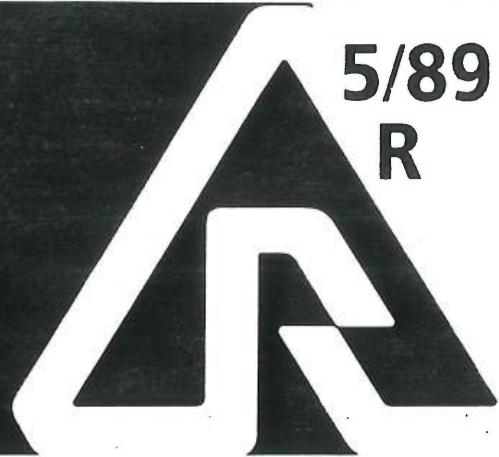
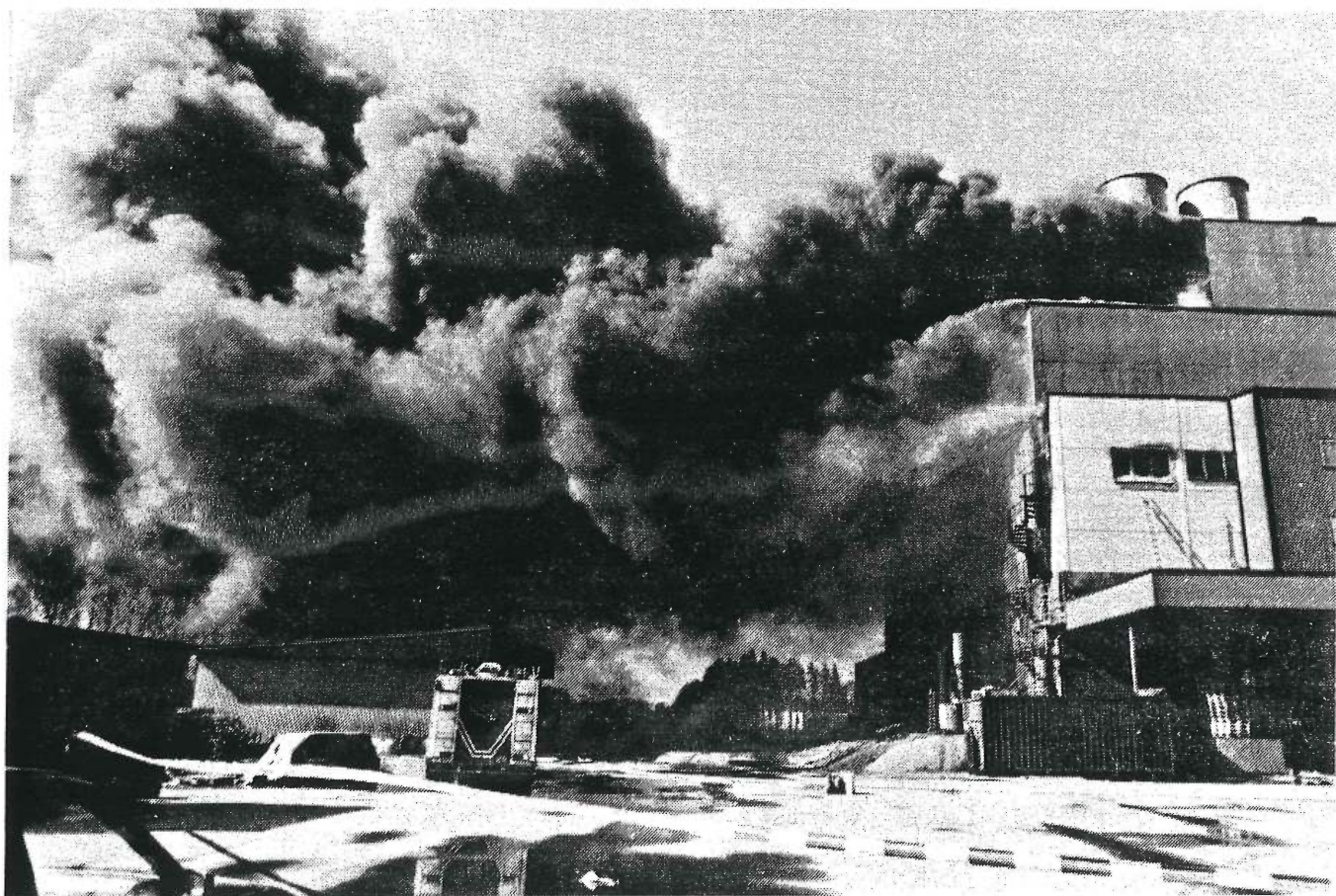


