

# Bekæmpelsesmidler

- anvendelse og spredning i miljøet

TEMA-rapport fra DMU

26/1999

Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser



# Bekæmpelsesmidler

- anvendelse og spredning i miljøet

---

Betty Bügel Mogensen  
Niels Henrik Spliid  
Arne Helweg

Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser  
1999

TEMA-rapport fra DMU, 26/1999  
Bekæmpelsesmidler - anvendelse og spredning i miljøet

Forfattere: Betty Bügel Mogensen<sup>1</sup>, Niels Henrik Spliid<sup>2</sup>, Arne Helweg<sup>2</sup>  
Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Miljøkemi<sup>1</sup>,  
Danmarks JordbrugsForskning, Afdeling for Plantebeskyttelse<sup>2</sup>

Udgiver: Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser©  
Udgivelsestidspunkt: Marts 1999

Layout, illustrationer og produktion: Grafisk Værksted, DMU, Roskilde

Tryk: Scanprint as, Århus, ISO 9002 kvalitetsgodkendt, Svanemærkegodkendt,  
ISO 14001 Miljøcertificeret og EMAS Miljøregistreret. Trykt på Cyclus Print, 100%  
genbrugspapir med vegetabiliske miljøvenlige trykfarver uden opløsningsmidler.  
Omslag lakeret med vegetabilisk lak.

Denne publikation er Svanemærket



Sidetæl: 48  
Oplag: 2.000

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse  
ISSN: 0909-8704  
ISBN: 87-7772-443-7

Pris kr. 60,- Klassesæt á 10 stk kr. 300, abonnement, 5 numre kr. 225,-  
(Alle priser er incl. 25% moms, excl. forsendelse)

Købes i boghandelen eller hos:

*Danmarks Miljøundersøgelser  
Frederiksborgvej 399  
Postboks 358  
4000 Roskilde  
Tlf. 4630 1200  
Fax 4630 1114*

*Miljøbutikken  
Information og bøger  
Læderstræde 1  
1201 København K  
Tlf. 3337 9292  
Fax 3392 7690*

# Indhold

Forord .....	5
<b>Brug af pesticider i Danmark</b> .....	<b>6</b>
Udbringningsmetoder .....	8
Forbruget af pesticider i Danmark .....	10
Hvad er landmandens udbytte af at sprøjte? .....	11
<b>Hvor findes pesticiderne i miljøet?</b> .....	<b>12</b>
Jord .....	14
Regnvand .....	14
Vandløb .....	14
Vandhuller .....	17
Jord- og drænvand .....	18
Grundvand .....	19
Vandværksboringer .....	20
<b>Hvad sker der med pesticiderne i miljøet?</b> .....	<b>22</b>
Fordampning .....	22
Optagelse og binding .....	23
Udvaskning og nedbrydning .....	23
Påvisning af pesticider i miljøet .....	24
Pesticiders spredning gennem atmosfæren .....	24
Pesticidrester i afgrøden .....	26
Udvaskning af pesticider .....	26
Nedbrydning af pesticider .....	28
Nedbrydningen afhænger af miljøet .....	29
Kontrollen med pesticiders spredning er en kompliceret sag .....	29
<b>Pesticidforurening fra punktkilder</b> .....	<b>30</b>
Overfladisk afskylning til brønde og boringer .....	30
Forurening ved fyldning af sprøjter nær brønde og boringer .....	31
Potentiel forurening fra vaske- og fyldepladser .....	31
Opbevaring .....	32
Væksthuse .....	33
Nedgravet affald .....	33

---

<b>Kan vi nedsætte miljøbelastningen fra pesticiderne?</b>	<b>34</b>
Direkte effekt af pesticider .....	34
Langsigtet virkning af sprøjtning .....	37
Øget behov for sprøjtning .....	37
Ændring af sprøjtemidlerne .....	38
Nye sorter kan medvirke til nedsættelse af pesticidforbruget .....	39
Mere præcis sprøjtning kan nedsætte pesticidforbruget .....	40
Ny teknik .....	40
Vaske- og fyldepladser .....	41
Uddannelse .....	41
<b>Hvad siger loven om pesticider?</b>	<b>42</b>
<b>Sammenfatning</b>	<b>44</b>
<b>Litteratur</b>	<b>46</b>
Danmarks Miljøundersøgelser .....	47
Tidligere Temarapporter .....	48



# Forord

Pesticider eller bekæmpelsesmidler er beregnet til at bekæmpe vilde planter (ukrudt), skadelige svampe og insekter, der angriber afgrøderne.

I Danmark anvendes pesticiderne først og fremmest i konventionelt landbrug, men de bruges også i vore skove, gartnerier, kommunale anlæg og private haver. Behandling med pesticider bliver typisk udført med brug af sprøjteudstyr. Udstyret har forskellig udformning alt efter hvor store arealer og hvilke afgrøder, der skal behandles. Ukudtsmidler tegner sig for langt de største mængder af anvendte pesticider, men der anvendes også en del mod svampesygdomme og skadelige insekter.

Pesticider kan også skade andre dyr og planter end dem, man ønsker at bekæmpe. Mange af disse dyr og planter er måske uskadelige eller endda nyttige. Det kan dels være dyr og planter, der lever i det dyrkede land, men også dem, der holder til i områder, der ligger som nabo til de sprøjtede arealer, og hvor pesticiderne kan forekomme utilsigtet, f.eks. spredt med vinden.

Denne rapport vil give et overblik over brugen af pesticider i Danmark, hvordan de kan spredes i miljøet, og hvad man kan gøre for at mindske miljøbelastningen med pesticider. I DMU's Temarapport nr. 19 fra 1998 kan man læse mere om de biologiske virkninger af pesticider.



*En usprøjtet markkant kan give plads til vilde planter og dyr langs vejene.  
(Foto: Anna Bodil Hald/DMU)*

# Brug af pesticider i Danmark

Pesticider = bekæmpelsesmidler er beregnet til at regulere eller dræbe forskellige slags levende organismer.

Bekæmpelsesmidler skal godkendes af Miljøstyrelsen, før de må markedsføres eller sælges i Danmark. I et bilag til Lov om kemiske stoffer og produkter er det specificeret, hvad der skal forstås ved bekæmpelsesmidler. Bilaget er gengivet senere i rapporten. Som det fremgår omfatter begrebet også midler mod myrer, mus og rotter, træimprægneringsmidler og meget andet. Pesticider anvendes således overalt i samfundet også i private husholdninger og haver. En del af midlerne kommer ind under

begrebet plantebeskyttelsesmidler, og for dem er der i EU lavet fælles retningslinier for godkendelse. Den lidt snørklede definition af plantebeskyttelsesmidler dækker over midler til at bekæmpe ukrudt (herbicider), svampesygdomme (fungicider) og skadelige insekter (insekticider) samt vækstreguleringsmidler som f.eks. stråforkortningsmidler. Det er først og fremmest disse typer af pesticider, der anvendes i landbrug, gartneri og skovbrug og på offentlige arealer, og det er dem denne temarapport handler om. Betegnelsen pesticider vil blive brugt som samlebegreb for de forskellige slags bekæmpelsesmidler.

