

# Kemiske stoffer i landbruget

TEMA-rapport fra DMU

19/1998

Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser



# Kemiske stoffer i landbruget

---

John Jensen  
Hans Løkke

TEMA-rapport fra DMU, 19/1998,  
Kemiske stoffer i landbruget

Forfattere: John Jensen og Hans Løkke  
Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Terrestrisk Økologi

Udgiver: Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser®  
URL: <http://www.dmu.dk>  
Udgivelsestidspunkt: September 1998

Layout: Kathe Møgelvang og Juana Jacobsen  
Forsidefoto: Miljøstyrelsen / Bent Lauge Madsen

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Tryk: Silkeborg Bogtryk  
Papir: Cyclus Print  
Sideantal: 32  
Oplag: 2.000

ISSN: 0909-8704  
ISBN: 87-7772-401-1

**PDF-udgave:**  
**ISSN: 1399-4999**  
**ISBN: 87-7772-473-9**

Pris: 40,- kr.  
Klassesæt á 10 stk: 200,- kr.  
Abonnement (5 numre): 225,- kr.  
(Alle priser er incl. 25% moms, excl. forsendelse)

Købes i boghandelen eller hos:

Danmarks Miljøundersøgelser  
Vejsløvej 25  
Postboks 314  
8600 Silkeborg  
Tel: 89 20 14 00  
Fax: 89 20 14 14

Miljøbutikken  
Information og bøger  
Læderstræde 1  
1201 København K  
Tel: 33 95 40 00  
Fax: 33 92 76 90

Indledning	5
Pesticider	7
Tungmetaller	13
Miljøfremmede stoffer	19
Veterinære lægemidler	23
Sammenfatning	29
Litteratur	30

Danmarks Miljøundersøgelser  
Tidligere TEMA-rapporter fra DMU

FOTO: MILJØSTYRELSEN / BENT LAUGE MADSEN.



# Indledning

Der er i Europa en voksende forståelse for, at jorden med dens indhold af levende organismer og humus er en vigtig ressource, som kræver beskyttelse. Jorden er grundlaget for de kommende generationers jordbrug. Landbruget administrerer 2,76 millioner hektar jord i Danmark. Det svarer rundt regnet til  $\frac{2}{3}$  af Danmarks areal. Det er vigtigt, at jorden har en kvalitet, der kan sikre en bæredygtig produktion af gode landbrugsprodukter. Jorden må derfor ikke forurennes eller udpines.

Det konventionelle landbrug er traditionelt afhængigt af kemiske stoffer på lige fod med det resterende samfund. I takt med at kravet til produktivitet er steget inden for landbrugssektoren, er anvendelsen af kemiske hjælpemidler også blevet mere udbredt. Hjælpemidler som handelsgødning, jordbrugskalk og pesticider anvendes i produktionen af afgrøder. I husdyrproduktionen anvendes lægemidler, væksthjælpemidler og desinfektionsmidler. De kemiske produkter indebærer store økonomiske fordele. De anses derfor af mange for uundværlige i landbruget. Men stofferne kan også medføre en belastning af sundhed og miljø.

Landbrugsjorden tilføres kemiske stoffer fra en række kilder. Landbrugets hjælpemidler kan bl.a. indeholde tungmetaller og miljøfremmede organiske stoffer. Det gælder fx cadmium, der findes som urenhed i både jordbrugskalk og fosfatgødning. Et andet eksempel er de miljøfremmede stoffer og metaller som findes i husdyrgødning,

spildevandsslam og kompost. Endelig tilføres forurenende stoffer fra luften. De stammer bl.a. fra forbrænding af olie, kul, halm, affald og fra trafikken. Luftforureningen ozon dannes i et kompliceret samspil mellem ilt, forbrændingsprodukter og solens lys. Ozon kan forårsage betydelige skader på afgrøder. Denne problemstilling er behandlet i en tidligere TEMA-rapport fra DMU (nr. 3, 1995). Problemerne med landbrugets anvendelse af næringsstofferne kvælstof og fosfor er beskrevet i DMU's TEMA-rapport nr. 13 fra 1997.

Kemiske stoffer er altså til stede i landbruget, og de kan måles, men:

- Er de til stede i så store mængder, at de udgør et problem?
- Kan man sætte grænseværdier for de koncentrationer i jorden, som er acceptable?
- Kan man sætte tålegrænser for den årlige tilførsel, således at jordbruget vedbliver at være bæredygtigt?
- Kan der ske en ophobning med tiden?

Denne TEMA-rapport forsøger at give svaret for de stoffer, som kræver særlig opmærksomhed, hvis dansk landbrug skal være bæredygtigt på lang sigt. TEMA-rapporten sætter fokus på de miljøfremmede stoffer i gødning og slam, på tungmetaller, pesticider og på rester af lægemidler og antibiotiske væksthjælpemidler i husdyrgødningen. Rapporten omhandler de øverste jordlag, dvs. rodzonen, og går derfor ikke nærmere ind i problematikken med forurening af de dybere jordlag og grundvandet.

FOTO: MILJØSTYRELSEN / BENT LAUGE MADSEN.





# Pesticider

## Udviklingen går mod mindre skadelige midler

Kemiske stoffer har været anvendt til bekæmpelse af skadedyr, mikroorganismer og ukrudt siden oldtiden.

Pesticiderne omfatter følgende hovedgrupper:

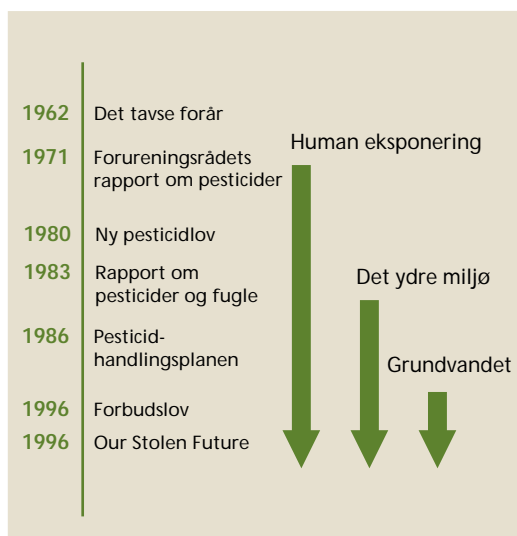
- Fungicider til bekæmpelse af svampe.
- Insekticider til bekæmpelse af insekter.
- Herbicider til bekæmpelse af ukrudt.
- Rodenticider til bekæmpelse af gnavere.
- Vækstregulerende stoffer til behandling af planter.

Anvendelsen af pesticider i stor skala tog dog først fart efter Anden Verdenskrig. Specielt insektgiften DDT vandt hurtigt stor udbredelse. Man talte dengang om en "insektfri æra". I 1962 slog den amerikanske forfatter Rachel Carson alarm med bogen "Det tavse forår": Brugen af pesticider gav alvorlige problemer i miljøet og for sundheden. I forordet til den danske udgave gav professor dr. med. Knud O. Møller en advarsel om, "at det er paa høje tid at foranledige, at brugen af ukrudts- og insektdræbende midler formindskes".

Senere er forbruget steget. Der er samtidig i de fleste lande opbygget administration, kontrol og forskning, som regulerer og sætter grænser for anvendelsen. Som følge heraf er der udviklet pesticider, som er mindre giftige for mennesker og miljø. Især stoffer, som er meget giftige for mennesker, ophobes i fødekæderne eller som siver ned til grundvandet, er blevet forbudt.

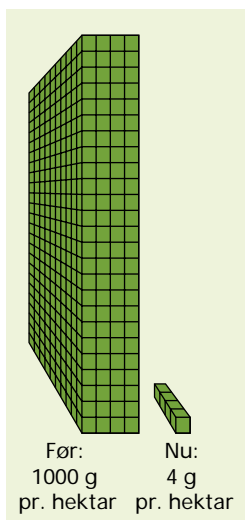
## Mere fokus på miljø og grundvand

Siden 1960'erne har der været fokus på pesticidernes betydning for menneskets sundhed. I Danmark blev hele forurenings-



området kulegravet af Forureningsrådet, som i 1971 udgav en rapport med anbefalinger om pesticiderne. Først med den nye lov om bekæmpelsesmidler fra 1980 blev effekterne i det ydre miljø inddraget i lovgivningen. En undersøgelse fra 1983 viste, at der var en mulig sammenhæng mellem pesticider og antallet af agerlandets fugle. Den efterfølgende debat førte til, at Folketinget i 1986 vedtog en handlingsplan, som skulle reducere forbruget af pesticider med 50% både målt som kilogram aktivt stof og som behandlingshyppighed. Det er vigtigt at inddrage behandlingshyppigheden i

**Figur 1.** Interessen for pesticidernes skadevirkning er gradvist udvidet fra menneskets helbred til det ydre miljø og grundvandet. Problemerne blev for alvor påpeget i 1962 af Rachel Carson i bogen "Det tavse forår". I 1996 blev mulige hormonale virkninger postuleret af Theo Colburne i bogen "Our Stolen Future".



**Figur 2.** Behandlingshyppigheden afspejler, at det er den enkelte behandling med dens fulde biologiske virkning på ukrudt, skadedyr eller svampe, der giver miljøbelastningen, og ikke det antal kilogram eller gram, som spredes på marken.

handlingsplanen, da det er den enkelte behandling med dens biologiske virkning på ukrudt, skadedyr eller svampe, der giver miljøbelastningen, og ikke det antal kilogram eller gram, som spredes på marken. Udviklingen af stoffer, som er aktive i meget små doser, de såkaldte minimidler, har gjort det endnu vigtigere at bruge behandlingshyppigheden som et mål for belastningen af økosystemerne.

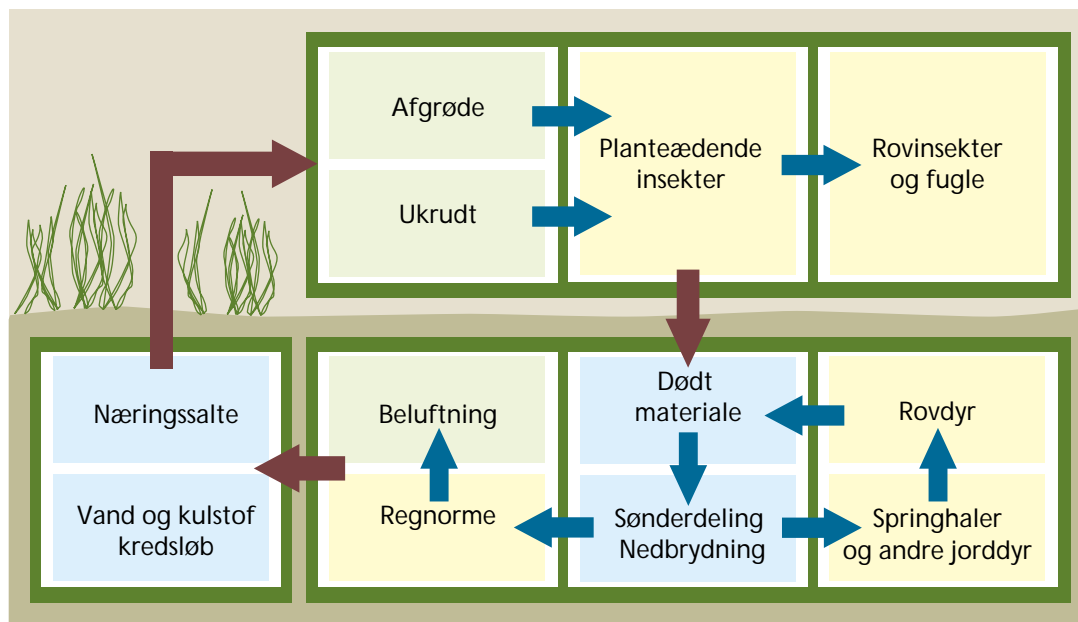
### Hvilke pesticider anvendes?

