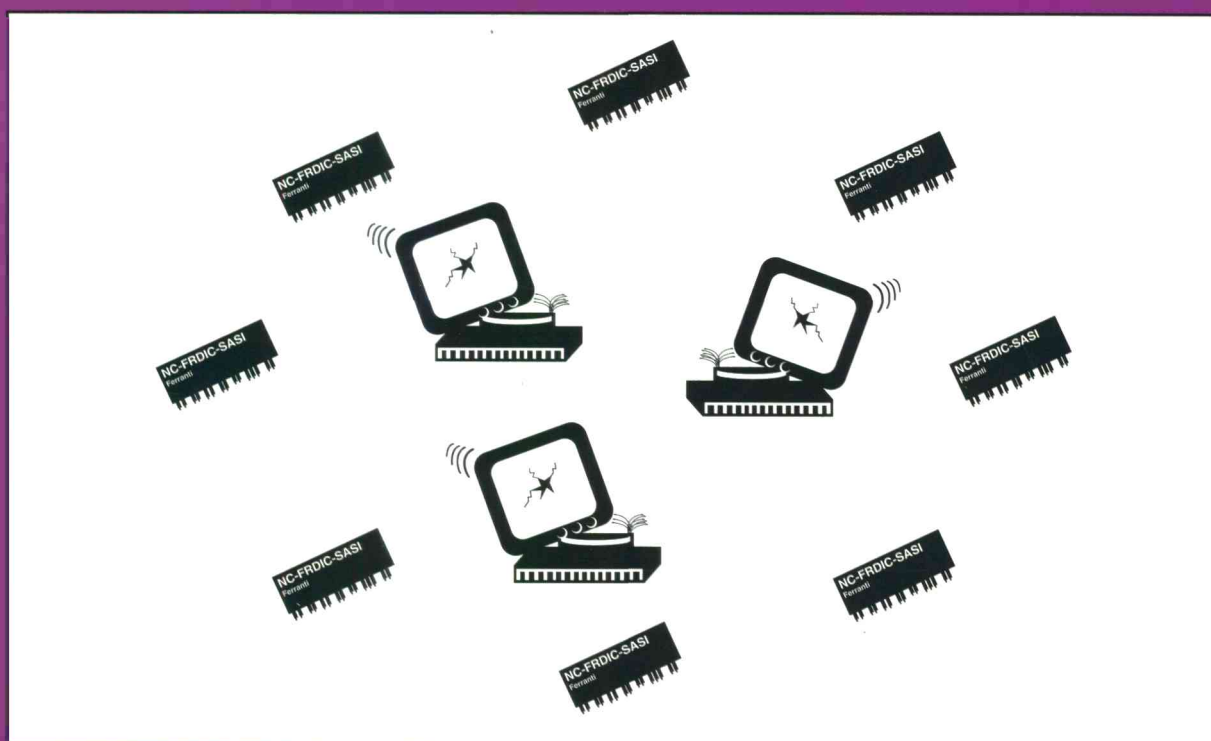


Bromerade flamskyddsmedel

Miljöeffekter vid brand



RÄDDNINGSG
VERKET

Bromerade flamskyddsmedel - Miljöeffekter vid brand

Rapporten har utarbetats av
Margret Månsson, SP Kemisk analys och
Bror Persson, SP Brandteknik

För innehållet svarar författarna

Räddningsverkets kontaktperson:

Björn Albinson, Risk och miljöavdelningen, Enheten för miljö och kärnenergi,
telefon direkt 054 - 10 42 98, växel 054 - 10 40 00



1997 Räddningsverket, Karlstad
Risk- och miljöavdelningen
ISBN 91-88890-72-4

Beställningsnummer P21-170/97
1997 års utgåva

Sammanfattning

Kunskaper när det gäller påverkan av bromerade flamskyddsmedel på människa och miljö vid brand är idag bristfälliga. En litteraturstudie har genomförts som visar att huvuddelen av den information som finns baseras på småskaliga experiment vars huvudsyfte varit att ge underlag för bedömning av risker för toxiska utsläpp vid avfallsförbränning.