SRV CIRKULÄR

5/89
R



MILJÖ- OCH PERSON- SKADOR VID BRÄNDER I ANLÄGGNINGAR DÄR KEMIKALIER HANTERAS



MILJÖ- OCH PERSONSKADOR VID BRÄNDER I ANLÄGGNINGAR DÄR KEMIKALIER HANTERAS

Cirkuläret riktar sig främst till kommunernas räddningskårer. Avsikten med cirkuläret är att informera om särskilda risker som föreligger vid brand i bl a kemikaliehanterande anläggningar.

Cirkuläret innehåller rekommendationer för både planering och genomförande av räddningsinsatser samt olika kemiska data för vanligt förekommande farliga gaser i brandrök.

STATENS RÄDDNINGSVÄRK

Nils Olof Sandberg

Bo Zetterström

Bertil Wildt-Persson

INNEHÅLL

	Sid
Sammanfattning	1
Några begrepp	1
Bakgrund	1
Farliga ämnen i brandrök	2
Vanligen förekommande farliga gaser i brandrök och deras konsekvenser för människor	4
Rekommendationer baserade på erfarenheter från bränder i anläggningar där kemikalier hanteras	10
Insatsplanering mot brand i anläggningar där kemikalier hanteras	12
Referenser	13

SAMMANFATTNING

Vid bränder bildas farliga ämnen i större eller mindre mängd. Dessa kan ha direkta eller långsiktiga skadeverkningar på människors hälsa eller på miljön. Vilka förbränningsprodukter som bildas vid brand beror på den brinnande kemikalins sammansättning samt övriga förhållanden vid brandplatsen t ex temperatur och syretillförsel.

Vid bränder kan farliga ämnen spridas med brandröken, följa med släckvattnet eller rinna ut till mark- eller vattenrecipient pga olika läckage. Det är därvid väsentligt att räddningskåren kan mäta koncentrationen av de allra vanligast förekommande farliga ämnena för att ha underlag till beslut om räddningsinsatser.

Brandpersonal är en utsatt yrkesgrupp som vid upprepade tillfällen utsättes för brandrök, innehållande mer eller mindre farliga ämnen. Koloxid är den dimensionerande risken i de flesta fall. Det är av största vikt att andningsskydd och skyddsklädsel bärs i samtliga situationer där risker med farliga ämnen finns.

Noggrann insatsplanering mot bränder i anläggningar, där kemikalier hanteras är väsentlig, då den totala skadesituationen vid sådana bränder kan vara komplicerad. Räddningsinsatser måste noggrant förberedas för att minimera och helst förhindra skador på människor och i miljön.

NÅGRA BEGREPP SOM ANVÄNDS I DETTA CIRKULÄR:

- Kemikalie:** Används här som samlingsnamn för kemiska ämnen och produkter.
- Farligt ämne:** En vid brand bildad produkt av en kemikalie som kan ge skador på människor, egendom eller i miljön.
- Brandrök:** I brandrök ingår farliga ämnen. Ämnena kan vara i form av gas t ex koloxid eller aerosoler t ex sot.

BAKGRUND

Inträffade bränder i anläggningar där kemikalier hanteras visar att, förutom risken för att allmänhet och brandpersonal utsättes för farliga ämnen i brandröken, också risken för miljöskador måste beaktas tidigt under räddningsinsatsen.

Vid bränder kan ett stort antal och en stor mängd kemikalier vara inblandade. Allmänhet och brandpersonal kan således utsättas för brandrök som innehåller ett stort antal ämnen, mer eller mindre farliga.

Om brandröken befaras innehålla farliga ämnen kan detta medföra att invånarna i berörda områden genom meddelande i lokalradion bör uppmanas att t ex stanna inomhus samt stänga fönster och ventilation. Även utrymning av områden kan bli aktuell. Tydlig och välavvägd information given på ett lämpligt sätt och vid rätt tillfälle är härvid av största betydelse.