*Blad angrebet af svamp.  
(Foto: Henny Rasmussen/  
Danmarks JordbrugsForskning)*

*Hvid flue.  
(Foto: Henny Rasmussen/  
Danmarks JordbrugsForskning)*





Miljøstyrelsen udgiver hvert år en oversigt over alle godkendte pesticider, som må markedsføres i Danmark. Oversigten angiver salgsnavnene på de færdigformulerede midler, hvilke mængder de indeholder af de enkelte aktive stoffer, og hvad midlerne må anvendes til. Foruden det aktive stof kan de formulerede midler indeholde forskellige hjælpestoffer, f.eks. opløsningsmidler og sprede- og klæbemidler. Miljøstyrel-

sen udgiver også en statistisk oversigt over salget af pesticider. Den angiver hvad, der er solgt af de enkelte pesticider, og for landbruget er det særskilt beregnet hvad, der er brugt til de forskellige afgrøder.

I 1997 blev der brugt 72 forskellige pesticider (aktivstoffer) i landbruget. Heraf var 44 herbicider, 4 vækstreguleringsmidler, 11 fungicider og 13 insekticider.

*Valmuer i kornmarker er et smukt syn, men et ukrudtsproblem for landmanden.*

*(Foto: Henny Rasmussen/  
Danmarks JordbrugsForskning)*





### Udbringningsmetoder

Pesticiderne virker ved, at planter og dyr optager stoffet. I planter kan optagelsen ske enten gennem bladene eller fra jorden ved optagelse gennem rodnettet. Insekter kan påvirkes enten ved, at insektet bliver ramt direkte af insekticidet eller optager insekticidet ved kontakt med blade, der er sprøjtet, eller ved at spise blade eller bladsaft, som indeholder insekticid. Tilsvarende kan fungicider optages direkte ved sprøjtning på svampene eller ved, at planterne har optaget fungicidet. Pesticider, der virker ved, at de bliver optaget og transporteret i planterne kaldes systemiske, mens de pesticider, der optages direkte i svampe eller insekter, kaldes kontaktmidler. For alle typer af midler gælder, at det er vigtigt for effektiviteten, at de fordeles ensartet og får bedst mulig kontakt med det, der skal bekæmpes. Derfor indeholder sprøjtemidlerne ofte tilsætnings-

stoffer, som skal gøre det lettere at sprede midlerne jævnt ud og skabe bedre kontakt mellem planter og sprøjtevæske. Nogle planter har en voksagtig overflade, som virker vandafvisende, og sprøjtemidlerne vil prelle af på overfladen, hvis ikke midlerne er tilsat afspændingsmidler, der modvirker dette.

Under udsprøjtningen findeles sprøjtevæsken til små dråber, idet den ved hjælp af trykluft presses ud gennem dyser i sprøjten. Dråberne bliver mindre, jo højere trykket er, og jo mindre dyserne er. Også den mængde sprøjtemiddel, der bliver udsprøjtet pr. arealenhed, afhænger af tryk og dysestørrelse og naturligvis af den hastighed, hvormed sprøjten bevæger sig.

Der findes sprøjtestyr, som er tilpasset til brug i forskellige typer afgrøder og forskellige størrelser arealer. Billederne viser forskellige typer af sprøjtestyr.



*I væksthuse kan et helt bord med planter behandles samtidigt ved hjælp af en sprøjtebom, som køres hen over bordet.  
(Foto Svend Binnerup/DMU)*



*Håndsprøjte anvendes til små arealer eller til arealer, hvor det kan være vanskeligt at komme til med en marksprøjte, f.eks. i skovbrug, private haver og som her under bordene i et væksthus. (Foto: Henny Rasmussen/ Danmarks JordbrugsForskning)*

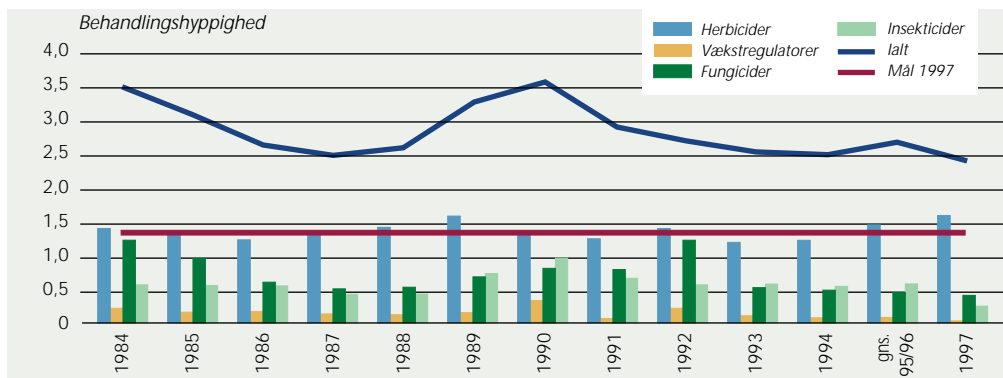
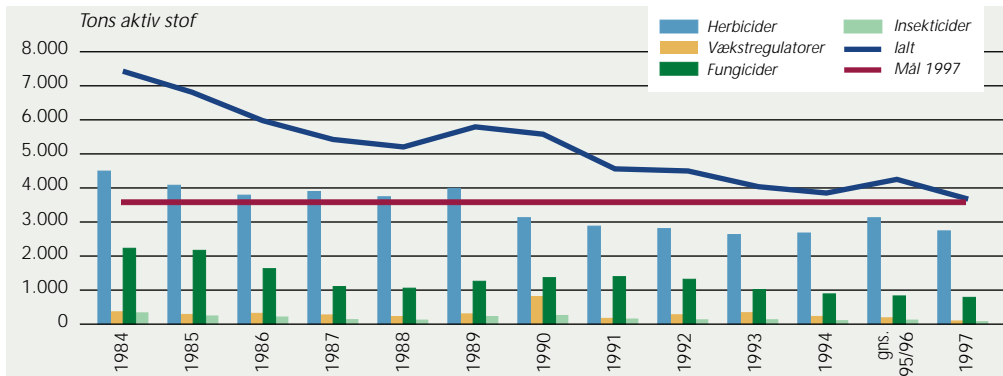


*Marksprøjten er den mest anvendte sprøjtetype, som anvendes til alle typer af pesticider i markafgrøder. Højden på sprøjtebommen kan tilpasses efter højden af afgrøden. (Foto: Henny Rasmussen/ Danmarks JordbrugsForskning)*

## Forbruget af pesticider i Danmark

I 1986 udarbejdede miljøministeren en handlingsplan, der blev vedtaget af Folketinget. Den havde til formål at beskytte mennesker mod sundhedsmæssige risici ved brug af pesticider og at beskytte miljøet i form af de dyr og planter, som ikke ligefrem var mål for bekæmpelsen. Et mål i handlingsplanen var at halvere forbruget af pesticider i forhold til en referenceperiode 1981-85. Reduktionen skulle ske både i mængden af aktivt stof og i behandlingshyppigheden. Behandlingshyppigheden angiver, hvor mange gange i løbet af et år landbrugsarealet teoretisk kunne sprøjtes med den mængde pesticid, der er solgt til landbrugsformål, og det er på den måde et mål for belastningen af landbrugsarealet.