1 Inledning

Det är vanligt att flamskyddsmedel tillsätts produkter av plast för att minska deras benägenhet att antändas och för att om de antänds minska brinnhastigheten. Det senare för att minska konsekvenserna vid brand. Främst flamskyddas polymera material men även t ex trä och bomull kan vara flamskyddade. En sammanställning av olika tillämpningar ges i bl a [1, 2]. Som exempel på produkter där det är vanligt med tillsatser av flamskyddsmedel kan nämnas TV- och datorkåpor av polystyren eller polyfenylenoxid, polyuretanstoppning i möbler, flygplansinredningar, elektriska kablar med polyeten etc. Man har dock på senare tid börjat ifrågasätta flamskyddsmedlens vara eller inte vara på grund av riskerna för påverkan på både människa och miljö. Det har framförts argument att det kanske är bättre att acceptera flera bränder i utbyte mot att man får en mindre påverkan på miljön.

De vanligast förekommande flamskyddsmedlen har varit baserade på halogener (främst bromerade) och fosfor, speciellt då det gäller flamskydd för polymera material. Farhågor för att halogenerade flamskyddsmedel kan avge hälsofarliga mängder dioxiner och furaner vid brand har medfört att alternativ har tagits fram som exempelvis aluminiumtrihydrat, magnesiumhydroxid, ammoniumpolysulfat och melaminföreningar [3]. De halogenerade flamskyddsmedlen ger också aggressiv rök vid brand. En ny generation bromerade flamskyddsmedel för polymera material påstås emellertid, förutom att de ger tillverkningsmässiga fördelar för plastindustrin, även ge en signifikant minskning av rökgasens toxicitet i samband med brand [4].

För halogenerade flamskyddsmedel är brom mera verkningsfullt än klor som tillsats vilket är en fördel eftersom det därigenom behöver tillsättas i mindre mängd. Detta är en fördel också genom att de bromerade medlen därmed påverkar plastens mekaniska egenskaper betydligt mindre. Vätebromid (HBr) har dock avsevärt mer aggressiva egenskaper än exempelvis väteklorid (saltsyra, HCl). Plaster med tillsatser av brom medför emellertid mindre risk för korrosion när de sönderdelas vid brand än plaster med tillsatser av klor [5].

Farhågor när det gäller påverkan på ozonskiktet från användning av halogenerade flamskyddsmedel är i stort obefogad. Jämförelser med CFC (Cl-F-kolväten) och haloner (F-Cl-Br-kolväten) är knappast relevanta. CFC och haloner är flyktiga substanser med unika egenskaper ifråga om stabilitet, vilket gör att de överlever långt upp i luftlagren (stratosfären). Förbränningsprodukterna från flamskyddsmedel är mera kortlivade och transporteras därför inte tillräckligt långt upp i atmosfären, den första förutsättningen för en påverkan på ozonskiktet.

Flamskyddsmedlens effektivitet kan i någon mån bedömas genom att exponera materialen för en flamma från en Bunsenbrännare. Sådana enkla visuella prov har medfört att plastprodukters brandsäkerhet har ökat betydligt men mäter huvudsakligen provens antändbarhet. I dag används mera sofistikerade metoder för att bestämma en rad egenskaper hos flamskyddade produkter. Mer eller mindre standardiserade metoder finns för att bestämma antändning, flamspridning, effektutveckling, brandmotstånd, effekt på släckning, rökbildning och korrosiva egenskaper. En sammanställning av sådana metoder ges i bl a [5] och [6]. I [7] redovisas en studie där man genomfört jämförande tester av effektiviteten hos olika flamskyddsmedel med konkalorimetermetodik.