Som en del af handlingsplanen blev der startet et forskningsprogram og en omfattende revurdering af pesticiderne. Før handlingsplanen udgjorde parathion (Bladan) 60% af den solgte mængde af *insektgifte*. Parathion er særdeles giftigt for mennesker og sælges ikke længere i Danmark. I stedet anvendes hovedsageligt et beslægtet middel, dimethoat, som er mindre giftigt for mennesker, samt de såkaldte pyrethroider. Disse stoffer er kun lidt giftige for mennesker, men ekstremt giftige for insekter. De bruges derfor i meget små doser. Tidligere blev phenoxysyrene 2,4-D,

dichlorprop, MCPA og mechlorprop (de såkaldte hormonmidler) anvendt som de helt dominerende *ukrudtsmidler*. Af hensyn til grundvandet er de nu blevet forbudt til de fleste formål og erstattet med midler, som dels er mindre mobile i jorden, dels mindre giftige for mennesker, dyr og fugle. Det mest anvendte stof er i dag glyphosat (Roundup). Desuden er der et stigende forbrug af såkaldte minimidler. De bruges i dag til bekæmpelse af ukrudt på 17% af det dyrkede areal. Minimidlerne er ekstremt giftige for planter og virker i doser ned til ét gram pr. hektar.

Forbruget af *svampemidler* var tidligere domineret af ét stof, maneb. I dag bruges overvejende stofferne fenpropimorph, prochloraz og propiconazol. Disse midler er meget effektive, og førte til en øget anvendelse af svampemidler i første halvdel af 1980'erne. Det skyldes primært, at landmændene, i højere grad end før, præventivt sprøjter mod svampesygdomme efter "for en sikkerheds skyld"-princippet. Desuden kræver det øgede antal "grønne marker" med vinterafgrøder øget sprøjtning med svampemidler.

**Figur 3.** Planter, dyr og mikroorganismer er afhængige af hinanden. Insekter æder planter, og bliver selv ædt af andre insekter eller af fugle. I jorden bliver de døde plantedele findelt af smådyr og nedbrudt af bakterier og svampe. Herved frigøres næringsstoffer til kredsløbet. Jordbundsdyrene har også betydning for fordelingen af luft og vand i jorden, idet fx ormegange letter nedsvivning af regnvand og derved øger tilstedeværelsen af iltrige steder i jorden.



## Forurening af grundvandet

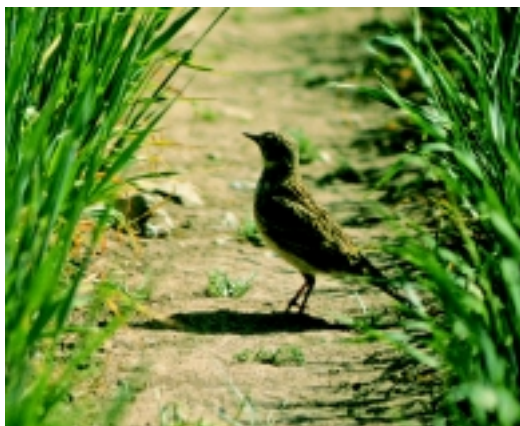
I 1994 førte forurening af grundvandet i Ejstrupholm med atrazin til store overskrifter i medierne. Efterfølgende viste landsdækkende analyser, at pesticider i grundvandet er almindeligt udbredt. Forskningsresultater kunne samtidig dokumentere, at selv i lerjord gør sprækker og revner fra istiden det muligt for pesticider relativt hurtigt at sive ned til grundvandet. Truslen mod grundvandet førte til en lov, som muliggjorde en gennemførelse af forbud mod de mest skadelige midler. Stramningen førte til forbud mod en række stoffer, heriblandt flere, som var påvist i grundvandet.

Den nuværende danske godkendelse af pesticider er blandt de skrappeste i verden med hensyn til grundvandsbeskyttelse. Det kan dog ikke garanteres, at der ikke under særlige forhold kan ske en nedsivning af pesticider i ormehuller og sprækker i jorden.

Nedsivningen vil være størst, hvis det regner kraftigt kort tid efter, at der er sprøjtet. Risikoen ved sprøjtning er derfor større om efteråret, hvor den overskydende nedbør siver ned til grundvandet. Nedbrydningen af stofferne i de øverste jordlag er også langsommere i vinterhalvåret på grund af de lavere temperaturer. Stofferne får herved bedre tid til at sive ned i de dybere jordlag, hvor de nedbrydes endnu langsommere. Nedsivning af pesticider til grundvandet vil blive nærmere belyst i en kommende TEMA-rapport fra DMU.

## Der bliver færre planter og dyr i agerlandet

Tidligere skete der ofte forgiftninger af pattedyr og fugle, som ad sprøjtede planter i afgrøden eller spiste bejdsede frø. De mest giftige stoffer er nu blevet forbudt og forgiftninger sjældne. Nu er det primært de indirekte effekter af pesticider, som giver anledning til problemer.

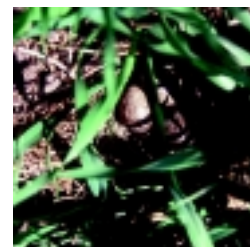


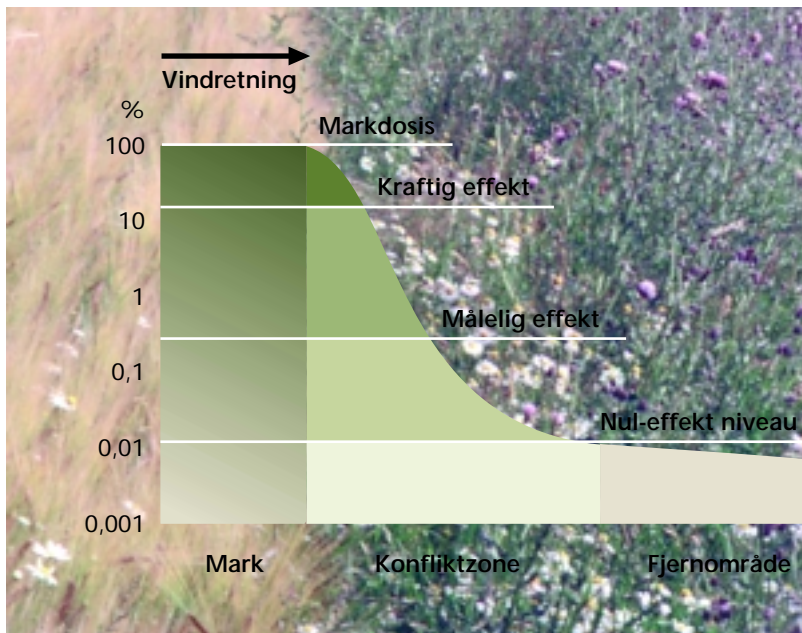
FOTOS: DMU / NIELS ELMGAARD

En række forsøg har vist, at den gentagne sprøjtning år efter år nedsætter antallet af planter og dyr i det dyrkede land. Antallet af levedygtige frø i jorden er faldet. Analyser af jordprøver fra 1964 og 1989 har således vist, at det gennemsnitlige antal arter af planter pr. mark faldt fra 12 i 1964 til 5 i 1989. Dette er naturligvis en fordel for jordbrugeren, som ønsker sin afgrøde fri for ukrudt. Til gengæld sker der en voldsom favorisering af enkelte arter, især de som er modstandsdygtige over for ukrudtsmidlerne. Det samlede resultat er, at føden forsvinder for en række dyr. DMU har således vist, at det især er insekter, som lever af ukrudtsplanter, der forsvinder fra sprøjtede marker. På samme måde findes der færre insekter, som æder svampe på de marker, der behandles med svampemidler.

Videre i fødekæden mister rovinsekter og fugle deres bytte. DMU har undersøgt sammenhængen mellem mængden af føde og antallet af lærkeunger. Både sprøjtning med ukrudtsmidler og insektgifte kan have betydning for ynglesuccesen, ved at der bliver færre insekter på "menukortet". Lærken får med andre ord sværere ved at finde nok føde til sine unger. Dårligt vejr forstærker virkningen af pesticiderne, idet lærkeungerne ikke så godt tåler at ligge alene og ubeskyttede i reden, hvis det regner og er koldt. Hvis vejret derimod er tørt og varmt, er der typisk mere tid til at finde føde, og ungerne fryser mindre. I godt vejr bliver den

Sprøjtning med pesticider har stor betydning for lærkens ynglesucces.





**Figur 4.** De vilde planter i hegn og andre naturområder, som grænser op til sprøjtede marker, modtager pesticider med vinden. Dyr og planter i hegn, grøfter og andre småbiotoper er derfor udsat for sprøjtemidler.

skadelige virkning af pesticiderne derfor mindre. De samme indirekte effekter er også påvist for andre af agerlandets fugle, fx agerhøne, fasan og gulspurv.

Ved sprøjtning sker der vinddrift til de omkringliggende arealer. Med moderne sprøjteudstyr kan vinddriften reduceres. Hegn, diger, gærder og andre småbiotoper har dog så lille en bredde, at de i praksis bør regnes med til det areal, som er påvirket af sprøjtemidler. Overordnet set er det ikke den enkelte mark og dens tab af planter, som er problemet, men snarere den landsdækkende samlede påvirkning af agerlandets karakteri-

stiske flora. Populært sagt kan små udyrkede biotoper, som hegn, diger og gærder, opfattes som små oaser i en stor og artsfattig ørken. De store afstande mellem disse oaser nedsætter spredningen og genindvandringen af arter og øger derfor risikoen for udryddelse. Det er blevet vanskeligere for nogle fugle at finde egnede redepladser i de store ensartede marker. Hvis der er for lidt føde i én type afgrøde, er der tilmed ofte langt at flyve til det nærmeste alternative spisekammer.

### Pesticider har utilsigtede virkninger

Pesticider er med til at øge udbyttet i det moderne jordbrug. De kan imidlertid også påvirke afgrøderne, så de bliver mindre modstandsdygtige over for sygdomme og skadedyr. DMU har sammen med Landbohøjskolen for eksempel vist, at brugen af ukrudtsmidlet isoproturon kan fremme meldug betydeligt i korn. Samtidigt øgedes antallet af bladlus. Forsøgene viste også, at stoffet ethephon, som bruges til at regulere planternes vækst, øgede antallet af bladlus.

Resultater som disse er afhængige af vejret, afgrøden, skadegøreren, eventuel kunstvanding og de pesticider, der anvendes. Det er derfor vanskeligt at opnå generelle resultater, når disse forhold undersøges. Den samlede tendens er derimod klar: Øget gødning med kvælstof, øget kunstvanding og brugen af pesticider kan, hver for sig og i samspil med hinanden, resultere i øget behov for sprøjtning.

FOTOS: MILJØSTYRELSEN / BENT LAUGE MADSEN.



## Effekterne af en diffus spredning af pesticider

Det er muligt at lave beregninger for hvert enkelt pesticid, som viser hvilken dosis, der vil være uskadelig for langt den største del af dyr og planter i hegn, småbiotoper og andre arealer, der grænser op til de dyrkede arealer. Denne værdi kaldes her tålegrænsen og udtrykker den samlede tilførsel af kemisk stof, som regnes for uskadeligt for miljøet. (TEMA-rapport nr. 7/1996 fra DMU). Beregningerne tager ikke hensyn til, at der kan være øgede effekter af, at flere stoffer spredes på samme areal. Eksempler på sådanne beregninger er vist i Tabel 1.

Beregningerne kan fx bruges til at bedømme, hvorvidt pesticider i nedbøren er skadelige. De mængder, som jorden modtager med nedbøren, er mindst 10 gange mindre end tålegrænsen. Pesticider i nedbøren vil således næppe påvirke planter og dyr i naturen. Beregninger viser dog også, at områder op til sprøjtede arealer vil være påvirkede, idet den kraftigste påvirkning finder sted få meter fra kanten af marken, hvorefter den hurtigt aftager.

## Mere fokus på indirekte effekter

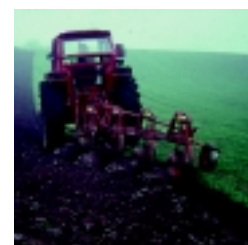
Længere tids forskningsindsats har været med til at sikre os en rimelig god viden om, hvad der sker med pesticider umiddelbart efter, at de er sprøjtet ud på marken. Sådanne resultater har været med til at udpege de

stoffer, som ikke hurtigt nedbrydes eller som siver ned til grundvandet i større mængder. I større sammenhængende områder mangler der dog stadig systematiske undersøgelser af, hvordan pesticider påvirker vilde planter og dyr i hegn og andre småbiotoper på de marknære arealer.

Ukrudtsmidlernes virkning på floraen er åbenbar. De indirekte effekter ved, at antallet af planter reduceres på de marknære arealer, er hidtil kun belyst i begrænset omfang, og bør derfor i fremtiden undersøges nærmere.