Vid släckinsats kan av branden opåverkade eller påverkade kemikalier blandas med släckvattnet och på detta sätt spridas till intilliggande vattenrecipient. Även vattenreningsverks biologiska reningsbädd kan ta skada. Utförda analyser av släckvatten från bränder i kemikaliehalterande industrier visar att det kan innehålla föroreningar av skadliga kemikalier i en omfattning som kan medföra miljökada.

FARLIGA ÄMNEN I BRANDRÖK

Förbränningsprodukter från brinnande kemikalier innehåller hundratals ämnen av vilka koloxid och koldioxid normalt är de största från koncentrationssynpunkt. Det är med hänsyn till växlingarna i/vid:

- kemikaliens kemiska sammansättning
- kemikaliens ytstruktur
- kemikaliens tjocklek
- kemikaliens densitet
- kemikaliens värmeledningsförmåga
- kemikaliens orientering
- kemikaliens omslutning
- typ av förbränning
- syretillgång
- temperatur
- meteorologiska förhållanden

närmast omöjligt att förutsäga exakta innehållet i brandröken.

När ett flertal farliga ämnen finns i brandröken, kan dessa samverka och som resultat ge en brandrök som är farligare än de enskilda farliga ämnen var för sig (synergism). Det finns uppgifter som anger att ett farligt ämne i samverkan med andra farliga ämnen ger upphov till skador som är tio gånger större än vad det enskilda farliga ämnet kan medföra.

Vid låg temperatur (200-300°C) bildas gaser som huvudsakligen innehåller huvudkomponenter av ämnet som sönderdelas. Vid temperaturer överstigande 800°C sönderdelas ämnena i slutprodukter, t ex koldioxid, cyanväte och klorväte (låg-molekylära ämnen). Koncentrationen av låg-molekylära ämnen är normalt lägre vid industribränder än vid lägenhetsbränder. Detta beror bl a på större förekomst av petroleumprodukter typ olja, bensin samt lösningsmedel vid industribränder.

Koloxid är vanligtvis den farligaste gasen vid förbränning och pyrolys av organiskt material. Den bildas i höga koncentrationer.

Förbränning av allt organiskt material ger också koldioxid. I "ren" luft är koncentrationen av koldioxid ca 350 ppm.

Termisk sönderdelning av organiska material ger en mängd mättade och omättade alifatiska kolväten. Omättade kolväten har i allmänhet större toxisk effekt än mättade kolväten. (Alifatisk betyder att ämnet har sina kolatomer i kedjor och inte i slutna ringar.)

Vid all uppvärmning av polyvinylklorid (PVC) erhålls klorväte som huvudsaklig sönderdelningsprodukt. Klorväte är mycket irriterande i låga koncentrationer och dödlig i mycket höga koncentrationer.

Både naturmaterial och syntetiska produkter bildar alifatiska aldehyder, huvudsakligen formaldehyd, acetaldehyd och akrolein när de utsätts för värme eller brand.

Ättiksyra, etyl- och butylestrar kan bildas vid brand i trä, cellulosaaacetat och polyvinylklorid.

Aromatiska kolväten t ex bensen, toluen, styren och etylbensen bildas som förbränningsprodukter av bl a polystyren.

Acetonitril, akrylonitril, bensonitril har analyserats i förbränningsprodukter från isocyanater och polyuretaner i små mängder. Akrylonitril har också hittats från brinnande polyakrylonitril.

Kväveoxider (nitrosa gaser) bildas vid förbränning av kvävehaltiga produkter, t ex polyuretan, nylon samt olika kvävehaltiga gödselmedel.

Vid förbränning av bl a silke, polyakrylnitril, nylon och polyuretan bildas ammoniak.

Kemisk analys har visat på varierande mängder cyanväte från kväveinnehållande produkter under brand. Cyanväte bildas när bl a syntetiska produkter som polyuretan, polyakrylnitril, melaminplast och nylon brinner. Bildningen av cyanväte ökar med ökad brandtemperatur.

