

DISPONERING AV AVLØPSSLAM:
BETYDNING AV ORGANISKE MILJØGIFTER

(En rapport til SFT, Statens forurensningstilsyn Norge)

EINAR VIGERUST



JUNI 1995

Norges landbrukshøgskole
Institutt for jord- og vannfag
Postboks 5028 N-1432 Ås

Rapport tittel: Disponering av avløpslam: betydningen av organiske miljøgifter	Rapport nummer.: 3/96
	Distribusjon: f r i
	Dato: 7 - 9 5
	Prosjekt nummer.: SFT kontrakt nr: 92407
	Kontakt-person SFT: Toril Hofshagen/ Sigurd Tremoen
Forfatter: Einar Vigerust	Geografisk område: Norge
	Antall sider: 1 5
Oppdragsgiver: SFT	

Sammendrag:

Organiske miljøgiftene utgjør liten risiko ved spredning av avløpslam i jordbruk eller på grøntarealer om forskriftene for slamdisponering følges.

Innholdet av stoffene i norsk slam vurderes som lavt, om en hindrer spesielle utslipp. Stoffene tas i liten grad opp av planter. De mest betenkelige stoffene er ikke vannløselige og følger ikke væskestrømmen inn i plantene. Mengder av miljøgifter som *kan* forekomme i normalt slam, skader ikke jordlivet. Den viktigste spredemåten er at dyr eller barn får i seg slam med jord.

De mest betenkelige stoffene er visse *polyklorete bifenyler (PCB)*, *polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)* og *diosiner*. For disse stoffene betyr atmosfærisk nedfall vesentlig mer for plantenes innhold enn opptak gjennom røttene. Bruken av disse stoffene reduseres.

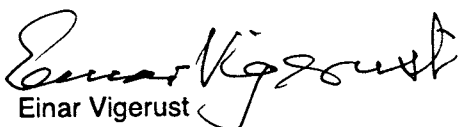
Subject words:

1. Organic micropollutants
2. Sewage sludge
3. Plant uptake

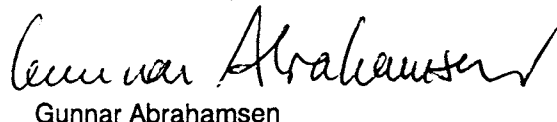
Emneord:

1. Tungmetaller
2. Avløpslam
3. Atmosfærisk nedfall

Prosjektleder:


Einar Vigerust

For administrasjonen:


Gunnar Abrahamsen

Disponering av avløpsslam, betydningen av organiske miljøgifter

Sammendrag

De organiske miljøgiftene utgjør en meget risiko ved spredning av avløpsslam i jordbruk eller på grøntarealer særlig om forskriftene for slamdisponering følges.

Innholdet av organiske miljøgifter i norsk slam vurderes som lavt. Spesielt er det tilfelle etter tiltak som er satt i verk. Detaljert kjennskap til virksomheter som nytter organiske miljøgifter, er viktig slik at tiltak som begrenser utslippene effektivt kan settes i verk.

De organiske miljøgiftene tas i meget liten grad opp av planter. De mest betenkelige stoffene er ikke vannløselige og følger ikke væskestrømmen inn i plantene.

Mengder av miljøgifter som *kan* forekomme i slam, vil ikke forårsake skader på mikrobielle prosesser i jord eller jordas fauna.

De mest betenkelige stoffene er visse *polyklorerte bifenyler (PCB)*, *polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)* og *diosiner*. Til dels er dette stoffer som normalt nedbrytes meget langsomt. Ulike viser likevel at stoffene brytes i jord enn ellers. For disse stoffene betyr atmosfærisk nedfall vesentlig mer for plantenes innhold enn opptak gjennom røttene.

Beitedyr kan få i seg slam direkte ved å spise jord. Det samme gjelder barn, hunder kan i visse tilfelle spise slam. Som helhet er dette vurdert som de viktigste spredemåtene for organiske miljøgifter til dyr og mennesker. Selv denne risikoen regnes som liten ved moderate og lave innhold av miljøgifter i slam. De norske forskriftene for bruk av slam hindrer i stor grad slike spredmåter.

Forenklet kan en si at organiske miljøgifter kan forekomme i slam, men
*«plantene avviser dem,
mikroorganismene nedbryter dem
og jordlivet tåler dem».*

Innhold

- Oversikt
- Organiske miljøgifter
- SFT's rangering av miljøgifter i Norge
- Prioriterte forurensende organiske stoffer ved bruk av slam
- Regelverk i ulike land i forhold til organiske miljøgifter
- Spredemåter, risikovurdering
- Innhold i slam
- Biotilgjengelighet
- De enkelte organiske miljøgiftene
- Klorerte aromater
- Polyklorerte bifenyler, PCB
- Polycykliske aromatiske hydrokarboner, PAH
- Fenoler
- Ftalater
- Naftalener
- Tolulen og m/p-xylen
- Litteratur

Oversikt

Organiske miljøgifter skapte frykt

For 5 til 10 år siden ble det skapt stor frykt for at organiske miljøgifter spredd med avløpsslam kunne føre til alvorlige konsekvenser. Dette reiste en stor debatt og førte til at andelen av slam til jordbruksformål ble redusert i flere land. Dagens konklusjonen er at organiske miljøgifter i slam ikke trenger å medføre noen miljøbelastning, og at mulige problemer lett forebygges med de tiltak som er innebygd i de norske forskriftene for disponering av slam.