Folketinget vedtog den 15. maj 1997 at nedsætte et udvalg med uafhængig sagkundskab, som nu er i færd med at foretage en vurdering af de samlede konsekvenser af en afvikling af pesticidforbruget inden for jordbrugserhvervene. Udvalget og en række underudvalg vurderer forskellige konsekvenser for produktionen, økonomien, lovgivningen, befolkningens sundhed, beskæftigelsen og miljøet, hvis man helt afskaffer pesticiderne.

Som en vigtig del af arbejdet belyses alternative muligheder for bekæmpelse af plantesygdomme, skadedyr og ukrudt og de evt. miljømæssige gevinster og ulemper herved. Desuden undersøges konsekvenserne af en fuldstændig omlægning til økologisk jordbrug i Danmark. Resultatet af udvalgsarbejdet, som vil foreligge i begyndelsen af 1999, vil indgå i det kommende arbejde med en ny handlingsplan for pesticider.



**Tålegrænser for planter og dyr i naturområder**

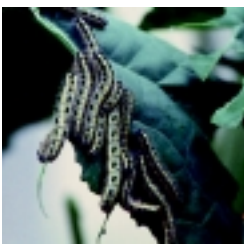
		Gram pesticid pr. hektar	Brøkdelen af anbefalet markdosis
Insektmidler	dimethoat	0,35	1/800
	permethrin	0,006	1/9000
Ukrudtsmidler	MCPA <sup>1)</sup>	0,27	1/6000
	glyphosat	0,25	1/6000

<sup>1)</sup> Anvendelsen af MCPA er nu stærkt begrænset ved lov

**Tabel 1.** Omtrentlige tålegrænser for pesticider i naturarealer, som udsættes for vinddrift eller pesticider i nedbøren, samt hvor stor en brøkdelen af den anbefalede markdosis som tålegrænsen udgør. Mængderne er angivet i gram pr. hektar. (Efter Løkke m.fl. 1994).



Samlet kan det konkluderes, at den udbredte anvendelse af pesticider påvirker flora og fauna. Påvirkningen er kraftig på de sprøjtede arealer, og vinddrift kan udsætte de marknære arealer for skadelige koncentrationer. På store sammenhængende arealer uden skjulesteder er flora og fauna således ikke beskyttet mod nedfald af pesticider.



FOTOS: DMU / CHRISTIAN KJÆR.

De pesticider, der er godkendt i dag, nedbrydes i naturen og vil ikke ophobes i fødekæderne. For mange pesticider er det idag muligt at beregne hvor hyppigt der kan sprøjtes uden at flora og fauna påvirkes. Derimod er der ikke grundlag for at beregne miljøindeks for pesticider. Et miljøindeks er

et tal, der giver mulighed for at sammenligne forskellige pesticiders påvirkning af miljøet. Der stilles relativt store datakrav ved godkendelsen af stofferne. Alligevel er datagrundlaget for mangelfuldt til at beregne miljøindeks, da data ikke oprindeligt er beregnet til dette formål.

Derudover er der problemer med at opstille indeks for de indirekte effekter på rovinsekter og fugle, samt at inddrage kombinationer af effekter mellem forskellige pesticider i samme mark.



FOTOS: MILJØSTYRELSEN / BENT LAUGE MADSEN.

# Tungmetaller

Metaller findes naturligt i jorden. Metaller i jordskorpen stammer fra naturlige forvittringsprocesser i det geologiske udgangsmateriale. Under forvitringen sønderdeles stenarterne mekanisk ved frostsprængninger og kemiske påvirkninger fra vand, ilt og syre. Mineralblandingen er i sig selv ikke nogen "jordbund". Opblanding med organisk materiale ved biologisk omsætning bevirker, at der dannes et muldlag. Dette lag, som udgør mindre end 5% af jordens vægt, er af afgørende betydning for jordens frugtbarhed.

Stigningen i den vestlige verdens forbrug af metaller siden 1950'erne har medført, at store mængder tungmetaller er udvundet fra undergrunden og spredt til miljøet, herunder landbrugsjorden. Mange metaller er giftige for planter og dyr. Hvis afgrøderne optager store mængder metaller, kan de udgøre en sundhedsrisiko for dyr og mennesker. Høje indhold af metaller kan således forringe muligheden for at dyrke afgrøder, fordi udbyttet reduceres og kvaliteten af afgrøden forringes p.g.a. metalindholdet.

Metaller er dog ikke kun skadelige. En række metaller kan ikke undværes af mennesker, dyr og planter. Disse hører til de essentielle sporstoffer. For dyr er følgende sporstoffer essentielle: jern, zink, kobber, molybdæn, kobolt, selen, mangan, krom, nikkel, vanadium og arsen. Planter er afhængige af bor, kobber, krom, mangan, molybdæn, zink og måske selen. Hvis koncentrationen af et sporstof er under et kritisk niveau i cellen, vil mangelsymptomer kunne opstå. Der kan således opstå mangel på kobber og mangan hos en række afgrøder i områder af Danmark, hvor indholdet i jorden er lavt.

Metaller tilføres landbrugsjorden med handelsgødning, jordbrugskalk, spille-

vandsslam og husdyrgødning. Der falder også en del ned fra luften. Bedre rensning af skorstensrøg og forbud mod bly i benzin har resulteret i en markant mindre luftforurening end tidligere. Siden 1978 er nedfaldet af cadmium fx reduceret med 66% (Rasmussen m.fl. 1998), og udslippet til luften af bly er faldet med mere end 75% siden 1977 (Miljøstyrelsen 1994).

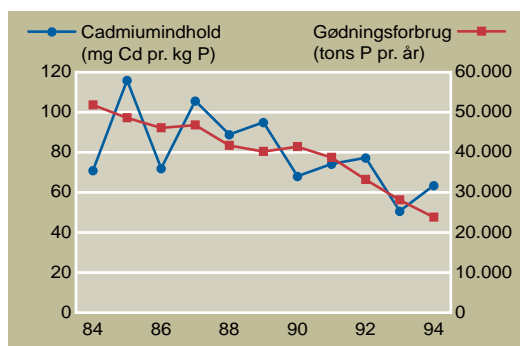
## Metaller spredes med gødning og kalk

Landbruget er blevet stadig bedre til at optimere vækstbetingelserne for afgrøderne. Ved at tilføre jorden næringsstoffer og fastholde jordens pH på det optimale, kan udbyttet øges. Miljøhensyn betyder, at der i dag bruges langt mindre fosforgødning end for 20 år siden. Forbruget er dog stadig stort. Hvor der i 1970'erne blev spredt mere end 60.000 tons fosfor med handelsgødning på de danske marker, er niveauet nu nede på ca. 25.000 tons pr. år. Samtidig er mængden af fosfor, som tilføres med husdyrgødning, dog steget i takt med det voksende antal husdyr. Fosfor fra husdyrgødning er nu i stand til at dække hele landbrugets behov, hvis det blev spredt jævnt over hele landet. Tilførslen af metaller til jorden via handelsgødning kan derfor reduceres yderligere. I 1980'erne var forbruget af jordbrugskalk større end 1,5 millioner tons. Fra 1990 til 1993 faldt forbruget med mere end 50%, men er senere steget lidt igen.

Myndighederne stiller krav til indholdet af tungmetaller i handelsgødning, slam og kalk. Kravene til indholdet af cadmium i handelsgødning er skærpet fra 200 mg cadmium pr. kg fosfor i 1990 til maksimalt 110 mg cadmium pr. kg fosfor i 1998. Råfosfat af forskellig geologisk oprindelse varierer meget i



**Figur 5.** Indholdet af cadmium i fosfatgødning i perioden 1984-1994 samt det samlede gødningsforbrug fra handelsgødning i Danmark. Grænsen for indholdet af cadmium i fosfatgødning er 110 mg cadmium pr. kg fosfor (Rasmussen m.fl. 1998).



indhold af urenheder af tungmetaller. Det er derfor ikke ligeegyldigt, hvorfra fosfaten importeres. I dag er indholdet af cadmium i handelsgødning et stykke under lovens krav om maksimalt 110 mg cadmium pr. kg fosfor (Figur 5). Jordbrugskalk indeholder typisk små mængder af cadmium, nikkel, kobber og zink. Indholdet af cadmium er i størrelsesordenen 1 mg cadmium pr. kg calcium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ).

I gennemsnit tilfører landmændene årligt mindre end 1 g cadmium pr. hektar, hvis de både kalker og gøder (Rasmussen m.fl. 1998). Dette skal sammenlignes med en beregnet tålegrænse for cadmium på 3-5 g pr. hektar pr. år (Bak og Jensen 1998). Indholdet af tungmetaller i handelsgødning og jordbrugskalk udgør altså ikke i sig selv nogen trussel mod jordmiljøet. Tålegrænsen er udtryk for den samlede tilførsel af et stof, som regnes for uskadelig for miljøet.

**Tabel 2.** Den totale mængde af produceret slam i Danmark i 1987 og 1995 samt den procentvise anvendelse. Mængderne er angivet som totalvægt samt som tørstofvægt (TS).

	1987	1995
Slammængde i vådvægt	971.225 t	1.162.860 t
Slammængde i tørvægt	125.525 t	164.103 t
Landbrugsjord	42%	69,5%
Forbrænding	28%	22,5%
Losseplads	30%	8%

### Slam – har vi styr på metallerne?

Samfundet har interesse i, at så stor andel som muligt af næringsstofferne i føden til

mennesker og dyr føres tilbage til landbrugsarealerne og dermed tilbage til det økologiske kredsløb på en god og billig måde. Slam og husdyrgødning anvendes derfor så vidt muligt som gødning på landbrugsarealer. For at sikre at slammet bruges miljømæssigt forsvarligt, er brugen reguleret ved en bekendtgørelse (se Box 1). Derudover tilstræbes det fra myndighedernes side at få opsporet kilderne og på at få udfaset anvendelsen af de mest problematiske metaller.

Op til 1980'erne led søer og åer under, at alt for mange næringsstoffer og organisk stof blev ledt direkte ud i vandmiljøet med spildevandet. For at stoppe forureningen blev der gjort en stor indsats for at forbedre kvaliteten af rensningsanlæggenes spildevand. Den første Vandmiljøplan indeholdt en handlingsplan, som skulle afhjælpe problemet. Mere spildevand blev rensset, idet nye rensningsanlæg blev bygget og de eksisterende udvidet. Som en følge af denne udbygning er mængden af spildevandsslam steget betydeligt i de sidste 10 år. Fra 1989 til 1995 er mængden af produceret slam således steget 25% (Tabel 2). I samme periode steg andelen af slam, som blev brugt i landbruget, fra 42% til næsten 70% af den samlede mængde af slam. Det svarer til, at der i 1995 blev genbrugt 400.000 t slam mere på markerne end i 1987. I de seneste år er en større mængde af det mest forurenede slam sendt til forbrænding i stedet for at blive deponeret.

De metaller, som findes i slammet, stammer fra byerne. Landbruget hjælper byboerne af med deres affald ved at recirkulere næringsstofferne. Det er klart, at når 1 million tons slam fordeles på danske landbrugsarealer, vil både landbruget, forbrugerne og miljømyndighederne stille krav om, at slammet ikke må indeholde stoffer, som kan skabe problemer. Derfor stiller Miljøstyrelsen krav til anvendelsen af slam i Danmark. De nuværende grænseværdier samt det gennemsnitlige indhold af tungmetaller i slam kan ses i Tabel 3. Det er ikke ualmindeligt, at



	Bly	Cadmium	Kobber	Krom	Kviksølv	Nikkel	Zink
Grænseværdier i slam (mg pr. kg P)	10.000	200 <sup>1)</sup>	-	-	200	2.500	-
Grænseværdier i slam (mg pr. kg TS)	120	0,8 <sup>1)</sup>	1.000	100	0,8	30	4.000
Indhold i 1995 (mg pr. kg TS)	72	1,5	298	34	1,4	26	878
Indhold i 1987 (mg pr. kg TS)	141	2,7	-	-	2,2	30	-

<sup>1)</sup> Grænseværdien for cadmium halveres i år 2000.

der er en faktor 10 til forskel i indholdet af tungmetaller blandt de mere end 1.500 rensningsanlæg i Danmark. For bly, kobber og zink er der dog typisk en mindre forskel.

