antonsson	
Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report Brandmännens arbetsmiljö - Kemiska hälsoisker och förslag till åtgärder. Firefighters work environment - Chemical hazards and control measures	
Sammanfattning/Summary Kartläggningen av brandmännens arbetsmiljö har gjorts med tre metoder: 1. Intervjuer av enskilda brandmän 2 Litteraturstudie främst om brandgasers kemi och toxikologi 3. Mätningar av och litteraturstudier om kolmonoxid. <u>Intervjuerna</u> omfattade alla typer av arbetsmiljöproblem med de olika arbetsuppgifter en brandman har och skyddsutrustningen som används. <u>Litteraturstudien</u> visade att miljön på en brandplats kan variera avsevärt med avseende på förekomst och halter av olika ämnen. De olika ämnena har olika giftverkan, en del är kvävande (t.ex. kolmonoxid, cyanväte) andra är irriterande (t.ex. akrolein, saltsyra). I brandrök förekommer ämnen som är cancerframkallande (bensen och polyaromatiska kolväten, PAH). Medicinska undersökningar visar på försämrad lungfunktion, liten ökning i dödlighet i vissa cancersjukdomar samt påverkan på fortplantningsförmågan bland manlig brandpersonal. <u>Mätningarna</u> omfattade bestämning av kolmonoxid i blodet hos brandmän, före och efter arbete på brandplatser samt personburna kontinuerliga mätningar under brandplatsarbete. Mätningarna visade att exponeringen för kolmonoxid kan variera avsevärt mellan olika bränder och mellan olika arbetsuppgifter. Vid mark- och skogsbränder var exponering för kolmonoxid låg. Högst exponering uppmättes vid arbete inomhus. I rapporten föreslås bl.a. följande åtgärder: <u>-tryckluftsapparat</u> bör användas i större utsträckning även då röken inte är så irriterande. <u>-brandmännens kunskaper</u> om brandgasers kemi och toxikologi bör fördjupas- <u>gravida</u> kvinnliga brandmän bör undvika att exponeras för brandrök. <u>-vissa arbetsmoment</u> bör övas mer tex nertagning av stormskadade träd, arbete med motordrivna verktyg och halkkörning med fordon. <u>-exponeringen för motoravgaser</u> från fordon och verktyg kan minskas med avgasutsug i vagnhallar, användning av motorvärmare och "miljövänliga bränslen", avgasrör på fordon och pumpar som mynnar högt samt arbetsrotation för pumpskötare. Behov att fortsatt forskning och utveckling: Filtermask i kombination med ett kolmonoxidvarnare kan vara ett komplement till tryckluftsapparaten vid arbete med lite rök t ex vid mark- och skogsbränder och vid eftersläckning. Filter och varnare bör testas om de uppfyller de säkerhetskrav man måste ställa om de skall kunna användas av brandmän. Utveckling av verktyg, hjälpmedel och arbetsmetoder behövs för tex håltagning i väggar och tak.	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område, näringsgren eller vattendrag/Keywords brandmän, brandrök, arbetsmiljö, kolmonoxid firefighters, smoke, work environment, carbon monoxide	
Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data IVL Rapport B 1073	
Beställningsadress för rapporten/Ordering address IVL, Biblioteket, Box 21060, S-100 31 Stockholm, Sweden	

SUMMARY

This study on fire-fighters work environment has been made by three methods: 1. Interviews of fire-fighters at five different stations, 2. Literature study about chemistry and toxicology of fire smoke, 3. Measurements of and literature study about carbon monoxide. The Interviews included all kind of work tasks a fire-fighter may have and the protective equipment. The literature study evinced that the environment at a fire place may vary considerably regarding presence and concentrations of different substances. The substances have different toxicity, some are asphyxiating (e.g. carbon monoxide, hydrogen cyanide), irritating (e.g. akrolein, hydrogen chloride). Some of the substances in fire smoke are carcinogenic (e.g. benzene, polyaromatic hydrocarbons PAH). Medical studies show decreased lung function, a slight increase of mortality in some kinds of cancer and effect on the reproduction among male fire-fighters (birth defects among offspring of firemen).

The measurements included concentration of carboxy haemoglobin (COHb) among fire fighters before and after work at fire places and exposures during work at fire places. The measures showed that the exposure of carbon monoxide may differ considerably from one fire to another. At fires outdoors e.g. in forests the exposures were relatively low. The highest exposures were measured at fire indoors.

The following control measures are suggested: The self contained air breathing apparatus (SCBA) should be used more often, not only when the smoke is much irritating. The knowledge of fire fighters regarding the chemistry and toxicology of fire gases should be increased. Pregnant personnel should not be exposed to fire smoke. Some work tasks should be more practised: e.g. felling trees, work with motorised tools and driving vehicle on slippery roads. The exposure to exhaust from engines, may be reduced by exhaust suction fans in the garages, use of engine pre-heater, special fuel, exhaust pipes with the orifice distanced from the persons and task rotation among personnel working close to engines. Filter respirator combined with a carbon monoxide warning equipment may be a complement to the SCBA at work at fire places with little smoke e.g. fires outdoors such as in forests and at the final extinction of a fire. Filters and warners must be tested if they fulfil the requirements to be used at fire places. New, suitable tools, aids and work methods for different work tasks at fire places should be developed.

INNEHÅLL

Förord	1
1. Bakgrund	2
2. Mål	2
3. Metod	2
3.1. Intervjuer	3
3.2. Litteraturstudie.....	3
3.3. Egna mätningar.....	3
4. Vad gör en brandman? -Resultat från intervjuerna	4
4.1. Allmänt.....	4
4.2. Övningar.....	5
4.3. Fysisk träning.....	5
4.4. Utryckningar	6
4.5. Brandmännens synpunkter på sin arbetsmiljö och säkerhetsregler..	8
4.6. Skyddsutrustning	9
5. Vad exponeras en brandman för? Resultat från en litteraturstudie.....	12
5.1. Allmänt.....	12
5.2. Brandrök- uppkomst och kemi	13
5.3. Medicinska undersökningar	16
5.4. De ur hälsosynpunkt viktigaste ämnena i brandrök	18
5.5. Kemikalieolyckor	25
5.6. Avgaser från bensen- och dieselmotorer.....	25
5.7. Sammanfattning- risker med brandgaser.....	27
6. Brandmännens exponering för kolmonoxid-Resultat från egna mätningar och litteratur	29
6.1. Mätning av kolmonoxid i utandningsluften (COHb)	29
6.2. Kontinuerlig personburen mätning av kolmonoxid vid arbete på brandplatser	32
6.3. Mätning av partikelhalten (rök).....	34
7. Diskussion och åtgärder	35
8. Behov av fortsatt forskning och utveckling.....	36
Referenser	39

Bilaga 1. Mätmetoder

Bilaga 2. Uppmätta halter toxiska ämnen på brandplatser, litteraturuppgifter

Bilaga 3. Resultat. Mätning av kolmonoxid i blod

Bilaga 4. Resultat. Personburen mätning av kolmonoxid under arbete i olika miljöer

Förord

Projektet "Brandmännens arbetsmiljö- Kemiska hälsorisker och förslag till åtgärder" hade inte gått att genomföra utan hjälp från alla de 14 räddningsstationer som varit med och planerat och genomfört mätningarna och ställt upp på intervjuerna samt de som hjälpt till med att ta fram litteratur och annan information.

Till projektet har en referensgrupp varit knuten. Referensgruppens sammansättning har varit:

Gabriella Balodis, Arbetarskyddsstyrelsen

Ingvar Hansson, Räddningsverket

Leena Kuuva-Matsåker, Järfälla företagshälsovård

Tore Lundmark, Kommunförbundet

Jan Mansfeld/Mats Berglund, Brandförvarsföreningen

Leif Svensson, Kommunalarbetareförbundet

Referensgruppen har under projektet kommit med många goda idéer och uppslag och varit till stor hjälp vid projektets genomförande.

Vi vill rikta ett tack till alla er som varit med och hjälpt till med arbetet med projektet

Leif Bengtsson och Ann-Beth Antonsson

1. BAKGRUND

Att vara brandman är att ha ett ur arbetsmiljösynpunkt svårt och krävande yrke. Förutom exponering för flera gas- och partikelformiga förbränningsprodukter utsätts brandmannen också för hetta och buller samt extremt svåra och psykiskt och fysiskt krävande arbetsuppgifter. Arbete med tunga tryckluftsapparater gör inte arbetet lättare. Utvecklingen av tryckluftsapparater med säkerhetstryck har avsevärt förbättrat brandmannens skydd och förmåga att arbeta i svåra miljöer. Tryckluftsapparat kan bara användas under begränsad tid och är tung att bära och används därför sällan när det inte anses nödvändigt. Halten luftföroreningar på en brandplats kan dock vara betydande även då man inte upplever röken som så besvärande och därför inte använder tryckluftsapparat. Användning av enklare och lättare andningsskydd (filterskydd) under vissa arbetsuppgifter kan därför vara ett bra komplement, men det akut mest hälsofarliga ämnet i brandrök, kolmonoxid kan inte avskiljas i filter.

2. MÅL

Målet med projektet "Brandmännens arbetsmiljö-En åtgärdsinriktad kartläggning av kemiska risker" är att identifiera de kemiska hälsorisker en brandman kan utsättas för i olika miljöer, samt föreslå åtgärder som minskar riskerna. Rökdykning berörs inte speciellt i rapporten eftersom det undersökts tidigare (1, 2). Projektet omfattar även andra yrkesgrupper som kan utsättas för brandrök. Företag med egna brandförsvår omfattas också av studien.

Främst studeras de kemiska riskerna vid brandröksexponering under olika faser av släckningsarbetet. Detta kan vara brandröksexponering vid sidan av en brandplats eller under eftersläckning och städning på en brandplats. De kemiska riskerna vid sidan av brandplatsen berör brandmän med speciella arbetsuppgifter, t ex pumpsötare och arbetsledare men även andra yrkesgrupper t ex poliser och ambulanspersonal. Vid städning och röjning efter en brand kan saneringspersonal, restvärdespersonal och fastighetsägare utsättas för de kemiska ämnen som uppstått vid branden. Kemiska risker vid kemikalieolyckor samt exponering för avgaser från förbränningsmotorer berörs också. Andra risker i brandmansyrket som framkommit under projektet gång redovisas också.

3. METOD

Projektet består av 3 delar

1. *Intervjuer*

2. *Litteraturstudier*

3. *Egna mätningar*

3.1. Intervjuer

För att få en övergripande bild av brandmannens arbete och de risker han är utsatt för under arbetet intervjuades 10 brandmän. Frågorna inriktades mot de kemiska riskerna.

Intervjuerna gjordes på fem räddningsstationer av varierande storlek. Två personer intervjuats på varje station. Två av stationerna var mindre med övervägande deltidbrandmän och de andra tre hade endast heltidsbrandmän. En av stationerna med heltidsbrandmän var belägen i ett område med huvudsakligen landsbygd och förorter. En station var belägen i en stad med industrier med mycket kemikaliehantering och hade därför ökad beredskap mot kemikalieolyckor. En av stationerna var mycket stor och belägen i en storstad. Av de intervjuade var 3 deltidbrandmän och 7 heltidsbrandmän. Av heltidsbrandmännen var en brandinspektör och hade ansvar för intern utbildning och planering samt ansvar för extern utbildning. En brandman fungerade som tillförordnad brandmästare och en var vattendykare. Två av de intervjuade var skyddsombud. Frågorna i intervjuerna rörde arbetsuppgifter på stationen och vid utryckningar, risker vid olika typer av arbete, skyddsutrustning mm. Svaren var likartade från samtliga brandmän, men erfarenheterna från olika arbetsuppgifter varierade. Utöver intervjuerna gjordes studiebesök på räddningsstationer i Stockholmsregionen. Arbetet vid fem brandplatser studerades under projektets gång. Ett besök på en övningsanläggning gjordes också.

3.2. Litteraturstudie

Kartläggningen av de kemiska riskerna gjordes med en omfattande litteraturstudie som grund. Tyngdpunkten i litteraturstudien är förekomst och halter av hälsovådliga ämnen i brandrök samt hälsoeffekterna av dessa. Sökning av litteratur på området har gjorts via arbetsmiljödatabaserna i Medlars-vid-MIC på Karolinska Institutet i Solna.

3.3. Egna mätningar

Brandmännen exponering för brandgaser har undersökts dels genom mätning av kolmonoxid i blodet (COHb) före och efter släckinsatser och genom direkt mätning av brandmäns exponering för kolmonoxid under olika arbetsuppgifter (ej rökdykning) på brandplatser och vid övningstillfällen. Även mätningar av partikelhalten i luften vid en övningsanläggning har gjorts. Detaljerad beskrivning av mätmetoderna finns i bilaga 1.

Mätningarna är gjorda för att komplettera uppgifterna i litteraturen bl a vad avser svenska förhållanden.

Vi har valt att mäta kolmonoxidexponeringen då kolmonoxid anses stå för den allvarligaste hälsoriskerna vid brandröksexponering. Kolmonoxid förekommer dessutom alltid i samband med bränder. Kolmonoxidupptaget säger dock ingenting om exponeringen för andra ämnen som kan finnas i brandrök. I Sven Bergs undersökning "Kemisk analys av brandgaser" (19) beskrivs hur halten kolmonoxid varierar med halten av andra ämnen. Koldioxidhalten är ungefär 10 ggr större än halten kolmonoxid. Halten metan är ungefär 1/10 av halten kolmonoxid. Undersökningen visar också att ju

högre kolmonoxidhalten är, ju högre är halten av kolväten med mellan 3 och 10 kolatomer. Det senare sambandet är osäkrare än de två första. Många ämnen som förekommer i lägre halter i brandröken har sannolikt inget samband med förekomsten av kolmonoxid. En del av de hälsovådliga ämnen som förekommer i brandrök är direkt beroende av att det finns specifika material i branden t ex klorerade kolväten eller metaller. Halten kolmonoxid kan därför vara en missvisande faktor för att påvisa brandrökens giftighet. En användbar standard för mätning av de luftföroreningar som en brandman utsätts för finns inte idag.

Mätmetoderna som använts är relativt enkla och har därför kunnats genomföras av brandpersonalen själv ute på stationerna efter en kortare instruktion.

4. VAD GÖR EN BRANDMAN? -RESULTAT FRÅN INTERVJUERNA

4.1. Allmänt

Räddningsstationer är olika organiserade beroende på storlek. På de mindre stationerna finns i regel dels brandmän som arbetar heltid dels brandmän som arbetar deltid. Deltidsbrandmännen deltar vid fortbildning och rycker ut vid larm. Vid de större stationerna är vanligen alla brandmän heltidsarbetande. I organisationen på en räddningsstation finns också brandförmän, brandmästare och på större stationer överbrandmästare och brandingenjörer. Brandmän arbetar normalt i skift, för att kunna hålla beredskap. Ett skift börjar i regel med översyn och underhåll av utrustning t ex fordon, brandmaterial, rökskydd, radioutrustning mm. Ofta har man resurser på stationen för att göra mindre reparationer och kompletteringar av utrustningen. Det kan röra sig om snickeriarbeten, mekaniskt verkstadsarbete svetsning mm. Städning av lokalerna på stationen, slangtvätt mm förekommer också. En del av tiden på stationen används för fortbildning om olika arbetsmoment. Brandförmän, brandmästare och brandingenjörer arbetar också med utbildning, planeringsfrågor och andra skrivbordsarbeten. Förebyggande brandskyddsarbete är en stor del i arbetet på en räddningsstation. På större stationer finns personal som i stort sett bara arbetar med detta. På mindre stationer är det ofta brandchef eller räddningschef som arbetar med detta. Personal från räddningsstationen deltar också i brandsynsarbete och orienterande besök på företag och i andra lokaler.

Lokalerna på stationen kan vara av varierande standard, t ex kan en del verkstäder och andra arbetsplatser kännas trånga och svetsarbetsplatser ha undermålig ventilation. Det kanske vanligaste arbetsmiljöproblemet på stationerna är avgaserna i vagnhallarna. På många stationer finns avgasutsug som kopplas till fordonens avgasrör. Erfarenheterna av dessa utsug varierar beroende på hur behändiga de är att använda och hur effektivt de anses fungera.

4.2. Övningar

En viktig del av arbetet som brandman är övningar. Övningarna omfattar rökdykning, brandsläckning och kemdykning, arbete med speciell utrustning, livräddning mm. Under kontrollerade former är riskerna för olyckor under övningarna små, men olyckor t ex att någon halkar eller bränner sig inträffar ibland. Då förhållandena vid övningarna är kontrollerade och planerade är det relativt enkelt att förbereda användningen av personlig skyddsutrustning. Övningar då man har någonting som brinner och bildar rök, t ex vid rökdykarövningar innebär att personalen riskerar att utsättas för brandrök. En svensk studie har konstaterat lungfunktionssänkning hos brandmän som övat rökdykning (se vidare avsnitt 6.2.1). Övning i s k övertändningssimulator är vanligt. Övertändning innebär att brännbara gaser som bildats vid en brand, antänds och i det värsta fallet ger en explosionsartad brand med mycket kraftig värmeutveckling. En typisk övertändningssimulator består av två transportcontainrar av stål. Den ena containern utgör det egentliga brandrummet och den andra ett observationsrum i vilket utbildningsledaren och personerna som undervisas befinner sig. Brandrummets väggar och tak är beklädda med brännbart material, som efter antändning bildar ett brinnande gaslager i simulatorn. Övning i simulatorn ger en praktisk erfarenhet av initialbrandens tillväxt och övergången till en total rumsbrand. Man får också tillfälle att öva metoder för begränsning och släckning av rumsbränder. Man lär sig även betydelsen av ändamålsenlig och tillräcklig skyddsutrustning.

Halten skadliga brandgaser i en övertändningssimulator kan bli betydande. Vid mätningar gjorda i övertändningssimulatorer har halter på upp till 5 vol-% (50 000 ppm) kolmonoxid uppmätts (3). Vid så höga halter är kolmonoxid akut livshotande och tryckluftsapparat helt nödvändig.

Rökdykningsövningar med teaterrök förekommer också. Dessa kan genomföras vid rumstemperatur eller i uppvärmda lokaler. På marknaden finns en rad olika typer av teaterrök. Vanliga är glycerol och propylenglykol. Röken består av små droppar som svävar fritt i luften. Ämnena som ingår i röken ger i sig själv inga allvarliga hälsoeffekter, men röken kan vid inandning ge irritation i andningsvägarna speciellt vid upprepad exponering. Om luften i övningslokalen värms upp kontinuerligt med teaterrök närvarande, kan termiska nedbrytningsprodukter av teaterröken bildas. Dessa nedbrytningsprodukter kan vara mer hälsovådliga än röken i sig själv. Brandpersonal som exponeras för teaterrök vid övningar bör skydda sig med ett andningsskydd med partikelfilter. Idag används andningsskydd sällan vid användning av teaterrök förutom av de som övar användning av tryckluftsapparat.

4.3. Fysisk träning

De höga fysiska krav som ställs på en brandman och speciellt rökdykare upprätthålls bland annat genom fysisk träning varje arbetspass. Denna träning kan bestå i löpning, simning, fotboll, innebandy mm. De flesta av brandmännens arbetsskador inträffar just vid den fysiska träningen. Förslitningsskador t ex försliten höftled är vanligare bland brandmän än hos många andra yrkesgrupper och tros bero på den fysiska träningen (4).

På vissa kårer har man därför minskat övningar med mycket kroppskontakt och ryckiga rörelser t ex fotboll och innebandy och ersatt det med mer skonsamma övningar som t ex fristående gymnastik och simning. Detta är något som diskuteras livligt på många av brandkårerna. Små och trånga gymnastikhallar får också ta en del av skulden för de många skadorna vid t ex fotboll.

4.4. Utryckningar

En brandmans uppgifter vid utryckningar innefattar en rad svåra och krävande uppgifter.

De flesta utryckningar innebär att utryckningsfordon så snabbt som möjligt körs till olycksplatsen. I stadstrafik kan det vara besvärligt och kräver vana förare. Detta gäller speciellt stora fordon som inte används så ofta vid utryckningar. Regelbundna körövningar t ex halkkörning kan vara värdefulla och öka säkerheten vid utryckningar. Hur ofta man övar halkkörning varierar mellan olika stationer.

-brandsläckning i byggnader t ex vindsutrymmen, källare, lägenheter, villor, industrier, vårdhem, hotell osv. Brandplatsarbetet kan indelas i tre faser; livräddning, släckning och eftersläckning. Uppgifterna på brandplatsen kan omfatta livräddning, stegresning, undersökning, släckning, slangdragning, ventilation och utvädring mm. Ofta krävs rökdykarinsatser. Rökdykning är den mest kritiska arbetsuppgiften för en brandman och är reglerad i en kungörelse från Arbetskyddsstyrelsen "Rökdykning" AFS 1986:6 (5).

Vid intervjuerna framkom att brandmännen ofta upplever att de efter arbete på brandplats, trots att de använt tryckluftsapparat då det varit mest rökutveckling, har irritationer i andningsvägarna med hosta. En kategori av brandmän exponeras för mycket brandgaser, är rökdykarledaren, som befinner sig i baspunkten under rökdykarinsatsen. Hans uppgift är bl a att undsätta de två rökdykarna, om så skulle behövas. Rökdykarledaren har alltid tryckluftsapparat med, men använder den sällan för eget bruk, utan har den i beredskap om han skulle behöva undsätta någon av rökdykarna. Vid vissa stationer har rökdykarledaren med sig två luftpaket, ett som han använder hela tiden för eget bruk och ett i reserv.