2 Vanliga typer av flamskyddsmedel som förekommer i Sverige

Gruppen flamskyddsmedel omfattar ca 350 kemiska ämnen. Huvuddelen av de vanligen förekommande flamskyddsmedlen utgörs av organiska fosforföreningar, utan halogen resp halogenerade, samt organiska halogenföreningar, de senare ofta i kombination med bl a antimonoxid [8]. Bland de oorganiska flamskyddsmedlen finner man bland andra aluminiumtrihydrat, magnesiumhydroxid och borater. Som flamskydd för polymera material används även alkalimetallsalter och metalloxidhydrat [6]. Kombinationen av antimonoxid med halogenföreningar ger mellanprodukten antimontrihalid vilken i flammen frigörs som vätehalid medan antimon anses bilda ytterst finfördelad antimonoxid som man vet reducerar flamspridningshastigheten i förbränningszonen.

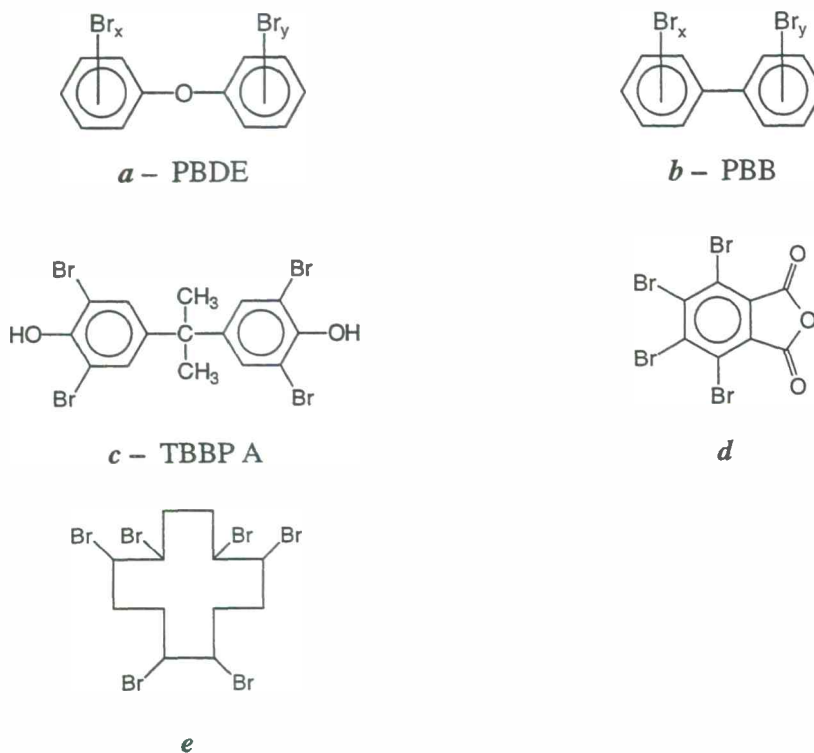
Enligt uppgifter i [2] tillverkas inga bromerade flamskydd i Sverige. Man anser emellertid att de flesta flamskyddsmedel som finns på den internationella marknaden i någon form också finns i Sverige, om inte annat så förekommer de som beståndsdelar i importerade varor. Vid import i form av de rena kemikalierna görs en registrering i Kemikalieinspektionens (KemI) produktregister och man får då också uppgift om importerade mängder. Stora mängder importeras i form av flamskyddad plast- och gummiråvara. Den största mängden flamskyddsmedel anser man importeras i form av flamskyddade varor och halvfabrikat.

En sammanställning över de vanligast förekommande bromerade flamskyddsmedlen och deras egenskaper finner man i [2]. I Tabell 1 nedan ges en översikt över de olika ämnesgrupperna med de enskilda substanserna. Av tabellen framgår att de aktuella substanserna generellt har höga molvikter, vilket normalt innebär låga ångtryck och oftast låg löslighet i vattenfas.

