

Hva vet vi om økotoksikologiske effekter av «nye» organiske miljøgifter fra avløpsslam på terrestrisk miljø?

Av Hege E. Stubberud

Forfatteren er ansatt som forsker ved Jordforsk

Innlegg på fagtreff 14. februar 2005

Slam og sigevann antas å være kilder til organiske miljøgifter i terrestrisk miljø. Om nivåene og egenskapene til forbindelsene som omtales her utgjør et problem for terrestrisk miljø er vanskelig å avgjøre. Dagens datagrunnlag er ikke tilstrekkelig til å gjennomføre akseptable risikovurderinger. Noe data har imidlertid blitt presentert de senere årene. Denne presentasjonen er et forsøk på å vise hva som finnes av data i dag, men det er viktig å merke seg at det er et stort behov for mer forskning på disse forbindelsene.

Innledning

I de senere år har det oppstått en bekymring for innholdet av kjente og ukjente biologisk aktive forbindelser som slippes ut via avløpssystemene. Disse forbindelsene omfatter blant annet legemidler, personlige pleieprodukter og andre persistente organiske forbindelser som er avdekket ved analyser av avløpssvann og slam.

Forbindelsene er ofte laget med det formål at de skal være biologisk aktive, først og fremst i mennesker. Allikevel er det rimelig å anta at forbindelsene også vil være biologisk aktive i andre organismer i naturen. Bekymringen har i all hovedsak dreiet seg om akvatisk miljø og akvatiske organismer. Dette er ikke ubegrunnet da disse organismene vil oppleve en kronisk eksponering, selv for forbindelser som brytes raskt ned, fordi man har en kontinuerlig tilførsel av avløpssvann. Enkelte forbindelser vil imidlertid havne i avløpsslam heller enn i vann, og for denne gruppen vil det være terrestrisk miljø som utsettes for påvirkning. Avløpsslam benyttes blant annet som en kilde til organisk materiale og fosfor i jordbruksjord, men det er klare begrensninger for mengde slam som er tillatt påført per areal og tid. Dette fører til at man for organiske miljøgifter i slam er mest opptatt av de som brytes langsomt ned i naturen, og som har egenskaper som kan føre til oppkonsentrering i næringskjeden.

Risikovurdering

Når man skal vurdere effektene av én forbindelse eller en blanding av forbindelser i et miljø foretar man en

risikovurdering. Denne vil bestå av en rekke vurderinger som må ses i sammenheng (se figur 1).

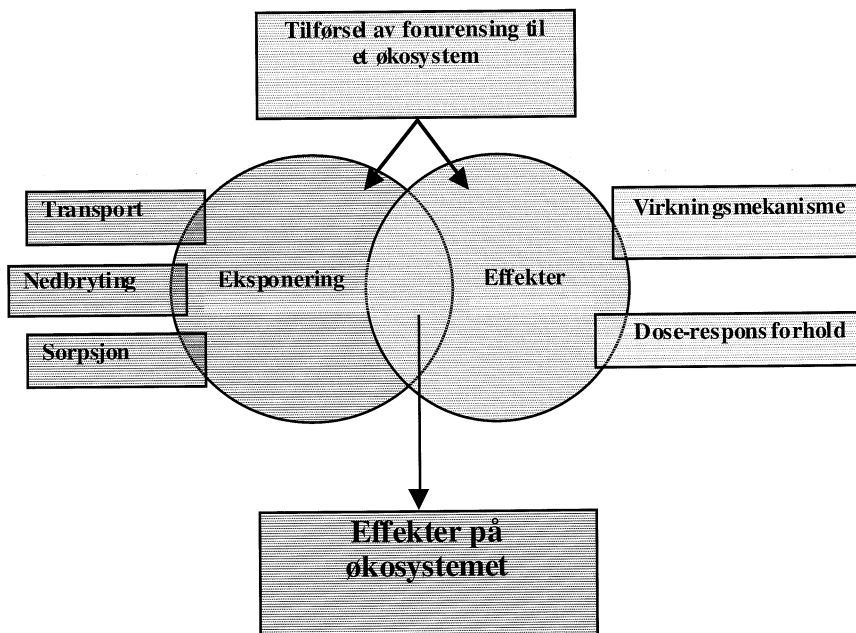


Fig. 1. Oversikt over de ulike områdene som må vurderes i en risikovurdering.