När de akuta räddningsinsatserna och branden är under kontroll börjar arbetet med att släcka återstående brand och glödhärdar samt att vädra ut rökfyllda utrymmen och städa upp. Man försöker då också rädda återstående värden. Denna fas vid släckningen brukar kallas eftersläckning. Arbetstempot är lägre under eftersläckningen än under räddnings- och släckningsarbetet. Om släckningen varat en längre tid händer det ofta att annan personal, ibland från andra räddningsstationer tar över arbetet vid eftersläckningen. Riskerna vid eftersläckningen bedöms inte vara lika allvarliga som vid släckningsarbetet även om rökutvecklingen och kolmonoxidhalten fortfarande kan vara betydande. Andningsskydd används sällan vid eftersläckning, eftersom risken att andas in hälsovådliga ämnen bedöms som mindre än vid släckningsarbetet. Tryckluftsapparaternas tyngd (~19 kg) och begränsade aktionstid (30-45 min) är andra anledningar att inte använda dem vid eftersläckningen, som ibland kan vara i flera

timmar. Eftersläckningsarbetet tar längre tid idag än för några decennier sedan då räddningen av restvärden fått större betydelse.

Många av brandmännens arbetsuppgifter vid utryckningar är riskfyllda. De risker som brandmännen själv tycker är störst är i samband med rökdykning (övertändning, ras, exploderande gasflaskor mm) Kraftig rökutveckling samt övertändning, d v s explosionsartad antändning av rökgaser anses vara risker även för de som arbetar vid sidan av branden. Man försöker alltid att om möjligt arbeta så att vinden blåser röken åt ett annat håll, men vinden kan vända och överraska. Vid sidan av branden använder man sällan andningsskydd då man vill kunna tala och röra sig fritt under arbetets gång.

Vid intervjuerna framkom att brandmännens kunskaper i brandgasers kemi och toxikologi var begränsade.

-släckning av mark- och skogsbränder kräver ofta långa insatser, ibland flera dagar. Många gånger är terrängen svårframkomlig och arbetet tungt. Ofta måste slangar dras långa sträckor. Mark- och skogsbränder inträffar oftast då det är varmt och torrt på sommaren. Tryckluftsapparat eller andra typer av andningsskydd används mycket sällan vid denna typ av bränder.

-räddningsarbete vid kemikalieolyckor. Kemikalieolyckor kan vara allt från läckage från mindre kärl till omfattande utsläpp av hälsofarliga kemikalier. De vanligaste kemikalieolyckorna är läckage från enskilda mindre kärl i industriföretag och vid transport av styckegods på väg och järnväg. Vid kemikalieolyckor vet man sällan vilken information om den aktuella kemikalien som finns vid olycksplatsen. I industrin finns ofta behövlig information men vid transporter, speciellt av styckegods är det sämre. Brandmännen känner en osäkerhet inför hotet om större kemikalieolyckor vilka dock är sällsynta. Rutin av arbete vid större kemolyckor och olyckor vid styckegodstransport av kemikalier saknas ofta.

-räddningsarbete vid trafikolyckor är den vanligaste arbetsuppgiften vid utryckning, vid många stationer. Arbetsuppgifterna vid trafikolycksplatser omfattar bl a släckning av brand och losstagnation av fastklämda personer. Losstagnationen görs ibland genom att plåten klipps upp. I en del fall måste fordonsvraket skäras upp med skärbrännare. Då måste åtgärder ha vidtagits för att förhindra brand. Ofta sprids skum på olycksplatsen för att förebygga brand.

Vid olyckor med skadade personer finns alltid risk för överföring av smittsamma sjukdomar. Det man är mest observant på är gulsot och HIV (det virus som ger AIDS). Om det förekommer skadade personer på en olycksplats arbetar man nästan alltid med skyddshandskar.

-sjöräddning i kustnära vatten och hamnar. Den kemiska exponeringen är främst för avgaser från motorer.

-vattendykarinsatser utförs endast av speciellt utbildade brandmän.

-oljeskadebekämpning i vatten och på land. Också här förekommer avgasexponering samt hudkontakt med olja. Vid hantering av olja används oftast skyddskläder, så att hudkontakten blir minimal.

-hjälp till personer i nödlägen t ex i hissar. Detta arbete anses inte innebära några särskilda risker.

-räddningsarbete i samband med ras och skred. Här finns risk för olycksfall, om räddningsarbetet t ex startar ett nytt ras.

-röjningsarbete av stormskadade träd o dyl. Nedtagning av träd är ett riskabelt arbete. Utbildning i hur detta arbete ska göras saknades nästan helt bland de intervjuade.

Utöver de ovan nämnda arbetsuppgifterna förekommer andra mindre vanliga uppgifter som t ex övervakning av offentliga tillställningar, djurräddning mm

4.5. Brandmännens synpunkter på sin arbetsmiljö och säkerhetsregler

I första hand vid olyckor där liv är i fara händer det att brandmännen ruckar på säkerhetsregler och tar risker. Det kan gälla t ex då ett fåtal brandmän kommer först till en brandplats och tvingas ta egna initiativ, t ex rökdykning, för att rädda inestängda personer, utan att i detalj kunna följa reglerna för rökdykning. Brandmännen motiverar detta med uttrycket "Nöd bryter lag". Vid vardagliga arbetsuppgifter då man bedömer att riskerna är små, slarvar man ofta med att följa uppsatta regler. De instruktioner som finns för rökdykning anses vara så viktiga att de följs noggrant. Vid en olycksplats följs inte alltid alla de regler och normer som gäller för arbete med den tekniska utrustningen. Det kan vara vid arbete med motorsågar och takarbete. Arbete med motorsågar är reglerat i Arbetarskyddstyrelsens kungörelse "Motorkedjesågar" (6).

Problem som uppmärksammats speciellt vid intervjuerna är arbete med verktyg på svåråtkomliga platser, speciellt med motordrivna verktyg t ex kedjesågar. Arbetet görs ibland stående på stege och ibland med tryckluftsapparat påsatt. Det innebär att arbetet är tungt. Arbete från stege innebär risk för fall, t ex om det blir kast på motorsågen. Arbete med såg görs säkrare från en hävare, men då kan det vara svårare att komma till. Vid intervjuerna framkom att det finns behov av utveckling av nya tekniska lösningar för att göra arbete med motordrivna verktyg på stegar och hävare mer säkert och bekvämt. Vid takarbeten kan det vara svårt att använda säkerhetslinor. Arbete på en olycks- eller brandplats kan innebära att man utsätts sig för starkt buller från motordrivna verktyg. Hörselskydd används sällan vid det arbetet då det hindrar kommunikation. Hörselskydd bör användas av de som sköter pumpar eller av annan anledning står i närheten av pumpar eller andra motorer som är igång under släckningsarbetet.

Den psykiska pressen under och efter olyckor med skadade och döda kan vara påfrestande. Tidigare har detta inte uppmärksammats men på senare år har man börjat med t ex samtalsgrupper efter stora olyckor. Detta upplevdes som mycket positivt bland de brandmän som intervjuades.

4.6. Skyddsutrustning

4.6.1. SKYDDSKLÄDSEL

De ofta krävande miljöer en brandman arbetar i kräver en personlig skyddsutrustning som fungerar väl i många olika situationer.

I en svensk sammanställning av brandmännens skyddskläder (7) punktas fem huvudfunktioner upp som krävs av en brandmans skyddsklädsel (larmställ). Dessa är att klädseln skall

- ge skydd*
- medge och underlätta prestation*
- vara komfortabel*
- medge underhåll och rengöring*
- ha ett acceptabelt utseende*

De intervjuade brandmännen var i stort sett nöjda med den befintliga skyddsutrustningen, men en del synpunkter kom fram. Problem med vissa delar av skyddsklädseln t ex handskar och stövlar påpekades. Kraven på dessa ställs högt då de skall kunna användas både varma sommardagar och kalla vinterdagar, samtidigt som de skall klara hetta och kyla samt tåla vatten. Viktigt är naturligtvis att de skyddar användaren mot framför allt hetta men även kyla, slag, penetration av vassa föremål, skärning, flammor och elektricitet. Handskarna ansågs ofta inte stå emot vatten i önskvärd grad.

De stövlar som används är oftast gummistövlar med ståltåhättor. Dessa kan ibland upplevas kalla på vintern vid längre arbeten utomhus. Vissa brandkårer har därför provat en varmare stövel av läder att ha på vintern vilken upplevts positivt. Ett problem vid arbete på brandplatser är att det ofta är halt på gata, is eller vatten. På någon kår har man provat stålbroddar, men de har upplevts som tunga och klumpiga och inte särskilt bra.

Vid vissa arbeten kan det vara nödvändigt att använda skydd för ögonen. Tillgängliga skyddsglasögon anses inte vara lämpliga. Visir på hjälmen anses vara det bästa alternativet men dagens hjälmar är inte anpassade för detta, eftersom visir gör dem framtunga.

Larmställ förekommer i huvudsak i två versioner i Sverige, overall eller rock och byxor. Båda upplevs som mycket bra och anses skydda bra mot flammor och värme. Synpunkter om att larmdräkten skyddar "för bra" har framförts, "När man känner hettan är det redan för sent!" Om larmstället ska fungera tillfredsställande skall ett torrt underställ av bomull användas. Vid larm som kommer under fysisk träning hinner brandmannen inte klä på sig torrt underställ utan har då fuktiga underkläder vilket försämrar skyddet mot hetta och kyla. Om larmställ ska fungera tillfredsställande krävs det, precis som för den övriga skyddsutrustningen, att de sköts och rengörs korrekt.

En förutsättning för att den personliga skyddsutrustningen skall fungera som det är tänkt, är att den används korrekt. Vanliga fel är t ex att hjälmens hakband inte används, att man arbetar utan handskar samt att man bär ett otillräckligt underställ. En komplett skyddsutrustning som är rätt buren och individuellt anpassad kan vara en förutsättning för ett fullgott arbete.

Impregnering av kläder förekommer, men har ej undersökts närmare i detta projekt.

Statens räddningsverk bedriver för tillfället ett utvecklingsprojekt "Räddningsbeklädnad 90" med målet att utveckla rekommendationer och råd för personlig skyddsbeklädnad inom räddningstjänsten.

4.6.2. *KEMSKYDDSDRÄKTER*

Vid olyckor då hälsovådliga kemikalier men ingen brand förekommer använder man speciella kemskyddsdräkter i kombination med tryckluftsapparat. Att arbeta i kemskyddsdräkt upplevs som mycket arbetsamt då det är tungt, klumpigt och varmt. För att underlätta användningen är det möjligt att ventiler dräkten med luft från tryckluftsapparatens luftpaket. Detta minskar dock aktionstiden för tryckluftsapparaten men det är av mindre betydelse då det inte är möjligt att arbeta med skyddsdräkten någon längre tid. Kemskyddsdräkter är tillverkade i ett material som blir skört då det kyls ner kraftigt t ex i kontakt med kondenserade gaser. För att skydda kemskyddsdräkten mot stark kyla kan man använda ett överdrag av mer kyltåligt material.

4.6.3. *ANDNINGSSKYDD*

I de fall man arbetar i miljöer med låg halt syre och/eller hög halt av giftiga gaser skall tryckluftsapparat användas. Den helt dominerande typen av andningsapparat är s k tryckluftsapparat med ett gasförråd av komprimerad luft på flaska. Syrgasapparater med gasförråd innehållande komprimerat syre förekommer också. Syrgasapparatens fördel är att den i förhållande till sin vikt erbjuder långa aktionstider. Den kräver dock mycket mer skötsel och underhåll än tryckluftsapparaten och har i regel fler tekniska och säkerhetsmässiga problem. Syrgasmasker kan t ex inte förses med säkerhetstryck (dvs övertryck av gas som läcker ut genom masken) eftersom syret reagerar med brännbara ämnen. Om en sådan reaktion skulle ske blir effekten brännskador i ansiktet på bäraren.

Ett av tryckluftsapparaternas nackdelar är att luftbehållarna är relativt tunga. En tryckluftsapparat med fyllda luftförråd väger ungefär 19 kg. En reduktion av vikten är därför önskvärd av fysiologiska och säkerhetsmässiga skäl. En utveckling av gasflaskor i s k kompositmaterial är på gång. I USA har kompositflaskor använts sedan början på 80-talet. En svensk kompositflaska är under utveckling. I Sverige, liksom i övriga Europa, finns för närvarande inga normer för godkännande av kompositflaskor. Om 3 till 5 år beräknas nya lättare flaskor finnas tillgängliga på marknaden. En tryckluftsapparat med kompositflaskor kommer troligen att väga under 12 kg (8).

För att tryckluftsapparaten skall ge ett fullgott skydd mot syrebrist och mot giftiga gaser är det viktigt att den används rätt. Apparaten måste då genomgå fullgott underhåll och måste vara avpassad efter användaren. Idag finns det genomarbetade rutiner för detta. Olyckor har dock skett då brandmän använt reservmask.

Det är också viktigt att masken bärs under hela tiden då luften innehåller höga halter av giftiga gaser. Undersökningar av halten kolmonoxidhemoglobin i blodet hos brandmän visar att brandmän i USA som burit mask hela tiden under en insats har låg halt kolmonoxidhemoglobin medan brandmän som burit mask delvis under insatsen haft högre halter än de som inte burit mask alls (46).

Användningen av andningsskydd diskuteras ofta bland brandmännen och en viss osäkerhet om när och hur ofta den bör användas.

Användningen av andningsskydd har diskuterats i en rad artiklar i tidningen Brand och Räddning (59, 60). Slutsatsen i artiklarna var att andningsskydd bör användas i större utsträckning vid brandplatsarbete och eftersläckning.

Tryckluftsapparaters funktion och underhåll finns väl beskrivet i boken "Andningsskydd" av H Wettergren, utgiven av Brandförsvarsföreningen (8).

Filterskydd är den enklaste formen av andningsskydd. Det kan vara utformat som en halv- eller helmask, försett med partikel- gas- eller kombinationsfilter. Luften man inandas passerar filtret och en del av luftens föroreningar t ex partiklar eller gaser fastnar. En del filterskydd är motoriserade, där en batteridrivna pump suger luften genom filtret och blåser den vidare till ansiktsdelen. Det minskar andningsmotståndet och gör det mindre tungt att använda filtret. Har man skägg eller polisonger är det svårt att få filtermasker att hålla tätt och inte läcka.

Filterskydd kan användas då det finns tillräckligt med syre i luften och då halten giftiga ämnen som kan passera filtret inte är för höga. Olika gasfilter är anpassade för olika gaser, vilket kan innebära problem av valet av filter. Kolmonoxid, som anses vara den allvarligaste luftföroreningen vid de flesta bränder, passerar de flesta filter. Därför bör filterskydd användas med största försiktighet och får inte ersätta tryckluftsapparat. På marknaden finns speciella filter för kolmonoxid. Dessa förbrukas snabbt och kan bara användas vid ett tillfälle och måste sedan bytas. Kolmonoxidfilter är dessutom mycket dyrare än andra filterskydd. Användning av filterskydd som komplement till användning av tryckluftsapparat är något som diskuteras under några år och vid enstaka räddningskårer har man numera tillgång till filterskydd. Filterskydd kan användas när man vistas utomhus och röken inte är allt för kraftig eller irriterande. Speciellt användbara är de för personal som arbetar vid sidan av branden t ex pumpskötare, brandingenjörer och släckledare. Vid långa insatser vid t ex mark- och skogsbränder kan också filterskydd vara ett bra komplement. Filterskydd kan också användas vid eftersläckningsarbeten som tar lång tid och där röken inte är allt för besvärande.

När filterskydd används skall man vara mycket försiktig. Känner man att något luktar eller smakar vid inandning eller att man blir irriterad i luftvägarna skall tryckluftsapparat användas. Det samma gäller då rökutvecklingen är kraftig eller då det finns risk att rökutvecklingen kan öka snabbt. Då kolmonoxid är både lukt och färglös och passerar filterskydd kan man exponeras för höga halter kolmonoxid i brandmiljöer, då man bär filterskydd.

Om filterskydd skall användas vid brandplatser kan det därför vara en fördel om man har tillgång till en personburen gasvarnare för kolmonoxid. Idag finns inga kolmonoxidvarnare som är testade om de fungerar tillfredsställande och tillförlitligt på brandplatser.

Vissa ämnen tas med lätthet upp genom huden t ex bensen (vanligt i brandrök) och kan därför vara ett problem trots att ett fullgott andningsskydd används.

5. VAD EXPONERAS EN BRANDMAN FÖR? RESULTAT FRÅN EN LITTERATURSTUDIE

5.1. Allmänt

Många av de miljöer som en brandman vistas i innebär att han utsätts för många olika kemiska ämnen. Mest påtagligt är det vid rök- och kemdykning, men även arbete vid sidan av en brandplats kan ge betydande exponeringar. Personer t ex pumpskötare, som inte exponeras direkt för brandröken exponeras för höga halter av avgaser från dieseldrivna pumpar och fordonsmotorer. Arbete med bensindrivna verktyg t ex sågar ger exponering för bensinavgaser. Utöver brandmän uppehåller sig också andra yrkesgrupper t ex ambulansförare och poliser m fl vid brandplatser. När branden är släckt händer det att man placerar ut personal från något vaktbolag på brandplatsen för bevakning t ex under en natt. Ibland har rökutvecklingen inte upphört vilket innebär att även vaktpersonalen exponeras för betydande halter brandrök. Vid arbete på stationen efter en utryckning kan stationens personal exponeras för höga halter dieselavgaser i vagnhallen. Arbete på stationen med t ex svetsning och hantering av lösningsmedel innebär också exponering för kemiska ämnen.

Vid brandsläckning används en rad olika typer av släckmedel. Det vanligaste släckmedlet är vatten, som när det förångats och inandats kan ge brännskador i andningsvägarna. Släckpulver består för det mesta av oorganiska salter (ammoniumfosfat, ammoniumsulfat, natriumvätekarbonat, kalciumkarbonat etc) och silikon. Pulvret är oftast mycket fint och kan orsaka lätt irritation i ögon och andningsvägar. Vid långvarigt arbete med pulver bör andningsskydd t ex filtermask användas. Skumsläckmedel innehåller i regel någon glykol, tensider, konserveringsmedel mm. Innehåll och sammansättning kan variera beroende på fabrikat. Skumkoncentrat verkar ofta irriterande på ögon vid stänk och kan efter förtäring orsaka magsmärter, illamående, kräkningar och huvudvärk. vid arbete med skumkoncentrat bör man använda skyddsglasögon eller visir för att undvika stänk i

ögonen. Riskerna är betydligt mindre vid användning av skumsläckmedel, där koncentrat bara ingår till en mindre del.

5.2. Brandrök- uppkomst och kemi

Man kan utgå från att det vid samtliga bränder bildas hälsofarliga ämnen som sprids till brandmännens arbetsmiljö vid brandplatser. Vilka förbränningsprodukter som bildas är och i vilken halt de förekommer i beror bland annat på

-brandens omfattning och intensitet

-vad det är för material som brinner

-tillgång till syre och temperatur.

Brinner det inomhus kan halten bli lokalt mycket hög. Väderleken t ex vind och regn kan också spela en stor roll för brandens karaktär och därmed uppkomsten av brandgaser. Förbränning av organiska material (träprodukter, plast, färg, textilier mm) ger ett stort antal nya ämnen (förbränningsprodukter). Ämnen som sprids vid bränder är inte bara förbränningsprodukter i brandrök. Bränder kan göra att flyktiga ämnen förångas utan att förbrännas eller att fasta skadliga ämnen t ex asbest sprids som damm.

Förekomsten av syntetiska material i vår livsmiljö t ex olika plastmaterial gör att det i praktiskt varje brand finns något eller några syntetiska material och därmed förbränningsprodukter från dessa. Över 400 olika ämnen har identifierats vid termisk nedbrytning (dvs nedbrytning beroende på hög temperatur. Behöver inte vara förbränning med öppen låga) av 7 olika plastmaterial (ABS-plast, nylon, polyester, polyetylen, polystyren, polyvinylklorid och fast polyuretanskum). Flera av förbränningsprodukterna förekommer från mer än en typ av plast (58). Sannolikt är antalet oidentifierade ämnen i brandrök från dessa plastmaterial fler än de som identifierats. I tabell 1 redovisas vilka olika ämnen som kan bildas vid brand i en rad olika material.

Tabell 1. Sammanfattning av olika ämnen som kan förekomma i brandrök från olika material (9). De ämnen som klassas som eller misstänks vara cancerframkallande är markerade med ☞.