Tabell 1 De vanligast bromerade flamskyddsmedlen

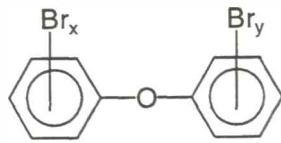
Produktgrupp	Substans	Molvikt/(g/mol)	Beteckning
Polybromerade difenyletrar	Pentabromdifenyleter	564,8	PBDE
	Oktabromdifenyleter	801,5	
	Dekabromdifenyleter	959,2	
Polybromerade bifenyler	Dekabrombifenyl	943,0	PBB
Tetrabrombisfenol A	Tetrabrombisfenol A	543,9	TBBP A
	TBBP A-karbonatoligomer		
Hexabromcyklododekan	1,2,5,6,9,10-Hexabromcyklododekan	641,7	
Bromerad polystyren		–	BrPS
Tetrabromftalsyraanhydrid	Tetrabromftalsyraanhydrid	463,7	
N,N'-Etylenbistettabromftalimid	N,N'-etylenbistettabromftalimid	951,5	

Den kemiska strukturen för några av de i tabellen angivna bromerade flamskyddsmedlen framgår av Figur 1.

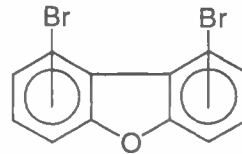


Figur 1 Den kemiska bindningsstrukturen för polybromerad difenyleter (a), polybromerad bifenyl (b), tetrabrombisfenol A (c), tetrabromftalsyraanhydrid (d) och hexabromcyklododekan (e).

En omedelbar observation är att PBDE har en struktur som förefaller väl tillrättlagd för att relativt lätt, t ex genom förlust av två bromatomer, kunna ge upphov till önskade polybromerade dibensofuraner (PBDF).



PBDE



PBDF

Generellt gäller att flamskyddsmedel är stabila ämnen som riskerar att ackumuleras i naturen. För flertalet ämnen saknas underlag för en fullständig bedömning av deras toxicitet eller miljöpåverkan. I [2] redovisas riskbedömningar gjorda för några utvalda flamskyddsmedel. De bromerade medlen som listats i Tabell 1 ingick i undersökningen. Av de totalt 16 substanserna/substansgrupperna som redovisats kunde man bara genomföra en mera fullständig riskbedömning för hälften.

Utifrån den kunskap man har idag om halter i miljön, bioackumulering och persistens dras i sammanfattningen i [2] slutsatsen att användningen av PBDE och PBB måste upphöra. Denna åsikt framförs och underbyggs bl a även i [9].

3 Verksamma mekanismer

Flamskyddsmedel kan påverka förbränningsprocessen antingen fysikaliskt eller kemiskt [5].

Fysikalisk påverkan kan ske:

- Genom kylning. Endoterma processer som startas av tillsatserna kyler substratet till en temperatur under den som är nödvändig för att upprätthålla branden.
- Genom bildandet av ett skyddande skikt (coating). Det brinnande materialet avskärmas från de heta brandgaserna genom ett fast eller gasformigt skikt. Materialets yta kyls vilket medför att en mindre mängd pyrolysgas bildas. Vidare hindras syre från luften att nå reaktionszonen och värmetransporten från brandgaserna hindras.
- Genom uppblandning. Tillsättandet av inerta substanser (t ex fyllmedel) och additiver som producerar inerta gaser vid sönderdelning och blandar ut pyrolysgaserna så att brännbarhetsgränserna ändras och minskar risken för antändning.

Kemiska reaktioner som påverkar förbränningsprocessen kan förekomma både i den fasta och gasformiga fasen:

- Reaktionen i gasfasen. Flamskyddsmedlen gör att den exoterma processen vid förbränningen bromsas, systemet kyls vilket gör att mängden brännbara gaser som bildas minskar och eventuellt upphör helt.
- Fastfasreaktioner. Här kan två olika typer av reaktioner förekomma. I det ena fallet får man en accelererad sönderdelning av plasten så att ett kraftigt flöde uppstår från ytan vilket i sin tur medför att flamman blåses ut. I det andra fallet bildar flamskyddsmedlet ett skyddande skikt av kol på plastens yta.

En mer utförlig diskussion om flamskyddsmedlens verksamma mekanismer finns också i [6].