Graferne viser udviklingen i forbruget af pesticider. Reduktionsmålet er angivet som en ret linie på figurerne. Som det fremgår, nærmer forbruget af aktive stoffer sig reduktionsmålet, hvorimod behandlingshyppigheden har lang vej igen. Når behandlingshyppigheden ikke er faldet i samme udstrækning som mængden af aktivt stof, skyldes det først og fremmest, at der er kommet nye pesticider frem, som er effektive i meget lave doseringer. Af de såkaldte minimidler bliver der f.eks. udsprøjt omkring 4-20 g/ha (1 ha = hektar = 10.000 m<sup>2</sup>), mens der af ældre herbicider ofte skulle bruges 1 kg/ha. Der kan altså sprøjtes et større areal med den samme mængde af aktivt stof. Der er også en anden årsag til, at behandlingshyppigheden ikke er faldet. For at begrænse udvaskningen af nitrat fra landbrugsjorden er der stillet krav om, at mindst 65% af landbrugsarealet skal være



Forbrug af pesticider i Danmark: Mængden af aktivt stof der er solgt til landbrugsformål i perioden 1984 til 1997 og behandlingshyppigheden i den samme periode. Det samlede forbrug og behandlingshyppighed er sammenholdt med pesticidbehandlingsplanens reduktionsmål i 1997.



grønt om vinteren. Desværre er behovet for sprøjtning af vinterafgrøder som regel større end behovet i vårafgrøder, hvilket også afspejler sig i tallene for behandlingshyppighed.

Tabel 1 viser en oversigt over afgrødefordelingen i dansk landbrug. Pesticidanvendelsen er ikke jævnt fordelt. Kornmarker udgør ca. 70% af det samlede landbrugsareal og modtager 61% af sprøjtningerne, græs og kløver udgør 11% af arealet og 0,3% af sprøjtningerne, kartofler udgør knap 2% af arealet og 6% af sprøjtningerne, og grøntsager udgør 0,3% af arealet og 6,7% af sprøjtningerne. Det samlede areal, der er sprøjtet, er næsten dobbelt så stort som landbrugsarealet. Det er udtryk for, at hele landbrugsarealet gennemsnitligt er sprøjtet omkring to gange i løbet af 1996.

## Hvad er landmandens udbytte af at sprøjte?

Det økonomiske udbytte af at sprøjte afgrøderne varierer fra år til år. Over hele landet laves der forsøg, hvor man sammenligner udbyttet fra sprøjtede marker med udbyttet fra usprøjtede marker. På grund af forskelle i dyrkningsbetingelser og angrebsgrad af de forskellige skadevoldere vil det øgede udbytte ved at sprøjte vari-

ere fra år til år. Nettoudbyttet målt i kr. er desuden afhængigt af omkostninger til pesticiderne, til udsprøjtningen af dem (i form af arbejdstid og traktorkørsel) og af prisen på afgrøden. For herbicider er der dels en direkte effekt i form af højere udbytte dels en indirekte effekt i form af mindre høstbesvær og lavere udgifter til tørring og rensning af afgrøden. Der er også en økonomisk gevinst ved at ukrudtet ikke sætter frø, så mængden af ukrudtsfrø i jorden efterhånden falder. Derved skulle behovet for sprøjtning med tiden blive mindre. Hvis den samme mark sprøjtes med den samme slags herbicid år efter år, kan der opstå problemer med opformering af ukrudt, der bliver modstandsdygtigt (resistent) over for det pågældende herbicid.

Herbicider, direkte effekt	1.027 mio. kr.
Vækstreguleringsmidler	26 mio. kr.
Fungicider	685 mio. kr.
Insekticider	188 mio. kr.
Direkte effekter i alt	1.926 mio. kr.
Indirekte skade af ukrudt	1.008 mio. kr.
Direkte og indirekte effekter i alt	2.934 mio. kr.

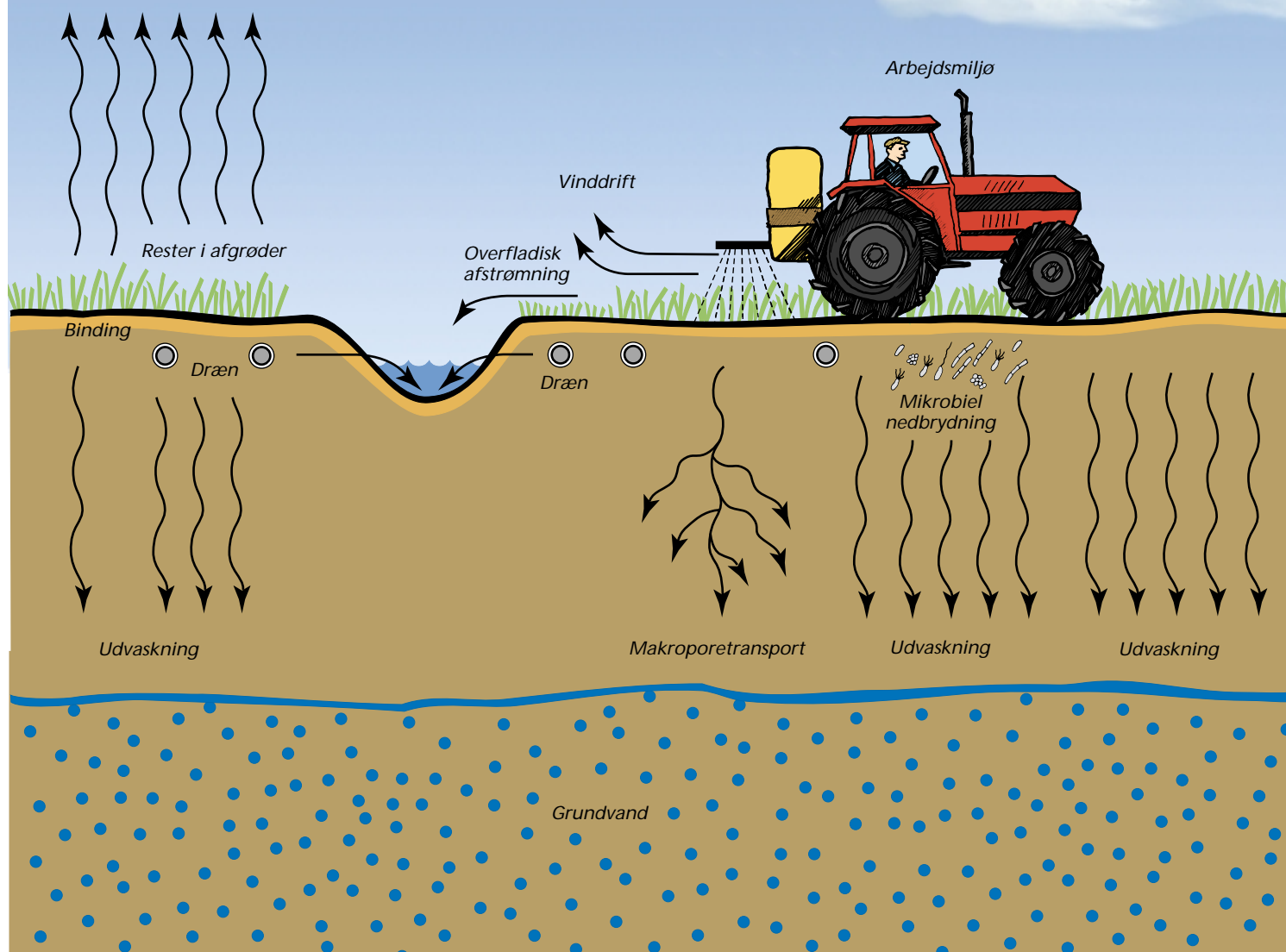
Merudbyttet ved brug af pesticider i landbruget i 1994.  
(Statens Planteavlsvforsøg 1997)