Ämne	Källa
Akrolein	Polyeten, trä och cellulosa produkter
Ammoniak	Ull, silke, nylon, melamin,
Aromatiska föreningar	Ett flertal material
Bensen ☞	Trä och andra organiska material
Dioxiner och klorerade furaner ☞	PCB, klorfenoler, klorbensener
Fenoler, kreosoler	Fenolskumplast, trä
Formaldehyd ☞	Fenolskumplast, fenolformaldehydlim
Isocyanat	Polyuretan, polyisocyanat
Klorerade aromatiska kolväten	PVC och andra klorhaltiga organiska ämnen
Koldioxid	Allt brännbart material som innehåller kol.
Kolmonoxid	- " -
Kväveoxider och nitriler	Polyakrylnitril, modakryl, ull, silke, läder, konstgödsel
Polyaromatiska kolväten (PAH) ☞	Trä, plaster
Svaveldioxid	Gummi, ull
Vinylklorid ☞	PVC
Vätecyanid	Kvävehaltigt material, polyuretan, polyisocyanurat, Ull, silke, polyakrylonitril, nylon, papper
Väteklorid	PVC, modakryl och vissa flamskyddsmedel

Polyuretan förekommer bland annat som "skumgummi" i stoppmöbler, men också i lim och i färg. Då polyuretan brinner bildas det i regel en tjock svart rök varvid det snabbt frigörs bl a kolmonoxid och vätecyanid. De ofta förekommande flamskyddsmedlen i polyuretanplast gör att materialet pyr en längre tid och då avger vätecyanid hela tiden. Vätecyanid kan bildas när alla organiska material innehållande kväve brinner. Det kan vara exempelvis polyakrylnitril, polyamid eller nylon samt ull, silke och dessutom papper. Kvävehaltiga tillsatsämnen i olika material kan i egenskap av vätecyanidbildare förvandla ett relativt säkert grundmaterial till ett betydligt farligare material vid brand. Det gäller t ex vissa typer av flamskyddsmedel. Vissa flamskyddsmedel innehåller fluorid-, bromid-, jodidföreningar som vid termisk nedbrytning kan bilda gasformiga ämnen som vid inandning kan verka bedövande. Dessa ämnen kan hämma hostreflexen och därmed tillåta ytterligare inandning av retande ämnen till de luftvägarna (15).

Av produkter innehållande PCB (t ex vissa transformatorer och kondensatorer samt vissa plaster och målarfärger) samt av produkter som innehåller klorfenoler (t ex vissa träskyddsmedel som numera är förbjudna i Sverige) kan det vid brand bildas dioxiner (egentligen klorerade dibensodioxiner) och dibensofuraner, som båda är extremt giftiga grupper av ämnen. Användningen av PCB är under avveckling i Sverige.

Man har funnit sotburna dioxiner efter en brand i ett bostadshus (59) I det fallet fanns det hypoklorit och saltsyra i huset för användning till en simbassäng samt thinner och andra lösningsmedel för målning. Personer som vistades i huset under längre perioder efter branden (4-5 timmar under två dagar) fick symptom som kan ha berott på förekomst av dioxiner (sår i munnen och i ansiktet, diarré, blod i avföringen och kräkningar).

I sjukhusmiljö kan speciellt hälsovådliga produkter t.ex. cytostatika och radioaktiva preparat förekomma, som vid brand kan spridas ut i luften och utgöra en risk för brandpersonalen (67).

Vid en amerikansk undersökning (17) mättes kolmonoxid (CO), syre (O₂), väteklorid (HCl), vätecyanid (HCN), kvävedioxid (NO₂), koldioxid (CO₂) och partiklar med en utrustning som bars av brandmän vid över 200 bränder i byggnader i Boston. Resultaten från den undersökningen visar att de ämnen som utgör den största faran för brandmän var kolmonoxid och partiklar. Väteklorid (saltsyra) fanns ofta i halter som ger en stark irritation. Det samma gäller för akrolein som flera gånger fanns i livshotande halter. Syre, vätecyanid och kvävedioxid fanns för det mesta i halter som inte innebär någon risk. I en svensk undersökning (19) av brandröks innehåll och sammansättning analyserades 180 prover, varav 34 analyser var kvantitativa dvs man mätte halterna av olika ämnen. I övriga prover bestämdes endast vilka ämnen som ingick. Provtagningspunkterna i undersökningen var i huvudsak belägna i andningszonen vid rökdykarledarens position. I proven kunde 182 olika ämnen påvisas. I denna undersökning visades att acetaldehyd och bensen var de organiska ämnen som ofta översteg sina hygieniska gränsvärdena. Halterna av övriga organiska ämnen låg normalt långt under sina hygieniska gränsvärden (de gränsvärden som gällde 1981). Resultaten från de kvantitativa bestämningarna visade att vid källarbränder är halterna genomgående 2 till 3 ggr högre än vid lägenhetsbränder. Vid källarbränder var det acetaldehyd och akrolein som dominerade. Analyserna från lägenheter och villor respektive källare och soprum visade liknande resultat för samtliga bränder där prover togs.

Vid samtliga förbränningsprocesser bildas aromatiska kolväten, bland dessa bensen och PAH (polyaromatiska kolväten). Ju mer ofullständig förbränningen är ju mer PAH bildas. Sotpartiklar fungerar som bärare av PAH. Akrylnitril, som bedöms vara cancerframkallande, är en mycket vanlig pyrolyspanprodukt vid förbränning av syntetiska material. Ur PVC kan det bildas bland annat vinylklorid och dioxan. Ur polyuretan frigörs anilin och toluidin. Akrylnitril och vinylklorid tas upp mycket effektivt genom huden. Vid bränder i byggnader kan även höga halter av asbest förekomma. Tabell över uppmätta halter av olika ämnen på brandplatser finns i bilaga 2.

Vid försök, i laboratorium och vid bränder i byggnader, där man mätt hur mycket brandgaser och partiklar som bildas från trä som brinner, har man funnit att gas och partiklar fortsätter att bildas när det slutat brinna men fortfarande glöder i materialet (20). Så mycket som 20-30% av kolväten och kolmonoxid som bildas, avges under glödperioden. Denna period motsvaras av den fas i brandsläckningsarbetet som benämns eftersläckning.

I en amerikansk undersökning har halterna av en rad ämne uppmätts, med personburen provtagningsutrustning, både under släckningsarbetet och under eftersläckningen (38). Halterna som uppmättes under släckningsarbetet överensstämde väl med andra mätningar se tabell i bilaga 2. Vid eftersläckning förekom samtliga identifierade ämnen fast i lägre halter.

5.3. Medicinska undersökningar

5.3.1. PÅVERKAN PÅ LUFTVÄGAR OCH LUNGOR

Man har tidigare noterat att brandmän vid nyanställning har avsevärt bättre lungfunktionsvärden än normalbefolkningen (1). Övergående lungfunktionssänkning efter rutinmässigt brandsläckningsarbete har rapporterats i en rad undersökningar (21, 22, 23). Man har vid långtidsstudier av stora grupper brandmän noterat att FVC (Forcerad Vital-kapacitet d.v.s den största luftvolym man kan blåsa ut i ett andetag) och FEV_{1,0} (Forcerad Expiratorisk Volym under en sekund, d.v.s. den största luftvolym man kan blåsa ut under en sekund) är avsevärt bättre än normalt för friska män i samma ålder. Dessa lungfunktionsvärden sjunker dock snabbare än normalt med stigande ålder för brandmän (22). Mångårigt arbete som brandman innebär exponering för brandgaser som på lång sikt anses bidra till en snabbare försämring av lungfunktionsvärdena än vad som är normalt för en icke brandgasexponerad manlig befolkning. De ovan nämnda undersökningarna är alla utom en (1) genomförda i USA och är därför inte direkt överförbara till svenska förhållanden då arbetsrutiner, användning av skyddsutrustning mm på flera punkter skiljer sig mellan de båda länderna.

Vid Lidingö brandförsvaret har 25 rökdykare undersökts med avseende på lungfunktion före och efter en rökdykningsövning i en rökfylld container (1). FEV_{1,0} sjönk hos de icke-rökande brandmännen under övningen, vilket kan tyda på att de exponerats för små mängder brandrök. Hos de rökande brandmännen i undersökningen sågs ingen skillnad i lungfunktion före och efter övningen. I en annan undersökning (24) av brandmän före och efter en övning sågs ingen skillnad i lungfunktion. Den övningen var, i motsats till den på Lidingö, utomhus.

5.3.2. CANCERSTUDIER

Många av de ämnen som förekommer i brandrök (t ex bensen och polyaromatiska kolväten) har vid djurförsök visat sig kunna framkalla tumörer och ge cancer. Man har därför misstänkt att brandmän skulle vara mer drabbade av cancer än andra yrkesgrupper.

En amerikansk sammanställning av undersökningar av cancer bland brandmän (25) visar brist på samband mellan brandmansyrket och en generellt ökad dödlighet i cancer. Detta gäller även lungcancer och cancer i tjocktarmen. Det verkar vara en något ökad dödlighet i hjärntumörer, malignt melanom (hudcancer) och multipel myelom (leukemiliktande benmärgsjukdom) (25). En svensk studie av brandmän verksamma i

Stockholms brandförsvär 1931-83 visade på en måttlig ökning av dödligheten i hjärntumörer, men i övrigt en låg dödlighet (26). En dansk studie av brandmän verksamma i Danmark under perioden 1970-80, visar på ökad dödlighet i lungcancer bland brandmän i åldersgruppen 60-74 år och ökad dödlighet i andra cancerformer i åldersgruppen 30-49 år (27).

De brandmän som omfattas av de cancerstudier som hittills är gjorda var verksamma för flera decennier sedan. De senaste årtiondena har många nya syntetiska material tillkommit och därmed förekomsten av möjliga cancerframkallande ämnen i brandrök. Om detta inverkar på risken att utveckla tumörer vet man mycket litet idag. Å andra sidan har också medvetenheten om riskerna ökat, varför man kan anta att brandmännens skydd mot rökgaserna har ökat.

5.3.3. SKADOR PÅ FORTPLANTNINGEN

En effekt av brandmäns exponering av brandrök som undersökts, är om barn till brandmän påverkas av faderns yrke (28). Undersökningen gjordes på 22 000 kanadensiska barn födda mellan 1952 och 1973 som hade någon form av missbildning. Under perioden hade det fötts totalt 281 barn till brandmän. Antalet barn med missbildningar bland dessa var 89 st. Beräkningar visade att brandmännens barn hade 3 till 6 gånger mer medfödda hjärtsjukdomar än genomsnittet. Två former av hjärtfel som var vanliga bland brandmännens barn var ventrikelseptumdefekt (hål i väggen mellan höger och vänster hjärtkammare) och förmaksseptumdefekt (hål i väggen mellan hjärtats båda förmak). Undersökningen är gjord under en period då riskmedvetandet bland brandmän var mindre och skyddsutrustning användes i mindre utsträckning än i dag. Dessutom var diagnostiken av missbildningar i hjärtat hos barn inte så utvecklad vid denna tidpunkt, vilket gör resultatet osäkert.

Både fysikaliska och kemiska miljöfaktorer i brandmännens arbetsmiljö och deras påverkan på brandmännens fortplantningsförmåga har uppmärksammats i medicinska publikationer (29, 30). Dessa båda publikationer är sammanställningar över litteratur om de miljöfaktorer, kemiska respektive fysikaliska, som kan påverka brandmännens fortplantningsförmåga. En studie ägnas helt åt kvinnlig brandpersonals risker (48).

Många av de kemiska ämnen som är vanliga i brandrök har vid djurförsök gett allvarliga reproduktionsstörningar och vissa av dem har gett effekter på människor efter exponering. Mänskliga foster är speciellt känsliga för främmande kemikalier. Bl a är foster mycket känsliga för kolmonoxidförgiftning. Det är därför mindre lämpligt att kvinnliga brandmän som är gravida och även gravida inom andra yrkesgrupper t ex poliser och ambulanspersonal uppehåller sig i miljöer med brandrök eller andra kemiska ämnen.

I dag finns det belägg för att värme, buller och fysik ansträngning kan påverka reproduktionsförmågan. Speciellt gäller att män som utsätts för värme har sämre kvalitet på sina spermier än normalt.

5.4. De ur hälsosynpunkt viktigaste ämnena i brandrök

De nedan uppräknade ämnena är de som får anses vara de allvarligaste ur hälsosynpunkt, både när det gäller akut och långsiktiga (kronisk) påverkan på hälsan. I brandrök förekommer i de flesta fall många andra ämnen samtidigt. Dessa ämnen kan också både samverka och motverka varandra. Ämnenas ordningsföljd i denna uppräkningslista baseras på en subjektiv bedömning med de viktigaste ämnena först.

5.4.1. KOLMONOXID

Vid brand i byggnader är kolmonoxid den viktigaste beståndsdel i rökgaserna när det gäller akut giftighet.

Kolmonoxid är en luktlös och färglös gas som i koncentrerad form är lättare än luft. Kolmonoxid bildas då organiska ämnen brinner ofullständigt. Varje år dör fler människor i USA i akut kolmonoxidförgiftning än av förgiftning förorsakad av något annat ämne med undantag av alkohol (32). Exponering för kolmonoxid sker också på fritiden i stadsmiljö och i hushåll med gasspisar. Personer som röker exponeras för höga halter och sprider kolmonoxid till sin närmsta omgivning.

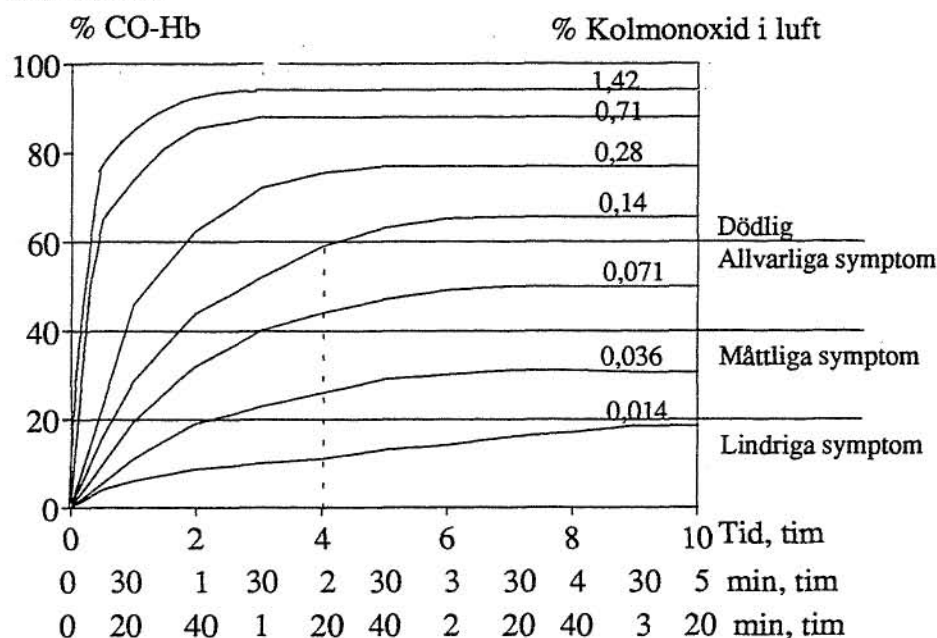
Kolmonoxid i kroppen kan härstamma från två källor som inte har något med inandning av kolmonoxid att göra. Som endogen (kroppsegen) kolmonoxid bildas i kroppen vid normal nedbrytning av röda blodkroppar. Den endogena kolmonoxiden bildar en kolmonoxidhemoglobinhalt (COHb) som normalt uppgår till 0,2-0,7% dvs 0,2-0,7% av blodets hemoglobin har bundit kolmonoxid till sig i stället för syre. En annan källa är nedbrytning av i kroppen upptagna metanhalogener t ex metylenklorid.

Kolmonoxid tas endast upp genom lungorna och binds då reversibelt (dvs binds ej fast utan kan avges till utandningsluften) till hemoglobin på liknande sätt som syre och bildar kolmonoxidhemoglobin. Kolmonoxiden minskar därmed hemoglobinet syrebärande förmåga. Då man exponeras tillräckligt länge för en halt kolmonoxid uppstår ett jämviktstillstånd där blodets gstryck av kolmonoxid är detsamma som i alveolerna i lungorna och i den omgivande atmosfären. Efter detta sker inget ytterligare upptag eller avgivande om inte halten den inandade luften ändras. Jämviktstillståndet kan enkelt beräknas med Haldanes ekvation.

$$\frac{[\text{COHb}]}{[\text{O}_2\text{Hb}]} = 245 \times \frac{P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{O}_2}} \quad (\text{Haldanes ekvation})$$

P_{CO} och P_{O_2} är kolmonoxids respektive syres deltryck i jämviktstillstånd. $[\text{COHb}]$ och $[\text{O}_2\text{Hb}]$ är halterna av kolmonoxidhemoglobin och oxihemoglobin i blod. 245 är en konstant som säger att styrkan i kolmonoxidens bindning till hemoglobinet är 245 gånger större. Om exempelvis halten kolmonoxid i luft är 1/245 av syrehalten i luften kommer hälften av hemoglobinet i blodet att vara mättat med kolmonoxid och den andra hälften med syre. Normal halt syre i atmosfären är 21 vol-%. Kolmonoxidhalten i exemplet ovan blir då 0,08 vol-% (800 ppm). Vid de kolmonoxidhalter som förekommer i arbetslivet hinner i regel inte jämviktstillstånd mellan andningsluften och blodets gstryck uppstå under en arbetsdag. Ökningen av COHb-halten sker relativt

långsamt och blir långsammare ju närmre jämviktstillståndet man kommer. Vid mycket höga halter kan dock halten i blodet öka snabbt. Kolmonoxiden lämnar blodet mycket långsamt. Ju lägre halten är i luften där man vistas ju snabbare vädras kolmonoxiden ut från blodet.



Figur 2. Tidsförlopp för upptaget av kolmonoxid och bildningen av kolmonoxidhemoglobin (COHb) vid olika exponeringsnivåer för kolmonoxid (66). 1% kolmonoxid i luft=10 000 ppm. 1 ppm kolmonoxid=1,14 mg/m³.

Faktorer som påverkar upptaget av kolmonoxid i blod är halten kolmonoxid och hur lång tid man exponeras. En snabbare och djupare andning leder också till snabbare upptag av kolmonoxid t ex vid fysiskt ansträngande arbete. I figur 2 ovan illustreras detta med de tre tidsskalorna. Den övre skalan anger tid med lätt arbete, den mellersta tid med medeltungt arbete och den undre tid med hårt arbete.

Att komma upp till en halt kolmonoxid i blodet motsvarande 60 % COHb vid en luftkoncentration på 1400 ppm (0,14%), tar vid lätt arbete 4 timmar, vid medelhårt arbete 2 timme och vid hårt arbete 1 timme och 20 minuter. Minskad halt av syre och ökad halt av koldioxid leder till snabbare och djupare andning varigenom mer kolmonoxid och andra ämnen som finns i luften tas upp.

En ökad halt kolmonoxid i blodet och därmed mindre syre i blodet resulterar främst i yrsel och illamående. Andningen påverkas inte eftersom den främst styrs av halten koldioxid i blodet (32). Syrehalten i blodet påverkar inte andningen nämnvärt. Det innebär att kroppen inte varnas vid en kolmonoxidförgiftning eftersom koldioxidhalten i blodet inte ökar. En ökad halt COHb i blodet minskar det resterande hemoglobinet förmåga att avge syre till vävnaderna, vilket inte är fallet vid motsvarande syrebrist eller brist på hemoglobin. Om man exponeras för mycket höga halter kolmonoxid kan blodet mätas mycket snabbt och medvetlöshet eller till och med död kan inträda utan någon direkt varning. En svagt förhöjd halt kolmonoxidhemoglobin innebär inte en akut

hälsorisk men kan ge symptom som påverkan på synen och huvudvärk. Vissa individer som exponeras för kolmonoxid i sitt yrke (personer som arbetar i garage, trafikpoliser m fl) kan drabbas av återkommande symptom efter varje avslutad arbetsdag då de exponerats för kolmonoxid. Efter enstaka höga exponeringar kan det uppstå skador på celler i ögat och i hjärtat som resulterar i kroniskt sämre syn och hjärtbesvär (33). Kolmonoxidhemoglobin har en körsbärsröd färg och vid höga halter i blodet får man en onormal rödfärgning av huden, slemhinnor och under naglar.

Tabell 2. Medicinska effekter vid olika halter kolmonoxid i blodet (34,35)

COHb(%)	Effekt
0,3-0,7	Normal halt orsakad av kroppens egen produktion.
1 - 5	Ökning av blodflödet till vissa organ för att kompensera för förlusten av den syrebärande förmågan i blodet.
5 - 9	Sämre mörkerseende
11 - 17	Synfältet minskat
16 - 20	Huvudvärk
20 - 30	Lindrig förgiftningsgrad. Bultande huvudvärk, andfåddhet, illamående, onormal finmotorik.
30 - 40	Sträng huvudvärk, illamående, kräkningar, irriterbarhet, uttrötthet, dimsyn, omdömeslöshet, svimning.
50 -	Hallucinationer, förvirring, talsvårigheter, koma, konvulsioner.
60 - 70	Dödlig om inte behandlas.

Kolmonoxid anses vara den vanligaste och allvarligaste akuta risken vid rökgasexponering utan andningsskydd. Kolmonoxidexponering i kombination med varmt och fysiskt ansträngande arbete ger sammantaget en ökad ansträngning på hjärtkärlsystemet och därmed en ökad risk för hjärtkärlsjukdomar.