4 Vad bildas vid brand?

När organiska ämnen som innehåller klor, t ex PVC och klorparaffiner, brinner (förbränns) uppträder det mesta av kloren som HCl i rökgaserna och/eller som klorider i flygaskan. Motsvarande händer i princip vid förbränning av produkter som innehåller brom, exempelvis flamskyddad plast, där brom då ger upphov till HBr i rökgaserna och/eller bromid i flygaskan.

Osäkerheten är idag stor beträffande hur mycket HBr som bildas vid brand. Vid kalorimetriska bestämningar av förbränningsenergin för brom-organiska substanser, där proven förbränns i 3 MPa ren syrgas i en kalorimetrisk bomb, bildar ca 95 % av den totala mängden brom primärt **inte** HBr utan elementär brom (Br_2) som är mycket reaktiv och avsevärt toxisk. De hygieniska gränsvärdena ifråga om brom är för nivågränsvärdet (NGV) 0,1 ppm och korttidsgränsvärdet (KTV) 0,3 ppm [10], vilket motsvarar 0,7 mg/m³ resp 2 mg/m³. – Vid motsvarande bombkalorimetriska förbränningar av organiska klorföreningar får man primärt fri klor från ca 5 % av den tillgängliga mängden klor i provet. Resten ger direkt HCl.

I [11] rapporteras om modellexperiment omfattande oxidativ termisk degradering i den i brandsammanhang bekanta DIN-ugnen. Tio olika bromerade flamskyddsmedel studerades, både medlen som sådana och som tillsatser i polymera material. Man kunde då påvisa bildning av fri brom vid förbränning av ren decabromdifenyleter medan Br_2 inte gick att detektera vid motsvarande betingelser i den med detta medel flamskyddade polymeren.

En av flamskyddsmedlens verksamma mekanismer är att ge ofullständigt oxiderade förbränningsprodukter, exempelvis CO, vilket innebär att potentialen för att ge toxiska rökgaser är större för flamskyddat material än vad den är för materialet utan flamskydd. Normalt uppvägs detta mer än väl av att det flamskyddade materialet brinner långsammare och i betydligt mindre utsträckning.

I rökgas från brand finner man alltid ett brett spektrum av pyrolys- och förbränningsprodukter, även vid välventilerad brand på ur kemisk synpunkt relativt harmlösa produkter [12]. Flertalet polymerer, även de baserade på alifatiska kolväten, ger upphov till aromaterna bensen, toluen etc i rökgasen. Bensen är oftast dominerande ämne, bortsett från de riktigt lågmolekylära ämnena. Närvaron av flam-

skyddsmedel ändrar knappast den bilden. Däremot ger närvaro av halogen upphov till Cl/Br-substituerad bensen i rökgasen.

Användningen av bromerade flamskyddsmedel anses utgöra en risk för att stora mängder polybromerade dibensodioxiner, PBDD, och polybromerade dibensofuraner, PBDF, bildas i samband med brand, liksom vid förbränning vid låga temperaturer, 400 °C till 500 °C, t ex vid dålig avfallsförbränning [3]. PBDE och PBB misstänks utgöra en speciellt stor risk och man koncentrerar sig därför på att få bort dessa.

Det förtjänar påpekas att förbränning av organiskt material i närvaro av brom från andra källor än flamskydd också ger upphov till PBDD/PBDF t ex vid undermålig avfallsförbränning. Det finns i princip 135 isomera PBDD och 75 isomera PBDF, varav endast ett mindre antal klassas som toxiska. Man bedömer att de polybromerade föreningarna har toxiska egenskaper i paritet med vad som är fallet för de klorerade analogerna. Bara något enstaka försök att värdera summa-andelen toxiska PBDD/PBDF i termer av TCDD-ekvivalenter kunde redovisas [13]. TCDD står för 2,3,7,8-tetraklordibenso-p-dioxin som anses vara det giftigaste ämne som producerats av människor.