Stor produksjon av syntetiske organiske stoffer

I de sist 30-40 år skjedde det en enorm utvikling i produksjon av syntetiske organiske stoffer. I England regnet en f eks med at det var produsert 10 - 20000 ulike organiske forbindelser og at det på 70-tallet årlig kom ca 1000 nye stoffer på markedet. I USA økte totalproduksjonen av syntetiske organiske stoffer årlig med anslagsvis 9 %, det resulterte i en dobling av produksjonsvolumet hvert 8 år (LESTER,1982). For en stor del er dette fremmede stoffer i miljøet. Nedbrytningen av de enkelte stoffene kan danne mellomprodukter med uheldige miljøvirkninger.

Vårt kjemiske miljø ble endret

Disse organiske produktene representerer et bredt spekter av kjemiske forbindelser, det er faste stoffer, væsker og gasser. Mange av dem inngår i utstyr i hjem og bedrifter, det gjelder stoffer i klær, ledningsnett, kjøkkenutstyr, rensemidler, osv.

Dermed følger de et allsidig stoffkretsløp og vil på kort og lang sikt være utsatt for kjemisk eller biologisk nedbrytning, dermed dannes det nye mellomprodukter med andre egenskaper.

Vi bruker miljøgifter for å beskytte våre interesser

Enkelte organiske stoffer produseres nettopp for å beskytte våre interesser, sikre holdbarhet av matvarer, byggematerialer etc. De omfatter medisiner, plantevernmidler, impregneringsvæsker, maling, midler som hindrer begroing av båter, kjemiske våpen osv. Vi utnytter deres evne til å skade selektivt visse former for biologisk virksomhet. Til dels er nettopp stoffenes giftvirkning utnyttet kommersielt. Hele denne kjemiske produksjonen kom på mange måter ut av kontroll og det fantes ikke nok detaljkunnskap om miljøkonsekvensene.

Skader viser seg i ettertid

Stoffet *PCB* ble først framstilt i 1929, men i stor skala ble det først fra først på 50-tallet. Det nådde en produksjonstopp på verdensbasis i 70-årene (750 000 tonn årlig). På 60 tallet ble de første skadevirkningene registrert. Ny produksjon av *PCB* ble forbudt i Sverige i 1978 og i Norge fra 1980. Stoffet nedbrytes seint og vil være et stort miljøproblem i lang tid på samme måte som *DDT*.

Konsekvensene

Det er antatt at 80 - 90% av krefttilfellene har miljøkjemiske årsaker (LESTER, 1982). Denne utviklingen er en viktig årsak til at miljøkjemi og toksikologi er blitt sentrale forskningsfelt. Det er etablert omfattende kontroll med produksjon og utslipp av stoffer som kan ha skadevirkninger.

Tvilsomme reststoffer havner i avløpet

Det store spekteret av varer eller stoffer vil etter forbruk eller ved gradvis slitasje føres til behandlingsanlegg for avfall eller avløpsnett. En del av de såkalte miljøgiftene kommer således til renseanleggene og kan i stor grad komme over i slammet de følge slammet. På denne bakgrunn er det naturlig å frykte at spredning av organiske miljøgifter med slam kan påvirke jordliv, plantevekst eller kvaliteten av dyrefôr eller folkemat.

Det er jorda vi lever av. Naturlig nok ble det stor frykt for at tilbakepløying av samfunnets reststoffer i stor stil til dyrka jord, kunne skade jordliv, plantevekst, dyr og mennesker. Bør miljøgiftene sette en stopper for utnyttelse, var og er et naturlig spørsmål i vår strategi for økologisk riktig avfallsdisponering.

Allsidig slamforskning

Fra 1970-årene har det vært i gang omfattende forskning om virkningene av miljøgifter tilført jordbruksarealer med avløpsslam. Undersøkelsene omfatter bestemmelser av innhold av en serie organiske stoffer i slam, virkninger av organiske stoffer på jordlivet, muligheter for opptak i planter og helse til planter dyr og mennesker.

Slamforskningen de seinere år har tatt i bruk avanserte analysemetoder som gjør det mulig å bestemme selv meget små konsentrasjoner av en serie organiske stoffer. En tysk litteraturoversikt omfattet f.eks. hele 900 publikasjoner om organiske miljøgifter knyttet til avløpsslam for ca. en 10-årsperiode (DRESCHER-KADEN, 1990). Oversikten konkluderte med at det var funnet ca. 300 organiske forurensende stoffer i avløpslam, av disse forekom 42 regelmessig i slammet.