Kolmonoxid kan förekomma i halter som i sig inte är akut skadliga, men påverkar centrala nervsystemet och resulterar i sämre reaktionsförmåga och omdöme. Detta innebära i sin tur en ökad risk för olycksfall.

5.4.2. VÄTEKLORID (KLORVÄTE, SALTSYRA)

Väteklorid i brandrök förekommer i gasform samt i aerosolform (dimma) som innehåller väteklorid löst i vatten (saltsyra). Gasformig väteklorid reagerar häftigt med vatten och är därför mer hälsovådligt än saltsyra. Väteklorid luktar ingenting, men dess häftiga reaktion med vatten och frätande effekt ger en skarp stickande förnimmelse i luftvägarna och verkar starkt irriterande på både ögon och luftvägar. Inandning kan ge hosta, kramper i svalget och i svårare fall lungskador. Väteklorid förekommer inte ofta i hälsovådliga halter i brandrök, men anses vara en av de ämnen som bidrar till rökens luftvägsirriterande egenskaper. Ett dödsfall efter inandning av rökgas som bildats vid en brand i en kopieringsmaskin har rapporterats. Släckningsarbetet uppgavs ta ungefär

en halvtimme. Väteklorid som frigjorts från elledningarnas polyvinylkloridmantel (PVC-plast) uppges som en bidragande orsak till dödsfallet (36).

5.4.3. **PARTIKLAR (RÖK)**

I brandrök finns det ofta mycket höga halter av fasta och vätskeformiga partiklar (rök). Partiklarna består till största delen av sot, tjära och damm. Då trä brinner bildas i genomsnitt 10 gram partiklar per kilogram trä (20). Denna siffra gäller vid fullständig förbränning. I en brandhärd kan tillgången på syre (luft) tidvis vara dålig, varför förbränningen inte blir fullständig. I dessa fall bildas ännu mer partiklar.

Beroende på partiklarnas storlek fastnar de olika långt ner i andningsvägarna vid inandning. Partiklar i brandrök från trä är sfäriska och med en genomsnittlig diameter på 0,2 μm (0,0002 mm) (20). Partiklar med en diameter mindre än 5 μm fastnar till stor del nere i lungorna (respirabla partiklar). Partiklar med en diameter på 3 μm är de som fastnar effektivast i lungorna. Ungefär 50 % av inandade partiklar med den storleken fastnar. Partiklar mindre än 3 μm andas till stor del ut igen. Partiklar med diametern 0,2 mm fastnar ungefär 20% (31)

Halter kring 1000 mg/m^3 ger omedelbar reaktion i andningsvägarna och halter kring 25-50 mg/m^3 ger en lätt förmörkning i dagsljus. Partikelhalten i brandrök är ofta så hög att den ger en tillfällig irritation i luftvägarna. Byggnadsmaterial kan innehålla bl.a. asbest som kan avges i form av damm och ge höga halter på en brandplats. Hyreshus byggda för mer än 10 år sedan har ofta rörisoleringar med asbest. Vid brand kan isoleringarna gå sönder och asbesten spridas i luften. Spridningen av dessa fibrer ökar då man installerar en ventilationsfläkt och personal förutom rökdykare kan exponeras. Halten asbest i luften kan vara betydande under eftersläckningsarbetet och saneringen. Asbestfibrerna fastnar lätt på kläder och annan utrustning och kan sedan spridas i olika lokaler på stationen och t o m i den enskilde brandmannens hem. Byggnader som används för brandsläckningsövningar bör asbestsaneras, enligt gällande föreskrifter (37), innan övningen börjar.

Vid mätningar av partikelhalter och partikelstorlek vid brandsläckning och eftersläckning visade sig partikelstorleken vara större under eftersläckning (mediandiameter 10 μm) än vid brandsläckning (mediandiameter 1 μm) (38). Detta beror på att vid eftersläckningen rivs byggnadsmaterial upp och sprids i luften, medan partiklarna vid brandsläckningen till största delen består av rökpartiklar. Partiklarna kan fungera som bärare av andra svårflyktiga ämnen bl a polycykliska aromatiska kolväten (PAH) som kondenserar på partiklarnas yta. PAH är en grupp av ämnen med likartad kemisk struktur. I gruppen ingår akridin, antracen, benso(a)pyren, krysen, fenantren och pyren, vilka samtliga är cancerframkallande. I listan över hygieniska gränsvärden (18) finns benso(a)pyren, B(a)P med.

Enligt en undersökning av förbränningsprodukter från olika sorters träslag (20) innehåller rök från olika träslag mellan 3 och 141 μg benso(a)pyren per gram filterbara partiklar. Detta innebär att om man har en halt av partiklar motsvarande det hygieniska

gränsvärdet (10 mg/m^3) har man en halt av benso(a)pyren mellan $0,03 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ och $1,4 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Gränsvärdet för benso(a)pyren är för närvarande $0,005 \text{ mg/m}^3$ ($5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$). Detta gränsvärdet gäller för exponering över en hel arbetsdag (Nivågränsvärde). Korttidsvärdet (KTV) är $0,03 \text{ mg/m}^3$ och gäller för exponering under 15 minuter. Eftersom partikelhalten vid brand kraftigt kan överskrida det hygieniska gränsvärdet för damm får man anta att även gränsvärdet för benso(a)pyren kan överskridas. Vid brandsläckningsarbete i USA har man uppmätt halter av benso(a)pyren mellan 0 och $20 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (medelvärde $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$) (38). Vid eftersläckningsarbete har inga detekterbara halter uppmätts. Vid mark- och skogsbränder i USA har benso(a)pyrenhalter upp mot $34 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ uppmätts (medelvärde $15 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, antal prov 20), med personburen mätutrustning (39). Vid mätningarna kunde ytterligare 11 olika polyaromatiska kolväten detekteras. Bildningen av benso(a)pyren ökar med temperaturen, med oförändrad tillförsel av syre (luft) i brandhärden, vilket också partikelhalten gör (40). Plaster producerar i regel 1-2 ggr mer sotpartiklar än trä (40).

5.4.4. VÄTECYANID (CYANVÄTE)

Vätecyanid har en bittermandelliknande lukt. Efter en tid i cyanidhaltig miljö avtrubbas luktupplevelsen.

Inandning, förtäring eller hudkontakt kan ge ökad huvudvärk, yrsel, andnöd, illamående, kräkningar samt i svårare fall medvetslöshet, kramper och andningsstillestånd. Vätecyanid tas lätt upp genom huden.

Vätecyanid förekommer i regel i ganska låga halter vid normala bränder och rena vätecyanidförgiftningar vid bränder är sällsynta. Brandmäns exponering av cyanid har studerats i Baltimore, USA (41). Man mätte då tiocyanat i blodserum, som är ett mått på exponering för cyanid. Man fann då att brandmän efter insats hade en högre halt serum-tiocyanat än en kontrollgrupp. Inga samband mellan tiocyanathalt och akuta symptom, material i det som brann eller användning av andningsmask kunde konstateras. Cyanid är svårare att ventilera bort ur kroppen än t ex kolmonoxid och kan därför ackumuleras i kroppen efter flera exponeringar.

5.4.5. BENSEN

Bensen är en aromatisk förening som ofta förekommer i brandrök, men inte i halter som anses akut hälsovådliga. Det förekommer dock att gränsvärdet (Nivågränsvärde, $1,5 \text{ mg/m}^3$) överskrids. Gränsvärdet är satt för att skydda mot långsiktiga effekter, främst blodcancer. Inandning, förtäring och hudkontakt kan ge trötthet, yrsel, illamående och i svårare fall medvetslöshet. Upptag under längre tid kan ge aptitlöshet, trötthet, påverkan på nervsystem och benmärg, blodförändringar och blodcancer (leukemi). Bensen tas också lätt upp genom huden. Det har föreslagits att bensen bildas av fria radikaler och att halten bensen därför ökar först efter en tid vid en brand (42).

Vid provtagning av luft vid 181 bränder i Boston, USA (17) överskred ungefär hälften av proverna det svenska nivågränsvärdet (NGV) för bensen (0,5 ppm) och ungefär 10% kortidsvärdet (KTV) (9,0 ppm) (18).

5.4.6. ALDEHYDER

Ett antal olika aldehyder t ex akrolein, formaldehyd och acetaldehyd bildas i förbränningsprocesser av organiskt material. Aldehyderna ger olika fysiologiska effekter på människan. Det första är irritation på huden, i ögonen och i andningsvägarna. Vissa aldehyder kan också vara allergiframkallande. Liksom många andra organiska föreningar påverkar aldehyder centrala nervsystemet och verkar avtrubbande och kan vid höga exponeringar ge medvetslöshet. Dessa effekter uppstår först vid halter då aldehydernas irriterande effekt redan är mycket tydlig och för vissa aldehyder outhärdlig. Aldehyder kan också i höga halter ge allvarliga organskador främst i luftvägar och lungor.

Akrolein är en aldehyd som ofta förekommer i höga halter vid bränder, se tabell i bilaga 2. Ämnet bildas bl a när trä brinner. Akrolein kan vara en allvarlig hälsorisk vid exponering för brandrök då andningsskydd inte används. Akrolein kan vara orsaken till de irritationer i luftvägarna som brandmän ofta klagat på. Akrolein verkar tårretande och starkt irriterande på ögon och luftvägar, även vid låga halter (1 ppm). Inandning kan ge illamående, kräkningar, andningssvårigheter samt i svårare fall medvetslöshet och lungskador. Akrolein kan också tas upp genom huden.

Formaldehyd, som är den enklaste aldehyden, ger orsakar irritation i ögon, näsa och strupe vid låga halter (0,1 ppm). Vid högre halter tilltar irritationen och sprider sig ner i de nedre luftvägarna. Formaldehyd är klassat som sensibiliserande (allergiframkallande) i den svenska gränsvärdeslistan (18). Det finns misstankar om att formaldehyd kan vara cancerframkallande. Luktgränsen för formaldehyd är ungefär 1 ppm. Formaldehyd förekommer bl a i brandrök från trä.

5.4.7. METALLER

Hos 94 brandoffer har metallinnehållet i uppsamlat sot från lungorna bestämts (43). Hos 13 brandoffer hittade man antimon (Sb), i 66 fall kadmium (Cd), i 50 fall bly (Pb), i 8 fall mangan (Mn) och i 76 fall koppar (Cu). Sot från 20 brandoffer analyserades med avseende på zink (Zn) och det återfanns i samtliga 20. Metallerna tros komma från plaster och färger. Antimon används ofta som flamskyddsmedel i polyvinylklorid (PVC). Kadmium, bly, mangan och zink förekommer i färger men också i t ex batterier.

Metaller och deras föreningar kan förväntas vara skadliga för ögon, luftvägar och på hela organismen om de tas upp i kroppen. Effekterna efter metallupptag är ibland men inte alltid akuta. Den akuta giftigheten hos antimon och flera av dess föreningar är hög. Ämnena är irriterande för hud och slemhinnor. Vid förgiftning uppträder symptom från mag-tarmkanalen och nervsystemet. Kadmium tas upp effektivt vid inandning och binds sedan i kroppen mycket länge. Det innebär att en kontinuerlig tillförsel av små

mängder kadmium genom ackumulering lätt leder till en tillräckligt hög halt för att ge förgiftningssymptom. Rök eller damm av kadmium ger vid inandning främst lung- och njurskador. I Sverige är kadmium och kadmiumföreningar klassade som cancerframkallande.

Vid kortslutningar i elutrymmen kan man i slutna utrymmen uppnå höga kopparhalter då koppar i elledningar smälter och förångas. Ett dödsfall i kopparförgiftning inträffade i Finland då en fabrikschef gjorde en "situationsutredning" i begynnelseskedet av en brand i ett elurymme. Mannen omkom efter att ha vistats i rökgasen i ungefär 2 minuter. Obduktionen visade på mycket höga kopparhalter i lungorna. Koppardamm som bildas vid brand i elutrymmen kan förorsaka metallfeber efter exempelvis städning av elutrymmen efter brand (9).

5.4.8. KVÄVEOXIDER

Kväveoxider (kväveoxid, NO och kvävedioxid, NO₂) förekommer i regel i ganska låga halter vid brand. Kvävet anses till största delen härstamma från kvävehaltiga material i branden och inte så mycket från luftens kväve.

Kvävedioxid är irriterande vid inandning och för hud, ögon och slemhinnor. Både kväveoxid och kvävedioxid är dåligt lösliga i vatten och bildar i närvaro av vatten salpetersyra och salpetersyrighet. Detta händer i lungorna vid inandning. Syrorna som bildas är det som orsakar irritation och blodstockning i luftvägarna och i värsta fall lungödem. Den dåliga vattenlösligheten innebär att irritationen i de övre luftvägarna uppkommer först vid relativt höga halter. Därför kan man exponeras för hälsovådliga halter utan att man känner obehag. Kväveoxider förekommer dock sällan i akut hälsofarliga halter vid de flesta bränder. Kvävedioxid är väsentligt mycket mer irriterande och skadligt än kväveoxid. Hygieniska gränsvärdet för kvävedioxid är 4 mg/m³ (2 ppm) och för kväveoxid 30 mg/m³ (25 ppm).

5.4.9. KOLDIOXID

Koldioxid förekommer i förhöjda halter vid i stort sett alla bränder, men koldioxid i sig utgör ingen fara för brandmännen. Hög halt koldioxid ökar dock andningen hos de exponerade och därför kan mängden och därmed effekten av andra inandade luftföroreningar öka. Koldioxid och kolmonoxid har vid försök på råttor visat sig verka synergistiskt, dvs ha samverkande och förstärkta effekter jämfört med de rena ämnena (10). Bildningen av kolmonoxidhemoglobin går snabbare vid ökad halt koldioxid och oförändrad halt kolmonoxid. Kolmonoxidhemoglobinets jämviktsvärde är dock det samma som utan koldioxidexponering. Exponering för både kolmonoxid och koldioxid ökar graden acidosis (surhetsgraden i blodet) och förlänger återhämtningstiden efter exponeringen.

5.4.10. FRIA RADIKALER

Under senare tid har fria radikaler uppmärksammats som en möjlig hälsorisk vid exponering för brandrök. Fria radikaler är molekyler som bildas vid termisk nedbrytning av organiska ämnen. Fria radikaler innehåller ett udda antal elektroner och är därför mycket reaktiva och därmed för det mesta kortlivade. Försök på senare år visar att fria radikaler från cellulosa kan överleva i brandrök i 20 minuter. De kan därför inandas och transporteras ner i lungorna. De fria radikalernas reaktivitet kan skada mänskliga celler både i proteiner och i arvsmassan. Om de fria radikalerna når lungornas cellmembran, som är mycket känsliga och utsatta, kan de orsaka skada där. Fria radikaler som inandas tros kunna ge luncancer och emfysem (11), vilket är en lungsjukdom som gör att lungorna förlorar sin elasticitet och man får dålig syreupptagning. Troligen är de fria radikalerna inget problem för den personal som befinner sig på avstånd från branden eftersom halten minskar med avståndet (=tiden), men vid kraftig rökexponering kan det vara ett problem. Fria radikaler har visat sig bildas i brandrök från många vanliga hushålls- och konstruktionsmaterial (12).

5.5. Kemikalieolyckor

Vid kemikalieolyckor kan snabbt höga halter av hälsofarliga ämnen uppstå och utgöra en fara i omgivningen. Detta kan inträffa i industrin och vid transport av kemikalier. Exempel på ämnen som är relativt vanliga och som i höga halter är akut hälsofarliga är ammoniak, klor och svaveldioxid. I industrin förekommer många andra ämnen som är akut hälsofarliga eller som kan ge kroniska hälsoeffekter t ex allergi- och cancer. Vid kemikalieolyckor är det därför viktigt att personlig skyddsutrustning används och fungerar samt att man har kontroll över utsläppets omfattning och spridning. Utrustning för gasindikering kan vara ett användbart hjälpmedel. Det kan vara direktvisande instrument eller analysampuller. De flesta räddningsstationer är utrustade med några olika typer av instrument och analysampuller, som är placerade i räddningsbilar, ledningsfordon eller speciella kemskyddsfordon. Analysampuller finns idag för ett stort antal olika ämnen. Detaljerad information om analysampuller finns i broschyren "Gasindikering" utgiven av Brandförsvarsförbundet (13).

5.6. Avgaser från bensen- och dieselmotorer

Brandmännens exponering för avgaser sker i trafiken vid uttryckningar och i vagnhallarna vid start och efter att fordonen startat och lämnat vagnhallarna. Ofta provstartas fordonen med jämna mellanrum. Räddningstjänstens fordon står i regel i varma garage när de finns på stationerna. De flesta fordon är försedda med dieselmotorer. Brandmän exponeras för bensen- och dieselavgaser från fordon, pumpar och verktyg under arbete på brand- och olycksplatser.

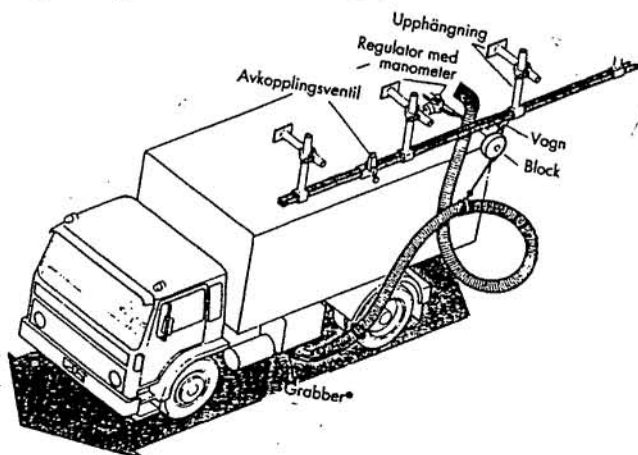
Dieselmotorer arbetar med ett luftöverskott och vid högre temperatur, vilket innebär att bland annat kväveoxider (NO, NO₂) bildas av att luftens kväve oxideras. Halten kväveoxider i dieselavgaser ligger mellan 50 och 2000 ppm. Halten kolmonoxid ligger mellan 100 och 2000 ppm (63). När en 10 tons diesellastbil körs på tomgång med varm

motor är utsläppen av kolmonoxid 14 mg/sek och kväveoxider 24 mg/sek (64). I dieselavgaser har man också funnit ämnen som är cancerframkallande på försöksdjur. Dessa ämnen är bundna till partiklar i avgaserna. Bensindrivna fordon arbetar med luftunderskott, vilket ger upphov till betydande mängder kolmonoxid (CO).

Fordonen startas ofta samtidigt med att portarna till vagnhallen öppnas. Ofta är det flera fordon som startar samtidigt i en och samma vagnhall vid en utryckning. Vid utryckning är ofta motorerna kalla och då innehåller avgaserna högre halter av hälsofarliga ämnen. Vid kall väderlek eller då stationen ligger i ett tätbebyggt område, med risk för att obehöriga går in i stationen, stängs ofta portarna till vagnhallen direkt efter att fordonen lämnat hallen, vilket betyder att avgaserna stannar kvar i vagnhallen och måste evakueras med lokalens allmänventilation. När fordonen körs in i vagnhallen backas de in för att snabbt kunna köras ut vid utryckning, vilket innebär att avgaserna blåses in i vagnhallen. Avgaser i vagnhallen kan spridas även till andra lokaler i stationen och försämra luftkvaliteten där.

I en amerikansk undersökning av exponeringen för luftburna partikulära luftföroreningar från dieselavgaser i en vagnhall uppmättes mellan 170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ och 480 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ med 7 till 15 utryckningar per 8-timmarsskift (62).

På en del stationer finns avgasutsug som kopplas till avgasrören på fordonen. En typ av utsug är monterade på en skena över fordonen som möjliggör att utsuget automatiskt ansluts till det uppdragna, uppåttekande avgasröret när fordonet backas in i hallen, se figur 3. Utsuget är också påkopplat under det att fordonet kör ut från vagnhallen. Denna typ av utsug fungerar bara om fordonets avgasrör mynnar över fordonets tak. En variant på denna teknik är att en slang manuellt kopplas till avgasröret och slangen följer fordonet då man kör in/ut. Dessa typer av anordningar är ofta men inte alltid möjliga att installera i en befintlig vagnhall. De utsug som är fast monterade (med skena) ovanför fordonen i vagnhallen är användbara både då motorerna är igång inne i hallen och då man kör fordonen in eller ut ur hallen. Riktvärden för avgasutsugsflöden finns i Arbetskyddsstyrelsens anvisning "nr 107 Motorbranchen" (65).



Figur 3. Skena monterad i taket i vagnhall för utsug av avgaser (Bilden från broschyr från Plymovent AB)

Om utsug saknas måste allmänventilationen i lokalen vara mycket god. Enligt Svensk byggnorm (14) godtas en luftväxling i bilverkstäder (tillämpbart på vagnhallar på räddningsstationer) av lägst 3,5 l/s,m² golvyta. Om separat avgasutsug kopplas till avgasrören på fordonen och är påkopplat då fordonen kör in och ut ur lokalen tillåts en luftväxling på minst 2 l/s,m². Avgaserna kan också ventileras ut genom att portarna hålles öppna i 5-10 minuter efter det att fordon kört in/ut. Utvärdring genom öppna portar är ett effektivt och relativt snabbt sätt att få ner halten avgaser i vagnhallen. Under den kalla perioden på året då en utvärdring kyler ner vagnhallen snabbt stänger man gärna porten så snabbt som möjligt av bekvämlighetsskäl och halten avgaser i lokalen förblir förhöjd under en längre period.