Sot bildas ofta i stora mängder vid brand. Man menar att flamskyddade material ger mer sot per viktenhet brunnat material. Man börjar nu alltmer uppmärksamma att sotet är bärare av både korroderande rökgaskomponenter av typen HCl [14] och hälsofarliga av typ polyaromatiska kolväten, PAH. Sotet fungerar helt enkelt som en effektiv adsorbent i rökgasen.

5 Genomförda studier

En litteraturgenomgång visar, inte oväntat, att merparten av det som finns publicerat om flamskyddsmedel berör medlens funktion som skydd, samt tekniska och miljö- och hälsorelaterade problemställningar kring ämnens framställning. Mycket finns även om ämnens egenskaper som kemiska ämnen, inklusive studier av deras toxicitet i olika avseenden. Resultaten från en genomgång av några olika flamskyddsmedels miljörelaterade egenskaper finns sammanfattade i [2].

Ifråga om rökgasernas sammansättning nöjde man sig länge med att studera bildningen av CO, HCl, HBr etc medan marginell uppmärksamhet ägnades åt att analysera vilka organiska komponenter som förekom i små mängder i rökgasen, i synnerhet då det gällt någon form av storskalig provning som exempelvis i [15]. Den totala toxiciteten hos rökgasen har i något fall undersökts genom att råttor exponerats för brandgaserna [16].

Numera finner man allt oftare en mera fullständig kartläggning även av de organiska komponenterna i rökgasen. Under de senaste fem åren har ett dussintal undersökningar publicerats som fokuserar på mätningar av högmolekylära potentiellt toxiska ämnen från pyrolys/förbränning av polymera material innehållande bromerade flamskydd. Det gäller i allmänhet småskaliga experiment; [11], [17-18] samt referenser i dessa publikationer.

I [11] redovisas ett arbete där man i första hand ville studera i vilken utsträckning som PBDD/PBDF bildas vid eldning av polymera material innehållande bromerade flamskyddsmedel. Experimenten utfördes på små provmängder. Den experimentella tekniken och tillhörande ugnar motsvarar vad som används för småskaliga modellstudier av toxicitet hos brandgaser. Resultaten kan därför lika väl användas som information om händelseförlopp vid brand.

Studien omfattade tio olika bromerade flamskydd och sju polymera material. Mätningar genomfördes vid temperaturer från 300 °C till 800 °C i 100-gradersintervall, dels på flamskyddsmedlen som sådana och dels på polymera material med tillsats av bromföreningarna. Resultaten visar att flamskyddsmedlen i sig i de flesta fall inte ger några besvärande produkter vid förbränning och brand. Problemen uppstår när flamskyddsmedlen brinner tillsammans med energirika organiska material av typen polymera material. Benägenheten för bildning av bromerade dioxiner/furaner ökar då drastiskt.

Av de totalt 210 PBDD/PBDF-föreningar som existerar fanns inte referenser för alla och kompletta isomer-specifika bestämningar kunde därför inte genomföras. Vid analyserna identifierades och kvantifierades alla mono- till oktambromföreningar med hjälp av extern standard.

Experiment med dekabrombifenyleter (en PBDE) i polypropen (inkl. 4 % Sb_2O_3 , antimontrioxid) i DIN-ugnen vid 400 °C gav så mycket som 25 % (m/m) PBDD/PBDF, d v s en fjärdedel av tillgänglig brom återfanns som dioxin/furan. Vid 500 °C hade andelen sjunkit till 12 % och vid 600 °C till 5,5 %. Bland PBDF dominerade de tetrabromerade isomererna vid alla temperaturerna. Den toxiska 2,3,7,8-isomeren identifierades i blandningarna och uppskattades utgöra närmare 2 % av den totala mängden PBDF. Toxicitetsfaktorer som skulle kunna användas för att värdera PBDD/PBDF-isomerernas farlighet i termer av TCDD-ekvivalenter finns för närvarande inte [13].

Mätningar på polymerer innehållande TBBP A gav endast ppm-kvantiteter av PBDD/PBDF; hexabromcyklododekan, BrPS och tetrabromftalsyraanhydrid gav inte några mätbara mängder.