Etter 1990 er forskningen ytterligere intensivert. Det er derfor vanskelig å gi en fullstendig oversikt over dette omfattende emnet. Selv om forsknings-resultater ofte etterlater viktige forbehold, synes likevel hovedkonklusjonene av undersøkelsene om virkninger av organiske miljøgifter knyttet til bruk av slam å være nokså entydige.

Norske undersøkelser, - men vi trenger kunnskap fra andre land

Alt i 1977 ble det gjort en norsk undersøkelse om opptak av organiske miljøgifter i planter etter tilførsel av slam (SI, 1977). For å nå til bunns i slike problemkomplekset kreves meget store forskningsressurser. For et lite land er det nødvendig å

prioritere god kunnskap om de detaljerte resultatene som den omfattende internasjonale forskning klarlegger om spørsmålet. I neste omgang må dette kunnskapsforrådet norske forhold.

Problemene må løses ved kildene

Parallelt med slamforskningen er det økt kunnskap om miljøgifter, produksjon og bruk er underlagt strenge kontrolltiltak. Slammets kjemi er på mange måter et speilbilde av samfunnets stoffkretsløp. Det er tusenvis av ulike stoffer og tusenvis av ulike utslipp, derfor er det alltid nødvendig å ta med de organiske miljøgiftene ved vurdering av kvaliteten av avløpsslam. Dette kan best gjøres ved god kjennskap til de kjemiske utslipp fra bedrifter som nytter miljøskadelige stoffer i sin virksomhet.

Rapporten gir en enkel oversikt over et komplisert emne

Rapporten skal gi en enkel oversikt om de viktigste konklusjonene om hvilke organiske miljøgifter som må tillegges vekt ved spredning av slam, deres virkemåte og hvordan vi kan unngå skadevirkninger av organiske miljøgifter ved spredning av avløpsslam.

Organiske miljøgifter

Av det store utvalg av organiske stoffer har bare et fåtall skadelig virkning i miljøet. Likevel er organiske miljøgifter stort verdensomspennende problem. Det er blitt et viktig forskningsfelt og i løpet av de siste 10-20 år er det satt inn betydelige statlige virkemidler slik at eksponeringen overfor disse stoffene er vesentlig mindre.

Avløpsnettene tar i mot en stor del av samfunnets reststoffer. En stor del av miljøgiftene i avløpsvann blir holdt tilbake i slammet, i middel ca 80% (STATENS NATURVÅRDSVERK, 1986).

SFT's rangering av miljøgifter i Norge

SFT (1993) har følgende rangering av miljøgiftene (her er uorganiske miljøgifter tatt ut av gruppene):

Gruppe 1

stoffer som representerer et betydelig miljøproblem i Norge:

- Dioksiner
- PAH (Polysykliske aromatiske hydrokarboner)
- PCB (Polyklorerte bifenyler)
- Tinnorganiske forbindelser

Farligst i Norge

Gruppe 2

Stoffer som representerer et miljøproblem i Norge:

- Heksaklorbenzen (HCB)
- Lindan
- Oktaklorstyren

- Tetrakloreten
- Tetraklormetan
- 1,1,1-Trikloreten
- Triklloreten
- Triklormetan

Gruppe 3

Stoffer som representerer et mindre miljøproblem i Norge:

- 1,2-Dikloreten
- Heksaklorbutadien
- Pentaklorfenol
- Pentaklorfenol

Gruppe 4

Stoffer en mangler vesentlig kunnskap om:

- Bromerte flammeretardenter
- Klorerte parafiner
- Nonyletoksylater
- Polyklorerte naftalener

Prioriterte forurensende organiske miljøgifter ved bruk av slam

Slammets giftproblem er annerledes

Inndelingen bygger på en helhetsvurdering der virkningen på miljøet i vann er tillagt særlig vekt. Risikoen knyttet til bruk av slam sammenfaller ikke helt med dette grunnlaget. Slam blandes i jorda. Mulige biologiske skadevirkninger i systemet jord-planter er annerledes enn det mennesker, dyr, planter og mikroorganismer utsettes for ellers i miljøet. Det kreves kunnskap om hvilken virkning de ulike organiske miljøgiftene har på :

- * mikroflora og fauna i jord
- * opptak og virkning på planter
- * virkninger på dyr eller mennesker via plantekost
- * virkning på dyr eller mennesker som får i seg slam med jord

PCB, PAH og dioksiner de viktigste

Internasjonal forskning har en gradering av stoffer som kan gi problemer ved bruk av slam. Det er fokusert mest på stoffene: *PCB, dioksiner og PAH*, altså 3 av de 4 stoffene i gruppe 1 etter SFT's rangering. *Tinnorganiske* forbindelser som også hører til SFT's gruppe 1, kommer vesentlig som utslipp til vann fra skipsverfter. *Tinnorganiske* forbindelser som er forbudt i Norge fra 1990, er spesielt giftige overfor muslinger og snegler. Det er liten risiko for at stoffene oppkonsentreres i næringskjeden, fra 1985 til 1992 er utslippet til vann i Norge redusert med vel 50% (SFT, 1993). Disse stoffene er internasjonalt ikke tillagt risiko ved bruk av slam.