I Danmark har DMU for Miljøstyrelsen fastsat økotoksikologiske jordkvalitetskriterier for en lang række metaller. Kriterierne er ikke grænseværdier, men de angiver den koncentration i jorden, hvor der ikke forventes effekter på jordens økosystemer. Hvis de beregnede eller målte koncentrationer af metaller er mindre end jordkvalitetskriterierne, er der minimal risiko for, at dyr og planter tager skade. Beregningerne i Tabel 4 viser, at de nuværende mængder af metaller i slam ikke på kort sigt udgør nogen nævneværdig risiko for dyr og planter.

Samlet set kan de forskellige kilder dog medføre en stigning i jordens indhold af tungmetaller. Derfor arbejder miljømyndighederne fortsat på at nedsætte

brugen af metaller som fx cadmium, bly og kviksølv i samfundet. For at vurdere om disse tiltag har den ønskede virkning, har DMU i samarbejde med Miljøstyrelsen målt indholdet af metaller i 400 danske natur- og landbrugsjorder (TEMA-rapport nr. 4/1996 fra DMU). Denne undersøgelse viste også, at metaller i jorden ikke udgør et væsentligt miljøproblem. Det er planen, at denne overvågning skal gentages hvert 10. år.

Den økologiske virkning ved at gøde med slam undersøges i felten af DMU i samarbejde med Danmarks JordbrugsForskning. Der er anlagt flere store markforsøg, hvor dyre- og plantelivet følges før og efter, at slam er bragt ud. Gødningen med slam sammenlignes med marker som gødes med kvægmøg. Ved sammenligning med kontrolforsøg ses, at selv i de tilfælde, hvor der gødes med langt mere slam end loven tillader, finder man generelt en øget aktivitet i jorden, flere jordbundsdyr og bedre vækst for afgrøderne, se Figur 7.

**Tabel 3.** Grænseværdier og indhold (medianværdier) af metaller i dansk slam. P=fosfor, TS=tørstof. Indholdet skal overholde mindst én af de angivne grænseværdier (se Box 1).

mg pr. kg tør jord	Bly	Cadmium	Kobber	Krom	Kviksølv	Nikkel	Zink
Baggrundskoncentration	11,3	0,16	7,0	9,9	0,04	5,0	27
Maksimal tilførsel med slam <sup>1)</sup>	0,3	0,01	2,0	0,2	0,005	0,1	8
Slamgødet jord (PEC)	11,6	0,17	9,0	10,1	0,045	5,1	35
Jordkvalitetskriterium (PNEC)	50,0	0,3	30,0	50,0	0,1	10,0	100
Risiko (PEC/PNEC)	0,2	0,5	0,3	0,2	0,4	0,5	0,3

<sup>1)</sup> Mængden af tungmetaller, som tilføres via slam, er beregnet ud fra en såkaldt realistisk "worst case" situation, dvs. 6 tons slam pr. ha. pr. år med et højt indhold af tungmetaller. Forholdet mellem PEC og PNEC kaldes risikobrøken. Hvis den er mindre end 1 er risikoen for skadelige effekter minimal.

**Tabel 4.** Vurdering af risikoen ved tungmetaller i dansk slam. Ved at sammenligne den beregnede koncentration i miljøet (PEC) med nul-effekt niveauet (PNEC) kan risikoen for miljøeffekter bedømmes. Hvis PEC er større end PNEC, dvs. PEC/PNEC er større end 1, kan der være risiko for effekter i miljøet.

### Gylle og mæg

Vi kender alle lugten. Er det nu den tid på året igen, tænker naboerne. Og der er mange af dem, for der bringes husdyrgødning ud på rundt regnet halvdelen af det samlede landbrugsareal i Danmark. Når gylletanken tømmes, og indholdet spredes på marken til glæde for planterne, er det store mængder, som tilføres jorden. Men indeholder gylle og mæg tungmetaller i en mængde, som gør det til et miljøproblem?



I dag sørger alle landmænd for, at deres husdyr får tilstrækkeligt med livsnødvendige metaller gennem kraftfoder. Foruden essentielle metaller som fx jern, kobber, zink og nikkel indeholder dyrefoder små mængder af andre tungmetaller. Det kan

fx dreje sig om bly, cadmium og kviksølv. Der findes i dag ingen grænser for, hvor store mængder metaller, der må være i husdyrgødning, hvis det skal bruges til gødning. Til gengæld findes der en række regler for hvor, hvornår og hvor meget gødning, der må spredes på forskellige afgrøder.

Husdyrgødning har generelt et lavt indhold af tungmetaller. Indholdet af kobber og zink kan dog være højt i både svine- og kvæggylle. Det er nemlig almindeligt at give unge svin kobber og zink med foderet. Begge tungmetaller fremmer væksten af slagtesvinene ved at slå skadelige bakterier ihjel. Hos kvæg bruger man kobbersulfat til at bekæmpe klovtsygdomme som fx klovbylder. I de perioder af husdyrenes liv, hvor de spiser foderfedt, er det almindeligt at se



Når halm og græs høstes, fjernes metaller fra markerne. Ofte vender metallerne dog tilbage i husdyrgødning, hvis halmen bruges til foder. Der findes kun få undersøgelser af disse forhold. Hvis halmen brændes, og asken spredes på markerne, vil metallerne også føres tilbage til jorden.

FOTOS: MILJØSTYRELSEN / BENT LAUGE MADSEN.

forhøjede mængder af nikkel i efterladenskaberne. Endelig får mange grise også jerntilskud i form af jern-dextran.

Der findes ikke så mange analyser af husdyrgødning som af spildevandsslam. Indholdet af kobber og zink er bedst undersøgt. Hos søer er det gennemsnitlige indhold af kobber og zink i gyllen ca. 500 og 2000 g pr. tons tørstof. Slagtesvin producerer gylle med lidt højere indhold af kobber (ca. 600 g pr. tons tørstof) og noget lavere indhold af zink (ca. 900 g pr. tons tørstof) (Knudsen & Nørgaard 1995).

Reglerne for udbringning af husdyrgødning er komplicerede og afhænger af mange ting, fx typen af husdyr og afgrøde. Som et overslag udbringes der 200 kg kvælstof pr. hektar. Svinegylle indeholder typisk 120 kg kvælstof pr. tons tørstof (ca. 5 kg pr. tons gylle). Alt i alt betyder det, at ca. 1 kg kobber og 3 kg zink udbringes pr. hektar årligt.

I store træk er det den samme mængde metaller, der tilføres marker, som gødes med slam. Gennemsnitligt øges koncentrationen i topjorden årligt med ca. 0,4 mg kobber og ca. 1 mg zink pr. kg jord, når der gødes med gylle. Sammenholder man det med baggrundskoncentrationen på henholdsvis 7 og 27 mg pr. kg jord, er det ikke de store mængder (Jensen m.fl. 1996). Disse koncentrationer er også lavere end de økotoxikologiske jordkvalitetskriterier på henholdsvis 30 og 100 mg pr. kg jord.

Indholdet af kobber i jorden vil stige på de marker, som jævnligt gødes med svinegylle rigt på kobber. Noget af det tilførte kobber vil planterne optage, men generelt bindes kobber kraftigt til jorden. Kobber har en stærk giftvirkning på de mikroorganismer, som hjælper mange bælgplanter med at fikse kvælstof. I udlandet finder man eksempler på marker, der er så forurenede med kobber, at nogle afgrøder ikke længere kan vokse der. Der findes desuden eksempler

på, at græssende får er døde efter at have spist græs med for højt indhold af kobber.

Samlet kan det konkluderes, at metaller i den dyrkede jord ikke er et stort problem i dag. Dette gælder dog ikke egentlig forurenede områder, fx gamle industrigrunde. På længere sigt kan der ske en ophobning i agerjorden. Derfor er det nødvendigt med en stram regulering af de processer og produkter, som tilfører jorden metaller. Der er fastsat grænseværdier for indholdet i slam, og der er jordkvalitetskriterier for en række metaller. Desuden er der beregnet tålegrænser for cadmium og bly, der begge er miljøfarlige metaller. Denne viden danner grundlag for en bæredygtig arealanvendelse mht. tungmetaller.



FOTO: DMU / JOHN JENSEN.

Slamstak på mark. I Danmark findes mere end 1.500 rensningsanlæg, der samlet producerer mere end 1 million tons slam om året. Hvis vi sikrer, at slammet har en ordentlig kvalitet, bør det genanvendes af landbruget.

### Box 1.

#### Den danske slambekendtgørelse

Den seneste danske bekendtgørelse om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål fra 1996 indeholder en række grænseværdier for metaller (Tabel 3) samt som noget nyt, afskæringsværdier for miljøfremmede stoffer (Tabel 5).

Grænseværdierne for visse af de regulerede metaller (Cd, Hg, Pb og Ni) er angivet både som mg metal pr. kg tørstof og som mg metal pr. kg totalfosfor (P). Analyseværdierne fra rensningsanlægget skal overholde mindst én af grænseværdierne. Da indholdet af fosfor i de fleste danske rensningsanlæg er relativt højt, vil det i mange tilfælde være lettest for producenterne af slam at overholde de fosforrelaterede grænseværdier. Afskæringsværdier for miljøfremmede stoffer er kun opgivet som mg pr. kg tørstof.

Bekendtgørelsen indeholder foruden grænseværdier og hygiejniske forholdsregler andre bestemmelser, som skal regulere anvendelsen af spildevandsslam, kompost og andre affaldsprodukter til landbrugsformål. Det drejer sig fx om, hvor stor en opbevaringskapacitet de kommunale rensningsanlæg skal have samt retningslinier for, hvorledes affaldsprodukterne skal opbevares på markerne inden udbringning.

Mængden af slam, som loven tillader udbragt, er afstemt efter planternes behov for næringsstoffer. Således må den sam-

lede tilførsel af næringsstoffer fra slam eller kompost ikke overstige 250 kg kvælstof og 40 kg fosfor pr. ha. pr. år. Fosfortilførsel kan dog beregnes som et gennemsnit over 3 år, dvs. at der fx må tilføres marken 120 kg fosfor hvert tredje år. I år 2000 nedsættes kravet til fosfordoseringen til 30 kg P pr. ha. pr. år. I tilfælde af affaldsprodukter med et lavt indhold af næringsstoffer, er der i bekendtgørelsen indført en bestemmelse, som sikrer, at der aldrig, som et gennemsnit over 10 år, tilføres mere end 10 tons tørstof pr. ha. pr. år. I parker og skove er dette dog 20 tons tørstof pr. ha. pr. år. I år 2000 nedsættes disse værdier til henholdsvis 7 og 15 tons tørstof pr. ha. pr. år.

Da langt det meste spildevandsslam i Danmark indeholder relativt store mængder af fosfor, vil disse regler i praksis betyde, at der under normale forhold vil kunne udbringes mellem 1 og 2 tons tørstof pr. ha. pr. år, og at denne mængde vil blive yderligere reduceret i år 2000. Foruden grænse- og afskæringsværdierne, som skal sikre, at det slam, som bringes ud, har en forsvarlig kvalitet, indeholder bekendtgørelsen også et sæt jordkvalitetskriterier for 7 metaller. Disse kriterier skal være med til at sikre, at metalholdig slam ikke udbringes på jorder, som ikke opfylder bekendtgørelsens krav. Herved forhindres det, at jorder, som af den ene eller den anden årsag har forhøjede metalkoncentrationer, tilføres yderligere mængder af disse metaller.

# Miljøfremmede stoffer

## Kemikalierne fra husholdningerne

I vores hverdag møder vi mange af de mere end 100.000 organiske stoffer, som i dag er i omløb på verdensmarkedet (TEMA-rapport nr. 15/1997 fra DMU). En stor del havner før eller siden i rensningsanlæggene, hvor stofferne, hvis ikke de nedbrydes, fortsætter i spildevandet eller opsamles i slammet.

De første større undersøgelser af miljøfremmede organiske stoffer i dansk spildevandsslam blev offentliggjort af Miljøstyrelsen i 1995 (Kjølholt m.fl. 1995a,b). Mere end 50 organiske stoffer blev analyseret i slam fra tre danske rensningsanlæg. Det viste sig, at nogle stoffer var til stede i relativt høje koncentrationer, og at der ikke eksisterede tilstrækkelig viden om effekter og skæbne i miljøet af en række af disse stoffer. Miljøstyrelsen igangsatte derfor en række udredningsarbejder og undersøgelser. DMU har deltaget i mange af projekterne. De foreløbige resultater tyder ikke på, at miljøfremmede stoffer i slam udgør et væsentligt problem for sundheden eller miljøet.