Produkter innehållande fluor avger bl a fluorväte om de värms upp tillräckligt. Många fluorföreningar är extremt toxiska redan då de inandas i relativt låg koncentration.

Produkter som innehåller svavel, t ex gummi och polysulfon kan bilda svaveldioxid vid brand eller upphettning. Små koncentrationer av svavelväte kan också bildas.

Ej brännbara ämnen, t ex vattenglas, aluminiumsilikat och kvicksilver, bildar oxider vid brand. Vattenglas oxideras till natriumoxid medan aluminiumsilikat ger aluminiumoxid. Borax bildar natriumoxid och boroxid. Natriumoxid är irriterande för ögon och hud. Den reagerar med vatten och övergår i natriumhydroxid. Boroxiden bildar borsyra. Bariumnitrat ger upphov till bl a nitrosa gaser vid brand.

Brand i kemiska bekämpningsmedel för t ex ohyra och ogräs bör särskilt uppmärksammas. Dessa innehåller ofta arsenik och krom. De kan även innehålla ämnen som ger liknande effekter som nervgaser.

Nya forskningsresultat visar att fria radikaler kan bildas vid brand och att de kan vara tänkbara orsaker till några dödsfall i samband med bränder (fria radikaler är molekyler eller joner med opariga elektroner och är därför utomordentligt reaktiva). Dessa radikaler kan uppträda upp till tjugo minuter i brandrök. Fria radikaler har konstaterats i brandrök från olika cellulosamateriel, färg, polyeten och gummi men däremot inte från nylon, teflon och polyvinylklorid.

VANLIGEN FÖREKOMMANDE FARLIGA GASER I BRANDRÖK OCH DERAS KONSEKVENSER FÖR MÄNNISKOR

Nedan följer en sammanställning av de farliga gaserna som vanligen förekommer i brandrök. Därutöver finns ett stort antal andra gaser som förekommer i brandrök. Olika symptom på människa vid varierande koncentrationer av det farliga ämnet i luft anges. Symptomen kan variera mellan olika personer beroende på överkänslighet, sjukdom etc.

Gaserna är förtecknade i bokstavsordning.

Som jämförelse anges normal sammansättning av luft.

78	vol %	Kväve 77 vol % samt inerta gaser såsom Argon 0,9 vol %, Neon 0,002 vol %, Helium 0,0005 vol %, Krypton 0,0001 vol %, Xenon 0,000009 vol % och Radon $6 \cdot 10^{-18}$ vol %.
21	vol %	Syre
1	vol %	Vattenånga
0,04	vol %	Koldioxid

ACETALDEHYD

Koncentration av acetaldehyd (ppm)	Symptom
0,07-0,2	Lukt kan kännas
25-50	Svag irritation i ögon efter 15 minuter
200	Irritation i näsa och hals

ACETONITRIL

Koncentration av acetonitril (ppm)	Symptom
40	Lukt kan kännas
160	Irritation i ögon och näsa. Tryck över bröstet, ökad salivavsöndring efter några timmar
8000	Dödlig inom ett antal timmar

AKROLEIN

Koncentration av akrolein
(ppm)

0,2-0,4

Symptom

Lukt kan kännas

< 1

Irritation i ögon, näsa, hals. Hosta och tryck över bröstet

5

Mycket kraftig irritation. Illamående, kräkningar och lungpåverkan

> 10

Dödlig inom kort tid

AKRYLONITRIL

Se Acetonitril.

AMMONIAK

Koncentration av ammoniak
(ppm)

1-30

Symptom

Lukt kan kännas

100

Irritation i näsa, hals och ögon

500-1 000

Stark irritation, allvarlig hosta

3 500

Livsfarligt efter 30-60 min

BENSEN

Koncentration av bensen
(ppm)

5

Symptom

Lukt kan kännas

< 500

Yrsel, illamående, kräkningar, huvudvärk, medvetandesänkning

1 500-4 000

Farlig inom några timmar

8 000

Dödlig efter 30-60 minuter

Farligheten för bensen och toluen ligger inom samma intervall.

BENSONITRIL

Se acetonitril.