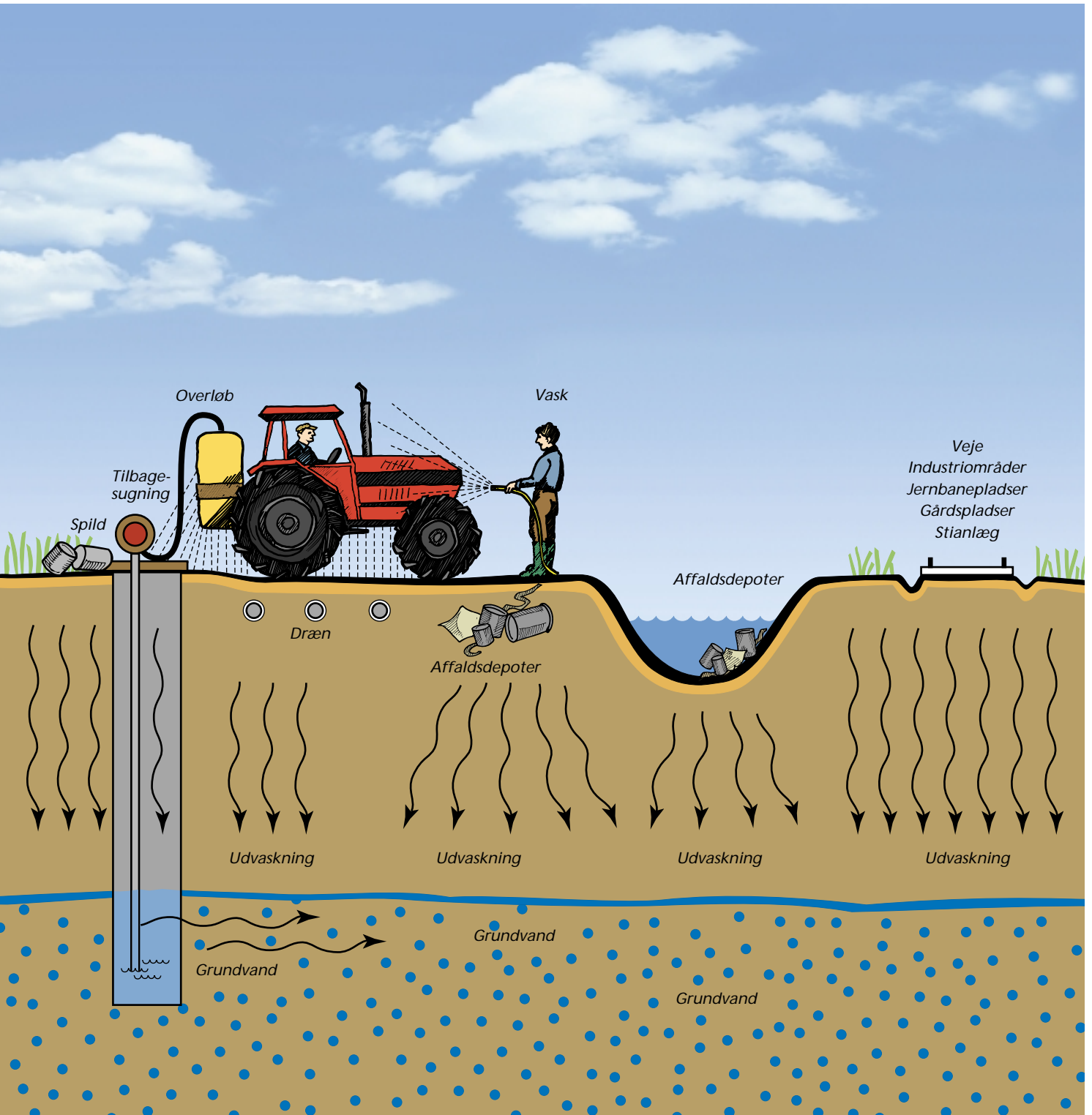
Tabel 1. Fordeling af afgrøder og pesticidbehandling i dansk landbrug 1996.  
(Miljøstyrelsen 1997).

	Total	Korn, vintersæd	Korn, vårsæd	Raps, vinter	Raps, vår	Andre Frø	Kartofler	Roer	Ærter	Majs	Grøntsager	Græs og kløver
Landbrugsareal 1996 (ha)	2.319.490	942.535	673.864	68.169	37.124	64.502	43.210	111.079	72.916	41.652	7.041	257.398
Arealer												
Herbicider	2.966.656	1.255.489	396.616	65.013	30.593	44.530	93.584	215.215	190.589	55.335	20.414	6.514
Vækstreguleringsmidler	102.780	97.143	4.903								734	
Fungicider	881.580	460.422	204.460	2.656	1.652	7.849	165.755	10.739	11.325		16.723	
Insekticider	493.616	175.091	113.684	45.150	18.747	16.872	6.053	72.893	30.103	3.862	4.938	6.223
Samlet	4.444.631	1.988.145	719.663	112.819	50.992	69.251	265.391	298.846	232.017	59.197	42.808	12.737

# Hvor findes pesticiderne i miljøet?

Selv om pesticiderne kun er beregnet til at virke inden for det areal, hvor der sprøjtes, kan man finde pesticiderne mange andre steder i miljøet. Figuren viser, hvordan pesticiderne kan spredes i miljøet, og de kommende afsnit handler om disse spredningsveje. I dette afsnit vil vi se nærmere på forekomsten af pesticider i danske miljøprøver.







## Jord

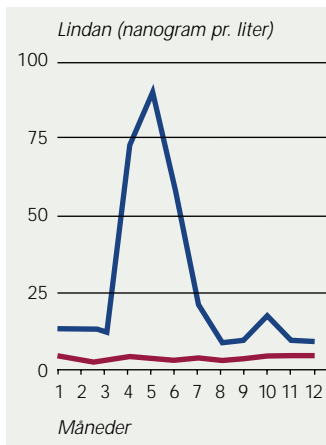
På dyrkede marker, der sprøjtes med pesticider, bliver der anvendt mellem 4 g og 4 kg aktivt stof pr. ha. Hvis det fordeles i de øverste 5-10 cm af jorden vil det give koncentrationer på 0,003-3 mg pr. kg jord. På udyrkede arealer, som man vil holde ukrudtsfri, bruges der også mange steder kemisk bekæmpelse (herbicider). Tidligere brugte man op til 20 kg aktiv herbicid pr. ha, hvilket gav meget høje koncentrationer i jorden og langvarige effekter, så der mange gange ikke kunne vokse noget på stedet i flere år. De doseringer, der nu anvendes, ligger under 2 kg aktivt stof pr. ha.

## Regnvand

I Danmark er regnvand i 1990-erne blevet undersøgt for indhold af 12 forskellige pesticider og de 5 af dem blev fundet i flere prøver, se tabel 2. De 4 herbicider har alle været brugt meget i Danmark, og det er specielt i sprøjtesæsonen, de er blevet fundet i regnvandet. Lindan derimod er et insekticid, som ikke må anvendes i Danmark bl.a. på grund af sin lange nedbrydningstid. Dette stof blev fundet i regnvandsprøver fra hele året på prøvestationer flere steder i landet. Koncentrationen var størst i sprøjtesæsonen. Stoffet kom ind over Danmark formentlig fra andre europæiske lande, som ikke havde forbudt midlet.