PCB, dioksiner og PAH er generelt meget motstandsdyktige overfor nedbrytning, de er nesten ikke vannløselig. Stoffopptaket hos planter er vesentlig basert på at stoffene følger vannstrømmen gjennom røtter og videre til de ulike

delene av plantene. Organiske forurensninger har også vanlige store molekyler som ikke lett passerer røttens cellemembraner.

*Store molekyler
og uløselige i vann*

De viktigste organiske miljøgiftene er løselige i fett, samtidig bindes de sterkt til organisk stoff. Det er årsaken til at de lett bindes til slam under renseprosessen og at de bindes til organiske jordpartikler eller til røttens overflate idet de bindes sterkt til organisk stoff. Egenskapene betyr svært mye for hvordan stoffene flyttes fra jord til planter, innen planter og mulig vidreføring til dyr og mennesker. Er stoffene først tatt opp av i plantene, er de en del dyrefôr og mat. De som er fettløselige har langt bedre muligheter til vidreføres med dyriske produkter, f eks kjøtt, flest, melk. Stoffe som i tillegg er seint nedbrytbare konsentres lett oppover i næringskjeden. Sel og rovdyr er derfor eksempler på utsatte organismer. Mennesker er også sterkt utsatt for flere organiske miljøgifter.

Stoffer som fordamper lett eller naturlig er lett nedbrytbare har liten ettervirkning. Når skadestoffer av denne typen tas ut av produksjon, blir problemet med dem raskt redusert. En viss fordamping ved bruk eller nærkontakt med stoffene i hjem eller bedrifter gir en direkte kontakt på en langt mer effektiv måte enn tilfelle med stoffer i avløpsslam. Ved tilførsler til avløpsnett skal stoffene gjennom rensstrinn, slambehandling, lagring før innblanding i jord. Det medfører både en fortykning i miljøet og en vesentlig forsinkelse hvor kjemiske endringer blir vesentlige før plantevekst er etablert.

*Lett nedbrytbare
stoffer har ingen
langvarig virkning*

Biologiske virkninger av organiske miljøgifter tilført med slam avhenger av:

- *graden av giftighet for stoff
- * persistens eller motstandsevne mot nedbrytning
- * biotilgjengelighet

*Miljøgifter er
giftige først ved
overdoser*

Miljømyndighetene i USA har utarbeidet en liste over de viktigste organiske stoffene ut fra hvor miljøfarlige de er. I alt er 129 stoffer betegnet som "priority pollutants". Det er spesielt lagt vekt på toksisitet, nedbrytbarhet og risiko for bioakkumulering. Det har også relasjon til hvordan de brukes eller forekommer i miljøet. I samarbeid mellom SFT, Statens Naturvårdsverk og Sentralinstituttet for industriell forskning (SI) har SI utført analyser av 70 utvalgte stoffer i slam fra Norge og Sverige. Dette har gitt utgangspunkt for en sammenlikning med analyser av slam fra andre land.

Konklusjonen er at innholdet av de viktigste organiske miljøgiftene i norsk og svensk slam er lavt. Det dreier seg

likevel om relativt få prøver, en viss variasjon fra anlegg til anlegg er registrert.

Regelverk i ulike land i forhold til organiske miljøgifter

Hittil er Tyskland det eneste landet som har innført grenseverdier for innhold av organiske miljøgifter i slam som kan brukes på jordbruks- og hagebruks-arealer. Følgende grenseverdier er fastsatt (BUNDESGESETZBLATT, 1992):

PCB prioritert

* PCB, innholdet skal være lavere enn 0,2 mg/kg TS avløpsslam for PC-forbindelsene nr 28, 52, 101, 138, 153 og 180

* Innholdet av polyklorert dibenzodioksin/dibenzofuran skal være under 100 ng TCDD-toksitetsekvivalenter pr kg slamTS

* Det samla innhold av halogenorganiske forbindelser, uttrykt ved sumparameter AOX skal være under 500 mg/kg TS

Det framgår her at det er enkelte stoffgrupper av PCB og dioksiner som tillegges særlig vekt. I tillegg kan bestemmelse av AOX gi en indikasjon på om summen av halogenorganiske stoffer kan være høyt, evt kan dette gi rettesnor for behovet for ytterligere analyser.

Norsk strategi:
«forsiktighet
uten
grenseverdier»

I retningslinjene fra ulike land er det likevel pekt på at en må være oppmerksom på at de organiske miljøgiftene kan være et problem som primært må løses ved kilden, dvs en må hindre skadelige utslipp fra bestemte typer industrivirksomhet, som ut fra produksjonsopplegg kan bruke slike stoffer. Det vil føre til sterke restriksjoner av utslippene.