BUTYLACETAT**Koncentration av butylacetat (ppm)**

200-300

900

1 800

Symptom

Irritation i näsa, ögon och hals

Narkotisk effekt

Medvetslöshet

CYANVÄTE**Koncentration av cyanväte (ppm)**

1-10

20-40

40-50

100

180-350

Symptom

Lukt kan kännas

Huvudvärk efter flera timmar

Uthärdligt upp till 1 timme utan allvarliga skador

Dödlig efter 1 timme

Dödlig efter någon minut

ETYLACETAT**Koncentration av etylacetat (ppm)**

0,2

350

700

3 800

Symptom

Lukt kan kännas

Irritation av näsa, ögon efter 5 minuter

Narkotisk effekt

Medvetslöshet

FLUORVÄTE**Koncentration av fluorväte (ppm)**

30

50

60

120

400

Symptom

Obehagligt

Dödlig inom 30-60 minuter

Irritation i näsa och hals

Irritation av hud, ögon och andningsvägar

Dödlig inom 10 minuter

FORMALDEHYD

Koncentration av formaldehyd (ppm)	Symptom
0,01	Svag irritation i ögon
0,1-3	Lukt kan kännas, irritation i näsa och hals
4	Kraftig irritation. Knappast uthärdligt i 10-30 minuter
10-15	Hosta, svårt att andas

KLORVÄTE

Koncentration av klorväte (ppm)	Symptom
1-5	Lukt kan kännas
5-10	Irritation
35	Irritation i hals efter kort exposition
50-100	Knappast uthärdligt i en timme
> 500	Dödlig inom 10 minuter

KOLDIOXID

Koncentration av koldioxid (ppm)	Symptom
18 000	Djupare andning, svag andfåddhet
30 000	Påtaglig andfåddhet, huvudvärk
50 000	Stark andfåddhet, kvävning-känsla
80 000	Medvetslöshet
200 000	Omedelbar medvetslöshet, död inom minuter

KOLOXID**Koncentration av koloxid
(ppm)****Symptom**

100	Inga omedelbara symptom
200	Huvudvärk efter 2-3 timmar
650	Påverkan av nervsystemet ger bl a huvudvärk. Narkotisk efter 30-60 minuter
1 500	Dödlig inom 1 timme.

NITRÖSA GASER**Koncentration av kvävedioxid
(ppm)****Symptom**

5	Lukt kan kännas
25	Efter 60 minuter retande i andningsvägarna och tryck över bröstet
50	Irriterande i ögon och näsa
100-200	Mycket farlig inom 30-60 minuter pga allvarlig lungpåverkan (lungödem m m)
250	Dödlig inom några få minuter

STYREN**Koncentration av styren
(ppm)****Symptom**

0,05-25	Lukt kan kännas
100	Stark lukt
200-400	Irriterande i ögon
500-800	Hosta. Irritation i näsa och hals. Påverkan av nervsystemet ger bl a trötthet, yrsel, svaghet i muskler

SVAVELDIOXID**Koncentration av svaveldioxid (ppm)****Symptom**

1-3	Lukt kan kännas
4	Hostretning
5	Irritation i näsa och hals. Svårt att andas
30-100	Ögonpåverkan, kronisk retning i andningsvägarna
100-250	Farligt
400-500	Livsfarlig även vid kortvarig exposition

SVAVELVÄTE**Koncentration av svavelväte (ppm)****Symptom**

0,03-0,3	Lukt kan kännas, men avtrubbas
50	Viss irritation
250	Irriterande, risk för lungpåverkan
500	Huvudvärk, illamående, koma
> 500	Dödlig inom 30 till 60 minuter
> 1 000	Dödlig

TOLUEN

Se Bensen.

ÄTTIKSSYRA**Koncentration av ättiksyra (ppm)****Symptom**

10	Lukt kan kännas
60-100	Irritation i andningsorgan, ögon och hud
200-500	Kraftigt irriterande
800-1 200	Kan uthärdas några minuter

REKOMMENDATIONER BASERADE PÅ ERFARENHETER FRÅN BRÄNDER I ANLÄGGNINGAR DÄR KEMIKALIER HANTERAS

Utförda undersökningar av brandmäns insatsmiljö visar att koloxid är den dimensionerande risken i de flesta situationer. I vissa extrema fall, beroende av vad som brinner och hur mätningarna utförts, kan dessutom höga koncentrationer av cyanväte och klorväte uppträda i direkt anslutning till bränder.