Tabel 2. Fund af pesticider i regnvandsprøver. (H) angiver, at det er et herbicid, (I) angiver, det er et insekticid.

Kurven viser årstidsvariationen i 1990 ved Ulborg i koncentration af lindan i regnvand.



## Vandløb

De mange vandløb i Danmark modtager vand fra oplande af forskellig beskaffenhed. Oplandene kan have forskellige jordtyper og landskabsformer (topografi), som har betydning for, hvordan vand strømmer til vandløbene. Arealanvendelsen er også meget forskellig. Der kan være byer, skove, landbrug eller naturområder. Bortset fra naturområderne bliver der brugt pesticider i varierende omfang i disse områder.

Forekomsten af pesticider i vandløbene afspejler arealanvendelsen i oplandene. Man har undersøgt en række vandløb fra forskellige oplandstyper for indhold af pesticider. Et vandløbs opland er betegnelsen for det landområde, der afvandes til vandløbet. Der er udtaget prøver på forskellig årstid. Analyserne har omfattet mellem 14 og 88 pesticider og nedbrydningsprodukter (metabolitter).

Pesticider, som findes i vandløb, kan stamme både fra vinddrift, afløb fra markernes dræn, affaldsdepoter, fylde- og vaskepladser for sprøjter samt fra områder, hvor der er brugt totalukrudtsmidler.

Der er fundet 32 forskellige pesticider i danske vandløb. Det svarer til ca. 30% af de stoffer, der er analyseret for. Der er 2 fungicider, 3 insekticider og 27 herbicider. Desuden er der fundet 7 nedbrydningsprodukter af pesticider.

Pesticid	Antal fund/ antal prøver	Koncentrationsinterval Mikrogram pr. liter	Normaldosering, kg aktivt stof/ha
Mechlorprop (H)	6/51	0,02 - 0,1	1 - 3
MCPA (H)	6/51	0,08 - 0,4	1 - 4
Dichlorprop (H)	7/51	0,06 - 0,6	1 - 3
Isoproturon (H)	8/50	0,01 - 0,4	1 - 2
Lindan (I)	-	0,01 - 0,1	0,5 - 0,8



*Vandløbene i agerlandet kan forurennes med pesticider fra sprøjtningen af de tilstødende marker. (Foto: Henny Rasmussen/ Danmarks JordbrugsForskning)*

Fundprocenten for de forskellige pesticider, varierer meget. Fundprocenten angiver, hvor ofte et stof er fundet i de prøver, der er analyseret for det pågældende stof. F.eks. er cyanazin og clopyralid kun fundet i 2% af prøverne i de vandløb, hvor der er analyseret for dem. Atrazin, bentazon, dichlobenil, diuron og hexazinon er fundet i mellem 34% og 47% af prøverne i lerjordsoplande. Hexazinon er fundet i 64% af prøverne fra skovvandløb. BAM (2,6-dichlorbenzamid), som er et nedbrydningsprodukt af dichlobenil, er blevet fundet i alle typer oplande.

Tabel 3 viser forekomsten af de pesticider, der er fundet i de højeste koncentrationer, og hvor hyppigt, de er fundet.

*Koncentrationen af stofferne varierer mellem 0,01 mikrogram pr. liter og 10 mikrogram pr. liter. 0,01 mikrogram pr. liter er den laveste koncentration, man kan påvise, for de fleste stoffer (detektionsgrænsen). 1 mikrogram er en milliontedel gram. En koncentration på 0,01 mikrogram pr. liter svarer altså til, at man opløser 1 g af stoffet i 100.000.000 l vand.*

Der kan findes pesticider i vandløb på alle årstider, men ikke lige hyppigt. De findes hyppigt i sprøjtesæsonen og desuden i forbindelse med regnvejr.

I landbrugsoplande med fede, lerede jorde er der fundet flest pesticider og også de højeste koncentrationer. Det kan hænge sammen med, hvordan pesticiderne når frem til vandløbene, f.eks. via grundvand eller drænvand, og hvor hurtigt de nedbrydes i jorden, som det er beskrevet senere i rapporten.

I skovvandløb er der ikke påvist ret mange pesticider, men hexazinon, som har været brugt til ukrudtsbekæmpelse i skove findes meget ofte.

Dichlobenil er et herbicid, der har været brugt meget til total ukrudtsbekæmpelse, og dette stof og dets nedbrydningsprodukt, BAM, findes i de fleste af vandprøverne fra byoplande, men også i alle andre områder.

Selv om de enkelte pesticider som regel findes i koncentrationer, der ikke er direkte giftige for dyre- og plantelivet, kan det være vanskeligt at sige, hvilken virkning blandingen af flere pesticider kan have.

Aktiv stof	Antal fund/ antal analyserede prøver	Koncentrationsinterval mikrogram pr liter
2,4-D (H)	21/139	0,02 - 6,6
atrazin (H)	81/329	0,01 - 1
bentazon (H)	42/155	0,01 - 10
dichlobenil (H)	52/156	0,01 - 1,7
dichlorprop (H)	34/290	0,01 - 2,8
diuron (H)	37/106	0,02 - 2
hexazinon (H)	52/133	0,04 - 4
isoproturon (H)	64/280	0,01 - 3
MCPA (H)	57/303	0,01 - 7,3
mechloprop (H)	96/313	0,01 - 7
metamitron (H)	2/25	1 - 7

Tabel 3. Pesticider, der er fundet i danske vandløb i koncentrationer over 1 mikrogram pr. liter. (H) angiver at det er et herbicid.



## Vandhuller

De mange vandhuller i agerlandet er vigtige levesteder for dyr og planter. Deres beliggenhed gør dem potentielt udsatte for belastning med pesticider fra de omkringliggende marker. Man har undersøgt indholdet af pesticider i markvandhuller på henholdsvis Køgeegnen og på Avernakø.

Der er fundet flere forskellige pesticider i koncentrationer fra 0,01-11 mikrogram pr. liter. Det drejer sig om 2 fungicider, 3 insekticider og 10 herbicider.

Aktiv stof	Antal fund/antal analyserede prøver	Koncentrationsinterval mikrogram pr liter
Fenpropimorph (F)	6/10	0,1 - 7,5
loxynil (H)	3/16	0,02 - 1,1
MCPA (H)	9/40	0,01 - 1,1
Mechlorprop (H)	18/41	0,01 - 11,4
Propiconazol (F)	4/6	0,1 - 3

Tabel 4. Pesticider, der er fundet i danske vandhuller i koncentrationer over 1 mikrogram pr. liter. (H) angiver at det er et herbicid, (F) angiver et fungicid.

Manglende ophavsret til Internettet

Med en beliggenhed neden for skrånede marker er der risiko for forurening af vandhullerne både ved vinddrift og overfladisk afstrømning af pesticider. (Foto: Niels Peter Holst Hansen/Biofoto).

### Jord- og drænvand

Det øverste jordlag kaldes pløjelaget. Det er her den største mikrobielle nedbrydning finder sted. For at vurdere risikoen for, at et pesticid havner i grundvandet eller udvaskes til vandløb, kan man udtage vandprøver under pløjelaget. Når stoffet har passeret pløjelaget, foregår yderligere nedbrydning meget langsommere.