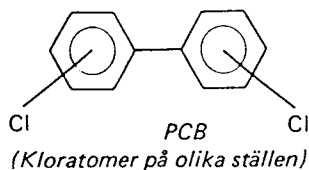
De enkelte organiske miljøgiftene

Klorerte aromater

PCB er det viktigste stoffet i denne gruppen ved siden av klorbenzen. Disse stoffene har mange anvendelsesområder. De polyklorerte bifenylenene, PCB, er brukt som tilsetningsstoff i plast, isoleringspasta, hydrauliske oljer og smøreoljer og i kondensator- og transformatorvæske. Nyanvendelse av PCB er forbudt i mange land, likevel vil det i lang tid lekke ut betydelige mengder i miljøet fra produkter som er i bruk. I Norge skal all bruk av PCB være utfaset innen 1995. PCB-holdig avfall er definert som spesialavfall. I tillegg er det myndighetenes mål at all PCB skal destrueres på en miljøsikre måte innen kort tid.

PCB oppstår ved klorering av bifenyl hvor ulike antall av H-atomer blir erstattet av klor.

«Kjemiske ringer med klor»
vanskelige å bryte ned



Strukturformelen for PCB, kloratomenes plassering og antall er ulik for de ulike forbindelsene og avgjør deres kjemiske og biologiske egenskaper.

Enkelte av PCB-forbindelsene har lang nedbrytningstid, de er svært persistente, med halveringstider på over 10 år..

Persistens betyr langvarig problem

Undersøkelser fra svenske renseanlegg viser at innholdet av PCB gikk merkbart ned fra 1976 til 1981.

Avhengig av hvor kloratomene er plassert kan det forekomme et meget stort antall stofftyper (teoretisk 209), med ulik kjemisk virkning.

De viktigste utslippene er PCB-holdige oljer brukt som isolasjon eller kjølemidler i elektrisk utstyr og fra fugemasser. Lufttransport er likevel det viktigste spredemåten.

PCB har akutt giftighet overfor marine organismer. Akutt giftighet overfor pattedyr er relativt lav. (SFT, 1993)

PCB er farligst i vann

PCB er det organiske stoffet som tillegges størst risiko ved spredning av avløpsslam.

Innhold i slam

I 1989 ble det gjennomført analyser av slam fra 13 norske renseanlegg. I alle prøvene var innholdet av PCB lavere enn deteksjonsgrensene.

Lavt PCB-innhold i norsk slam

En tysk undersøkelse viser et middels innhold av PCB i slam på 0,5 mg/kg TS (med spredning på 0,05-15) (DRESHER-KADEN et al, 1990)

Tidligere sammenstillinger av innhold i svensk slam sank fra 0,6-1,0 mg/kg TS i 1976 til 0,2- 0,6 i 1981.

Litteratursammenstillinger er likevel vanskelige på dette grunnlag fordi PCB består av et stort antall stoffer med ulik plassering av kloratomene (teoretisk 209). De tyske retningsreglene har altså fastsatt grenseverdier for de 4 mest

skadelige forbindelsene. Det betyr at sum *PCB* ikke er det beste mål for mulig skadelige virkninger.

Utfasing av *PCB*

Stort sett er det enighet om at *PCB* anrikes i slam og at økt tilføring av slam hever konsentrasjonene av *PCB* i jord. Forbud mot ny bruk av *PCB* i Norge fra 1980 vil ventelig hindre utslipp i samme grad som tidligere. Fra 1994 vil all bruk av *PCB* i Norge skal "være utfaset innen utgangen av 1994". Etter hvert som tida går, vil diffuse, små utslipp av *PCB* som alt er i omløp, bety mer enn konsentrerte kilder til avløpsvannet. Dersom dette er rett, vil en i framtida neppe vente overraskende store konsentrasjoner i avløpsslammet. På den andre siden vil slammet i mange år framover inneholde fortsatt inneholde små mengder av stoffet. Ut fra de analyser som foreligger, synes Norge å være gunstig stilt når det gjelder framtidig innhold av *PCB* i avløpsslammet.

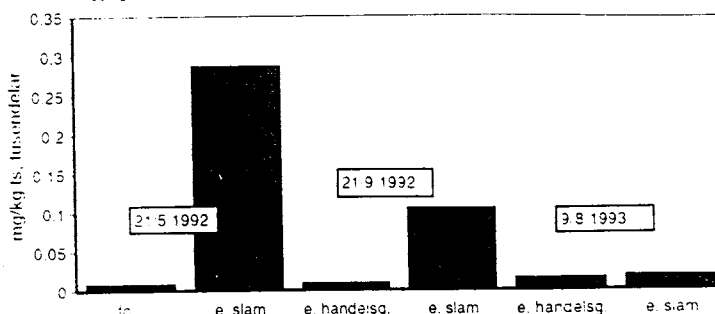
Biotilgjengelighet

Norske undersøkelser viste at innholdet av *PCB* i jorda økte med stigende tilføring av slam (SI, 1977). Det ble likevel ikke påvist opptak eller akkumulering i korn eller poteter. Et stort antall undersøkelser har kommet til samme hovedkonklusjon: *PCB* tas i liten grad opp av planter. Molekyene er relativt store, *PCB* er ikke vannløselig og transporteres derfor ikke med vannstrømmen til planterøttene.