Det är möjligt att bygga om avgasrör som mynnar lågt, till ett avgasrör som mynnar över fordonets tak. Att avgasröret är på taket betyder att man lätt kan koppla det till utsug i garagetaket. Det är också en fördel då motorn är i gång vid en brand- eller olycksplats t ex då den används till att driva en pump. Att avgaserna går rakt upp i stället för att blåsas ut vid marken är en klar förbättring i arbetsmiljön för de personer som vistas intill fordonen under släckningsarbetet. Avgaser från motorer kan i vissa fall ledas bort från t ex en pump med en förlängning på avgasröret.

Bensin- och dieseldrivna verktyg som används vid olyckplatser, kan med fördel bytas ut mot eldrivna verktyg, vilket innebär att avgaskällan flyttas från verktyget och användaren till elaggregatet som ofta är diesel- eller bensindrivet. Man får dessutom ett mindre bullrigt verktyg. En annan fördel är att fastklämda personer som befrias med eldrivna verktyg känner mindre obehag då det bullrar mindre. I många fall går det inte att byta, eftersom bensin- eller dieseldrivna motorer används vid tillfällena och i miljön där det inte finns tillgång till el eller elaggregat. Eldrivna verktyg går dessutom inte alltid att få lika kraftfulla som bensin- eller dieseldrivna. Ibland, men inte alltid, vistas personal intill de bensin/dieseldrivna motorerna. För att minska exponeringen för avgaserna är en enkel åtgärd att förlänga avgasröret så att det mynnar några meter över marken. Om elaggregat används utomhus eller i fuktiga miljöer, bör de vara försedda med jordfelsbrytare.

För att minska exponeringen för avgaser från bensin- och dieselmotorer kan man välja att använda bränslen som avger mindre avgaser t ex diesel som avger mindre sot och svavelföreningar och bensin med mindre benseninnehåll. Om motorerna är väl skötta bidrar även det till mindre avgaser. Även vid användning av alternativa bränslen måste avgaserna bortföras i största möjliga mån, då mycket av avgasernas hälsofarliga komponenter även finns i de miljövänliga bränslena.

5.7. Sammanfattning- risker med brandgaser

Akut rökförgiftning kan delas in i:

1. kolmonoxidförgiftning
2. termiska skador (direkt fysisk påverkan på luftvägarna, brännskador)

3. lungskador efter inandning av giftiga och frätande partiklar, ångor eller gaser.

4. inandning av giftiga ämnen som tas upp i blodet och som ger akuta inre skador.

Termiska skador uppstår oftast efter inandning av varm vattenånga och är huvudsakligen lokaliserad till svalget men kan även drabba nedre luftvägarna och kan då innebära en allvarlig hälsorisk. Termiska skador är dock inte lika allvarliga som kemiska lungskador (15).

När man exponeras för flera olika ämnen samtidigt, som ofta är fallet t ex i brandrök, kan ämnen samverka på olika sätt:

-ämnena förstärker varandras effekt (synergistisk effekt), vilket innebär att effekten av kombinationen är större än summan av de enskilda ämnenas effekter.

-ämnena motverkar varandra (antagonistisk effekt).

-om ämnenas effekter är likartade blir summan av de enskilda ämnenas effekter lika stor som för ett enskilt ämne (additiv effekt).

Ämnenas effekter kan också vara helt oberoende av varandra.

Kombinationer av ämnen som irriterar andningsvägarna exempelvis akrolein, väteklorid och kvävedioxid samverkar och förstärker varandras effekter och kan därför vara en allvarlig hälsorisk vid vissa bränder, trots att ämnena var för sig inte förekommer i hälsovådliga halter. Kolmonoxid och vätecyanid samverkar då båda verkar kvävande (16). Hög halt koldioxid och i viss mån låg halt syre i inandningsluften stimulerar andningen och ökar därmed upptaget av andra ämnen och förstärker därför dessa ämnas giftverkan (16).

En del ämnen reagerar med vatten och därmed också med saliv och slem i luftvägarna. Detta gäller t ex acetaldehyd, formaldehyd väteklorid och svaveldioxid som bildar ättiksyra, myrsyra, saltsyra och svavelsyra i kontakt med vatten. Dessa substanser stannar oftast i de övre luftvägarna (näsan och luftstrupen) och kan ge skador där, men ämnena kan även bindas till partiklar och transporteras ner i lungorna (bronker och alveoler) och ge skador där. Flyktiga och icke-vattenlösliga ämnen som t ex akrolein och fosgen transporteras med lätthet ner i lungorna och kan därför vid exponering ge allvarliga skador där.

Brandgaser kan även ha kroniska (långsiktiga) effekter.

Vissa ämnen som bildas eller frigörs vid brand kan, även vid låga halter, ge överkänslighetsreaktioner och framkalla allergi (astma, eller eksem). Detta gäller t ex isocyanat som bildas vid brand i polyuretan, som finns i skumplast, vissa lim och färger. Formaldehyd som bildas när fenolformaldehydplast brinner är också allergiframkallande. För att en allergi ska framkallas, krävs det normalt upprepad kontakt med dessa ämnen.

Cancerframkallande ämnen som bildas vid brand utgör en grupp för sig, då dessa i regel inte framkallar några akuta effekter men långtidseffekterna kan vara ödesdigra. Risken för uppkomst av cancer efter exponering för cancerframkallande ämnen ökar med dosen och exponeringstiden. De tillfällen då en brandman kan exponeras för förhöjda halter cancerframkallande ämnen är oftast få och exponeringstiden är sällan längre än några timmar.

Även exponering för dieselavgaser från förbränningsmotorer exempelvis i vagnhallar och vid pumpar och andra maskiner vid brandplatser kan innebära exponering för cancerframkallande ämnen.

Vid exponering för brandrök fastnar en del ämnen och partiklar på brandmannens kläder, utrustning och hud. Det är därför viktigt att ha god hygien och tvätta och underhålla utrustningen för att undvika att ämnena sprids.

6. BRANDMÄNNENS EXPONERING FÖR KOLMONOXID- RESULTAT FRÅN EGNA MÄTNINGAR OCH LITTERATUR

6.1. Mätning av kolmonoxid i utandningsluften (COHb)

Halten kolmonoxid i blodet (COHb) mättes enligt metod som redovisas i bilaga 2. Metoden bygger i korthet på att halten kolmonoxid i utandningsluften mäts och halten kolmonoxid i blodet (COHb) beräknas. Mätmetodens noggrannhet bedöms vara $\pm 20\%$ pga instrumentets mätnoggrannhet och fel i provtagningen. Samtliga brandmän som mätningarna utförts på har varit icke-rökare.

Utandningsproven sköttes av personal på en räddningsstation. Det visade sig vara svårt att upprätthålla en rutin att ta utandningsprov vid skiftets början. De sista proverna togs därför endast efter avslutad insats. Resultatet av dessa prov redovisas i tabell 4 nedan.

Sammanlagt 48 utandningsprov togs efter arbete på en brandplats. Halten COHb fördelades i dessa prov enligt figur 4 nedan.

Sammanlagt 44 utandningsprov togs i början av ett skift, innan någon insats gjorts. Samtliga var icke-rökare. Medelhalten COHb var då 1,9%. Motsvarande värde från andra liknande undersökningar redovisas i tabell 5 nedan.

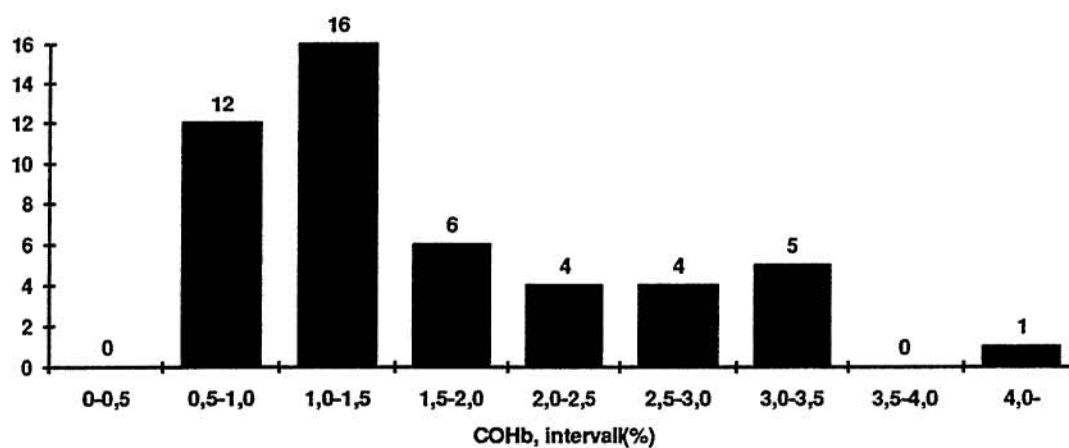
Vid åtta tillfällen har utandningsprov tagits både före och efter arbete på brandplatser. I sex av tillfällena ökade halten COHb hos brandmännen under insatserna. I de återstående två proven var halten oförändrad efter insatserna.

Tabell 3. COHb (%) före och efter arbete på brandplatser. Situationer där prov är taget både före och efter arbete på en brandplats.

Brand	Uppgift	Mask(%)*	COHb (%)		
			Före	Efter	Ökning
Soprum	rökdykare	90	1,9	2,1	+0,2
	ventilation	0	1,7	2,1	+0,4
	ventilation	0	3,3	3,3	±0
Lägenhet	rökdykning	0	2,5	3,1	+0,6
Vind	uppgift saknas	uppgift saknas	2,1	3,1	+1,0
Vind	rökdykning	50	1,7	4,1	+2,4
	rökdykning	50	2,7	2,7	±0
Vind	rökdykning	5	1,9	2,5	+0,6

Sammanlagt 48 utandningsprov togs efter arbete på en brandplats. Halten COHb fördelades i dessa prov enligt figur 4.

* Procent av tiden på brandplatsen som mask använts



Figur 4. Fördelning av 48 mätvärden, COHb-halt efter brandplatsarbete.

Tabell 5. Halten COHb hos brandmän före och efter brandplatsarbete enligt en rad undersökningar. Halterna är angivna som medelvärde för flera brandmän och flera bränder.

** anger att andningsapparat använts hela insatsen.

* anger att andningsapparat använts delvis under insatsen

Plats, år (referens)	Före, icke-rökare	Före, rökare	Efter, icke-rökare	Efter, rökare
Milwaukee, USA, 1976 (45)	Uppgift saknas	Uppgift saknas	5,0	7,0
North Carolina, USA, 1976 (44)	0	4,4	3,9 0**	6,3
Baltimore, USA, 1973 (46)	2,45	5,38 (<1 paket cig per dag)	1,42**	2,84**
		6,82 (>1 pkt cig per dag)	2,47 3,38*	4,76 4,64*
Japan, 1981 (47)	1,5	3,8	3,5	5,7
Australien, 1990. Bushfires (51)			2,0	4,4
West Haven, 1976 (49)	2,11	5,25	5,29	6,94

De uppmätta COHb-halterna före insatser stämmer väl överens med resultat från andra undersökningar.

COHb-halterna efter arbete på brandplatser är låga jämfört med andra undersökningar. De låga halterna beror sannolikt på en rad orsaker. Många av bränderna var relativt små och därför var mängden rök liten och insatstiden kort (i genomsnitt 20 minuter). Brandmännen använde tryckluftsapparat flitigt under insatserna (i genomsnitt 50% av tiden på brandplatserna). Bland de som angett att de använt tryckluftsapparat hela tiden (100%) under insatsen har ingen över medelvärdet för mätningarna (1,6%). Bland de som angett att de inte använt tryckluftsapparat alls (0%) uppmättes värden mellan 0,9 och 3,3%. Under användning av tryckluftsapparat andas man in luft fri från kolmonoxid och därför vädras eventuell kolmonoxid i blodet ut effektivt. Denna utvädring går fortare under fysisk ansträngning. Ingen av brandmännen som mätningar gjordes på var rökare. Det innebär att de normalt sett ska ha en låg bakgrundshalt av COHb.

I undersökningen från Baltimore i tabell 5 ovan (46) har rökarna lägre halt COHb i blodet efter brandplatsarbete än före, vilket tyder på att kolmonoxiden vädrats ut under användning av andningsapparat och fysiskt ansträngande arbete.

Spridningen av mätvärden är större efter än före arbete vid brandplatser, vilket förklaras av att förhållandena före är likartade medan exponeringen på brandplatser varierar.

6.2. Kontinuerlig personburen mätning av kolmonoxid vid arbete på brandplatser

Personburna mätningar av kolmonoxid genomfördes enligt en metod som redovisas i bilaga 2. Mätnoggrannheten bedöms vara ca. $\pm 20\%$ främst pga förekomst av störande ämnen i luften. Mätningar gjordes vid sex mark- och skogsbränder, tre övningstillfällen i övertändningssimulator och vid sex bränder i byggnader samt en bilbrand. Ingen av mätningarna är utförda under rökdykning. Ingen av personerna som burit instrumentet har använt tryckluftsapparat, förutom vid övningen i övertändningssimulator. Resultaten från mätningarna finns sammanställda i tabell 6.

Tabell 6. Sammanställning av personburna mätningar under arbete på brandplatser. C_{hela} anger medelhalten (ppm) under hela insatsen, C_{15min} anger högsta medelhalten (ppm) under 15 minuter av insatsen (för de insatser som varat längre än 15 minuter). C_{1min} anger högsta medelhalten (ppm) under en minut. Figurer som anger haltens variation med tiden finns i bilaga 4.

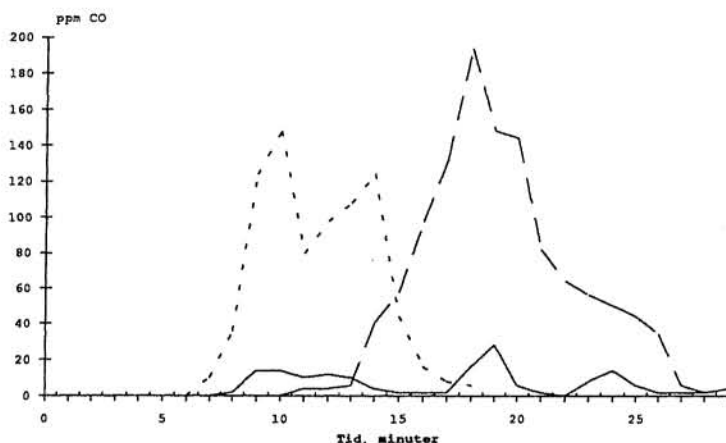
Typ av brand	Figur	Tid (min)	C_{hela}	C_{15min}	C_{1min}
Medelstor skogsbrand (400m ²)	1	111	3,8	22	74
Liten markbrand (4 m ²)	2	13	1,4	-	10
Mindre skogsbrand	3	55	7,4	27	180
Brand i rishög på soptipp med mycket rök	4	116	4,4	9,5	24
Medelstor markbrand (200 m ²) med skaplig rökutveckling	5	29	4,3	4,3	30
Eftersläckning av mindre skogsbrand med lite rök	6	111	0,3	0,9	6
Tre rökdykarövningar i övertändningssimulator					
Bäraren av instrumentet stod i motsvarande rökdykarledares position (dörröppningen till containern).	7	28	40,2	71	194
- " -	8	29	5,4	8,7	28
- " -	9	18	42,2	53,5	148
Rökdykarledare vid brand i butikslager	10	58	>82*	>278*	>500*
Brand kök i kontorslokal.	11	345	5,3	23,2	60
Brand i lagerlokal i fotobutik. Plast och fotoprodukter. Instrumentet bars av rökdykarledare utomhus	12	45	17,8	44	192
Eftersläckningsarbete efter brand i kokvrå i kontorslokal	13	44	9,8	14	27
Eftersläckning och utvädring vid lägenhets-brand.	14	10	16,5	-	46
Släckningsarbete vid bilbrand i garage.	Ingen fig	28	1,1	-	2
Eftersläckning vid mindre lägenhetsbrand.	Ingen fig	27	1,6	-	4
KORTTIDSVÄRDE				120	

* instrumentets mätområde (500 ppm) överskreds under 4 minuter av mätperioden.

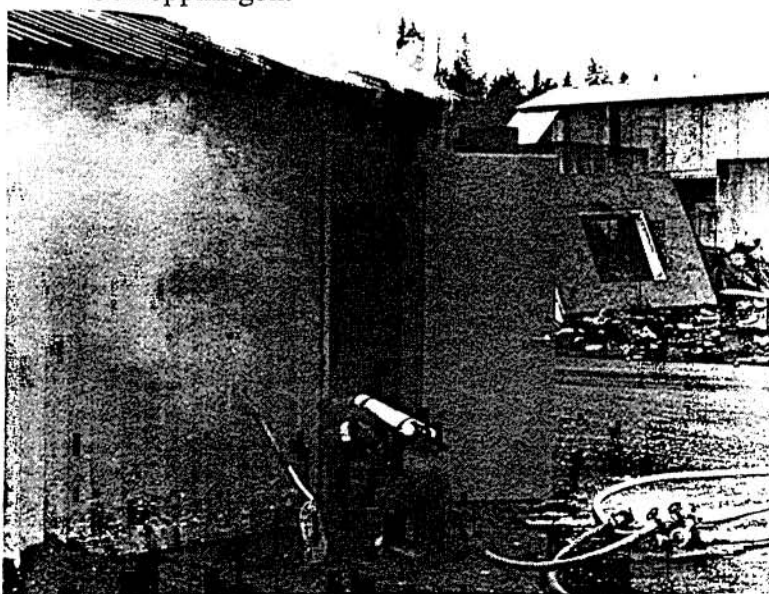
Mätningarna visar att exponeringen för kolmonoxid kan variera avsevärt vid likartade situationer på en brandplats. Det finns inte någon entydig koppling mellan upplevelsen av rök och halten kolmonoxid. Det kan vara höga halter kolmonoxid utan att luften upplevs

som speciellt irriterande. Luften kan också vara mycket irriterande utan att kolmonoxidhalten är hög. Även begränsade bränder, t ex en mindre skogsbrand eller en brand i en container eller arbete vid sidan av en brand (figurerna 3, 7 och 12) kan ge höga kolmonoxidhalter, om än under korta tider. Dessa erfarenheter är viktiga. De återspeglar hur svårt det är att enkelt ange hälsoriskerna med rökgas, även om man har en viss kunskap om brandens utbredning och vilka material som brinner.

Figur 5 nedan visar resultatet från tre personburna mätningar från övning i övertändningssimulator. Bäraren av instrumentet har vistats på samma plats (dörröppningen) vid samtliga tre tillfällen. Variationen beror på rökutveckling, vindriktning och på "rökdykarledarens" position (sittande, stående). Vid mätningen med den lägre exponeringen satt "rökdykarledaren" mest på huk och undvek irriterande rök.



Figur 5. Tre övningstillfällen i övertändningssimulator. Bäraren av instrumenten befann sig i samtliga tre fall i rökdykarledarens position dvs i dörröppningen.



Figur 6. Foto taget vid övning i övertändningssimulator. Brandmannen som står i dörröppningen, i bildens mitt, bär mätinstrumentet i bröstfickan. Han befann sig i dörröppningen hela övningen.

Slutsatserna av mätningarna är att halten kolmonoxid kan variera kraftigt från brand till brand och vid olika tillfällen under en brand. Det går inte att enkelt koppla halten kolmonoxid till hur irriterande röken upplevs eller hur mycket det brinner. Kolmonoxid luktar inte.

En av de som kan exponeras för höga halter kolmonoxid och sannolikt även andra ämnen är rökdykarledaren. Det gäller främst om rökdykarledaren befinner sig inomhus men även vid arbete utomhus, i brandens närhet.

Det värde som är jämförbart med hygieniska värdet är, vid kortare insatser är medelvärdet under 15 minuter. Detta kan jämföras med korttidsgränsvärdet (KTV) som för kolmonoxid är 120 mg/m^3 . Vid insatser som varar en hel dag eller flera hela dagar kan medelvärdet under en hel arbetsdag jämföras med nivågränsvärdet (NGV), som för kolmonoxid är 40 mg/m^3 (35 ppm). Ett speciellt nivågränsvärde för kolmonoxid i motoravgaser finns och bör tillämpas även vid exponering för brandrök. Detta är 25 mg/m^3 (20 ppm).

6.3. Mätning av partikelhalten (rök)

Vid ett tillfälle mättes halten luftburna partiklar under en övning i en övertändningssimulator. Mätmetoden beskrivs i bilaga 1. Mätresultaten redovisas i tabell 7 nedan.

Tabell 7. Uppmätta halter luftburna partiklar vid övning i övertändningssimulator.

Plats	Skede	Halt (mg/m^3)
Utanför containern	Innan antändning	0,4-0,5
Inne i containern	- " -	0,5-0,6
Vid dörröppningen	Branden under tilltagande	0->200*
I plymen utanför containern	- " -	10->200*
Vid dörröppningen	Branden avtar efter övertändning	5-10
Inne i containern	Branden mycket liten och avtagande	1-5
Inne i containern	Materialet nästan helt utbrunnet	1-3

* >200 anger att mätinstrumentets mätområde överskridits dvs att halterna varit högre än 200 mg/m^3 .