Regn, der trænger ned i sprækker og hulrum mellem jordpartiklerne, kaldes jordvand. Jordvand kan udtages gennem sugeceller, som installeres i jorden uden at forstyrre de naturlige jordlag. Ved hjælp af undertryk kan vandet suges ud af jorden.

Jordvandsprøver med pesticider vil generelt være udtryk for en anvendelse af de pågældende pesticider på jordoverfladen over prøvetagningsstedet eller tilførsel med regnvand. Undertiden kan spild eller nedgravet pesticidaffald ved prøvetagningsstedet blive fanget af sugecellerne. Ved at etablere flere sugeceller under samme mark vil en punktkildeforekomst ved en af sugecellerne kunne afsløres.

For at gøre jorden tjenlig til dyrkning er der under mange marker specielt på de

lerede jorde nedgravet drænrør, der typisk ligger omkring 1 m nede. Der kan være et helt system af drænrør fra flere marker, der til sidst løber ud i et vandløb eller en sø. Drænvandsprøver kan opsamles ved at opsamle vand fra drænrørs udmundinger i f.eks. vandløb. Her kan det dog være svært at afgøre, hvor vandet stammer fra. Drænvandsprøver repræsenterer hele det opland, der afdrænes af det pågældende drænrørssystem. Der kan være tale om mange marker med forskellig anvendelse, tildækkede mergelgrave, nedgravet affald, vaskepladser, drivhuse etc. For at kunne fortolke resultatet af en drænvandsprøve er det vigtigt at vide, hvilket opland den pågældende prøve repræsenterer.

Vand kan også udtages i drænvandsdybde ved at bore rør ned i jorden, hvori vandet så trænger ind gennem de sprækker, rørene er forsynet med. De kan være sat i forskellige dybder, så man præcist ved, hvor vandprøven er taget, og hvor langt pesticidet er blevet transporteret ned i jorden.

I tabel 5 er det opgjort, hvilke pesticider, der er fundet i koncentrationer over 0,1 mikrogram pr. liter og det antal analyser, der er udført indtil 1998 af jord- og drænvandsprøver.

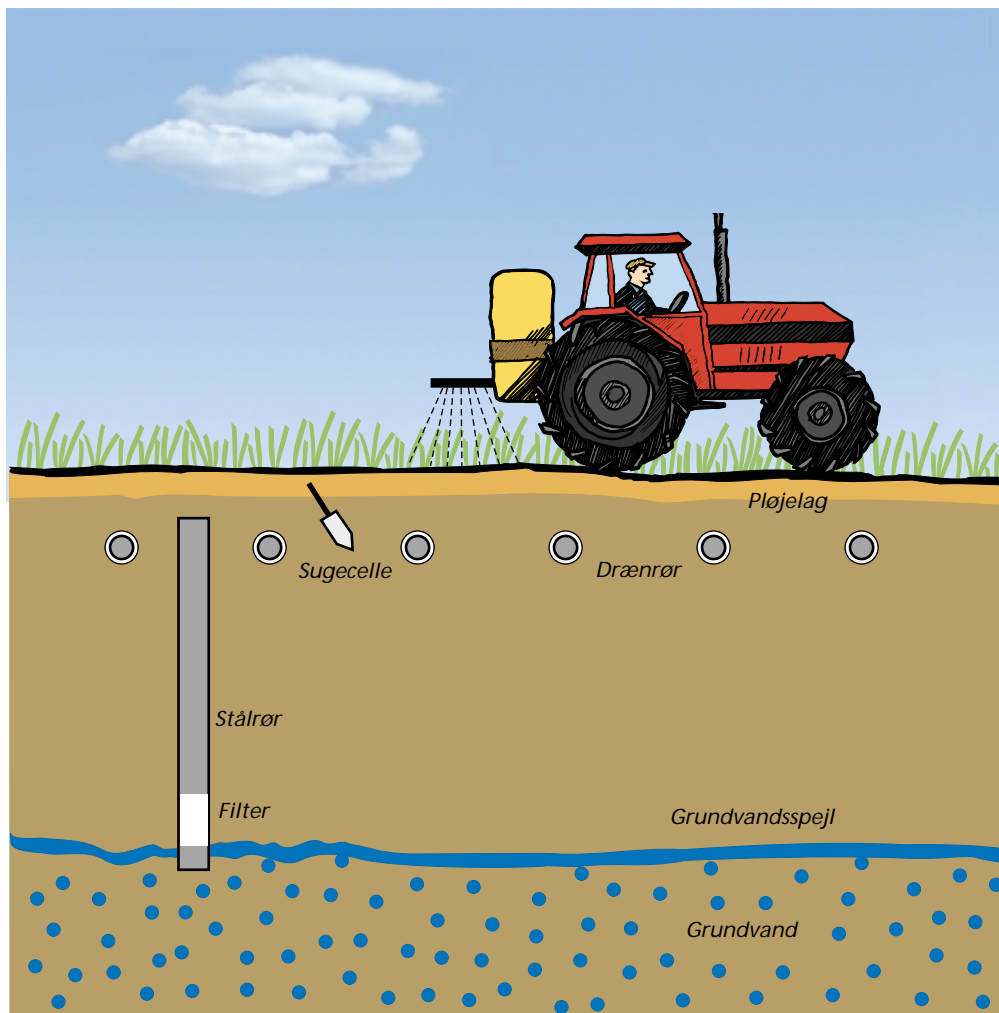
Tabel 5. Pesticider, der er fundet i drænvand og jordvand i Danmark i koncentrationer over 0,1 mikrogram pr. liter. (H) angiver et herbicid, (M) angiver et nedbrydningsprodukt (metabolit). I alt er der i dag påvist 26 forskellige pesticider i jord- og drænvand.

Komponent	Antal fund over 0,1 mikrogram pr. liter	Antal analyser
Atrazin (H)	35	258
Desisopropylatrazin (M)	1	21
Hexazinon (H)	37	62
Isoproturon (H)	3	143
2,4-D (H)	7	266
2,4-dichlorphenol (M)	9	122
Bentazon (H)	2	21
Dichlorprop (H)	13	266
MCPA (H)	11	266
Mechlorprop (H)	14	266
ETU (M)	2	28

## Grundvand

Hvis man går ned i jorden vil alle sprækker og mellemrum mellem jordpartiklerne fra en eller anden dybde være fyldt med vand. Overgangen til fuld vandmætning kaldes grundvandsspejlet og viser sig som fri vandoverflade, hvis man graver ned gennem jorden. Søer og vandhuller er udtryk for, at grundvandsspejlet ligger højere end jordoverfladen. Grundvandsspejlet kan svinge mange meter fra sommer til vinter og fra år til år, ligesom oppumpning af grundvand til vandforsyning kan sænke grundvandsspejlet, så åer og vandhuller tørlægges.

Langt størstedelen af det vand, der bruges til drikkevand i Danmark, er oppumpet grundvand. Vi er derfor interesserede i, at det skal være fri for pesticider og andre kemikalier. I hele EU er der opstillet krav til, hvor meget pesticid der må være i drikkevandet. Grænsen er sat til 0,1 mikrogram pr. liter eller samlet 0,5 mikrogram pr. liter, hvis der er flere pesticider i vandet. Denne grænse gælder for alle pesticider og er ikke baseret på stoffernes giftighed, men har baggrund i et ønske om, at drikkevandet ikke indeholder pesticider.