Det er flere kilder til miljøgifter i terrestrisk miljø, og en av disse er slam. Egenskaper ved miljøgifter i slam som bør undersøkes, er hvordan forbindelsene transporteres i jord, om de brytes ned og eventuelt hvor raskt, og ikke minst hvor sterkt de bindes til jordpartikler (sorpsjon). Dette vil være avgjørende for hvorvidt de organiske miljøgiftene vil være tilstede over tid slik at det oppstår en kronisk eksponering, og hvorvidt

forbindelsene vil være biotilgjengelige for organismer og planter.

Effekten av organiske miljøgifter, og ikke minst blandinger av flere miljøgifter sammen kan kartlegges på flere måter. Man kan gå grundig til verks og kartlegge den cellulære og fysiologiske virkningsmekanismen til et giftstoff. Slik kunnskap er et godt grunnlag for å forutsi både langtidseffekter og resultatet av samspill mellom flere forbindelser. Dette er

imidlertid kunnskap vi sjelden har og som det er kostbart og tidkrevende å fremstille. Dessuten kan virkningsmekanismene variere fra en art til en annen. For en del av de nye organiske miljøgiftene (legemidler) kjenner man virkningsmekanismen i mennesker (og gnagere) relativt godt, mens den for fugler, virvelløse dyr, planter og mikroorganismer fortsatt er helt ukjent. For andre forbindelser igjen er virkningsmekanismene ukjente for alle arter. Tradisjonelle økotoksikologiske tester vil ikke avdekke spesifikke virkningsmekanismer, men de kan avdekke giftvirkninger som er avgjørende for individets evne til å vokse opp og formere seg, hvilket er av betydning for populasjonens utvikling. Endepunktene i disse testene er som regel overlevelse, vekst, evne til reproduksjon og overlevelse av avkom. Ved å gjennomføre økotoksikologiske forsøk med ulike konsentrasjoner av en eller flere miljøgifter vil man også kunne avdekke hva som er tålegrensen for en miljøgift, for organismen man undersøker (dose-respons forholdet).

Når man har samlet all tilgjengelig kunnskap innen områdene eksponering og effekter for en miljøgift, bør man kunne forutsi noe om hvorvidt eksponeringen for en miljøgift, i et område, er av en slik konsentrasjon og biotilgjengelighet at man kan forvente effekter som påvirker bæreevnen til et samfunn eller økosystem. Hvis grunnlaget man har etablert ikke er tilstrekkelig til at risikoen kan vurderes, må det gjennomføres flere forsøk og undersøkelser inntil en akseptabel risikovurdering kan gjennomføres.

Eksempler på ”nye organiske miljøgifter”

Det finnes en rekke forbindelser som kan plasseres under hatten ”nye organiske miljøgifter”, noen av disse er: bromerte flammehemmere (BFH), perfluoralkylstoffer (PFAS), legemidler og personlige pleieprodukter (internasjonal forkortelse er PPCP - Pharmaceuticals and Personal Care Products). Felles for disse forbindelsene er at alle er funnet i slam i Norge (riktignok i svært forskjellige konsentrasjoner), i tillegg til at det finnes lite publisert informasjon om hvilke effekter forbindelsene har på terrestrisk miljø. Økotoksikologiske tester med noen få arter er gjennomført med bare en liten andel av disse forbindelsene.

Begrepsforklaringer:

NOEC: *No Observed Effect Concentration*. Den høyeste konsentrasjonen av en forbindelse, som ikke fører til skadelige effekter hos forsøksorganismen.

LC₅₀: *Lethal Concentration*. Den konsentrasjonen av en forbindelse som fører til 50 % dødelighet i et forsøk. Hvis endepunktet er noe annet enn overlevelse brukes EC₅₀ istedenfor (Effect Concentration)

PNEC: *Predicted No Effect Concentration*. PNEC regnes som den høyeste konsentrasjonen hvor det ikke er sannsynlig at uakseptable effekter vil oppstå. PNEC blir beregnet ut fra den laveste L(E)C₅₀ verdien i korttidsforsøk eller NOEC i langtidsforsøk, og en passende sikkerhetsfaktor.