Mätningen av partiklar har endast gjorts vid ett enda övningstillfälle. Halterna får dock anses som representativa för en normal brand. Hygieniska gränsvärdet för totaldamm är

10 mg/m³ och för koldamm 3 mg/m³. Den största andelen partiklar i brandrök är respirabla och når alveolerna, längst ner i andningsvägarna. Hygieniska gränsvärdet för respirabla partiklar 5 mg/m³. Båda dessa gränsvärden överskrids många gånger om, då det varit mycket rök. Det samma har visats i en rad andra undersökningar (17, 38, 39, 57, 58).

7. DISKUSSION OCH ÅTGÄRDER

Tryckluftsapparat bör användas i större utsträckning vid brandplatsarbete än vad som görs i dag. Variationen i halt av olika ämnen i brandrök är stor. Att röken inte är irriterande eller inte verkar vara koncentrerad behöver inte betyda att den är ofarlig. I brandmiljöer kan ibland halten av kolmonoxid vara hög utan att man tycker att mängden rök är så stor. Brandröken kan också innehålla ämnen som är mycket giftiga utan att den för den skull känns irriterande. Brandröksexponering kan också förklara ökningen av dödligheten i vissa tumörsjukdomar och påverkan på fortplantningsförmågan som påvisats bland brandmän. Medicinska undersökningar visar att brandmännen drabbas av lungfunktionssänkning vid brandplatsarbete, vilket tros bero på brandröksexponering.

Det är viktigt att personer som arbetar i närheten av branden, använder tryckluftsapparat hela tiden, även då rökmängden inte är så stor. Detta för att ha beredskap vid överraskande situationer med ökad mängd rök. Detta är speciellt viktigt för rökdykarledaren som inte får lämna sin plats. Tryckluftsapparaterna ska inte användas för att brandröken alltid är farlig. Tryckluftsapparat ska användas för att det är svårt och ibland omöjligt att själv avgöra om brandröken är farlig eller ej.

För att tryckluftsapparaten skall användas korrekt krävs kunskap och motivation. Detta uppnås genom regelbunden övning, utbildning och information.

Den enskilde brandmannens kunskaper och kännedom om riskerna vid brandgasexponering är viktiga för att han skall kunna bedöma riskerna och arbeta säkert på en brandplats och använda skyddsutrustningen på bästa möjliga sätt. Därför är det av stor vikt att utbildningen av brandmän innefattar brandgasers sammansättning och hälsovådlighet. Detta bör finnas med både i grundutbildningen och i vidareutbildningen av brandmän. För att öka kvaliteten på utbildningen inom detta område kan personer med sakkunskap inom kemi och toxikologi anlitas.

I utbildningen av brandpersonal ingår regelbundna övningar av olika arbetsmoment. Dessa är normalt och måste vara väl planerade och så realistiska som möjligt.

För att minska brandpersonalens exponering för avgaser föreslås följande åtgärder som kan genomföras med känd teknik.

- avgasutsug i vagnhallar, helst placerade i taket. Detta innebär att avgasrören ska mynna ut över fordonstaken, vilket också minskar exponeringen för avgaser för t.ex. pumpskötare vid arbete på brandplats.

- när motorer startas då de är kalla, bildas högre halter av hälsofarliga ämnen. Om motorvärmare används minskar mängden av dessa ämnen.
- för att ytterligare minska exponeringen för avgaser från pumpar kan pumpskötare avlösas regelbundet. Detta minskar även exponeringen för buller.
- byte till "miljövänliga" bränslen

Vissa arbetsmoment kräver ytterligare övning och utbildning på många räddningsstationer t ex

- nedtagning av stormskadade träd
- arbete med kedje- och cirkelsågar och andra motordrivna verktyg.
- körning med stationens fordon övas regelbundet för att öka säkerheten vid utryckningar. Detta gäller speciellt större fordon som inte används ofta. Alla förare bör öva halkkörning någon eller några gånger om året.
- hörselskydd används under bullriga arbetsmoment då det uppenbarligen inte hindrar arbetet.

Kvinnliga brandmän som är gravida bör vara speciellt försiktiga och inte arbeta eller uppehålla sig på brandplatser eller andra olycksplatser där det finns risk för att exponeras för hälsovådliga ämnen. De bör också undvika fysiskt ansträngande arbete eller arbete i starkt buller och hetta.

Arbete med släckmedel kan innebära att man exponeras för irriterande ämnen. Vid pulversläckning bör man använda filtermask för att undvika inandning av det fina pulvret och ögonskydd för att förhindra att få pulver i ögonen. Vid hantering av skumkoncentrat bör man använda skydd för ögonen (glasögon eller visir) för att undvika stänk. Vid släckning med skum behövs inget ögonskydd.

8. BEHOV AV FORTSATT FORSKNING OCH UTVECKLING

Många av de risker som brandmännen utsätts för i sin arbetsmiljö, kan kontrolleras med känd teknik. Inom vissa områden finns det dock behov av forskning och utveckling. Inom några av dessa områden har det redan påbörjats arbete. Inom andra områden bör man starta verksamhet. Följande områden där det finns behov av ytterligare forskning och utveckling har identifierats:

-lättare tryckluftsapparat

Arbetet med att utveckla en lättare tryckluftsapparat pågår och är viktigt. Lättare tryckluftsapparater minskar den fysiska belastningen, när tryckluftsapparat används. Eftersom brandmännens arbetet redan är tungt, bör de inte i onödan belastas med t ex tung utrustning. När de lättare tryckluftsapparaterna finns på marknaden och uppfyller

ställda krav bör de därför köpas in av brandkåreerna, åtminstone vid nyanskaffning av tryckluftsapparater.

-filtermask & gasvarnare.

I en del fall kan en enklare filtermask användas som komplement till tryckluftsapparat vid arbete på en brandplats. Det gäller enbart vid sådana arbeten där tryckluftsapparat inte används idag, t ex vid skogsbränder eller i en del fall för den personal som arbetar vid sidan av branden och vid eftersläckning. En filtermask med gas- och partikelfilter avskiljer de flesta gaser, men inte kolmonoxid. Om en portabel gasvarnare som varnar för kolmonoxid används i kombination med filtermask kan det vara ett säkert och bekvämt komplement till tryckluftsapparat. Filtermasker får definitivt inte ses som ett alternativ som kan användas i stället för tryckluftsapparat. Filtermask kan inte användas i situationer med mycket rökgaser eller låg syrehalt eller då det finns risk att halten rökgaser ökar snabbt. Om filtermasker skall kunna användas vid brandplatser måste de underhållas noga och filter bytas med jämna mellanrum för att undvika att filtret blir mättat av föroreningar. För att veta hur tillförlitlig användningen av filtermasker på brandplatser är måste de testas. Inga dylika test är utförda.

På marknaden finns idag ett antal små personburna kolmonoxidvarnare tillgängliga. Det finns gasvarnare som mäter ett enskilt ämne t ex kolmonoxid och det finns instrument som mäter flera olika ämnen samtidigt tex kolmonoxid, syre och explosiva gaser. Dessa varnare är ofta större och klumpigare än de som varnar för ett enskilt ämne.

Gasvarnare måste användas med en viss försiktighet då ett instrument inte varnar för alla ämnen. Ett kolmonoxidinstrument är t. ex inte konstruerat för att reagera på akrolein. Samtidigt är sensorerna i instrumenten oftast känsliga för andra ämnen än de är avsedda att varna för. I brandrök förekommer oftast flera ämnen som kan störa ett kolmonoxidinstrument. Instrumenten kan också vara känsliga för hög temperatur och luftfuktighet. Personburna kolmonoxidvarnare som används under arbete vid brandplatser måste, om de skall vara tillförlitliga, testas speciellt om de klarar den krävande miljön på en brandplats. Denna typ av test är ännu inte utförda.

Inledande försök med att montera sensorer för kolmonoxid, av den typ som finns i kolmonoxidvarnare, på skyddsmasker har gjorts (52). Sensorerna har då monterats både på utsidan och inne i masken. Varningsfunktionen bestod av en varningslampa i synfältet hos bäraren. Konstruktionen har provats vid mark- och skogsbränder och fungerade väl vid dessa försök. Dessa system finns ännu ej tillgängliga på marknaden.

-arbeten med verktyg

Många gånger använder brandmän olika verktyg på brand- och olycksplatser. Arbetsituationen är ofta krävande och det kan därför vara svårt att följa de rekommendationer och bestämmelser som finns. Det kan t ex vara håltagning i tak och väggar från stege eller hävare. Dessa arbeten innebär att man utsätter sig för svåra arbetsställningar, bensin- och dieselavgaser och buller. Utveckling av verktyg, hjälpmedel och arbetsmetoder kan göra dessa arbetsmoment säkrare.

Många gånger är det svårt att förankra sig med säkerhetslina vid arbete med fallrisk t ex på tak eller stegar. Utveckling av metoder och utrustning för förankring bör fortgå och framtagna idéer och utrustning spridas till landets brandkårer.

REFERENSER

- (1) Fröberg O. *Lungfunktion hos brandmän i samband med rökdykningsövning*. Arbete-Människa-Miljö nr.4 1988: 291-296.
- (2) Gärding S. *Konditionsutvecklingen hos hel- och deltidsanställda rökdykare*. Arbete, människa, miljö, s 205-209 1988:3.
- (3) Mangs J. *Säker användning av en övertändningssimulator*. Brandtekniska laboratoriet. Technical Research Centre of Finland, Esbo, december 1991.
- (4) Vingård E m fl. *Höftledsartros och fysisk belastning från arbete och sport*. Rapport till arbetsmiljöfonden, proj-nr 88-1253. Yrkesmedicinska kliniken, Karolinska Sjukhuset, Stockholm 1991.
- (5) Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling. *Rökdykning*, AFS 1986:6. Arbetarskyddsstyrelsen (1986)
- (6) Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling. *Motorkedjesågar*. ASF 1990:7.
- (7) Cednäs M. *Arbetsmiljö-Aktivitet-Människa-Skydd RTJ 17, Projekt för Brandforsk*. TEFO, Göteborg (1985).
- (8) Wettergren H. *Andningsskydd*. Brandförsvarsföreningen, Stockholm (1990).
- (9) Schimberg H, Riipinen H och Oksa P. *Utredning om hälsorisker vid släckning av och röjning efter brand*. Tammerfors Regioninstitut för Arbetshygien. (1985).
- (10) Levin B C m fl. *Toxicological Interactions Between Carbon Monoxide and Carbon Dioxide*. Toxicology 47: 135-164 (1987).
- (11) Dost F N. *Acute Toxicology of Components of Vegetation Smoke*. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology 119: 1-46 (1991).
- (12) Lachocki T M m fl. *Persistent Free Radicals in the Smoke of Common Household Materials: Biological and Clinical Implications*. Environmental Research 45: 127-139 (1988).
- (13) Hermelin J. *Gasindikering*. Svenska Brandförsvarsföreningen (1988)
- (14) Svensk byggnorm, SBN 1980. Statens planverks författningssamling 1983:2.
- (15) Larsen L E. *Inhalationsskader efter ophold på brandsteder*. Brandværn 12:14-17, (1988)
- (16) Levin B C, m fl. *Effects of Exposure to Single or Multiple Combinations of the Predominant Toxic Gases and Low Oxygen Atmospheres Produced in Fires*. Fundamental and Applied Toxicology, 9: 236-250 (1987).
- (17) Treitman R D, Burgess W A och Gold A. *Air contaminants encountered by firefighters*. Am Ind Hyg Assoc J 41(11): 796-802 (1980).
- (18) *Hygieniska Gränsvärden*. Arbetarskyddsstyrelsens Författningssamling, AFS 1990:13. Arbetarskyddsstyrelsen, (1990).
- (19) Berg S. *Kemisk analys av brandgaser, ASF-Projekt 75/107, Slutrapport 810701*. Institutionen för analytisk kemi, Stockholms Universitet (1981)
- (20) Dasch J M. *Particulate and Gaseous Emissions from Wood-Burning Fireplaces*. Environ Sci Technol 16(10): 639-645 (1982).

- (21) Loke J, m fl. *Acute and Chronic Effects of Fire Fighting on Pulmonary Function*. Chest 77: 369-373, (1980)
- (22) Unger K M. *Smoke inhalation in firemen*. Thorax. 35:838-842. (1980)
- (23) Sheppard D m fl. *Acute Effects of Routine Firefighting on Lung Function*. Am J Ind Med. 9:333-340, (1986)
- (24) Calverley J m fl. *Pulmonary Function in Royal Navy Firefighting Instructors and Trainees*. Journal of the Royal Naval Medical Service 66:31-34 (1980).
- (25) Howe G R och Burch J D. *Fire Fighters and Risk of Cancer: An Assessment and Overview of the Epidemic Evidence*. Am J of Epidemiol, 132 (6): 1039-1050 (1990).
- (26) Tornling G m fl. *Dödsorsaker bland brandmän i Stockholm*. Slutrapport till AMF-projekt 85-0645, Stockholm (1991)
- (27) Hansen E S. *A cohort study on the mortality of firefighters*. British Journal of Occupational Medicine, 47:805-809 (1990)
- (28) Olshan A F, Teschke K och Baird P A. *Birth Defects Among Offspring of Firemen*. Am J Epidemiol, 131: 312-21. (1990).
- (29) Agnew J m fl. *Reproductive Hazards of Fire Fighting I. Non-Chemical Hazards*. Am J Ind Med, 19:433-445 (1991)
- (30) McDiarmid m fl. *Reproductive Hazards of Fire Fighting II. Chemical Hazards*. Am J Ind Med 19:447-472 (1991)
- (31) Hinds W C. *Aerosol Technology*, John Wiley & Sons, Inc, s 220 (1982).
- (32) Ganong W F. *Review of Medical Physiology*. Lange Medical Publications/Los Altos, California, 12.e utgåvan. sid.432 och 565. (1985).
- (33) Klaasen C D, Amdur M O och Doull J. *Toxicology. The Basic Science of Poisons*. Macmillan Publishing Company, New York, (1986).
- (34) Thorsell W. *Människans fysiska tålighet i brandmiljö-Brandgaser och rök*. FOA-rapport C 54053-H1. Försvarets Forskningsanstalt, (1984).
- (35) Stewart R D. *The Effect of Carbon Monoxide on Humans*. JOM, 18(5): 304-309 (1976).
- (36) Dyer R F, Esch V H. *Polyvinyl Chloride Toxicity in Fires*. JAMA 235:393-397 (1976).
- (37) Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling. AFS 1986:22, *Asbest* Arbetarskyddsstyrelsen (1986)
- (38) Jankovic J m fl. *Environmental study of firefighters*. Ann Occup Hyg, 35(6): 581-602 (1991).
- (39) Materna B L m fl. *Occupational Exposures in California Wildland Fire Fighting*. Am Ind Hyg Assoc J, 53. 69-76 (1992).
- (40) Morikawa T. *Evolution of soot and polycyclic aromatic hydrocarbons in combustion*. Journal of Combustion Toxicology. 5: 349-360 (1978).
- (41) Levine M S och Radford E P. *Occupational Exposures to Cyanide in Baltimore Fire Fighters*. JOM, 20(1): 53-56 (1978). (42) Lowry W T m fl. *Studies of Toxic Gas Production During Actual Structural Fires in the Dallas Area*. Journal of Forensic Sciences , 30:59-72 (1985).
- (43) Birky M M m fl. *Fire Fatality Study*. Fire and Materials 3(4):211-217 (1979).

- (44) Griggs J R. *The Role of Exertion as a Determinant of Carboxyhemoglobin Accumulation in Firefighters*. JOM 19: 759-761 (1977).
- (45) Stewart R D, m fl. *Rapid Estimation of Carboxyhemoglobin Level in Fire Fighters*. JAMA 235(4):390-392 (1976).
- (46) Radford E P och Levine M S. *Occupational Exposures to Carbon Monoxide in Baltimore Firefighters*. JOM, 18(9):628-632 (1976).
- (47) Takano T och Maeda H. *Exposure of Firefighters of Carbon Monoxide*. J Comb Tox, 8:89-95 (1981).
- (48) Evanoff B A m fl. *Reproductive Hazards in the Workplace: A Case Study of Women Firefighters*. Am J Ind Med 9: 503-515 (1986)
- (49) Loke J, m fl. *Carboxyhemoglobin Levels in Fire Fighters*. Lung 154: 35-39 (1976).
- (50) Ringold A m fl. *Estimating Recent Carbon Monoxide Exposures*. Arch Environ Health. 5:308-318 (1962).
- (51) Brotherhood J R m fl. *Fire Fighters' Exposure to Carbon Monoxide during Australian Bushfires*. Am Ind Hyg Assoc J, 51(4): 234-240 (1990).
- (52) Johnson J S m fl. "Smart" Air-Purifying Respirators. Sammanfattning av föredrag på American Industrial Hygiene Conference & Exposition, Boston, MA 1992. American Industrial Hygiene Association och American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
- (53) Antonsson A-B. *Handledning för inköp och användning av gasvarnare för toxiska gaser*. IVL-rapport B 984, Stockholm, Mars 1990.
- (54) Reinhardt T E. *Firefighter Smoke Exposure at Prescribed Burns. A Study and Action Recommendation*. USDA Forest Service nov 6 (1989)
- (55) Turkington R P. *An inexpensive, portable, multisampler*. Am Ind Hyg Assoc J, 45; B18-B22 (1984).
- (56) Brandt-Rauf P W, Fallon L F, Tarantini T, m fl. *Health hazards of fire fighters: exposure assessment*. Br J Ind Med, 45:606-612 (1988).
- (57) Gold A, Burgess WM A och Clougherty E V. *Exposure of firefighters to toxic air contaminants*. Am Ind Hyg Assoc J 39(7): 534-539 (1978).
- (58) Levin B C. *A Summary of the NBS Literature Reviews on the Chemical Nature and Toxicity of the Pyrolysis and Combustion Products from Seven Plastics: Acrylonitrile-Butadiene-Styrenes (ABS), Nylons, Polyesters, Polyethylenes, Polystyrenes, Poly(Vinyl Chlorides) and Rigid Polyurethane Foams*. NBSIR 85-3267, Gaithersburg. (1986).
- (59) Rao H V och Brown D R. *House Fire: A Source of Dioxins*. Risk Analysis, 10 (1): 13 (1990).
- (60) Zetterström B. *Många struntar i andningsskyddet*. Brand & Räddning nr1 (1987).
- (61) Engström P-E. *Bär andningsskydd även vid saneringen*. Brand & Räddning nr 10 (1986).
- (62) Froines J R m fl. *Exposure of Firefighters to Diesel Emissions in Fire Stations*. Am Ind Hyg Assoc J, 48(3): 202-207 (1987)

- (63) Möller L och Werner J. *Litteraturöversikt över dieselavgasens sammansättning och akuta effekter.* IVL-rapport B 713, Stockholm 1982.
- (64) Statens Naturvårdsverk. *Undersökning av bilgasemissioner "Tunga fordon",* SNV PM 1678, Stockholm, 1983
- (65) Arbetarskyddsstyrelsen. *Anvisning nr 107 Motorbranchen, 1976.* Ändring i kungörelsen AFS 1982:14, Stockholm
- (66) Geldmacher- v.Mallincrodt M. *Einfache Untersuchungen auf Gifte.* Thieme s 65 (1976).
- (67) Svensson I. *Mikroorganismer-Cytostatika-Radioaktiva preparat. Risker vid räddningsinsats i sjukhusmiljö.* FOA rapport, A 40065-4.5, Augusti 1992.

BILAGA 1. MÄTMETODER

UPPTAG AV KOLMONOXID

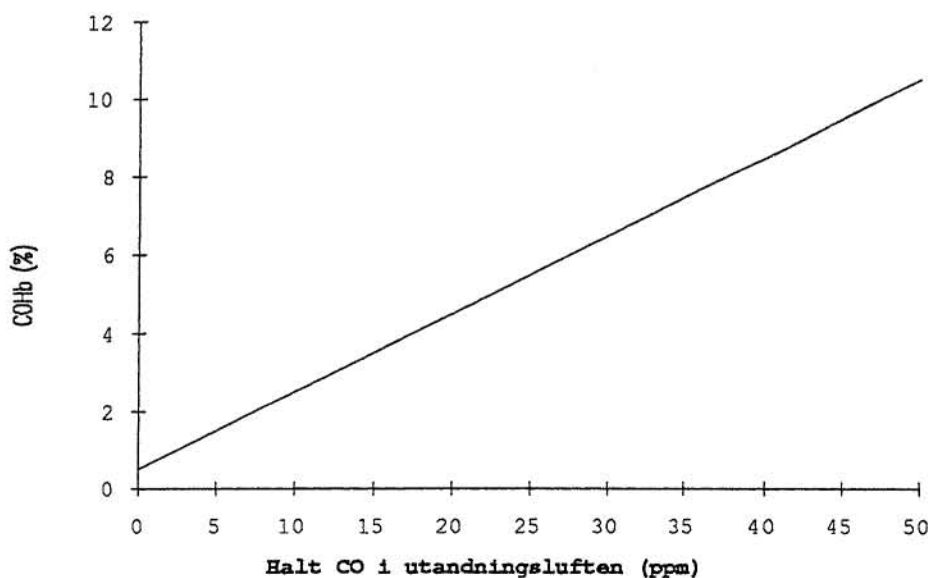
Upptaget mäts genom att mäta kolmonoxidhalten i utandningsluft före och efter släckinsats. Skillnaden utgör ett mått på kolmonoxidexponering. Personen som skall undersökas tar ett djupt andetag och fyller lungorna så mycket han kan och håller sedan andan i 20 sekunder. Efter det andas han ut, men sparar så mycket luft i lungorna att han kan fylla en provpåse (Dräger ca, 1 liter). På detta sätt kommer påsen att fyllas av luft från alveolerna i lungorna.