Plantene tar ikke opp *PCB* gjennom røttene

OFFENBACHER (1990) konkluderte med at bruk av slam ikke førte til økt innhold av *PCB* i hvete, bygg, sukkerbete, raps, sennepsfrø, og salat. Det ble likevel påvist en viss økning av *PCB* i gulrøtter. KAMPE OG LESCHBER (1990) konkluderte på grunnlag av et stort forsøksmateriale som har gått i mange år med at bruk av slam ikke medførte akkumulering av *PCB* i jord. LINDERHOLM (1994) har vist at tilføring av slam førte til økt innhold i jorda av plante *PCB*-isomerer. Etter 4 sommermåned var forskjellen halvert og helt utjevnet etter 15 måneder. Nyere undersøkelser i Tyskland (LESCHBER og LITZ, 1995) tyder på av ca 90 % av tilført *PCB* til jord blir nedbrutt i løpet av kort tid.

Innhold av *PCB* i jord ulike tidspunkter etter spredning av 25 tonn slamtørrstoff pr hektar (LINDERHOLM, 1994):



I jord brytes *PCB* ned raskere enn ellers i miljøet

Nedbrytning av *PCB* skjer både ved ultrafiolett stråling og ved mikrobiell aktivitet. Den effektive nedbrytningen i jord skyldes vesentlig biologisk omsetning. I jord bindes *PCB* meget sterkt til jordpartikler, det betyr at en praktisk talt kan se bort fra utvasking av *PCB* og dermed forurensning av grunnvann.

«Å spise slam»
er den farligste
spredemåten»

CHANEY, RYAN og CONNOR (1990) framhever at direkte inntak av slam ved at beitedyr eller barn får i seg jord er den mest betenkelige spredemåten for organiske komponenter som *PCB* med slam.

De hevder at slike spredemåter er utgjør en liten risiko så lenge slammet har et lavt innhold av *PCB*. Beitedyr tar normalt opp overaskende stor mengder jord, opp til 15% av det beitedyr spiser, kan være jord. Jord tilført slam i overflaten og med grasvekst kan føre til et direkte opptak av *PCB* som er langt større enn plantenes opptak gjennom røttene. Ved at slammet skal moldes ned og ikke spres på eng eller beite vil risikoen for direkte opptak av slam være meget liten, bl a vil en stor del av de organiske miljøgiftene være omsatt før det etableres eng og det tar ytterligere tid før aktuell beiting.

Sikre norske
bruksmåter

Vårt regelverk for bruk av slam på grøntarealer gir også en betydelig sikkerhet for at barn skal få i seg slam.

Observasjoner viser at bl a hunder kan spise slam fra lagerplasser. Dette kan føre til et større opptak av *PCB* og andre organiske miljøgifter enn de spredemåtene som er omtalt ovenfor. Båndtvang for hunder gir ganske god sikkerhet.

Som helhet betyr atmosfærisk nedfall vesentlig mer for plantenes innhold av *PCB* enn opptak fra jord.

Polycykliske aromatiske hydrokarbonater, PAH

PAH,
tjærestoffer,
er en stor
stoffgruppe

Disse stoffene kalles ofte tjærestoffer og dannes ved ufullstendig forbrenning av organisk materiale f eks bileksos, vedfyring skogbranner etc. Det er også et uønsket biprodukt ved enkelte industrielle prosesser. Det betyr at tilførslene til avløpsnettene kan variere sterkt etter lokal virksomhet. Enkelte av stoffene dannes også ved naturlig prosesser i planter og påvirker avlingskvalitet uavhengig av det som tilføres jord.

Tas ikke opp
gjennom
røttene

Dette er en allsidig stoffgruppe og enkelte er giftige f eks *benzo-a-pyren*.

PAH-forbindelsene er meget lite løselige i vann, dermed tas de ikke opp av planterøttene med den naturlige væskestrømmen.

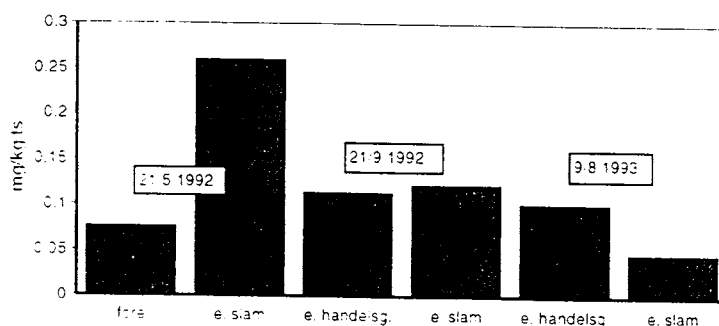
Innholdet i plantene er normalt mer påvirket av atmosfærisk nedfall enn ved optak via røttene.