Bromerte flammehemmere

Effekten av BFH på nitrifiserende bakterier, enchytraeider, meitemark og en rekke planter er undersøkt. Resultatene viste ingen skadelige effekter av TBBA og deka-BDE på nitrifiserende bakterier opp til 300 mg/kg eller på enchytraeider (overlevelse og reproduksjon) opp til 1000 mg/kg (Sverdrup og Amundsen, ikke publisert). I meitemark har man testet konsentrasjoner av penta-BDE opp til 500 mg/kg jord uten å avdekke effekter (EUs risikovurdering, 2001). Flere forsøk har vært gjennomført med planter, blant annet TBBPA og deka-BDE som ikke gav effekter på rødkløver opp til 1000 mg/kg som var den høyeste konsentrasjonen som ble undersøkt (Sverdrup og Amundsen, ikke publisert). Mais har derimot vist seg å være relativt følsom for BFH, med en NOEC på 18,8 mg/kg (normalisert til 3,4 % TOC) (EUs risikovurdering, 2001). Disse resultatene viser at både planter, dyr og mikroorganismer har en relativt høy toleranse for en subkronisk eksponering for BFH. Med de nivåene som er målt i norsk slam er det derfor lite sannsynlig at det vil oppstå populasjonsendringer for de undersøkte artene som følge av BFH eksponering. BHF er imidlertid persistente forbindelser, som i marine næringskjeder har vist et potensial for oppkonsentrering på linje med PCB. Det er gjort noen eksperimenter hvor oppkonsentrasjon i meitemark, sammenlignet med jord er undersøkt for BFH. Resultatene av disse undersøkelsene viste at tetra- og penta BDE oppkonsentreres i meitemark, men resultatene er noe vari-

erende for ulike bromerte flammehemmere (Matscheko *et al.*, 2002). Hvorvidt man kan vente at det vil oppstå skadelige effekter høyere opp i terrestriske næringskjeder er derfor uvisst.

Perfluoralkylstoffer

PFOS (perfluoroktanylsulfonat) er en av flere forbindelse som går inn under samlebetegnelsen PFAS, en annen gruppe av miljøgifter som er i ferd med å komme i fokus. I 2004 ble det publisert en undersøkelse av Nordisk Ministerråd hvor nivåene av PFAS var målt i ulike miljøprøver over hele Norden (Kallenborn *et al.*, 2004). Denne undersøkelsen viste at forbindelsene finnes i store deler av Norden. Og det som er spesielt interessant for oss som jobber med terrestrisk miljø, er at denne første oversikten tyder på at avløpslam og partikler i sigevann fra deponier er viktige antropogene kilder for utslipp av PFAS til miljø. Dette er forbindelser som er noe annerledes enn de mer kjente organiske miljøgiftene ved at de både er fett- og vannløselige. PFOS som er den av PFAS-forbindelsene som i størst grad er funnet i slam og sediment, er vist å være persistent, bioakkumulerende og giftig for fugler og pattedyr (gnagere). Lave doser av PFOS har også vist seg å være giftig for bier. Det finnes ingen tilgjengelig informasjon for jord- og sedimentlevende organismer, med unntak av et akuttforsøk med meitemark (kun 5 dager hvilket er svært kort eksponeringstid, selv for et akuttforsøk) hvor LC₅₀ var 398 mg/kg (Kemikalieinspektionen, 2004). For

PFAS/PFOS forbindelsene er det utvilsomt et behov for undersøkelser av effekter på terrestrisk miljø, og spesielt bør mulighetene for oppkonsentrering i næringskjeden undersøkes med tanke på giftighet for fugl.

Farmasøytiske forbindelser og personlige pleieprodukter



Foto: O. Bergersen

Medisiner og personlige pleieprodukter (PPCP) slippes ut til miljøet via en rekke kilder, og det er i all hovedsak akvatisk miljø som eksponeres. Allikevel går ikke terrestrisk miljø fri for eksponering. Både avløpsslam og avrenning fra deponier har vist at det er utslipp av PPCP forbindelser også til terrestrisk miljø.

Få eller ingen data er tilgjengelig for effekter av farmasøytiske forbindelser på terrestriske økosystemer. Det er imidlertid fristende å komme med noen antagelser:

- Forbindelser laget for å ha en biologisk virkning i mennesker og/eller dyr vil også være biologisk aktive i jordlevende organismer.