Bland de bromerade flamskyddsmedlen finn några som också innehåller kväve i molekylerna, exempelvis 2,4,6-tribromanilin. I [18] redovisas ett arbete där man vid förbränning av medlet får signifikanta mängder av bromerade bensidiner och karbazoler.

6 Fortsatt arbete

Det experimentella underlag som idag finns om bromerade flamskyddsmedels och motsvarande flamskyddade produkters uppförande vid brand och toxiciteten hos rökgasen kommer till övervägande delen från experiment i skalan några gram. Många av experimenten har dessutom syftat till att få fram information om risker för toxiska utsläpp i samband med avfallsförbränning.

Den faktiska relevansen i en extrapolation gram-skala till verklig brandskala har man ännu inget tydligt grepp om, speciellt när det gäller de organiska ämnena i rökgaserna. Det vore önskvärt att få ett brandrelaterat underlag i åtminstone konkalorimeterskala (0,1 kg) med experiment motsvarande såväl underventilerad som välventilerad brand.

En fullständig kartläggning av rökgasens sammansättning är tämligen dyr att genomföra och det är viktigt att system som kan tänkas bli föremål för mera fullständiga mätningar väljs med stor omsorg. Vissa experiment bör genomföras av flera forskargrupper för att klargöra generaliteten i resultaten. En gemensam studie på internationell/Europa-nivå vore att rekommendera.

Förebyggande arbete så långt detta är möjligt borde ge de gynnsammaste resultaten. Så länge kunskaperna är så begränsade om konsekvenser vid brand relaterade till produkter innehållande bromerade flamskyddsmedel måste försiktighetsprincipen gälla. Att samla alltför mycket av denna typ av produkter på ett begränsat utrymme är i händelse av brand riskabelt. Man vet att förbränningsprodukter från en brunnen flamskyddad TV-kåpa kan nödvändiggöra en långtgående sanering av en hel villa [11] med avseende på polybromerade förbränningsprodukter.

7 Slutsatser

Mängden brom på kommunala deponier anses inte ha nått för miljön besvärande nivåer. Ett framtida omhändertagande av produkter av typen TV-höljen och liknande bör främjas. Sortering i olika fraktioner baserat på relevant märkning med avseende på typen av flamskydd borde också kunna genomföras. I vad mån förekomsten av bromerade flamskydd påverkar återvinning/återbruk av materialet och vilka märkningsmöjligheter man då har är en öppen fråga.

Risken vid lagring i händelse av brand får inte underskattas. Om man exempelvis lagrar 1000 TV-höljen innehållande 20 % bromerade flamskyddsmedel av typen PBDE, motsvarande 2,0 kg per hölje [19], kan man räkna med att det vid en brand kan ske ett utsläpp av flera hundra kg PBDD/PBDF, varav storleksordningen 1 kg eller mer utgörs av toxiska PBDD/PBDF [11].

Arbetet med att ersätta PBDE och PBB pågår. Ett sådant måste givetvis drivas internationellt, vilket också görs. Man finner vid en litteratursökning exempel på att det arbetas med att få fram mindre miljöfarliga flamskyddsmedel som specifika ersättare för PBDE och PBB. Flera svenska tillverkare har uppgett att de inte längre använder varken PBDE eller PBB.

8 Referenser

- [1] "Flamskyddsmedelprojektet - Brandtekniska krav som styr användningen av flamskyddsmedel", Kemikalieinspektionen, PM nr 8/94, 1994.