## Der må være en grænse

Den første lovgivning på slamområdet blev vedtaget i 1979. Indtil 1995 omhandlede slambekendtgørelsen tungmetaller, næringsstoffer og hygiejne. Som de første i verden valgte Miljøstyrelsen, med virkning fra 1997, også at indføre afskæringsværdier for miljøfremmede organiske stoffer i slammet. Det skete ud fra hensyn til miljøet og for at fremme udfasningen af disse stoffer fra deres kredsløb i samfundet. Der er nu afskæringsværdier for en række tjærestoffer (PAH'er), de

vaskeaktive stoffer LAS (lineære alkylbenzensulfonater), nonylphenoler samt plastblødgøreren DEHP (di(2-ethylhexyl)-phthalat). Afskæringsværdierne kan ses i Tabel 5 sammen med typiske koncentrationer af stofferne.

Rensningsanlæggene har siden juli 1997 haft pligt til at måle koncentrationen af disse fire stofgrupper i deres slam. Der eksisterer endnu ikke landsdækkende data af samme kvalitet og omfang som for tungmetaller. Ud fra de eksisterende tal må det dog formodes, at med mindre der sker et fald i forbruget af især de stoffer, som i rensningsanlæggene kan nedbrydes til nonylphenoler, må op mod en tredjedel af det danske slam, når grænseværdien for disse stoffer sænkes i år 2000, ikke bruges som gødning i landbruget. I hvor høj grad det falder sammen med den del af slammet, som rensningsanlæggene allerede afbrænder eller deponerer, er det for tidligt at udtale sig om.

Det primære problem med disse stoffer er, at der næsten ingen nedbrydning sker under den iltfrie udrådning i rensningsanlæggene.

**Tabel 5.** Afskæringsværdier for miljøfremmede organiske stoffer i spildevandsslam. Alle tal er angivet i mg pr. kg tørstof. Det laveste og højeste indhold af miljøfremmede stoffer i slam fra 20 danske rensningsanlæg er angivet sammen med medianværdien (Kristensen m.fl. 1996). For PAH'er angiver rapporten ingen værdier for den samlede gruppe.

	PAH'er	DEHP	Nonylphenoler	LAS
Afskæringsværdi				
fra 1997	6	100	50	2.600
fra 2000	3	50	10	1.300
Indhold 1995				
min-max	–	3,9-170	0,3-67	11-16.100
median	–	24,5	8	530

Slammet indeholder derfor ofte store mængder af LAS, DEHP og nonylphenoler. En kompostering af slammet vil kunne reducere mængden af mange af de miljøfremmede stoffer betydeligt. I modsætning til metallerne nedbrydes størstedelen af både LAS, DEHP og nonylphenoler relativt hurtigt, når først det er spredt ud på marken og pløjet ned. En mindre del af specielt DEHP og nonylphenoler kan bindes kraftigt til jorden, hvorfor det er mindre tilgængeligt for nedbrydning. DMU har således i nye undersøgelser vist, at nedbrydningen ikke er fuldstændig. Seks år efter stop for en kraftig overdosering af slam var der stadig op til 1 mg af både nonylphenoler og DEHP pr. kg jord.

### Rene stalde

De rengøringsmidler, som landmændene bruger til at rengøre staldene med, indeholder bl.a. LAS og nonylphenolforbindelser. Der er derfor også miljøfremmede stoffer i husdyrgødning. Små mængder af plastblødgørere, som phthalater, frigives fra slanger, beholdere m.m. og ender måske i sidste instans på marken sammen med husdyrgødningen. Dyrenes foder kan indeholde lave koncentrationer af svært nedbrydelige stoffer som fx PCB'er, PAH'er og dioxiner.

I Danmark er der indtil videre kun offentliggjort tal for miljøfremmede stoffer i svinegylle fra to besætninger (Kristensen m.fl. 1996). Målingerne viste, at mængden af miljøfremmede stoffer i kvæggylle var sammenlignelig med slam fra lavt belastede rensningsanlæg, samt at der ikke var nogen nævneværdig forskel mellem et konventionelt og et økologisk landbrug.

Landbrugets Rådgivningscenter i Skejby og en række andre institutioner har for Miljøstyrelsen analyseret gylle og møg fra et større antal besætninger. Resultaterne fra denne undersøgelse er endnu ikke offentliggjort, men de viser, at de ovennævnte besætninger ikke var repræsentative for dansk landbrug.

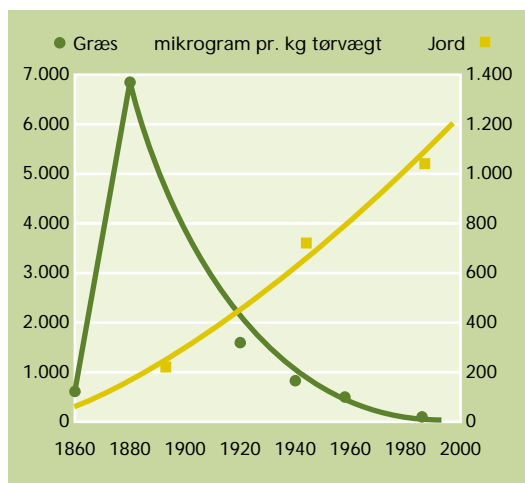
Miljøfremmede stoffer i husdyrgødning findes typisk i koncentrationer, som er væsentlig lavere end i spildevandsslam. For stofferne LAS, phthalater (DEHP) og nonylphenol var de typiske koncentrationer i gylle henholdsvis en faktor 10, 35 og 250 lavere end normalt spildevandsslam. Den mængde miljøfremmede stoffer, som udbringes pr. arealenhed, er derfor langt mindre for husdyrgødning end for slam. Husdyrgødning udbringes imidlertid oftere og på langt større arealer, hvorfor den samlede tilførsel af LAS og PAH'er til danske marker må formodes at være på niveau med den mængde, som tilføres via slam. For phthalater og nonylphenol er den noget mindre.

### Luften er ladet med...

Nogle miljøfremmede stoffer kan transporteres over lange afstande og ende på landbrugsarealer, selv om de ligger langt fra alfarvej. Lufttransport er kun vigtig for de stoffer, som ikke nedbrydes hurtigt i atmosfæren. Repræsentanter for denne gruppe af organiske stoffer er PAH'er, PCB'er, dioxiner samt chlorerede phenoler og benzener. Nogle af stofferne nedbrydes meget langsomt i jorden. Halveringstiderne kan i værste fald være 10-50 år.

I England har en gruppe af forskere undersøgt indholdet af PAH'er i jord- og planteprøver fra et landbrugsområde (Jones m.fl. 1989a,b). Prøverne har på forsvarlig vis været gemt de sidste 100 år. De fandt, at indholdet i planterne afspejlede det atmosfæriske nedfald.

PAH'er dannes ved alle former for ufuldstændig forbrænding. På grund af Englands meget store forbrug af kul toppede nedfaldet af PAH'er allerede i slutningen af 1800-tallet. Det er siden faldet markant. Det samlede indhold af PAH'er i landbrugsjorden er til gengæld steget 400-500% i det sidste århundrede (Figur 6). Indholdet af nogle PAH'er, som fx benzo[a]pyren, chrysen og pyren, er endda steget endnu mere.



**Figur 6.** Nedfaldet af PAH'er fra luften er faldet markant de sidste 100 år (målt på græs). Samtidig stiger indholdet i jorden år efter år. Data fra det engelske landbrugsområde, Rothamsted, mellem London og Birmingham (Jones m.fl. 1989a,b).

Der findes ikke en tilsvarende dansk undersøgelse. Da disse svært nedbrydelige stoffer ophobes i jorden over en årrække, arbejdes der både lokalt og globalt på at reducere luftforureningen yderligere.

## Jordkvalitetskriterier

For nogle af de vigtigste miljøfremmede stoffer har DMU fastsat økotoksikologiske jordkvalitetskriterier (Tabel 6). En sammenligning af disse kriterier med den beregnede koncentration af stofferne umiddelbart efter at slam er bragt ud på marken viser, at kun få af stofferne overskrider kvalitetskriteriet. Med de nuværende afskæringsværdier i slam er det kun koncentrationerne af LAS og nonylphenoler, som kommer i nærheden af de fastsatte kvalitetskriterier efter en normal slambehandling. I år 2000 vil de skærpede krav til indholdet af nonylphenoler og LAS i slam bevirke, at indholdet af disse to stoffer i slambehandlet jord også stort set vil kunne overholde de fastsatte jordkvalitetskriterier.

En væsentlig forudsætning for at kvalitetskriterierne på lang sigt kan overholdes er, at stofferne ikke ophobes i jorden efter gentagne slambehandlinger, eller de tilføres i store mængder fra luften. Analyser udført af DMU viser, at 6 år efter en kraftig overdosering med slam kan både nonylphenoler og DEHP genfindes i landbrugsjorder i koncentrationer

	Maksimalt tilført med slam <sup>1)</sup> (PEC) mg pr. kg tør jord (år 2000)	Jordkvalitetskriterium (PNEC) mg pr. kg tør jord
LAS	5 (2,5)	5
Nonylphenoler (NP)	0,1 (0,02)	0,01
PAH'er	0,01 (0,005)	1,0
Benzo[a]pyren	0,003	0,1
Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	0,2 (0,1)	1,0
Dimethylphthalat	0,05	0,1
Pentachlorphenol	<0,0001	0,001
Chlorphenoler <sup>2)</sup>	0,0003	0,01
Chlorbenzener <sup>3)</sup>	<0,001	0,001

<sup>1)</sup> Tilførslen af miljøfremmede stoffer med slam er beregnet på baggrund af en anslået samlet tilførsel på 6 tons tørstof pr. ha, hvilket er ca. det dobbelte af det normale. Afskæringsværdierne for LAS, NP, DEHP og PAH'er er brugt som mål for det maksimale indhold i slam. For de andre stoffer er den højeste koncentration fra 20 danske rensningsanlæg anvendt (Kristensen m.fl. 1996). <sup>2)</sup> Beregnet for 2,4,6-trichlorphenol, som klart er den mest almindelige chlorphenol i dansk slam. <sup>3)</sup> Beregnet for 1,2,4-trichlorbenzen, som klart er den mest almindelige chlorbenzen i dansk slam.

**Tabel 6.** En sammenligning af koncentrationen af miljøfremmede stoffer i jorden umiddelbart efter udbringning af slam (PEC) med de danske økotoksikologiske jordkvalitetskriterier (PNEC). Hvis PEC er større end PNEC, foreligger der en teoretisk risiko for, at stoffet kan påvirke miljøet negativt.



ner, som er på niveau med eller højere end de økotoxikologiske jordkvalitetskriterier.

For at undersøge om de fastsatte kriterier også i den virkelige verden yder den tilstrækkelige beskyttelse af dyr og planter, har DMU i samarbejde med Miljøstyrelsen undersøgt effekterne af at tilføre store mængder af normalt spildevandsslam til landbrugsjorden (Krogh m.fl. 1996, 1997). Disse feltundersøgelser, som alle er langtidstudier, viser, at selv så store doseringer som 21 tons tørstof pr. hektar ikke påvirker plantevæksten og dyrelivet i jorden negativt. En tilførsel på 21 tons tørstof pr. hektar er 3-4 gange højere end loven tillader. Den store tilførsel af organisk materiale har det første år tværtimod stimuleret en række processer i jorden, og antallet af små jordbundsdyr er generelt større på marker gødet med slam end på marker, som ikke har fået tilført organisk gødning (Figur 7). Undersøgelserne vil fortsætte til år 2000, og nogle marker vil blandt andet modtage gentagne doseringer med slam.

**Figur 7.** Effekten af gødsning med slam og komøg på udvalgte jordbundsdyr. Antallet af dyr på de gødskede marker er sammenholdt med kontrolmarker (0%) kort tid efter udbringning (november 1995) og et år senere (september 1996). Den reduktion i antallet af dyr, som i nogle tilfælde var gældende umiddelbar efter gødsning, var et år senere i alle tilfælde ændret til en kraftig stimulering.