Provtagningspåsen är försedd med ett munstycke med förbindningsslang och ett motståndsrör. När provtagningspåsen fyllts med utandningsluft tas munstycke och förbindningsslang av och påsen ansluts till ett mätinstrument för bestämning av CO-halten i luft (Dräger PAC II CO). Luften i påsen trycks därefter försiktigt ut och passerar instrumentets elektrokemiska sensor. Sensorn reagerar även på andra i luften förekommande ämnen (se bilaga q). För att minska andra ämnens påverkan är sensorn skyddad av ett filter med aktivt kol. Kolmonoxid passerar detta filter obehindrat.

Halten kolmonoxid avläses på instrumentets display i heltal (ppm). Utifrån halten kolmonoxid i utandningsluften kan halten i blodet beräknas ur följande ekvation som publicerats av Ringold (50):

$$\text{COHb}(\%) = 0,5 + \frac{\text{CO}(\text{ppm})}{5,0}$$

Ekvationen kan illustreras med ett diagram enligt figur 6 nedan.



Figur 6. Sambandet mellan kolmonoxidhalten i utandningsluften och halten kolmonoxid i blodet (COHb)

COHb(%) är andelen av blodets hemoglobin som är mättat med kolmonoxid.

CO(ppm) är halten kolmonoxid i utandningsluften.

Vid en stor räddningsstation mättes kolmonoxidhalten i utandningsluften före och efter arbete i rökig miljö. Arbetet med mätningarna sköttes av brandmännen själva efter en introduktion på 1,5 timme. Uppmätta värden och förhållanden vid brandplats fylldes i på en speciellt utformad blankett (bilaga q). Vid behov erhöles kompletterande uppgifter om de olika proven efter kontakt med personal från brandkåren.

KONTINUERLIG PERSONBUREN MÄTNING UNDER ARBETE VID OLIKA BRANDPLATSER

Mätning av kolmonoxid vid brandplatser har gjorts med personburet "instrument" med elektrokemisk sensor, Dräger PAC II CO. Dessa instrument är försedda med en enhet som lagrar uppmätta halter ("datalogger"). Mätvärdena lagras som medelvärden över en minut. Instrumentet är i första hand avsett som gasvarnare och är inte tillräckligt specifikt för att kunna benämnas mätinstrument. Främst är det andra ämnens (gasers) påverkan på instrumentet som kan vara ett problem. Vid mätningarna har instrumentet försetts med ett interferensfilter för att minska påverkan från störande gaser. Instrumenten har kalibrerats ungefär var tredje vecka. Instrumentets utslag förändrades inte nämnvärt mellan kalibreringarna.

Mätningarna utfördes av brandmännen själva vid 4 olika räddningsstationer. Tömningen av lagrade mätvärden gjordes med jämna mellanrum på IVL. Efter varje mättillfälle fylldes ett protokoll i med uppgifter om branden och om de arbetsuppgifter som bäraren utfört under mätningen.

Det visade sig vara svårt för brandmännen att komma ihåg att ta fram och sätta i gång instrumentet vid utryckningar. Vid något tillfälle har man glömt att stänga av instrumentet och lagrade mätvärden har gått förlorade. Antalet mättillfällen har därför blivit begränsat.

MÄTNING AV HALTEN LUFTBURNA PARTIKLAR (RÖK)

Halten partiklar mättes med ett direktvisande instrument (RAM-1). Instrumentet är känsligt för respirabla partiklar, d v s partiklar som når långt ner i lungorna då man andas in dem. Halten luftburna partiklar anges i mg/m³.

Bilaga 2. Uppmätta halter toxiska ämnen på brandplatser,
litteraturuppgifter.

Tabell 7. Uppmätta halter vid olika brandplatser. Samtliga mätningar är personburna prover under en insats (medelvärde) utom (19) som är ett momentanvärde för prover tagna i rökdykarledarens position. De högsta angivna härrör sig sannolikt från mätningar under rökdykning då andningsskydd använts. För samtliga ämnen anges halterna i mg/m³. ND anger icke detekterbar halt.

Ämne	Kommentar	Uppmätta halter (mg/m ³)	Medelvärde (mg/m ³)	Antal mätvärden	Referens	NGV (mg/m ³) ¹⁾	TGV (mg/m ³) ²⁾	KTV (mg/m ³) ³⁾
Acetaldehyd	Olika bränder	0-68	12	34	(19)	45 K ⁵⁾		90
	Olika bränder	ND-14,6		21	(38)			
	Eftersläckning	ND-2,9			(38)			
	Mark- och skogsbrand	ND-0,15		24	(39)			
Akrolein	Olika bränder	<0,2-196		31	(17)	0,2		0,7
	Olika bränder	0-20		34	(19)			
	Olika bränder	ND-6,4		11	(38)			
	Eftersläckning	ND-0,4			(38)			
	Mark- och skogsbrand	ND-0,8		127	(54)			
Arsenik	Olika bränder	0,14		1	(55)	0,03 K ³⁾		
Bensen	Olika bränder	0,6-450		90	(17)	1,5 K		9
	Byggnader	0-750	190	18	(56)			
	Inredning	0-475	156	5	(56)			
	Bil	68-102	84	2	(56)			
	Olika bränder	0-129	16,2	34	(19)			
	Olika bränder	ND-66		13	(38)			
	Eftersläckning	ND-0,9			(38)			
	Mark- och skogsbrand	<0,21-1,5		16	(39)			
Mark- och skogsbrand	0,60->27		20	(54)				
Benso(a)pyren	Olika bränder	7,0		1	(55)	0,005	0,03	
Bly	Olika bränder	1,4		1	(55)	0,1		

Ämne	Kommentar	Uppmätta halter (mg/m ³)	Medelvärde (mg/m ³)	Antal mätvärden	Referens	NGV (mg/m ³) ¹⁾	TGV (mg/m ³) ²⁾	KTV (mg/m ³) ³⁾
Formaldehyd	Byggnader	0-10	0,6	18	(56)	0,6	1,2	
	Inredning	0-4	1	4	(56)			
	Bil	0	0	2	(56)			
	Olika bränder	ND-9,6		16	(38)			
	Eftersläckning	ND-0,5			(38)			
	Mark- och skogsbrand	0,000-3,9		161	(54)			
Furan	Olika bränder	0-72	12,5	34	(19)			
Furfural	Mark- och skogsbrand	ND-0,23		25	(54)			
Kisel	Mark- och skogsbrand	0,015-0,091		5	(39)			
Koldioxid	Olika bränder	1800-108 000		16	(17)	9 000		18 000
	Olika bränder	630-9750	ns	20	(38)			
	Olika bränder	<4680	<4680	63	(57)			
	Eftersläckning	234-2556			(38)			
	Mark- och skogsbrand	736-4165		185	(54)			
Kolmonoxid	Olika bränder	14,3-3 060		49	(17)	40 (25 avgaser ⁴)		120
	Olika bränder	2,3-1 200		90	(57)			
	Byggnader	19-1 240	311	19	(56)			
	Inredning	48-910	269	5	(56)			
	Bil	13-39	26	2	(56)			
	Olika bränder	0-17 000	1660		(42)			
	Olika bränder	BG-2170		30	(38)			
	Eftersläckning	ND-94			(38)			
	Mark- och skogsbrand	0,00-151,7		184	(54)			
	Mark- och skogsbrand	1,6-43		46	(39)			
Kolväten, totalt	Olika bränder	500-1200		2	(42)			
Kvävedioxid	Olika bränder	0,4-16		33	(17)	4 (2 avgaser ⁴)	10	
	Olika bränder	0,04-1,78	0,94	90	(57)			

Ämne	Kommentar	Uppmätta halter (mg/m ³)	Medelvärde (mg/m ³)	Antal mätvärden	Referens	NGV (mg/m ³) ¹⁾	TGV (mg/m ³) ²⁾	KTV (mg/m ³) ³⁾
Partiklar	Olika bränder	20-18000		69	(17)	10 (totaldamm), 5 (respirabelt damm), 3 (koldamm)		
	Olika bränder	4-155		90	(57)			
	Olika bränder	0-300		15	(58)			
	Olika bränder							
	Eftersläckning	ND-560			(38)			
	Mark- och skogsbrand	2,70-37,4		22	(39)			
Partiklar, respirabla	Mark- och skogsbrand	0,327-5,14		22	(39)			
	Mark- och skogsbrand	0,78-1,89		5	(39)			
Salpetersyra,	Olika bränder	ND-1,8		3	(38)	5		13
Svaveldioxid	Byggnader	0-6,3	8,7	19	(56)	5	13	
	Inredning	0-104	2,25	5	(56)			
	Bil	0	0	2	(56)			
Svavelsyra	Olika bränder	ND-8,5	3,6	3	(38)	1		3
	Eftersläckning	ND-0,9			(38)			
Styren	Olika bränder	0-158	15	34	(19)	90		200
Toluen	Olika bränder	0,6-1,1	0,92	3	(56)	200		400
	Olika bränder	0-220	20,4	34	(19)			
Vätecyanid	Olika bränder	0,1-3,5		13	(17)		5	
	Olika bränder	0,02-1,4		90	(57)			
	Byggnader	0-11,2	3,2	19	(56)			
	Inredning	0-84	16,8	5	(56)			
	Bil	0	0	2	(56)			
	Olika bränder	ND-23			(38)			
	Eftersläckning	ND-0,4			(38)			

Ämne	Kommentar	Uppmätta halter (mg/m ³)	Medelvärde (mg/m ³)	Antal mätvärden	Referens	NGV (mg/m ³) ¹⁾	TGV (mg/m ³) ²⁾	KTV (mg/m ³) ³⁾
Vätefluorid	Olika bränder	ND-6,4		8	(38)		1,7	
Väteklorid	Olika bränder	1-320		69	(17)		8	
	Olika bränder	0-21,3			(56)			
	Olika bränder	0-205		90	(57)			
	Olika bränder	ND-13,6		?	(38)			
	Eftersläckning	ND			(38)			

1) Nivågränsvärde

2) Takgränsvärde

3) Korttidsvärde

4) Det särskilda gränsvärderna för kolmonoxid och kvävedioxid i avgaser är avsedda att ta hänsyn till den samlade effekten av de ämnen som förekommer i avgaser inklusive cancerframkallande ämnen. Brandgaser kan i detta fall jämföras med avgaser från förbränningsmotorer.

5) K anger att ämnet anses vara cancerframkallande i listan över hygieniska gränsvärden.

6) BG=bakgrundsvärdet

Bilaga 3. Resultat. Mätning av kolmonoxid i blod

Fördelning av huvudsakliga arbetsuppgifter för mätningarna

Arbetsuppgift	Antal
Rökdykare	15
Rökdykarledare	7
Eftersläckning	2
Släckledare	1
Ventilation/utvädring	7
Förman	1
Utvändigt arbete	6
Odefinierat	11

Antalet prov före rökexponering var 44 och togs på 23 olika personer (1 till 5 prov per person). Medelåldern för provgruppen var 33 ± 7 år (mellan 23 och 49 år).

COHb: $1,92 \pm 0,47$ % (min 1,10%, max 3,30%)

Antalet prov efter rökexponering var 50. och togs på 30 personer (1 till 4 prov per person). Medelåldern för provgruppen var 34 ± 7 år. (mellan 23 och 51 år)

COHb: $1,62 \pm 0,84$ % (min 0,7, max 4,1%)

Det går inte att jämföra medelhalten före och efter släckning, eftersom mätningarna är gjorda på olika personer.

Man bör observera att en del av mätresultaten efter rökexponering härrör från personer som använt tryckluftsapparat. De kan därför visa lägre halter efter insats än före, eftersom kolmonoxid i blodet ventileras ut när man användas tryckluftsapparat.

Bilaga 4. Resultat. Personburen mätning av kolmonoxid under arbete i brandmiljöer.

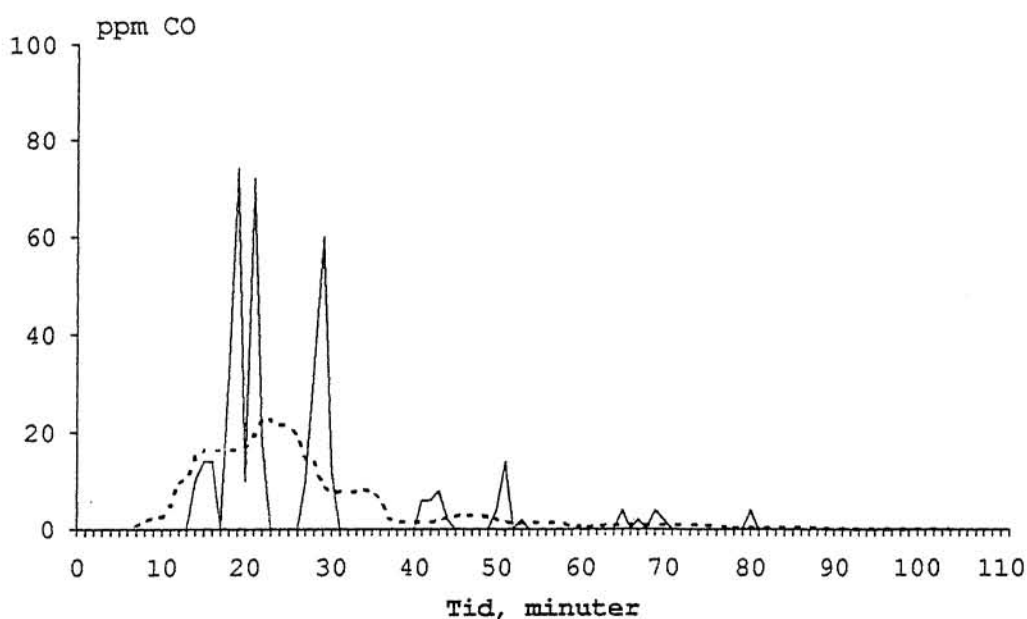
1. Mark- och skogsbränder
2. Övning i övertändningssimulator
3. Brand i byggnader
4. Eftersläckning

Heldragen kurva markerar uppmätta enminutmedelvärden.

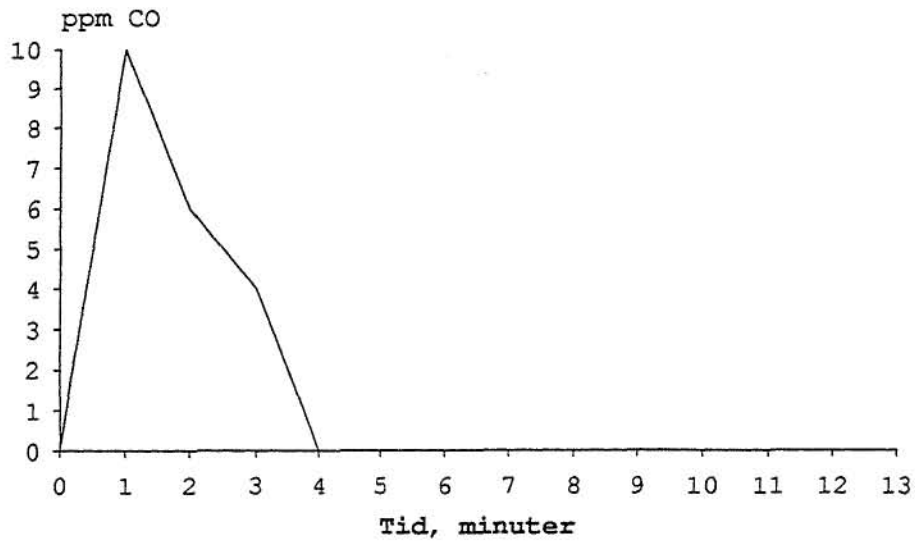
Streckad kurva markerar flytande medelvärde under 15 minuter dvs medelvärde av uppmätta halter under perioden från 7 minuter före till 7 minuter efter aktuell tidpunkt.

Resultaten finns sammanfattade i tabell 6, sidan 30.

1. Mark och skogsbränder



Figur 1. Mätutrustningen buren av brandman under släckningsarbete vid medelstor skogsbrand (ca. 400 m²).



Figur 3. Mätutrustningen buren av brandman under släckningsarbete vid liten markbrand (4 m²).

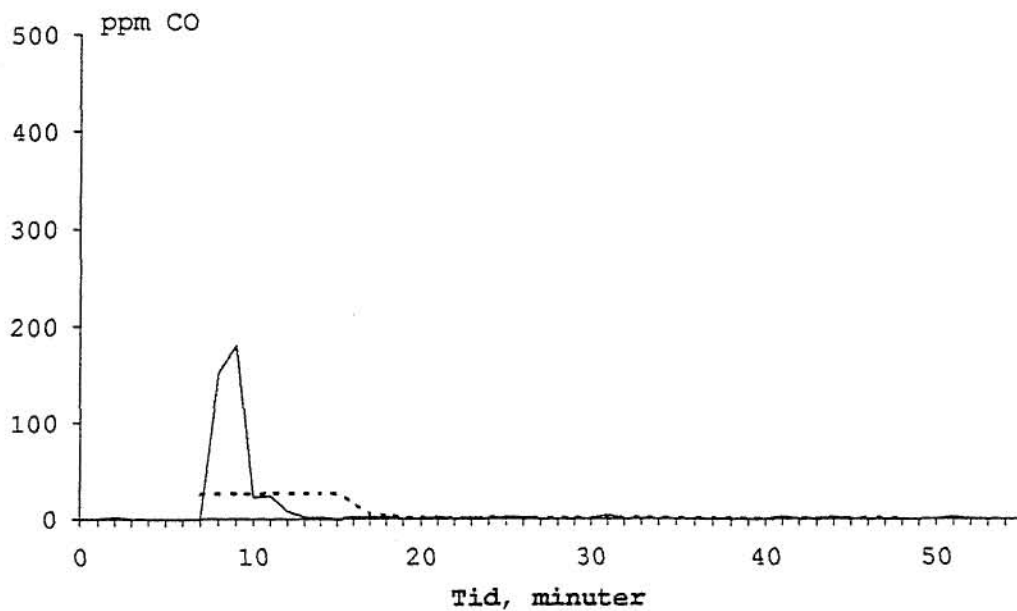


Fig 3. Mätutrustningen buren av brandman under släckningsarbete vid mindre skogsbrand.