Innholdet i norsk slam er lavt

Undersøkelser viser at innholdet av *PAH*-forbindelser i slam normalt er lavt, ofte under deteksjonsgrensen. I analyser av slam fra norske renseanlegg ble det påvist mindre mengder av stoffene *dibenzofuran*, *fenatren*, *pyren* og *fluoranten*. Dette er relativt ufarlige stoffer som normalt nedbrytes raskt i slam eller jord. Derimot ble det ikke påvist *dibenzo-a-pyren* i de norske slamprøvene.

Nedbrytes effektivt i jord

På kort sikt kan innholdet av enkelte *PAH*-forbindelser i jorda øke etter tilføring av slam. Som helhet skjer nedbrytningen av *PAH* effektivt i jord, spesielt under aerobe forhold. Svenske undersøkelser viser at *PAH* tilført med slam om våren omtrent er borte etter 4 sommermåneder. (LINDERHOLM, 1994) På grunnlag av flere undersøkelser kan en slå fast at bruk av slam ikke har ført til økt innhold i avlingen eller andre skadevirkninger (LESCHBER, 1990)



Innhold av sum *PAH* i jord ulik tid i forhold til spredning av 25 tonn slamtorrstoff pr hektar (LINDERHOLM, 1994)

Dioksiner

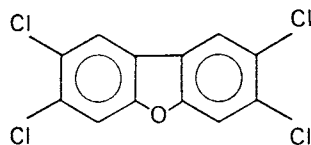
Dioksiner og furaner en stor stoffgruppe, enkelte meget giftige

Dioksiner er kjent som lite nedbrytbare stoffer, enkelte forbindelser har halveringstider på over 10 år. Enkelte av forbindelsene er svært giftige ved lave konsentrasjoner. Ut fra norske forhold er *dioksiner* først og fremst skadelige i vannmiljø.

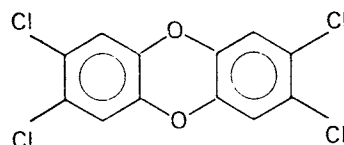
Dioksiner utgjør et allsidig stoffgruppe, *polyklorerte dibenzodioksiner* og *dibenzofuraner*, der stoffegenskapene helt avhenger av kloratomenes posisjoner. Det er 17 forbindelser som både er giftige og lite nedbrytbare. De mest betenkelige stoffene er: 2,3,7,8 -tetraklordibenzodioksin (*TCDD*) og

2,3,7,8-Tetraklordibenzofuran (TCDF) med disse strukturformlene:

De farligst dioksinene



2,3,7,8-Tetraklordibenzofuran



2,3,7,8-Tetraklordibensodioxin

Kostbare analyser

Denne allsidigheten i tillegg til store kostnader i spesifikke analysekostnader antyder at hvor vanskelig det er med en kontinuerlig overvåkning av slammets dioksininnhold eller andre organiske komponenter i slam som kjemisk er avhengig av alle utslippene i store eller små tilførselsnett.

Dioksiner er lett løselige i fett, mens de er ekstremt lite løselige i vann. De mest betenkelige *dioksinene* (TCDD) bindes meget sterkt i jord og vaskes ikke ut i jord. Det er ikke påvist at jord med høyt innhold av *dioksiner* har hindret mikrobielle prosesser. Undersøkelsene tyder ikke på at er giftige overfor jordas mikroflora og at de praktisk talt ikke er tilgjengelige i et jordmiljø. De har først forårsaket skade hos f eks meitemark, men først ved høyere konsentrasjoner i jorda enn en får ved bruk av slam.

En rekke undersøkelser har klarlagt at spredning av slam ikke fører til økt opptak av dioksiner i plantene, evt nedbrytes opptatt *dioksin* i plantene i løpet av få dager. Plantenes innhold er mer påvirket av atmosfærisk nedfall enn etter direkte opptak fra jord (LESCHBER, 1990, CHANEY et al, 1990), STATENS NATURVÅRDSVERK, 1993).

Dyr kan få i seg dioksin etter slamspredning på eng og beite

Som for PCB er hovedproblemet med *dioksin* at dyr eller barn kan få i seg *dioksin* direkte fra slam. Dette er bakgrunnen til at de fleste land stiller krav til at slam ikke skal spres på eng eller beite. I tillegg må det til visse restriksjoner når det gjelder bruk av slam på grøntarealer. Det er i seinere år gjennomført en rekke tiltak i Norge og de samla utslipp er redusert vesentlig.

Slam skapte stor dioksinfrykt for 5 år siden

Frykten for spredning av *dioksiner* til matvarer etter bruk av avløpsslam, førte til sterk reduksjon i bruk av slam bl a i Tyskland og i Sverige. *Dioksinene* hører med i slammets historie fordi de virkelig har preget debatt, vurderinger, medieoppslag. I dagens slamdebatt er de likevel nokså nøytrale.