### Udgør miljøfremmede stoffer et miljøproblem?

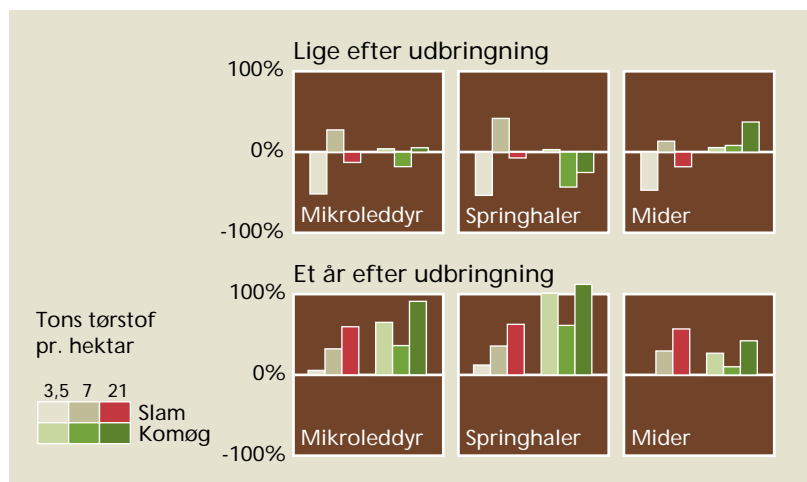
Som udgangspunkt ønsker hverken landbruget eller miljømyndighederne, at der er miljøfremmede stoffer til stede i landbrugs-

jorden. Det er hævet over enhver tvivl, at mange miljøfremmede stoffer er giftige for såvel dyr og planter som mennesker. Dioxiner og PAH'er er kræftfremkaldende. En række klorerede forbindelser er meget giftige for dyr og planter. Hvorvidt de udgør en risiko, er derfor udelukkende et spørgsmål om mængder. Er der nogen stoffer som via slam eller gylle spredes i så store mængder på markerne, at de er en trussel mod de dyr og planter, som gerne skulle kunne leve i jorden? Er det muligt, at planterne optager stofferne i mængder, som udgør en sundhedsrisiko for dem, som spiser dem?

Sandheden er, at vi endnu ikke ved det med sikkerhed. De foreløbige undersøgelser giver som bl.a. beskrevet ovenfor ikke anledning til de store bekymringer. Men problemerne med mange af stofferne er af forholdsvis ny dato. Her tænkes fx på hele debatten om stoffer, som er mistænkt for at påvirke hormonsystemet.

For stoffer med særlige effekter, fx stoffer som påvirker hormonsystemet, adfærden, fosterudviklingen m.m. er der ofte brug for mere viden, da det typisk er nødvendigt at undersøge effekterne på en anden måde end normalt. Desuden er videnskaben endnu ikke i stand til, på et solidt grundlag, at vurdere langtidseffekterne af, at vi udsættes for flere stoffer i miljøet på én gang. Har det nogen betydning, når dyr, planter eller mennesker samtidigt eksponeres for flere hundrede stoffer, der hver især er giftige? Af forsigtighedshensyn drejer det sig derfor om at begrænse forbruget af miljøfremmede stoffer mest muligt.

Samlet kan det konkluderes, at nogle miljøfremmede stoffer ophobes med tiden. For enkelte af dem er der fastsat jordkvalitetskriterier. Der er ikke beregnet tælgrensere for de miljøfremmede stoffer, da deres tilstedeværelse i miljøet er uønsket.





# Veterinære lægemidler

## Lægemidler og vækstfremmere

Det danske landbrug har en lang tradition for husdyrproduktion. Gennem mange år har det været muligt at øge denne produktion, blandt andet som følge af en god afsætning på eksportmarkedet. For at kunne opretholde denne fremgang er husdyrproduktionen øget og effektiviseret. Det har blandt andet medført, at antallet af dyr i de enkelte besætninger er steget, samt at tilvæksten af det enkelte dyr er forsøgt optimeret. Når hus-dyr som køer, grise eller kyllinger presses sammen for at reducere pladsbehovet, medfører det en øget risiko for, at sygdomme spredes. Landbruget har derfor indført hygiejniske forholdsregler i driften af de enkelte besætninger. Sygdomsbehandling kan, på trods af disse foranstaltninger, ikke undværes. Det danske landbrug bruger derfor jævnligt en række veterinære lægemidler.

Foruden midler til behandling af sygdomme anvendes store mængder sygdomsforebyggende midler, bl.a. de såkaldte vækstfremmere. Vækstfremmere er oftest antibiotika, men kan også være kobber eller zink. De gives regelmæssigt til de enkelte dyr gennem føden eller drikkevandet for på denne måde at undgå, at køerne, hønsene eller svinene vokser mindre p.g.a. bakterieinfektioner. I 1996 brugte landbruget mere end dobbelt så meget antibiotika som vækstfremmere end til behandling af syge dyr (Tabel 7). Debatten om brugen af disse stoffer har imidlertid ført til, at det samlede forbrug synes at være faldende. Myndighederne har hidtil angrebet problemet ved at forbyde enkelte antibiotiske vækstfremmere.



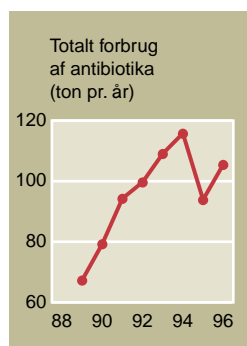
FOTOS: DANMARKS JORBRUGSFORSKNING / E. KELLER NIELSEN.

Den meget tætte kontakt mellem husdyr øger muligheden for at smitsomme sygdomme spredes. Forbruget af lægemidler er derfor tæt knyttet til produktionsformen.

## Hvordan godkendes lægemidler til husdyr?

Godkendelsen og anvendelsen af veterinære lægemidler i Danmark er i dag baseret på en lang række forskellige love og bekendtgørelser, som administreres af Sundhedsministeriet og Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. Af love og bekendtgørelser, som har betydning for salget og reguleringen af veterinære lægemidler, kan nævnes: Lægemiddelloven, apotekerloven, husdyrsygdomsloven samt bekendtgørelser om foderlægemidler til husdyr og fisk og en bekendtgørelse om fodertilsætningsstoffer. Reglerne afhænger af, om stofferne bruges som lægemiddel eller som vækstfremmer i foderet.





**Figur 8.** Forbruget af antibiotika brugt som vækstfremmer i Danmark.

Der findes en række EU-krav til godkendelsen af veterinære lægemidler og vækstfremmere. Fra 1998 er der trådt et nyt europæisk regelsæt i kraft. Det betyder, at man fremover skal vurdere, om anvendelsen af lægemidler til husdyr påvirker miljøet negativt, når de udledes. For vækstfremmere findes en beskrivelse af de overordnede principper for at vurdere miljørisikoen, men der foreligger endnu ikke en detaljeret beskrivelse af metoder og principper til at vurdere risici.

På en række punkter, som er nærmere beskrevet i Halling-Sørensen m.fl. 1998, adskiller miljøvurdering af veterinære lægemidler og vækstfremmere sig fra den gængse EU-metode til at vurdere effekter af husholdnings- og industrikemikalier i miljøet.

I Danmark skal lægemidler til husdyr godkendes af Lægemiddelstyrelsen på samme måde som lægemidler til mennesker. Lægemiddelstyrelsen afgør inden godkendelsen, hvilken dokumentation producenten af et nyt veterinært lægemiddel skal fremskaffe for at vise, at midlet ikke udgør en risiko for miljøet. Der eksisterer hverken i Danmark eller i EU en handlingsplan for, hvorledes eksisterende lægemidler skal vurderes. DMU forsøger gennem forskningsprojekter sammen med Danmarks Farmaceutiske Højskole og andre institutioner at belyse, om lægemidler udgør en risiko for jordmiljøet.

### Forbruget af veterinære lægemidler i Danmark

Salget af receptpligtige lægemidler skal indrapporteres af alle apoteker til Lægemiddelstyrelsen i Danmark. Visse lægemidler kan, ifølge en undtagelse i lægemiddelloven, sælges uden recept som håndkøbsmedicin og registreres derfor ikke af de centrale myndigheder. Det drejer sig blandt andet om en række midler mod lopper og indvoldsorme, herunder det populære ormemiddel ivermectin.

Lægemiddelstyrelsen og Miljøstyrelsen har for nyligt bedt DMU og Danmarks Farmaceutiske Højskole om at opgøre det årlige forbrug af medicin og vækstfremmere til husdyr i Danmark. Forbruget af en række medicingrupper fremgår af Tabel 7. Det må formodes, at nogle af de populære ormemidler også sælges i relativt store mængder på landsplan, men der findes ingen officielle tal. Omkring  $\frac{2}{3}$  af antibiotika sælges som vækstfremmere.

Forbruget af antibiotika som vækstfremmere har været jævnt stigende i perioden 1989-1996 (Figur 8). Et dansk forbud i 1995 mod det populære antibiotiske vækstfremmer *avoparcin*, samt den megen medieopmærksomhed dette medførte, var medvirkende til, at det samlede forbrug af antibiotiske vækstfremmere faldt i 1995. Blandt andet på grund af en øget anvendelse af *tylosin* steg forbruget atter i 1996. Forbruget i 1997 er endnu ikke opgjort, men i de første 6 måneder af 1997 blev der solgt antibiotiske vækstfremmere i en mængde, som svarer til halvdelen af forbruget i 1996.

### Antibiotika – et overset miljøproblem?

Mistanken om, at brugen af visse lægemidler kan medvirke til, at der udvikles resistente bakterier, har på det seneste været med til at sætte fokus på landbrugets anvendelse af antibiotika. Endnu kender man alt for lidt til disse stoffer til at vurdere, om de har andre miljøskadelige effekter. Veterinære lægemidler kan både være biologisk aktive i små mængder, vanskeligt nedbrydelige samt mobile. Det kan derfor ikke udelukkes, at veterinære lægemidler kan udgøre en risiko for miljøet på niveau med mange andre miljøfremmede stoffer. De fleste af de nuværende lægemidler til husdyr har ikke været vurderet med hensyn til deres mulige effekter på miljøet. Proceduren for godkendelse har hidtil drejet sig om den terapeutiske virkning, bivirkningen på husdyr, arbejdsmiljøet,

Lægemiddelgruppe/ Anvendelsesområde	Totalt forbrug i 1996 (kg pr. år)	Mest anvendte stof (% af total)
Hormonbehandling	27	medroxyprogesteronacetat (54%)
Centralnervesystemet (CNS)	237	metamizolnatrium (84%)
Antibiotika (foderlægemidler)	1.706	sulfadiazin (59%)
Fordøjelse og metabolisme	5.039	neomycinsulfat (67%)
Coccidiostatika (vækstfremmere)	13.600	salomycin (26%)
Antibiotika (lægemidler)	45.093	benzylpenicillin (33%)
Antibiotika (vækstfremmere)	105.548	tylosin (65%)

**Tablet 7.** Forbruget af lægemidler og vækstfremmere til husdyr fordelt på grupper, samt angivelse af den mest anvendte medecintype i hver gruppe. Som lægemiddel kan antibiotika doseres via foder eller som injektion. Vækstfremmere opdeles i Coccidiostatika, som udelukkende anvendes som parasitmiddel til slagtekyllinger, og andre vækstfremmere. Data fra Halling-Sørensen m.fl. 1998.

samt sandsynligheden for krydsresistens hos bakterier. Krydsresistens gør det muligt, at resistente gener overføres til sygdomsfremkaldende bakterier.

### Veterinære lægemidler i miljøet

Når lægemidler gives til dyr, vil en større eller mindre del af stofferne genfindes i urin og afføring (Figur 8). Hvorvidt disse stoffer vil kunne udrette skade i miljøet afhænger af en række faktorer. Hvor stor en andel udskilles? Hvilken kemisk omdannelse har stofferne gennemgået efter at have passeret dyrene? Hvad sker der med stofferne, mens de lagres i gylletankene? Vil dyr, planter og mikroorganismer optage og blive påvirket af stofferne, hvis de spredes i naturen? Vil stofferne i så fald kunne udrette skade i miljøet?

De danske og tyske myndigheder har igangsat et udredningsarbejde for at få belyst disse spørgsmål (Halling-Sørensen m.fl. 1998, Römbke m.fl. 1995). Da viden på området stadig er stærkt begrænset, er det endnu ikke muligt at besvare disse spørgsmål. I bedste fald findes der begrænset viden om et par af de mange lægemidler, som anvendes inden for landbruget i dag.