Figuren viser de steder i jorden, hvor der kan udtages vandprøver for at følge udvaskning af pesticider.



Grundvandets kvalitet undersøges på forskellig vis. Der foregår en løbende overvågning (grundvandsmonitoring) i alle amter, hvor ca. 1000 forskellige boringer hvert tredje år undersøges for indhold af pesticider og andre uønskede stoffer. Boringerne er sat, så de repræsenterer forskellige jordtyper, forskellig dybde og dermed forskellig alder på vandet og forskellige landskaber. Det har vist sig, at jordtypen har stor betydning for, om pesticider havner i grundvand. I sandjord, hvor luften har mulighed for at trænge ned, bliver flere pesticider hurtigt nedbrudt af mikroorganismer. I lerjord er der sprækker, så pesticiderne i forbindelse med regnskyl hurtigt kan transporteres ned, hvor der kun er lidt ilt og næringsstof og dermed ringe mikrobiel aktivitet og nedbrydning. Pesticiderne kan så transporteres videre ned til grundvandet.

Siden 1990 er grundvandets kvalitet systematisk blevet overvåget. I begyndelsen indeholdt analyseprogrammet 8 forskellige herbicider. Der var tale om 4 phenoxy-syrer, der blandt andet er brugt til ukrudtsbekæmpelse i kornmarker. Desuden indeholdt programmet atrazin og simazin, der er brugt i majs og frugtplantager, og har haft stor anvendelse på steder, hvor al bevoksning har været uønsket som gårdspladser, fortove, parkeringspladser og jernbaner. Endelig blev der også analyseret for 2 såkaldte gule midler, dinoseb og

DNOC, som også har været anvendt i kornmarker til bekæmpelse af ukrudt. Alle disse herbicider er i dag enten forbudt, eller deres anvendelse er blevet stærkt begrænset.

Fra 1998 er analyseprogrammet udvidet til at omfatte over 40 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter. Man er blevet klar over, at det ikke er nok at kigge på pesticiderne, men at der også kan forekomme nedbrydningsprodukter, der endnu lettere vaskes ned til grundvandet (se næste kapitel).

I tabel 6 ses hvor mange filtre, der indgår i grundvandsovervågningsprogrammet, og i hvor mange tilfælde, der har været overskridelser af grænseværdien på 0,1 mikrogram pr. liter.

### Vandværksboringer

Vandværkerne kontrollerer drikkevandskvaliteten for at sikre, at vandet overholder grænseværdierne i Bekendtgørelsen om vandkvalitet. I princippet skal vandværkerne kigge efter alle de uønskede stoffer, der vil kunne havne i det enkelte vandværks drikkevandsboringer. I praksis foretages der analyser af en lang række stoffer, der har størst risiko for at forekomme i grundvandet. I tabel 7 er vist de pesticider, der hyppigst er analyseret for i vandværkernes boringer.

Pesticid	Analyserede filtre	% fund over 0,1 mikrogram pr. liter
Dichlorprop (H)	1006	1,0
MCPA (H)	1006	0,2
Mechlorprop (H)	1006	0,5
2,4-D (H)	890	0,1
Atrazin (H)	1006	0,9
Simazin (H)	1006	0,5
DNOC (H)	1005	0,2
Dinoseb (H)	1006	0,1
De 8 pesticider samlet	1006	4,0

Tabel 6. Fund af pesticider over 0,1 mikrogram pr. liter i grundvandsmonitoringsprogrammet. (Efter GEUS, 1997).

Som det ses af tabellen, er de stoffer, der hyppigst er fundet i drikkevandet, i dag forbudt. Undersøgelser og analyseprogrammer justeres til stadighed, så der kigges efter nye pesticider og nedbrydnings-

produkter. På den måde håber myndighederne på hurtigt at kunne gribe ind, hvis nye pesticidproblemer viser sig. I alt er der i dag påvist 23 forskellige pesticider og metabolitter i ubehandlet drikkevand.



Vandværksområde med perlesten fri for ukrudt!  
(Foto: Niels Henrik Spliid/  
Danmarks JordbrugsForskning)

Pesticid	Antal analyser	% fund over 0,1 mikrogram pr. liter
Atrazin ❖ (H)	4354	1,2
Dichlorprop ❖ (H)	4335	0,6
Simazin (H)	4322	0,2
Mechlorprop ❖ (H)	4293	0,3
MCPA ❖ (H)	4284	0,1
2,4-dichlorphenol ❖ (M)	1686	0,4
4-chlor, 2-methylphenol ❖ (M)	1669	0,3
2,6-dichlorphenol ❖ (M)	1599	0,1
2,6-dichlorbenzamid (BAM) ❖, (M)	925	19,8
Desethylatrazin ❖ (M)	443	0,9
Hexazinon ❖ (H)	439	1,4
Desisopropylatrazin ❖ (M)	396	1,0
6-chlor, 2-methylphenol ❖ (M)	383	1,0

Tabel 7. Oversigt over de pesticider og nedbrydningsprodukter, der hyppigst er analyseret for og fundet i koncentrationer over 0,1 mikrogram pr. liter i vandværkerne borer.

(❖) betyder, at pesticidet eller moderstoffet ikke mere må anvendes til sprøjtning.

(H) betyder herbicid,

(M) betyder nedbrydningsprodukt (metabolit).

(Efter GEUS, 1997)

# Hvad sker der med pesticiderne i miljøet ?

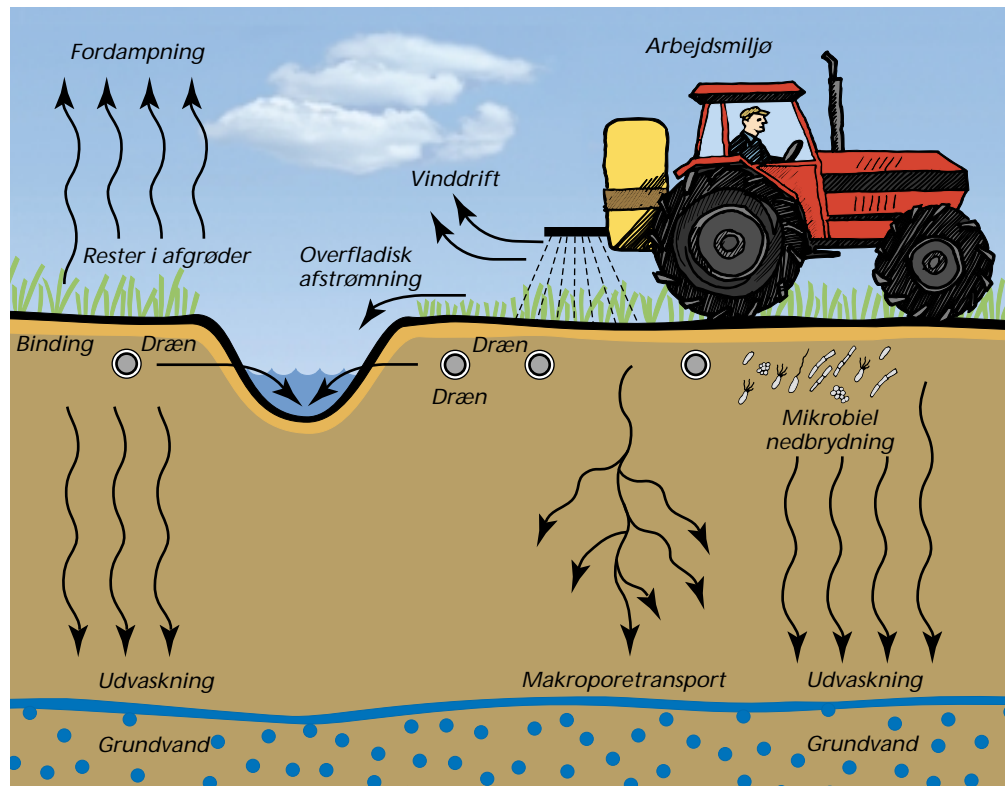
Pesticider, som er landet på den mark eller på de planter, man har ønsket at behandle, bliver udsat for en lang række påvirkninger. Derved kan pesticidet flyttes, bindes eller nedbrydes. Hvis et pesticid tilsyneladende forsvinder fra det sted, hvor man har behandlet, så behøver det ikke betyde, at pesticidet er blevet nedbrudt til stoffer, som vi ikke længere skal interessere os for.

