

Skum og miljø

Dr. Roger Klein forklarer de potensielle miljøkonsekvensene av Statens forurensningstilsyns (SFT) studier av perfluorerte organiske forbindelser ved fire brannøvingsfelt i Norge.

Dr. Roger Klein er utdannet lege og fysiokjemiker ved University of Cambridge.

De norske rapportene viser blant annet at 6:2 FtS (fluorotelomersulfonat) bioakkumuleres av meitemark i like stor grad som PFOS og PFOA.

Fluorerte surfaktanter som brukes i brannslukkingsskum, enten de produseres gjennom en ECF-prosess som gir PFOS-forbindelser eller gjennom dagens fluorotelomer-teknologi, brytes ned for å gi miljøpersistente sulfonerte fluorinerte nedbrytingsprodukter. Disse produktene, henholdsvis PFOS og 6:2 FtS, finnes i høye konsentrasjoner i grunnvannet ved gamle øvingsanlegg. Skum av typen AFFF, FFFP og FP, i tillegg til deres AR-varianter, inneholder fluorerte surfaktanter.

PFOS er kjent for å være persistent, bioakkumulerende og giftig (dvs. det har en svært ugunstig PBT-profil). På den annen side er det skrevet lite i den vitenskapelige litteraturen om det bioakkumulerende potensialet og giftigheten til 6:2 FtS, selv om det er enighet og ingen tvil om dens ekstremt persistente egenskaper. Rapporter fra fluortelomerindustrien i møter har antydnet at dens giftighet og bioakkumulering (faktisk biopersistens, som ikke er det samme) i begrensede test arter er mye mindre enn for PFOS eller PFOA. Vær imidlertid klar over at man ikke nødvendigvis kan overføre tolkningen av data direkte fra en bestemt test art til mennesker.

Dette var situasjonen før SFT publiserte en svært viktig rapport (TA 2444/2009) den 3. februar 2009, som viste (i) at 6:2 FtS bioakkumuleres i meitemark i like stor grad som PFOS og PFOA, (ii) at PNEC-verdiene (Predicted No Effect Concentration) for PFOS, PFOA og 6:2 FtS var like innenfor en faktor på to, (iii) at de lokale jordkonsentrasjonene på anlegg som hadde brukt brannslukkingsskum overskred PNEC-verdiene, som betyr at jordorganismer var i fare, og (iv) at albuesnegler hadde høye nivåer av 6:2 FtS (se tekstboks på neste side).

Hvilke miljøspørsmål oppstår ved bruk av brannslukkingsskum med fluorerte surfaktanter? Alle fluorerte surfaktanter gir svært stabile, miljøpersistente fluorinerte nedbrytingsprodukter, som i mindre eller større grad kan være giftige og bioakkumulerende. Kombinasjonen av persistens, bioakkumulerende potensiale og giftighet er kjent som stoffets PBT-profil. Den norske rapporten har fullstendig endret argumentgrunnlaget til PBT-profilen for 6:2 FtS. Vi må nå anta at 6:2 FtS, degraderingsproduktet av brannslukkingsskum med fluortelomer, er persistent, bioakkumulerende og giftig i enkelte arter slik som meitemark, heller enn bare persistent, med disse parameterne i samme område som for PFOS og PFOA. Hvorfor er meitemarken så viktig? Meitemarkens viktige økologiske rolle for jordkvaliteten ble for første gang beskrevet i Charles Darwins bok *The Formation of Vegetable Mould, through the Action of Worms, with Observations on Their Habits*,

som ble utgitt av John Murray i 1881 og som visstnok solgte i flere eksemplarer enn hans bedre kjente *On The Origin of Species*! Meitemarken kan anses å være nederst i næringskjeden. Blant rovdyr som spiser meitemark finner vi fugler, fisker, moldvarper, spissmus, pinnsvin, rever, padder, slanger, biller, igler og snegler. På høyere nivå spiser mennesket fugler og fisk. Etter hvert som man kommer høyere opp i næringskjeden, vil hver art vise forskjellige profiler for bioakkumulering og giftighet. Dette resulterer i biomagnifisering. Hvis for eksempel meitemarken har en bioakkumuleringsfaktor (BAF) på N1, blir spist av en fugl med en BAF på N2, som igjen blir spist av et dyr med en BAF på N3, vil den samlede biomagnifiseringsfaktoren ganske enkelt være (N1 x N2 x N3).

Brannslukningsoperasjoner representerer nesten alltid en balanse mellom å slukke brannen, redde menneskeliv eller eiendom eller på annen måte sikre omgivelsene, for eksempel ved søl av farlige stoffer, og begrense påvirkningen av disse operasjonene på miljøet. To ulike aspekter av operasjonelle prosedyrer må evalueres både strategisk og taktisk hva angår risikoen disse utgjør for miljøet. For det første hvilke effekter, potensielle eller umiddelbare, normale brannslukningsprosedyrer og brannslukkingsmidler har på miljøet; for det andre hvilke prosedyrer man kan bruke, i hendelser som involverer farlige materialer (hazmat - hazard materials), for å begrense skader som skyldes utslipp av giftige materialer enten direkte eller gjennom avrenning av brannslukkingsvann.