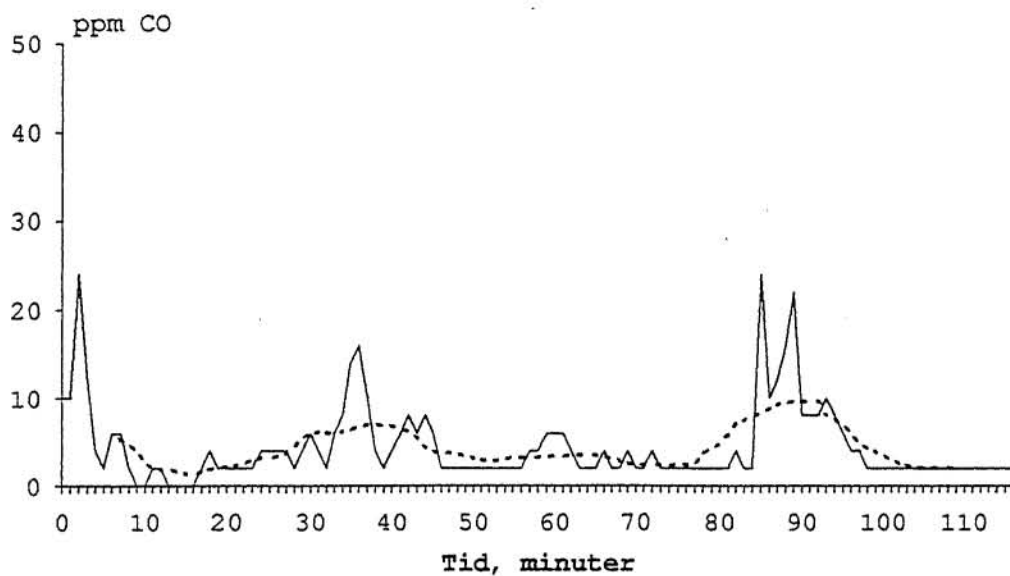
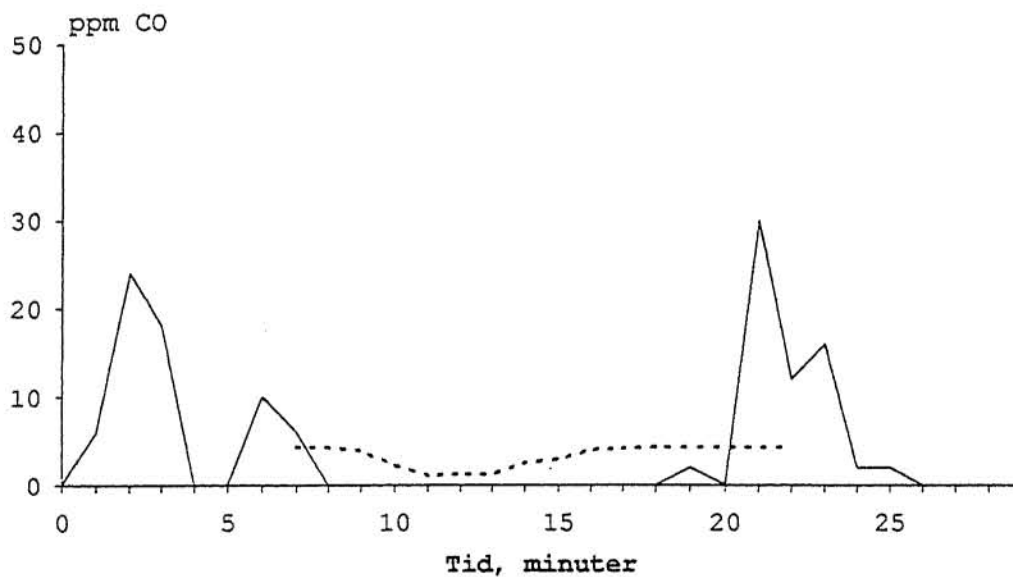
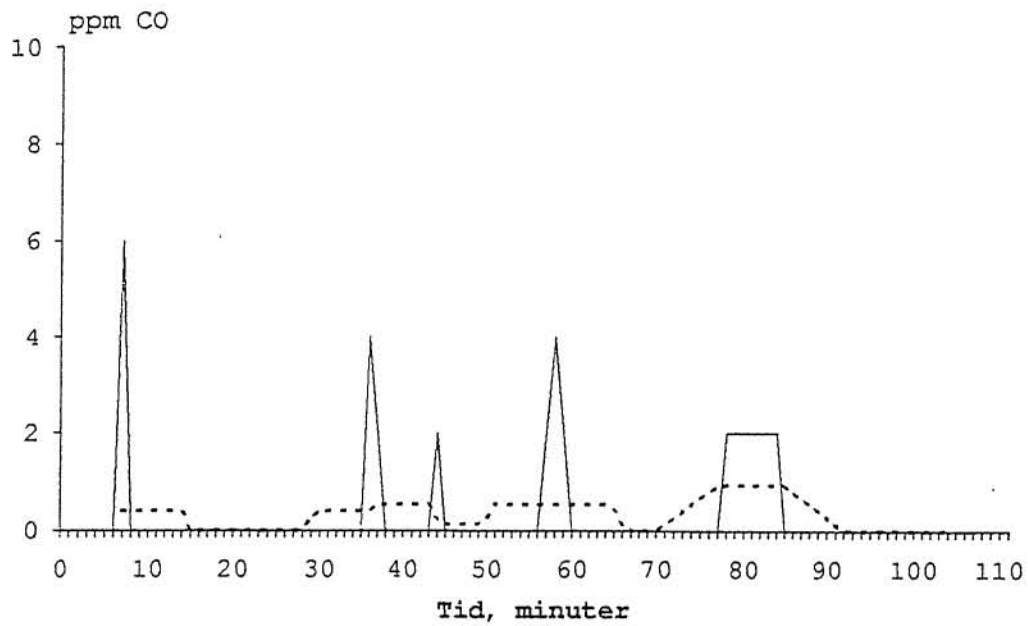


Fig 4. Mätutrustningen buren av brandman under släckningsarbete vid brand i rishög på soptipp med mycket rök.

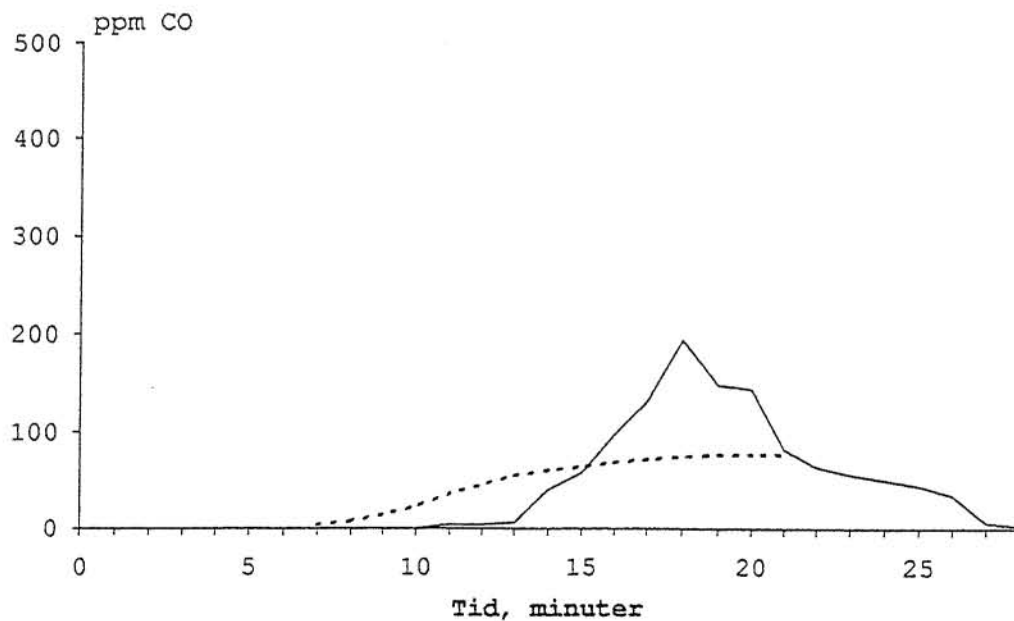


Figur 5. Mätutrustningen buren av brandman under släckningsarbete vid medelstor markbrand (200 m²) med skaplig rökutveckling.

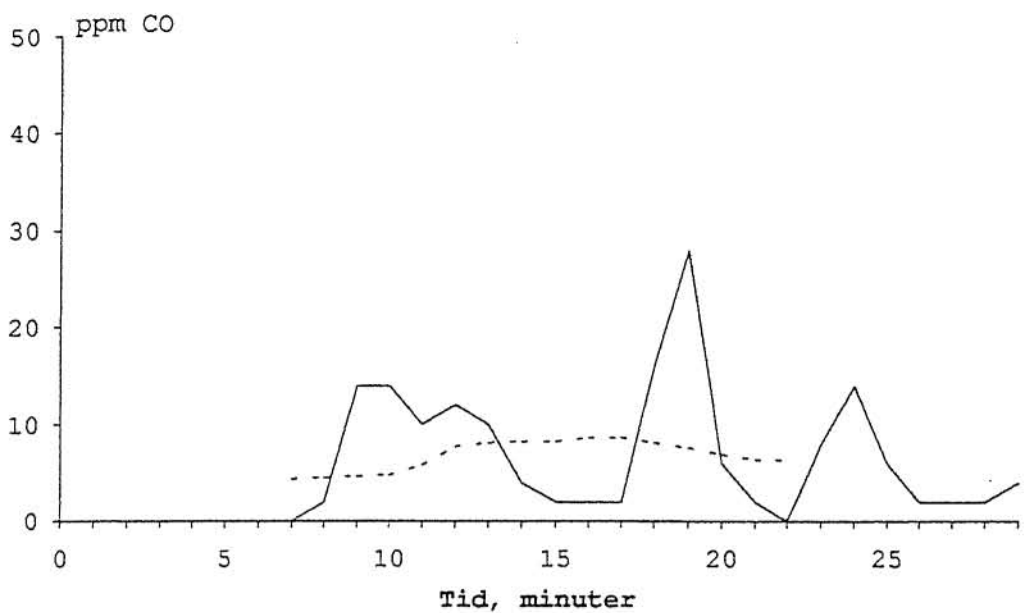


Figur 6. Mätutrustningen buren av brandman under arbete med eftersläckning av mindre skogsbrand med lite rök.

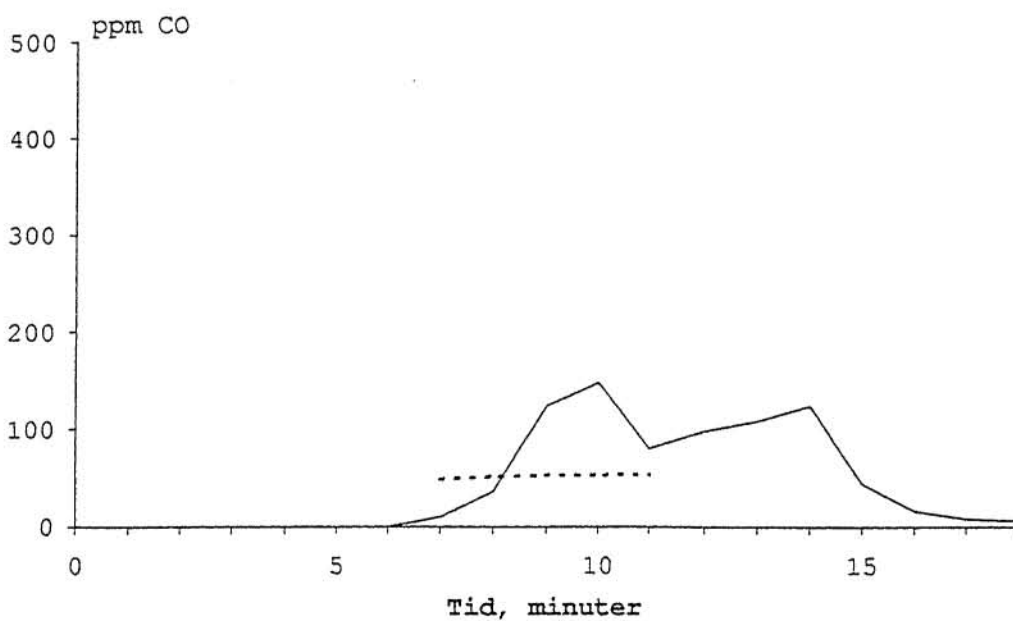
2. Övning i övertändningssimulator



Figur 7. Övning i övertändningssimulator (container för rökdykarövningar). Bäraren av instrumentet stod i motsvarande rökdykarledares position (dörröppningen till containern).

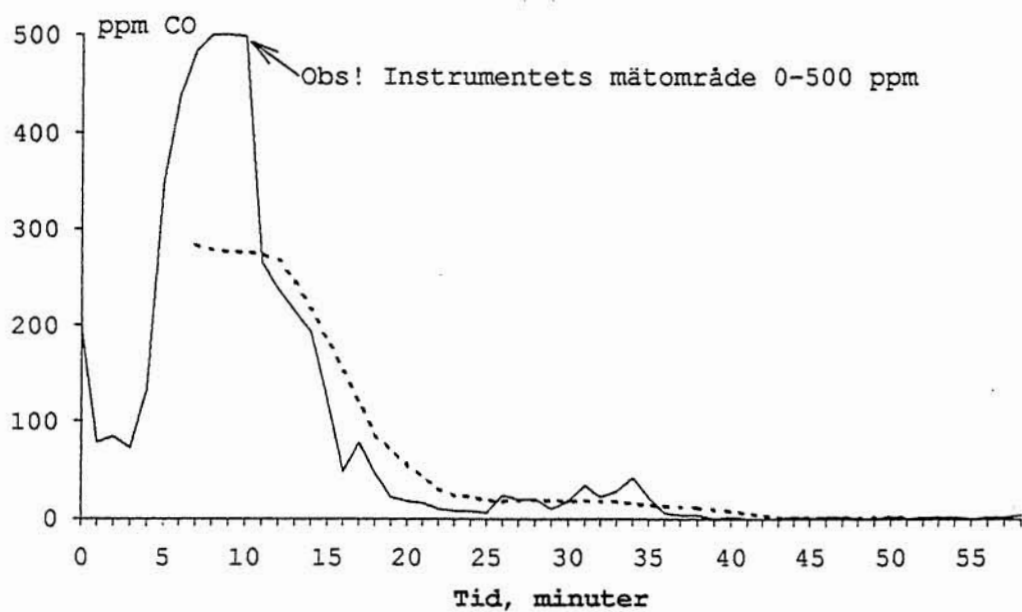


Figur 8. Övning i övertändningssimulator (container för rökdykarövningar). Bäraren av instrumentet stod i motsvarande rökdykarledares position (dörröppningen till containern).

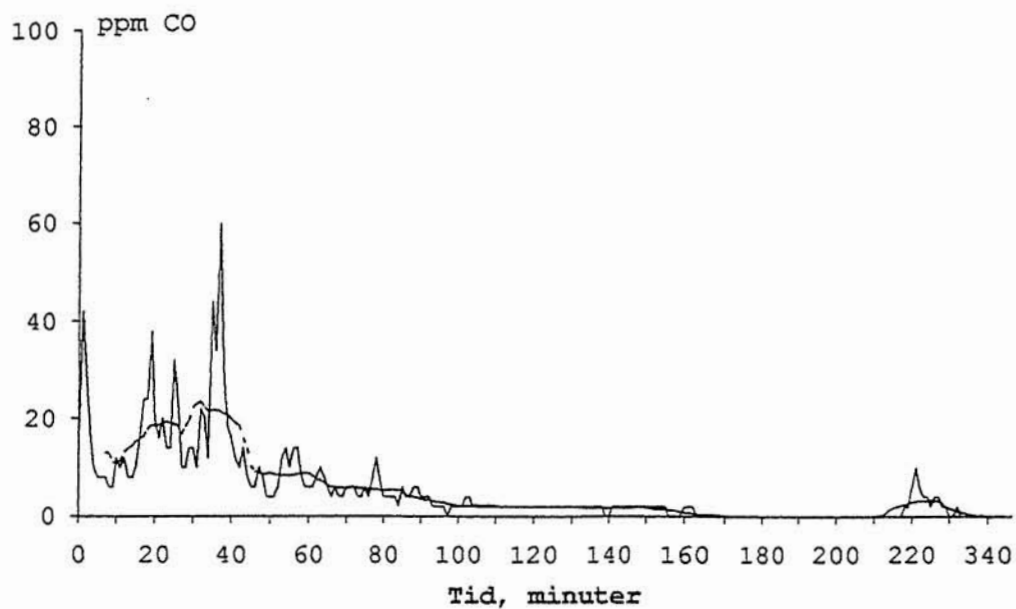


Figur 9. Övning i övertändningssimulator (container för rökdykarövningar). Bäraren av instrumentet stod i motsvarande rökdykarledares position (dörröppningen till containern).

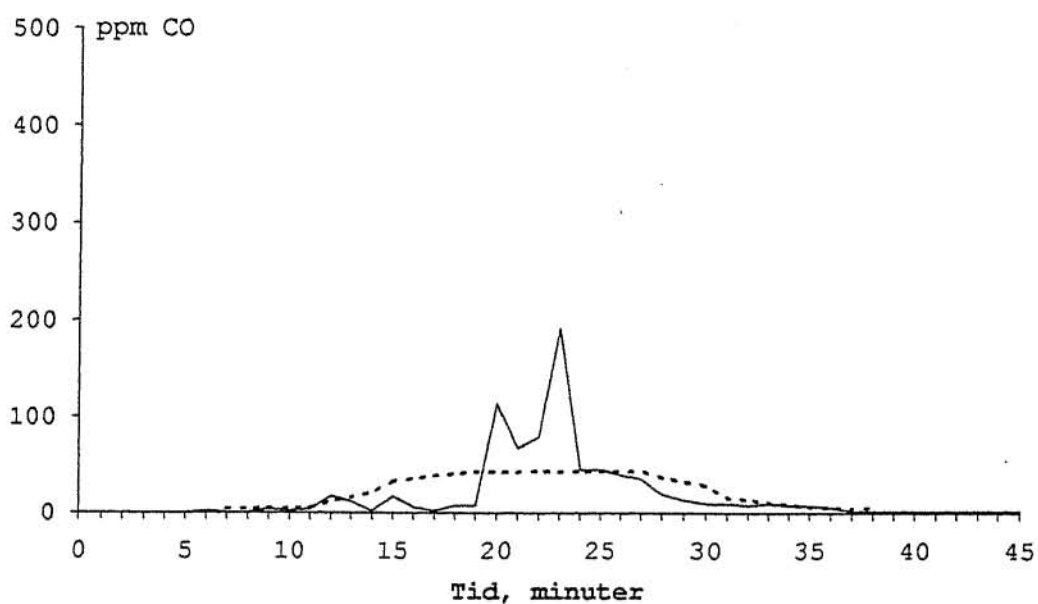
3. Brand i byggnader



Figur 10. Rökdykarledare vid brand i butikslager. Halten kolmonoxid överstiger i två minuter instrumentets mätområde 0-500 ppm.

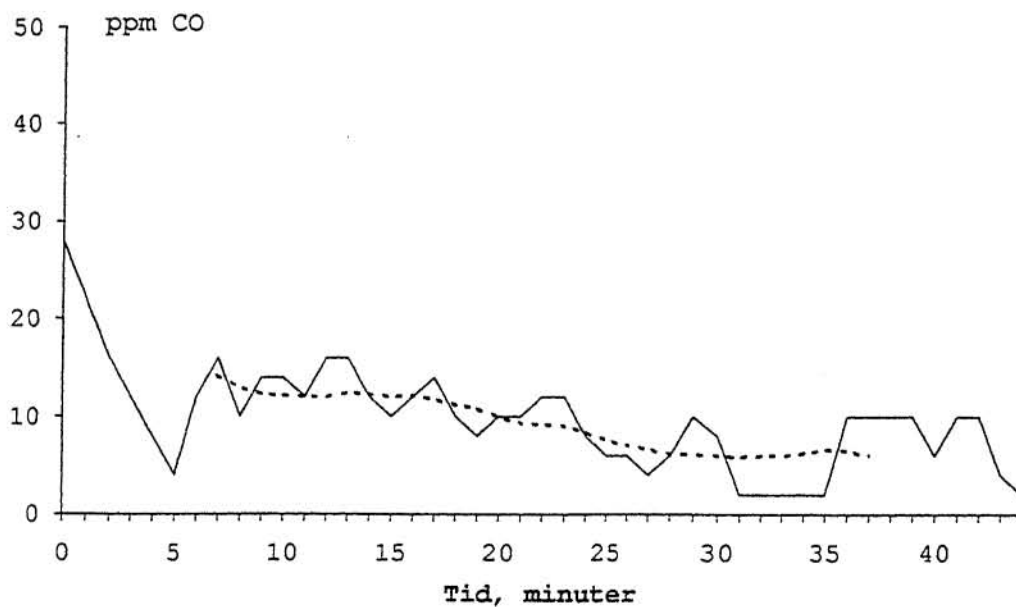


Figur 11. Brand kök i kontorslokal. Rökutvecklingen var kraftig. Instrumentet bars av rökdykarledare i trapphus.

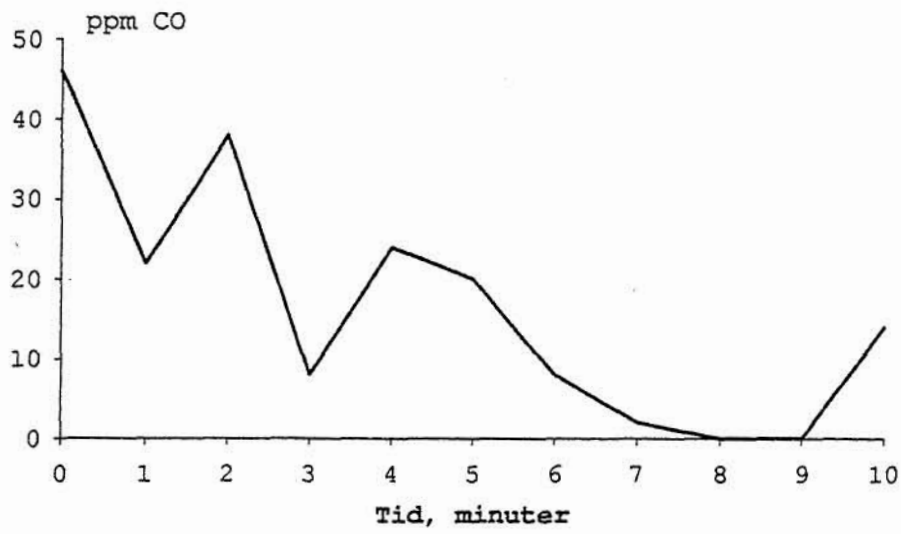


Figur 12. Brand i lagerlokal i fotobutik. Plast och fotoprodukter brann. Instrumentet bars av rökdykare utomhus.

4. Eftersläckning och utvärdring



Figur 13. Eftersläckningsarbete efter brand i kokvrå i kontorslokal.



Figur 14. Arbete vid eftersläckning och utvädring av lägenhetsbrand.

**STATENS
RÄDDNINGSVÄRK**
Karolinen
651 80 Karlstad
Tfn 054-13 57 10
Fax 054-13 56 05

Beställningsnr R49-101/93