- Områder som mottar sigevann fra deponier og områder hvor det tilføres slam, vil kunne ha betydelige konsentrasjoner av aktive farmasøytiske forbindelser (hovedforbindelser eller metabolitter).
- Forbindelser med langsom nedbrytning og moderat binding til partikler vil gi effekter av økologisk betydning på terrestrisk miljø, da slike egenskaper fører til eksponering over tid, og biotilgjengelighet for organismer og planter.

Av de personlige pleieproduktene har parfymestoffene som kalles musk fått mye oppmerksomhet. Først var det de såkalte nitro-musk forbindelsene som ble omtalt på grunn av negative miljø- og helseegenskaper. Disse ble derfor erstattet med polisykliske muskforbindelser, og da i all hovedsak galaxolid og tonalid. De polisykliske muskforbindelsene er antatt å være mindre giftige en nitro-musk forbindelsene, men de er fortsatt persistente og har evne til å oppkonsentreres i næringskjeden. Det finnes noen ytterst få publikasjoner som omhandler skjebne og effekter av polisykliske muskforbindelser i terrestrisk miljø. Resultatene som er publisert med hensyn til effekter, omfatter reproduksjonsstudier på meitemark og spretthaler hvor PNEC for jordlevende evertebrater ble beregnet til å være 0,32 mg/kg jord for både galaxolid og tonalid (Balk og Ford, 1999). Når det gjelder forsøk som viser oppkonsentrering av muskforbindelser i organismer, er det foreløpig ikke gjennomført forsøk eller analyser som viser i hvilken grad

stoffene oppkonsentreres i terrestriske næringskjeder. Men i en felles nordisk innsats for å kartlegge utbredelsen av muskforbindelser i akvatisk og terrestrisk miljø (Bügel Mogensen *et al.*, 2004) ble det funnet nivåer av musk i leverprøver fra rev. Dette funnet bekrefter behovet for en mer omfattende undersøkelse av mulig oppkonsentrering i terrestriske næringskjeder.

Konklusjon

Effektene av organiske miljøgifter som PPCP, PFAS, BFH er ikke tilstrekkelig undersøkt i jordlevende organismer og planter. Spesielt mulighetene for oppkonsentrering i terrestriske næringskjeder er dårlig kartlagt.

Organiske miljøgifter som finnes i avløps- og sigevann kan ende i jord via slam. Videre er slam en kilde til organisk materiale og fosfor i jord. Det er derfor nødvendig å få økt kunnskap om de miljøgiftene som finnes i slam, hvordan de oppfører seg og hvilke effekter de kan forventes å ha på miljøet, slik at slam kan være en ressurs det er trygt å utnytte.

Referanser

- Balk, F. and Ford, R. A., 1999. Environmental risk assessment for the polycyclic musks, AHTN and HHCB. II. Effect assessment and risk characterisation. *Toxicology Letters* Bügel Mogensen, B., Pritzl, G., Rastogi, S., Glesne, O., Hedlund, B., Hirvi, J.P., Lundgren, A. and Sigurdson, A. 2004. Musk Components in the Nordic Environment. *TemaNord* 2004:503. ©Nordic Council of Ministers, Copenhagen. ISBN 92-893-0981-4.
- European Commission. EUR 19730 EN - European Union Risk Assessment Report, diphenylether, pentabromo derivative, Volume 5. Editors: B.G. Hansen, S.J. Munn, S. Pakalin, C.J.A. Heidorn, R. Allanou, S. Scheer, G. Pellegrini, S. Vegro, M.Luotamo, J. de Bruijn, F. Berthault, H. Loonen, K. Vormann, A. Naughton, V. anfossi, L. Praderio. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. 2001-XII, 282 pp
- Kallenborn, R., Berger, U., and Järnberg, U. 2004. Perfluorinated alkylated substances (PFAS) in the Nordic Environment. *TemaNord* 2004:552. ©Nordic Council of Ministers, Copenhagen. ISBN 92-893-1051-0.
- Kemikalieinspektionen, 2004. PFOS-relaterede ämnen. Strategi för utfasning. Inkludert Bilag 3: Riskbedömning av PFOS. *Kjemikalieinspektionen*.
- Matscheko, N., Tysklin, M., De Wit, C., Bergek, S., Andersson, R. og Sellstrom, U., 2002. Application of sew-age sludge to arable land-soil concentrations of Polybrominated Diphenyl Ethers and Polychlorinated Dibenzo-P-dioxin, Dibenzofurans, and Biphenyls, and their accumulation in earthworms. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 21(12):2515-2525.