Antibiotika er udviklet til at slå sygdomsfremkaldende organismer ihjel og må derfor formodes at kunne påvirke fx mikroorganismer i miljøet, hvis stofferne er til stede i tilstrækkeligt høje koncentrationer. Nedbrydningen af organisk materiale i jorden kræver

samarbejde mellem mange forskellige mikroorganismer. En forskydning af mikrofloraens sammensætning kan derfor have betydning for omsætningen af næringsstoffer i jorden.

Efter behandling vil mange dyr udskille antibiotika. På lige fod med andre organiske stoffer omdannes antibiotika fra de optages i kroppen, og til de udskilles igen. Omdannelse af stofferne i kroppen kan nedsætte virkningen samt øge udskillelsen, da det typisk gør stofferne mere vandopløselige. Derfor er mange lægemidler designet sådan, at de er langsomt nedbrydelige i kroppen.

Det øger effektiviteten, men kan også betyde, at stofferne nedbrydes langsomt, efter de er sluppet ud i miljøet. Det er vist, at nedbrydningsprodukter af medicin, de såkaldte metabolitter, i enkelte tilfælde kan genomdannes til det oprindelige stof i naturen.

En reaktivering af stofferne kan øge giftigheden betydeligt. Reaktivering kan finde sted, mens gyllen og møget lagres, inden det spredes på markerne. Der findes dog kun meget få forsøg, som har undersøgt, hvad der sker med veterinære lægemidler, mens de lagres i gylletanke. Derfor kender man heller ikke koncentrationen af veterinære lægemidler i det gylle og møg, som spredes på markerne. DMU og Danmarks Farmaceutiske Højskole undersøger i øjeblikket, hvad der sker med udvalgte lægemidler under lagringen af husdyrgødningen. Fremtidige undersøgelser

vil forhåbentligt kunne udvide stofkredsen og give en mere detaljeret viden på området.

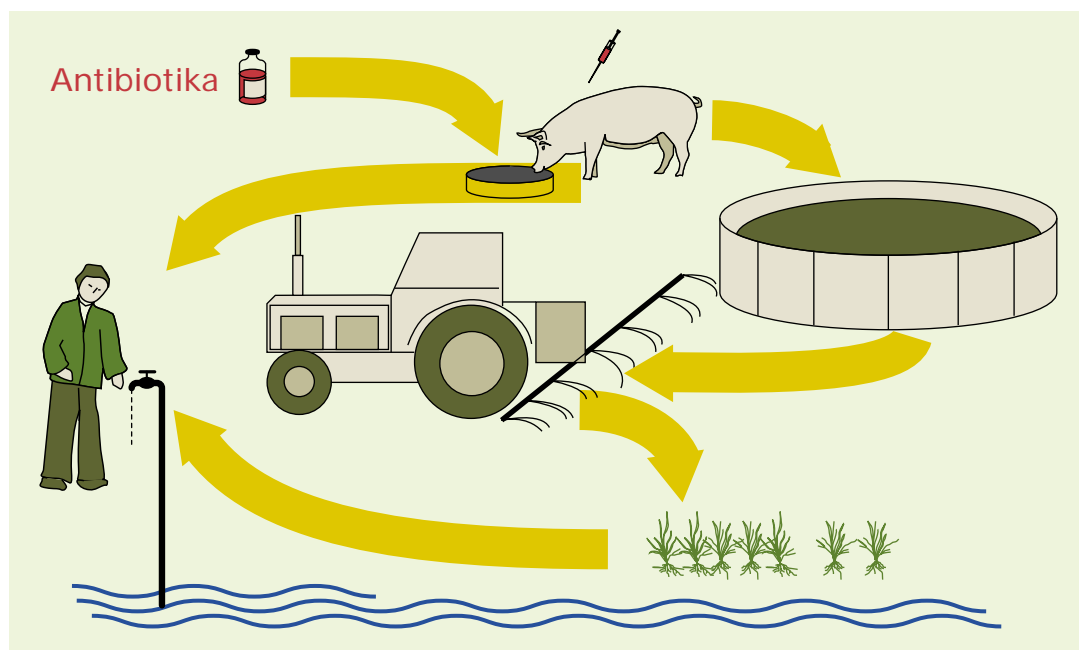
Kendskabet til effekter på dyr, planter og mikroorganismer er meget begrænset. Enkelte stoffers giftighed over for vandlevende organismer er blevet undersøgt. Disse undersøgelser viser, at især blågrøn-alger er meget følsomme for antibiotika. Negative effekter er fundet ved koncentrationer under 1 mg pr. liter. Effekter på dette niveau betyder, at stoffet burde mærkes "meget giftigt for akvatiske organismer" (efter gældende regler for industri- og husholdningskemikalier).

Når det drejer sig om undersøgelser af dyr, planter og mikroorganismer i jorden er den samlede viden endnu mindre. Enkelte undersøgelser har dog vist, at væksten og

overlevelsen af planter er negativt påvirket af to udbredte antibiotika med en bredspektret virkning (tetracykliner), samt at springhaler nedsætter deres reproduktion, når de eksponeres for høje koncentrationer af tylosin og oxytetracyklin.

Antibiotika anvendes primært til dyr i stalde, da den tætte kontakt dyrene imellem øger risikoen for smitsomme sygdomme. Fritgående dyr har mindre risiko. Til gengæld øges risikoen for at indtage sygdomsfremkaldende parasitter, når dyrene græsser eller roder i jorden efter føde. Derfor anvendes ormemedler mest til fritgående kvæg, svin og får.

Det meget populære ormemiddel *ivermectin* er et af mange stoffer i gruppen af *avermectiner*, som doseres til dyr for at be-



**Figur 9.** Antibiotikas skæbne i miljøet efter dosering til husdyr. En del af stofferne vil ende i gylletanken, hvorfra de spredes til markerne. Her kan de enten blive nedbrudt, omdannet eller udvasket til grundvand, søer og åer. Fra jorden kan de blive optaget i planter, dyr og mikroorganismer. Mennesker kan blive eksponeret for stofferne enten direkte ved anvendelsen i stalden eller fra rester i kødet. Vi indtager formodentlig kun meget små mængder antibiotika fra kød, afgrøder og grundvand. Resistente mikroorganismer kan opstå ved brugen af antibiotika, og generne fra disse kan følge de samme eksponeringsveje som antibiotika, inden de havner i mennesker.

kæmpe indvoldsorme i tarmsystemet. Modtager dyret kun en enkelt injektion af ivermectin, falder koncentrationen hurtigt i afføringen, da mere end 80% af stoffet udskilles inden for den første uge efter behandlingen. Nedbrydningen af ivermectin i kokasserne foregår langsomt. Danske forsøg har vist, at der i felten stort set ikke skete nogen nedbrydning af ivermectin den første måned (Sommer & Steffansen 1993), samt at det ikke var muligt for en række insekter at overleve i kokasserne flere måneder efter behandling af dyrene med ivermectin (Madsen m.fl. 1990). Da insekter har stor betydning for kokassernes nedbrydning, vil den blive betydeligt forsinket. Salget af ivermectin bliver ikke registreret centralt. Det er derfor i øjeblikket ikke muligt at skønne omfanget af ivermectins effekter på miljøet.

## Resistensudvikling

På trods af antibiotikas giftighed over for bakterier, vil der altid være nogle tolerante bakterier, som overlever. Bakterier med en øget tolerance vil derfor kunne opformeres og videreføre deres gener således, at der vil være endnu flere tolerante bakterier, næste gang bakteriestammen udsættes for samme antibiotika.

Gentagne doseringer med antibiotika kan derfor, på grund af bakteriers korte livscyclus og effektive overførelse af gener, resultere i at modstandsdygtige (resistente) bakteriestammer udvikles. Bakterier, som udvikler resistens over for én type af antibiotika, kan også blive resistente over for andre antibiotika. Dette kaldes krydsresistens.

Faren for krydsresistens var årsagen til, at den populære antibiotiske vækstfremmer *avoparcin* i 1995 blev forbudt, først i Danmark og siden i hele EU. Det var vist, at bakterier, som var resistente over for *avoparcin* ofte også var resistente over for *vancomycin*, et antibiotikum til behandling af mennesker. Der forelå en reel risiko for, at

resistente bakterier kunne overføres til mennesker fra staldmiljøet eller via fx svinekød. I mennesker ville de eventuelt kunne overføre vancomycin-resistensen til andre bakterier, fx stafylokokker. Fra januar 1998 har det mindre brugte antibiotikum *virginiamycin* ligeledes været forbudt som vækstfremmer i Danmark.

I de seneste år har der været gentagne beretninger om udvikling af resistente bakterier i kvæg, svin og slagtekyllinger samt i få tilfælde hos mennesker. De antibiotika, som giver anledning til den største bekymring, er de såkaldte bredspektrede antibiotika. Bredspektrede antibiotika er effektive mod en lang række af bakterier. Nogle af de hyppigst anvendte bredspektrede antibiotika er tetracykliner. Krydsresistens mellem tetracyklin og andre antibiotika er ikke ualmindelig. Det er blandt andet derfor ikke længere sjældent at finde bakterier, som er resistente over for en lang række af antibiotika (multi-resistente bakterier).

De første antibiotika blev taget i brug til behandling af bakterielle infektioner for omkring 50 år siden. Der er fundet resistente bakterier over for alle de antibakterielle stoffer, som er udviklet siden da. Det er dog endnu i almindelighed sådan, at en effektiv behandling af infektioner hos husdyr eller mennesker stadig er mulig. Nogle få, men vigtige forholdsregler vil øge muligheden for at dette også gælder i fremtiden. Først og fremmest skal forbruget af antibiotika anvendes til bekæmpelse af infektioner og kun i mindre mængde eller slet ikke tilsættes foderet som vækstfremmere. Som et minimum bør det forhindres, at de samme antibiotika anvendes til sygdomsbekæmpelse og som vækstfremmere.

I øjeblikket er tylosin og spiramycin godkendt som både lægemiddel og vækstfremmer. Tylosin, der er beslægtet med vigtige antibiotika til mennesker, er i dag den hyppigst anvendte antibiotiske vækstfremmer (Tabel 7).

### Behov for større viden

Der findes i dag ikke tilstrækkelig med viden til at svare på en række vigtige spørgsmål, hvis man ønsker at vurdere risikoen for veterinære lægemidler i miljøet. For nylig er det samlede danske forbrug af disse stoffer opgjort. Hvor meget af den anvendte medicin, der kan genfindes i den gylle, som spredes på jorden, og hvad der sker med stofferne under lagring, undersøges i øjeblikket af DMU og Danmarks Farmaceutiske Højskole, ligesom enkelte stoffers giftighed over for nogle få jordlevende organismer testes i laboratoriet. Mere viden om effekter og skæbne af antibiotika og andre lægemidler er nødvendig, før en egentlig risikovurdering af miljøeffekterne er mulig. En vurdering af risikoen for resistensudviklingen i naturlige populationer af mikroorganismer og eventuel spredning til mennesker er heller ikke mulig på nuværende tidspunkt (Petersen m.fl. 1997). DMU deltager i Fødevareministeriets forskningsprogram "Veterinær Miljøforskning", hvor blandt andet dette aspekt undersøges. På længere sigt kan det være ønskeligt at opstille kvalitetskriterier for, hvor meget der må være af disse stoffer i miljøet på lige fod med andre miljøfremmede stoffer.

# Sammenfatning

Landbrugsjorden tilføres kemiske stoffer fra en række kilder. Landbrugets hjælpepestoffer som fx handelsgødning, kalk og pesticider samt husdyrgødning, spildevandsslam og kompost kan indeholde miljøfremmede organiske stoffer og tungmetaller. Endelig tilføres forurenende stoffer fra luften.

De mest kritiske metaller, bly, cadmium og kviksølv er under afvikling, idet anvendelsen er kraftigt reduceret. Der er fastsat grænseværdier for metaller i slam samt regler for, hvor meget cadmium, der må være i fosfatgødning. Nedfaldet af metaller fra luften er reduceret. Det har især haft stor betydning, at bly ikke længere tilsættes benzinen. Et stort forbrug af kobber og zink som vækstfremmere til svin kan dog på langt sigt hæmme fx de kvælstofbindende bakterier.