Fenoler

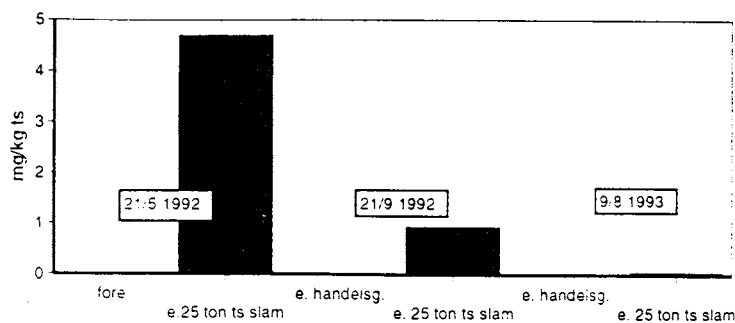
De fleste *fenoler* omsettes meget raskt i slam eller jord. Det er således ingen risiko for akkumulering. Innholdet i slam er langt lavere enn det som kan forårsake skader hos mikroorganismer. De nordiske undersøkelsene av slam viser spesielt høye innhold av *nonylfenol*. For de norske renseanlegg som var med i undersøkelsene var det meget stor variasjon i innholdet. Undersøkelser har vist at *nonylfenol* brytes ned raskt i jord, bruk av slam har ikke ført til økt innhold i planteveksten.

Etter litteraturen å dømme er ikke *nonylfenol* tillagt forholdsvis større vekt i nordisk enn i internasjonal litteratur ellers. *Nonylfenol* er blandt stoffene SFT hevder det er manglende kunnskap om når det gjelder virkninger i miljøet.

Et svensk forsøk der jorda var tilført slam med høyt innhold av *nonylfenol* førte ikke til forhøyet innhold av *nonylfenol* i korn (STATENS NATURVÅRDSVERK, 1993) I tillegg har ikke *nonylfenol* nevneverdig betydning for avlingskvalitet.

Fenoler brytes raskt ned

Nonylfenol forsvinner raskt i jorda



Innhold av nonylfenol i jordved ulike tidspunkter i forhold til spredning av 25 tonn slamtørrstoff pr hektar (LINDERHOLM, 1994)

Det er «vedtatt en anbefaling i Diffuse Chemicals Group under pariskommisjonen om utfasing av bruken i vaske- og rengjøringsmidler innen 1995 for privat bruk og innen 2000 for industrielt bruk» (SFT, 1993). Det er derfor grunn til å vente en sterk reduksjon i innholdet av *nonylfenol* i slammet.

Utfasing av nonylfenol gir sikkerhet

Ftalater

Avløpsslam har regelmessig høyt innhold av enkelte ftalater, i første rekke gjelder det *Di-(2-etylhesyl)ftalat*, (*DEHP*). Dette er stoffer liten giftighet og som nedbrytes forholdsvis raskt i jord og slam. Halveringstiden for *DEHP* i jord er beregnet til 95 dager. I norsk slam var den høyeste verdien for påvist *DEHP* ca 600 mg/kg TS. I følge LESCHBER (1990) stoffet skade

Brytes lett ned i jord

planteveksten ved konsentrasjoner på over 200 mg /kg TS. Dette betyr at planteskader kan oppstå ved dyrking i rent ferskt slam som er lite omsatt. Ut fra norske erfaringer oppstår det ofte ulike typer skade på planteveksten under slike forhold. Ofte skyldes det mellomprodukter ved nedbrytning eller ammoniakkforgiftning. Ved våre bruksmåter for slam vil neppe slike skader gjøre seg gjeldende.

Naftalener

Naftalener ble påvist i slam fra de norske renseanleggene, men i de fleste til var innholdet for lave til å kvantifisere mengdene. De brytes ned forholdsvis raskt i jord og de representerer ingen risiko for akkumulering i jord. I internasjonal litteratur tillegges ikke naftalener vekt ved spredning av slam. *Naftalener* er likevel en stoffgruppe som en bør hindre ukontrollerte utslipp av.

Miljøgifter med kort varighet, et lite problem etter innblanding i jord

Tolulen og m/p-xylene

Begge disse stoffene ble påvist i slam fra flere av de norske renseanleggene. Dette er stoffer som brytes ned meget raskt og som evt kan forårsake skade ved selve slambehandlingen. Derimot vil de stort sett være omsatt slammet er innblandet i jorda.

Litteratur

- LESTER, 1982
- DRESCHER-KADEN, 1990.
- SI, 1977.
- STATENS NATURVÅRDSVERK, 1986.
- SFT, 1993
- BUNDESGESETZBLATT, 1992
- STATENS NATURVÅRDSVERK 1993
- OFFENBACHER 1990
- KAMPE OG LESCHBER 1990
- LINDERHOLM (1994): Tyskland
- LESCHBER og LITZ, 1995
- CHANEY, RYAN og CONNOR (1990)
- LESCHBER, 1990