- [2] "Flamskyddsmedelsprojektet: Slutrapport", Kemikalieinspektionen Rapport nr 16/95, 1995.
- [3] "Materialflöden i samhället: Plaster", Naturvårdsverket, Rapport nr 4505, 1996.
- [4] Smith R., Utevsikii L., Muskatel M., Finberg I., Scheinert Y. and Georlette P., "Beneficial Effects of Brominated Flame Retardants in Polymeric Systems", Proc. Flame Retardants '96 Conference, London 1996, Inter Science Communications Ltd., pp. 79 - 90.
- [5] Troitzsch J., "International Plastics Flammability Handbook", 2nd Ed., Hanser Publishers, Munich, 1990
- [6] Nelson G.L. "Fire and Polymers: An overview ", in "Fire and Polymers II - Materials and Tests for Hazard Prevention", ACS Symposium Series 599, Ed. G.L. Nelson, American Chemical Society, 1995; pp 1 - 26.
- [7] Hirschler M., "Comparative Analysis of Effectiveness of Fire Retardants using Heat Release Calorimetry", Proc. Flame Retardants '96 Conference, London 1996, Inter Science Communications Ltd., pp. 199 - 214.
- [8] Markezich R.L. and Mundhenke R.F., "Alternative Synergists with Halogen Flame Retardants and the use of Bromine/Chlorine Synergism to Flame Retard Plastics", Proc. Flame Retardants '96 Conference, London 1996, Inter Science Communications Ltd., pp. 173 - 185.
- [9] Kolare S., "Flamskyddsmedel hotar miljön", KemI 1995.
- [10] Arbetskyddsstyrelsens författningssamling AFS 1996:2, ISBN 91-7930-306-4, Stockholm 1996.
- [11] Lenoir D. and Kampke-Thiel K., "Formation of Polybrominated Dibenzodioxins and Dibenzofurans in Laboratory Combustion Processes of Brominated Flame Retardants", in "Fire and Polymers II - Materials and Tests for Hazard Prevention", ACS Symposium Series 599, Ed. G.L. Nelson, American Chemical Society, 1995; pp 377 - 392.
- [12] Månsson M., Dahlberg M., Blomqvist P. and Ryderman A. "Combustion of Chemical Substances – Fire Characteristics and Smoke Gas Components in Large-scale Experiments", SP Report 1994:28, Borås 1995.
- [13] Mennear J.H. and Lee C.-C., "Polybrominated Dibenzo-*p*-Dioxins and Dibenzofurans: Literature Review and Health Assessment", Environmental Health Perspectives Supplements, Vol. 102 Suppl. 1, 1994, pp 265-274.

- [14] Lönnermark A., Blomqvist P., Månsson, M. and Persson H. "TOXFIRE - Fire Characteristics and Smoke Gas Analyses in Under-ventilated Large-scale Combustion Experiments: Tests in the ISO 9705 Room", SP Report 1996: 45, ISBN 91-7848-650-5. Draft.
- [15] Babrauskas V., Harris R.H., Gann R.G., Levin B.C., Lee B.T., Peacock R.D., Paabo M., Twilley W., Yoklavich M.F. and Clark H.M., "Fire Hazard Comparison of Fire-Retarded and Non-Fire-Retarded Products", NBS Special Publication 749, 1988.
- [16] Harris R.H., Babrauskas V., Levin B.C. and Paabo M., "Data for Fire Hazard Assessment of Selected Non-Halogenated and Halogenated Fire Retardants; Report of Test FR 3983", NISTIR 4649, 1991.
- [17] Riggs K., Reuther J., White J. and Pitts G., "Determination of polyhalogenated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in simulated incinerator emissions", Chemosphere, Vol.25, 1992, pp 1415 - 1420.
- [18] Bindra S.K. and Narang R.S., "Combustion of flame retardants", Chemosphere, Vol.31, 1995, pp 4413 - 4425.
- [19] "Flamskyddsmedelprojektet - En metod för att uppskatta kemikalieinnehållet i elektronikprodukter", Kemikalieinspektionen, PM nr 4/94, 1994.



Räddningsverkets bibliotek
Karlstad



26152004969

gsverket, 651 80 Karlstad.
fax 054-10 28 89. Internet <http://>
/97. Telefon 054-10 42 86, telefax
ISBN 91-88890-72-4



rit 7472
**RÄDDNINGSS
VERKET**

Ps

Bromerade..