Miljøfremmede stoffer i spildevandsslam og kompost har været reguleret siden 1997. Den seneste bekendtgørelse indeholder således afskæringsværdier for fire organiske stofgrupper. Der skal ske et fald i tilførslen af disse stoffer til rensningsanlæggene, hvis ikke en større andel af det danske slam i fremtiden skal afbrændes eller deponeres. En anden mulighed kunne dog være at kompostere slammet inden udbringning. Det bør dog være et langsigtet mål at begrænse forbruget af miljøfremmede stoffer mest muligt.

Fund af pesticider i et relativt stort antal grundvandsboringer har medført, at pesticider, som kan forurene grundvandet, forbydes. Pesticider kan dog også have andre sideeffekter i miljøet. Den gentagne sprøjtning medfører, at antallet af ukrudtsplanter falder på landbrugsarealerne. Herved forsvinder føden for en række insekter og fugle. Hegn og andre arealer omkring markerne påvirkes af pesticider, som driver

med vinden. Der mangler stadig systematiske undersøgelser af, hvordan pesticider påvirker vilde planter og dyr i de marknære arealer.

Det danske landbrug anvender jævnligt en række veterinære lægemidler samt en stadigt stigende mængde vækstfremmere. Antibiotiske vækstfremmere udgør således langt det største forbrug af veterinære lægemidler i Danmark. Visse antibiotika kan medvirke til, at der udvikles resistente bakterier, hvilket på det seneste har sat fokus på landbrugets anvendelse af vækstfremmere. De fleste af de nuværende lægemidler og vækstfremmere til husdyr har ikke været vurderet for effekter på miljøet. Det kan derfor ikke udelukkes, at de kan udgøre en risiko for miljøet på niveau med mange andre miljøfremmede stoffer. Mere viden om effekter og skæbne af antibiotika og andre lægemidler er nødvendig, før en egentlig risikovurdering af miljøeffekterne er mulig.

Generelt udsættes hverken jorden eller afgrøderne i landbruget for alarmerende forurening fra de stoffer og produkter, som anvendes ved normal landbrugspraksis. Det er dog vigtigt, at landbruget og samfundet som helhed fortsat bestræber sig på at reducere anvendelsen af kemiske stoffer. Der er stadig mange muligheder for at fravælge stoffer, som kan være til skade for miljøet og sundheden. Et oplagt eksempel er anvendelsen af kobber, zink og antibiotika som vækstfremmere. Ligeledes er der stadig behov for at sætte fokus på en række problemstillinger, hvor den nuværende viden er for mangelfuld. Det gælder fx miljødata for veterinære lægemidler samt pesticiders langsigtede påvirkning af de marknære arealer, som binder landet sammen i en mosaik af dyrkede og udyrkede arealer.

# Litteratur

- Bak, J. og Jensen, J. 1998 (i udkast). Critical loads for lead, cadmium and mercury in Denmark. Faglig rapport fra DMU.
- Halling-Sørensen, B. m.fl. 1998 (i udkast). Environmental assessment of veterinary medicinal products in Denmark. Miljøprojekt fra Miljøstyrelsen. Miljø- og Energiministeriet. Miljøstyrelsen.
- Jensen, J. m.fl. 1996. Tungmetaller i danske jorder. TEMA-rapport fra DMU nr. 4, 1996.
- Jones, K.C. m.fl. 1989a. Polynuclear aromatic hydrocarbons in an agricultural soil: Long-term changes in profile distribution. *Environmental Pollution*, 56: 337-351.
- Jones, K.C. m.fl. 1989b. Changes in the polynuclear aromatic hydrocarbon content of wheat grain and pasture grassland over the last century from one site in the U.K. *The Science of the Total Environment*, 78: 117-130.
- Kjølholt, J. m.fl. 1995a. Forekomst og effekter af miljøfremmede organiske stoffer i spildevandsslam. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 15, 1995. Miljø- og Energiministeriet. Miljøstyrelsen.
- Kjølholt, J. m.fl. 1995b. Sammenligning af den potentielle belastning ved forskellige former for affaldsbehandling. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 63, 1995. Miljø- og Energiministeriet. Miljøstyrelsen.
- Knudsen, L. & Nørgaard, E. 1995. Sammensætning af svinegylle. Rapport fra Landbrugets Rådgivningscenter, Skejby ved Århus.
- Kristensen, P. m.fl. 1996. Anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål. Miljøprojekt fra Miljøstyrelsen nr. 328, 1996. Miljø- og Energiministeriet. Miljøstyrelsen.
- Krogh, P.H. m.fl. 1996. Økologisk vurdering af spildevandsslam i landbrugsjord. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 43, 1996. Miljø- og Energiministeriet. Miljøstyrelsen.
- Krogh, P.H. m.fl. 1997. Ecotoxicological assessment of sewage sludge in agricultural soil. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 69, 1997. Miljø- og Energiministeriet. Miljøstyrelsen.
- Løkke, H. m.fl. 1994. Terrestriske belastningstal for pesticider. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen nr. 4, 1994. Miljø- og Energiministeriet. Miljøstyrelsen.
- Madsen, M. m.fl. 1990. Treating cattle with ivermectin: Effects on the fauna and decomposition of dung pats. *Journal of Applied Ecology*, 27: 1-15.
- Miljøstyrelsen 1994. Heavy metals. Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 3, 1994. Miljø- og Energiministeriet. Miljøstyrelsen.
- Petersen, A. m.fl. 1997. Forekomst af antibiotikaresistente bakterier i akvatiske miljøer. Miljøprojekt fra Miljøstyrelsen nr. 361, 1997. Miljø- og Energiministeriet. Miljøstyrelsen.
- Rasmussen, D. m.fl. 1998 (i udkast). Cadmiumbalancen for dansk landbrugsjord. Kilder og udviklingstendenser. Faglig rapport fra DMU.
- Römbke, J. m.fl. 1996. Umweltprobleme durch Arzneimittel. Literaturstudie. Texte nr. 60, 1996. Umwelt Bundes Amt, Tyskland.
- Sommer, C. & Steffansen, B. 1993. Changes with time after treatment in the concentrations of ivermectin in fresh cow dung and in cow pats aged in the field. *Veterinary Parasitology*, 48: 67-73.



## Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser – DMU – er en forskningsinstitution i Miljø- og Energi- ministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø.

Henvendelse kan rettes til: *URL: <http://www.dmu.dk>*

Danmarks Miljøundersøgelser *Direktion*  
Postboks 358 *Personale- og Økonomisekretariat*  
Frederiksborgvej 399 *Forsknings- og Udviklingssektion*  
4000 Roskilde *Afd. for Systemanalyse*  
Tel: 46 30 12 00 *Afd. for Atmosfærisk Miljø*  
Fax: 46 30 11 14 *Afd. for Miljøkemi*  
*Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi*

Danmarks Miljøundersøgelser *Afd. for Terrestrisk Økologi*  
Postboks 314 *Afd. for Sø- og Fjordøkologi*  
Vejlsovej 25 *Afd. for Vandløbsøkologi*  
8600 Silkeborg  
Tel: 89 20 14 00  
Fax: 89 20 14 14

Danmarks Miljøundersøgelser *Afd. for Landskabsøkologi*  
Grenåvej 12, Kalø *Afd. for Kystzoneøkologi*  
8410 Rønde  
Tel: 89 20 17 00  
Fax: 89 20 15 14

Danmarks Miljøundersøgelser *Afd. for Arktisk Miljø*  
Tagensvej 135, 4. sal  
2200 København N  
Tel: 35 82 14 15  
Fax: 35 82 14 20

### Publikationer:

DMU udgiver temarapporter, faglige rapporter, arbejdsrapporter, tekniske anvisninger, årsberetninger samt et kvartalsvis nyhedsbrev, DMU Nyt. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.

I årsberetningen findes en oversigt over årets publikationer. Årsberetning og DMU Nyt fås gratis ved henvendelse på telefon 46 30 12 00.

## Tidligere TEMA-rapporter fra DMU

- Nr. 1/1994: Kvælstoftilførsel til Limfjorden  
Brian Kronvang m.fl., 16 sider, Kr. 50,-.
- Nr. 2/1994: Luftforurening i danske byer  
Kåre Kemp og Finn Palmgren, 42 sider, Kr. 100,-.
- Nr. 3/1995: Ozon som luftforurening  
Jes Fenger, 48 sider, Kr. 80,-.
- Nr. 4/1996: Tungmetaller i danske jorder  
John Jensen m.fl., 40 sider, Kr. 100,-.
- Nr. 5/1996: Forureningsbekæmpelse med mikroorganismer  
Ulrich Karlson m.fl., 32 sider, Kr. 30,-.
- Nr. 6/1996: Status og jagttider for danske vildtarter  
Jesper Madsen m.fl., 112 sider, Kr. 110,-.
- Nr. 7/1996: Naturens tålegrænser for luftforurening  
Morten Strandbjerg og Lisbeth Mortensen, 40 sider, Kr. 60,-.
- Nr. 8/1996: Anskydning af vildt  
Henning Noer m.fl., 52 sider, Kr. 80,-.
- Nr. 9/1996: Kvælstofbelastning af havmiljøet  
Henrik Paaby og Flemming Møhlenberg, 40 sider, Kr. 60,-.
- Nr. 10/1996: Havets usynlige liv  
Åke Hagström m.fl., 33 sider, Kr. 50,-.
- Nr. 11/1997: En atmosfære med voksende problemer..., luftforureningens historie  
Jes Fenger, 64 sider, Kr. 90,-.
- Nr. 12/1997: Reservatnetværk for vandfugle  
Preben Clausen m.fl., 52 sider, Kr. 80,-.
- Nr. 13/1997: Næringsstoffer – arealanvendelse og naturgenopretning  
Brian Kronvang m.fl., 40 sider, Kr. 60,-.
- Nr. 14/1997: Mikrobiologiske bekæmpelsesmidler i planteproduktion – muligheder og risici  
Niels Bohse Henriksen m.fl., 28 sider, Kr. 40,-.
- Nr. 15/1997: Kemikalier i hverdagen  
Suresh C. Rastogi m.fl., 40 sider, Kr. 60,-.
- Nr. 16/1997: Luftkvalitet i danske byer  
Finn Palmgren m.fl., 64 sider, Kr. 90,-.
- Nr. 17/1998: Olieeftersforskning og miljø i Vestgrønland  
David Boertmann m.fl., 56 sider, Kr. 80,-.
- Nr. 18/1998: Bilisme og miljø – en svær balance  
Mette Jensen m.fl., 48 sider, Kr. 60,-.

De enkelte hæfter i serien "TEMA-rapport fra DMU" beskriver resultaterne af DMU's forskning inden for et afgrænset område. Rapporterne er skrevet på letforståeligt dansk og henvender sig til alle, der er interesseret i miljø og natur. Serien er udformet så den kan bruges i undervisningen i folkeskolens ældste klasser og i gymnasiet.

Det moderne landbrug tilfører jorden en række kemiske stoffer gennem almindelig landbrugspraksis. Handelsgødning, jordbrugskalk, husdyrgødning, spildevandsslam og kompost kan alle indeholde miljøfarlige stoffer. Forurenende stoffer fra luften kan ende på afgrøderne eller i landbrugsjorden. Brugen af pesticider resulterer i forurening af grundvand og påvirker flora og fauna i hegn, diger og andre randzoner omkring de sprøjtede arealer.

Denne temarapport beskriver de miljøfremmede stoffer og tungmetaller i gødning og slam, pesticider samt rester af lægemidler og antibiotiske vækstfremmere i husdyrgødningen. Alle stoffer, som kræver særlig opmærksomhed, hvis dansk landbrug skal være bæredygtigt på lang sigt.

For de enkelte stofgrupper belyser rapporten vigtige spørgsmål som:

- Indeholder landbrugsjorden så store mængder kemiske stoffer, at de udgør et problem?
- Kan der ske en ophobning med tiden?
- Kan man sætte grænseværdier for de koncentrationer i jorden, som er acceptable?
- Kan man sætte tålegrænser for den årlige tilførsel, således at jordbruget vedbliver at være bæredygtigt?

Endelig identificerer rapporten de områder, hvor vi endnu mangler tilstrækkelig med viden til at vurdere, om den nuværende landbrugspraksis på lang sigt kan udgøre en risiko for jordens bæredygtighed.