Då brandröken stiger från brandhärden och sedan följer vinden sker en utspädning av brandgaserna och koncentrationen minskar. Efter hand, när röken avkyls, sjunker brandgaser som är tyngre än luft. Eftersom brandrökens sammansättning kan vara svår att bestämma, bör man utgående från vad som brinner, försöka uppskatta de farligaste ämnena med hjälp av egen erfarenhet eller kemisk expertis. För att kunna fastställa om brandröken är skadlig för människor behövs mätning av dessa ämnens koncentration på ett flertal platser, förutom brandplatsen. Därvid är dosen, dvs produkten av koncentration och tid, dimensionerande.

Vissa farliga ämnen har en lukt som är märkbar vid låga koncentrationer, vilket kan vara gynnsamt när det gäller att fastställa förekomsten. T ex koloxid är emellertid helt luktlös och är därför extra farlig. Se även avsnittet "Vanligen förekommande farliga gaser i brandrök och deras konsekvenser för människor".

Det är viktigt att **mätinstrument**, för att indikera de vanligast förekommande farliga ämnena i brandrök, finns tillgängligt så att bra underlag till beslut om räddningsinsatser kan fås. Inom en kommunal räddningsorganisation bör möjlighet att mäta åtminstone koloxid, klorväte och cyanväte finnas. Om egna resurser för att indikera dessa gaser saknas, bör möjlighet finnas att få hjälp av t ex miljö- och hälsoskyddsförvaltningen eller närbelägen räddningskår. Härvid rekommenderas ett direktvisande mätinstrument som kan mäta ett flertal gaser. Instrument med glasampuller är ett billigare alternativ, som normalt inte har lika stort användningsområde. (Se även FOA rapport D 40204 sept 1989 - Marknadsanalys av gasanalysinstrument.) Vid en släckinsats kan farliga ämnen även spridas till intilliggande mark- eller vattenrecipient. Det är viktigt att åtgärder vidtages i ett tidigt skede för att förhindra eller minimera detta, t ex genom invallning eller lämpning. Instrument för att mäta farliga ämnen eller kemikalier i mark och vatten kan då behövas.

Brandrök med hög koncentration av farliga ämnen kan spridas relativt långt ifrån brandplatsen. Brandpersonalen använder helt enligt anvisningar, andningsapparat vid rökdykning och släckinsatser i direkt anslutning till branden. Under arbetsmoment på något längre avstånd från branden kan det också finnas behov att använda andningsapparat eller, under vissa förhållanden, andningsskydd med gasfilter. Gasfilter skyddar inte mot koloxid och koldioxid eller brist på syrgas, samt skyddar dåligt mot nitrösa gaser eller höga koncentrationer av farliga ämnen. Gasfilter ersätter således inte andningsapparaten utan kompletterar denna. Inträffade skador med andningsbesvär på personal i insatsstyrkan tyder generellt på att andningsskydd bör användas i större omfattning samt att möjlighet att fastställa brandgasernas spridning och koncentration bör förbättras.

Vid insatser under en brand måste olika omständigheter och åtgärder avvägas, så att **totala skadan** minimeras. Vid enstaka tillfällen kan det t ex vara mera gynnsamt att låta branden (eller delar av branden) fortgå under kontrollerade former, då annars farliga ämnen skulle kunna spridas med släckvattnet och orsaka större skador än nödvändigt.

Om det samtidigt med släckningsarbetet påbörjas ett saneringsarbete bör räddningsledaren snarast klargöra för restvärdesledaren, saneringspersonal etc riskerna med förekommande farliga ämnen. Saneringspersonalen måste ha erforderlig kännedom om bl a avloppsnätets dragning så att man inte omedvetet släpper ut förorenat släckvatten i brunnar och ledningar så att det ej kan omhändertagas.

INSATSPLANERING MOT BRAND I ANLÄGGNINGAR DÄR KEMIKALIER HANTERAS

I en insatsplan skall man i största möjliga omfattning planlägga åtgärder och insatser för olika tänkbara skadefall, samt dokumentera nödvändig information kring dessa. Som underlag till en insatsplan bör en inventering över sannolika scenarier innefattande spridning av farliga ämnen till närliggande områden göras (använd gärna SRVs riskhandbok).