Hvis et brannslukkingsmiddel betraktes å være skadelig for miljøet, finnes det en erstatning eller en alternativ teknologi med tilsvarende eller i det minste akseptable ytelsesegenskaper? Dette er sakens kjerne. Og det kan hende at svaret må bli resultatet av en nytte-kostnadsanalyse. Oppnår man en miljøfordel ved å bruke en erstatning som gir en uakseptabel reduksjon i operasjonell ytelse, eller kan denne reduksjonen elimineres gjennom forbedrede operasjonelle prosedyrer? Hva er kostnadene ved å kvitte seg med gammel beholdning gjennom forbrenning?

Haloner er trolig det beste eksemplet på brannslukkingsmidler med en alvorlig og uakseptabel miljøpåvirkning, som likevel veier opp for de relativt dårlige brannslukkingsegenskapene til alternativene. Arbeidet som førte frem til Nobelprisen i kjemi i 1995 til Crutzen, Molina og Rowland, resulterte i forbud mot enkelte haloner gjennom Montrealprotokollen fra 1987. Ferske data viser at nedbrytningen av ozonlaget stoppet innen 1994 (2002, World Meteorological Organization, Global Ozone Research and Monitoring Project Report No. 47, WMO, Geneva, 2003), som viser at felles internasjonal innsats kan reparere eller til og med reversere miljøskader, noe som fikk Kofi Annan til å kalle det for "sannsynligvis den mest vellykkede internasjonale avtalen så langt".

Halonerstatning belyser et problem som er relevant for dagens diskusjon om brannslukkings-skum med fluorerte surfaktanter (som inkluderer AFFF-, FFFP- og FP- og AR-skum) versus fluorfrie alternativer. For mens det fremdeles er berettigede bekymringer rundt effektiviteten til halonerstatninger, ser det nå ut til at tilsvarende kritiske bekymringer rundt fluorfrie skum er grunnløse. I dag kan man få konsentrater av klasse B-skum som er helt frie for fluorerte surfaktanter, er godkjent iht. EN 1568 og ICAO, tilfredsstillende den petrokjemiske industristandarden LASTFIRE for både ferskvann og sjøvann, og som kan brukes effektivt på både upolare og polare brennbare væsker (skum av AR-type).

Fordi perfluorerte kjemikalier er så miljøpersistente, vil vedvarende utslipp i jord og grunnvann føre til økte konsentrasjoner etter hvert som tiden går, noe som til slutt gjør at PNEC-verdiene overstiges, som igjen setter organismene i fare.

Den norske rapporten - sammendrag

SFTs *Report on Screening of Polyfluorinated Organic Compounds at Four Fire Training Facilities in Norway*, TA 2444/2009,
<http://www.sft.no/publikasjoner/2444/ta2444.pdf>

- Høye nivåer av perfluorerte nedbrytingsprodukter fra både 3M's PFOS-basert brannslukkingsskum (perfluoroktanyl sulfonat, PFOS) og også fra nyere fluortelomer-skum (fluortelomersulfonat, 6:2 FtS), så vel som perfluoroktan karboksylsyre (PFOA), er funnet i jord, sedimenter og grunnvann i nærheten av øvingsfelt, som forventet basert på tidligere arbeid;
- Eksponering av meitemark for jord fra de fire brannøvingsfeltene resulterte i gjennomsnittlige bioakkumuleringsfaktorer (BAF) med områder (n=12) i parenteser for 6:2 FtS, PFOS og PFOA på henholdsvis 2,4 (0,76-6,7), 2,6 (0,49-6,4) og 5,9 (0,31-14,0), som bekrefter tidligere funn. Man ser dermed at 6:2 FtS utledet fra fluortelomer-skum bioakkumuleres i like stor grad i meitemark som PFOS og PFOA. Sammenlignet med laboratorieverdier hadde feltbaserte BAF-verdier for 6:2 FtS en tendens til å være noe høyere;
- PNEC-verdiene for meitemark eksponert for PFOS, PFOA og 6:2 FtS i jorden ble estimert til henholdsvis 100, 160 og 210 mikrogram per kilo ($\mu\text{g}/\text{kg}$) tørrvekt, sammenlignet med en PFOS-verdi på 77 $\mu\text{g}/\text{kg}$ utledet fra 3M-data i 2003 – dermed avviker PNEC-verdien for 6:2 FtS med bare cirka det dobbelte på det meste sammenlignet med de for PFOS og PFOA;
- Basert på disse PNEC-verdiene for 6:2 FtS, PFOS og PFOA i jorden, kan jordorganismer som lever innenfor 100 meter fra de undersøkte øvingsfeltene være i fare;
- Albuesnegler (Patellidae) samlet inn fra steiner langs kysten i fjæresonen i nærheten av en avløpsstrøm på ett av stedene, viste høye konsentrasjoner av 6:2 FtS;
- 6:2 FtS er, i likhet med de fleste perfluorsulfonater (PFOS og homologer) og perfluorkarboksylsyrer slik som PFOA, mobile i jorden og lekker til grunnvannet. Denne lekkasjen og dermed biotilgjengeligheten er størst i lett, sandholdig jord med lite silt, leire og organisk innhold, og minst når det er et høyt silt-/leireinnhold.