Vid insatsplanering mot bränder i anläggningar där kemikalier hanteras är det av största vikt att kemikaliebeståndet inventeras och bedömning av möjliga konsekvenser av brandgaser, släckvatten och utläckande kemikalier görs.

Förutom den information som generellt behövs vid brand i anläggningar bör en insatsplan mot brand i kemikaliehanterande anläggningar särskilt innehålla information enligt nedanstående punkter:

- Förteckning över kemikalier med angivande av slag, mängd, förvaringsplatser och tillgänglighet.
- Angivande av lämpliga släckmedel och släckutrustningar.
- Angivande av olika möjligheter att forsla undan hotade kemikalier samt omhänderta dessa. Här kan tillfälliga förvaringsplatser behöva inventeras .
- Resurser för att kunna indikera brandgaser och kemikalier i luft, vatten och mark.
- Inventering över förmodade släckvattensvolymmer och möjliga avrinningsvägar samt konsekvensanalys av uttrinnande förorenat släckvatten till ledningsnät eller ut i naturen.
- Översiktsritningar över avloppsnät som anger kapacitet, ledningsdragning, (dagvatten/spillvatten), brunnar, ventiler o dyl.
- Angivande av ev oljeavskiljare och deras kapacitet att avskilja kemikalier samt tillhörande brunnar och ledningar till/från oljeavskiljaren.
- Förberedelser av uppsamlingsmöjligheter av släckvattnet, t ex tätning av brunnar, tankar, självresande kar, tillfälliga invallningar/upp-samlingsmöjligheter.
- Förberedelser av lämpliga platser för slamsugning.
- Kontaktvägar och samordning med reningsverk och övriga anläggningar som kan komma i kontakt med det förorenade släckvattnet.

På motsvarande sätt bör planeringen ske pga farliga ämnen i luft och mark t ex angående spridningsbilder för gaser och varningsanordningar.

En insatsplan bör upprättas i samverkan med anläggningens ägare eller innehavare.

REFERENSER

- Smoke and products of combustion, volume 15, part II, Carlos I Hilado, Technomix, 1976.
Chemistry, sep 1987.
Kemisk analys av brandgaser, Sven Berg, Stockholms universitet, 1981.
Katastrofmedicin-kemiska olyckor-Johan Hermelin m fl. KAMEDO, 1984.
Termisk sönderdelning av PVC-PM, 647-, Statens naturvårdsverk, 1975.
Air contaminants in structural firefighting, Burgess m fl, Harvard School of Public Health, 1979.
Människans fysiska tålighet i brandmiljö. Brandgaser och rök, FOA rapport C54053-H1, 1984.
Plast-brand-korrosion, SBF, 1977.

SRV CIRKULÄR

Hitills har i serien utkommit

- 1/87 R Koldioxid för brandsläckning
- 2/87 R Acetylen gasflaskor vid brandsläckning
- 3/87 R Helikopter vid skogsbrandsläckning
- 4/87 R Exempel på räddningstjänstplan (Småstads kommun)
- 1/88 R Terrängtransporter
- 2/88 R Vattendykning i kommunal räddningstjänst
- 3/88 R Information från SMHI i samband med räddningstjänst
- 4/88 R Hetzonsbildning vid brand i oljor
- 1/89 R Räddningsarbete vid nödlägen med radioaktiva ämnen
- 2/89 R Skogsbrandbevakning med flyg
- 3/89 B Brandskydd vid föreställningstält
- 4/89 R Kommunala räddningstjänstinsatser i Sverige under år 1988
- 5/89 R Miljö- och personskador vid bränder i anläggningar där kemikalier hanteras

SRV CIRKULÄR utges av Statens räddningsverk. Cirkulären skall vara ett hjälpmedel i räddningstjänsten och befolkningsskyddet. Innehållet i cirkulären är inte att betrakta som föreskrifter eller allmänna råd.

Ytterligare exemplar kan beställas på adress:
STATENS RÄDDNINGSVK, Trycksaksförrådet (rum L 125),
KAROLINEN,
651 80 KARLSTAD