På nedenstående figur kan man se denne "fjernelse" illustreret, idet man må forestille sig, at den er sammensat af de forskellige påvirkninger som pesticidet udsættes for. Man bruger ofte udtrykket persistens om den tid det tager, før et pesticid

er fjernet. Stoffer, der kun langsomt nedbrydes, kaldes persistente.

## Fordampning

Særligt i forbindelse med, og lige efter pesticidet sprøjtes ud, kan der ske en fjernelse ved fordampning eller ved, at sprøjtevæsken som små dråber båret af vinden driver væk fra det sprøjtede område. Fordampningen er sandsynligvis primært årsag til, at vi finder pesticider i regnvand, medens vinddriften kan give direkte sprøjteskader på nærliggende hegn, naboafgrøder, haver og drivhuse.



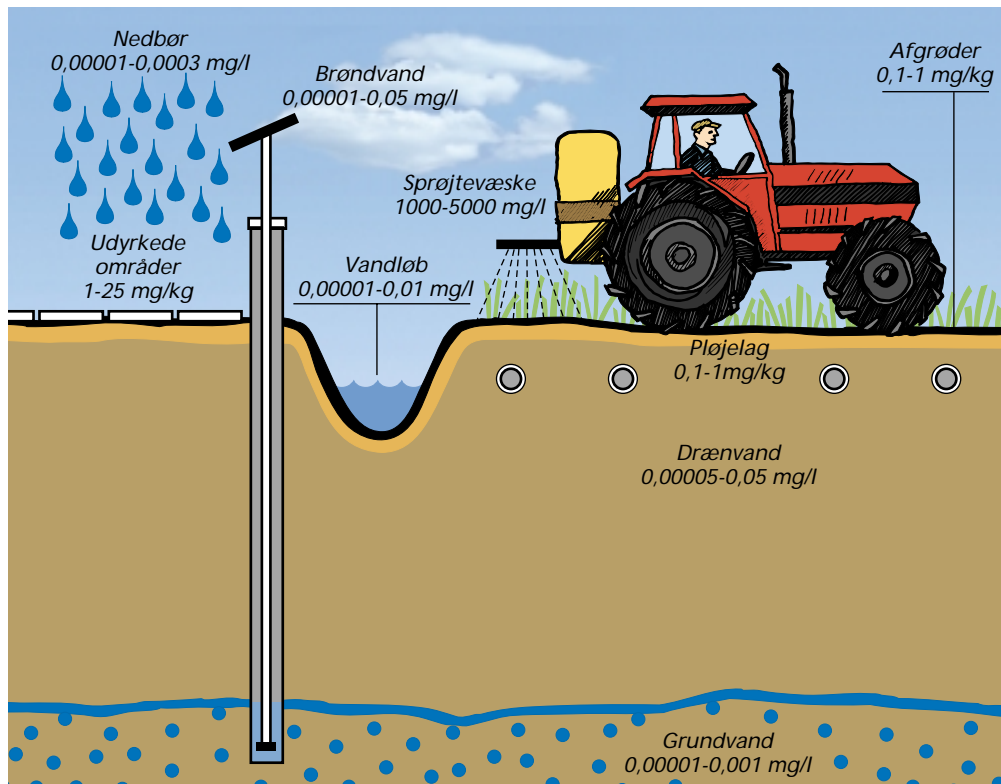
"Fjernelse" af pesticider fra jordmiljøet sker både ved fordampning, vinddrift, binding, udvaskning og nedbrydning.

## Optagelse og binding

Når pesticidet efter udsprøjtning er landet på planten eller på jordoverfladen, kan nogle pesticider optages i planten og måske transporteres rundt i planten. Herved kan pesticidet vandre ned i rødderne, hvorved man slår ukrudt med et forgrenet rodnet ihjel. Det er det, der sker, når man vil slå kvikgræs ihjel med ukrudtsmidlet glyphosat (Roundup). Den type midler kalder man systemiske pesticider. Nogle pesticider kan desuden bindes så stærkt til jorden, at de stort set ikke har nogen biologisk virkning i jorden. Igen kan glyphosat bruges som eksempel, idet det bindes så stærkt til jordpartikler, at det normalt ikke kan optages af planterne fra jorden.

## Udvaskning og nedbrydning

Der kan også fjernes pesticider fra jorden ved, at de vaskes ud og måske ender i drænvand eller i grundvandet. Hvis man regner lidt på de fund af pesticider, der er gjort i drænvand og grundvand, så viser det sig, at det sandsynligvis er under 0,1% af den tilførte mængde, som vaskes ud til dybere jordlag. Udvaskningen betyder altså næppe ret meget for fjernelsen af pesticider, den kan dog have stor betydning for forureningen af overfladevand og grundvand. Derimod er nedbrydningen en meget væsentlig faktor for fjernelsen. Det drejer sig om den nedbrydning, som foretages af enzymerne fra jordbundens myriader af bakterier og svampe (i et gram jord kan der være over 100 millioner bakterier og flere hundrede meter svampevæv).



*Påvisning af pesticider i miljøet: Nogle koncentrationsintervaller af pesticider, som er påvist forskellige steder i miljøet i Danmark. Koncentrationerne er angivet i mg pr. kg eller liter (ppm) og omfatter langt de fleste påvisninger.*



Desuden kan der ske fotokemisk nedbrydning, som fremkaldes af solens stråler, samt andre former for kemisk nedbrydning, f.eks. hydrolyse.

Den spredning, som er illustreret på figuren side 22, viser dermed helt godt, hvorfor man kan finde pesticider andre steder i miljøet end der, hvor de er blevet anvendt.

### Påvisning af pesticider i miljøet

Figuren side 23 viser nogle af de mange forskellige koncentrationer af pesticider, der er blevet påvist forskellige steder i miljøet. Figuren angiver koncentrationer fra 1 til 5 g pr. liter i den sprøjtevæske, der bruges til behandlingerne og til de meget lave koncentrationer, som findes i nedbør, i overfladevandet og i grundvand.

### Pesticiders spredning gennem atmosfæren

Det har været kendt gennem flere år, at pesticider kan påvises i nedbøren, selv i egne hvor der aldrig har været anvendt pesticider. Der er således fundet rester af insektmidlet DDT overalt på Antarktis, og det kan kun stamme fra atmosfærisk transport.

Analyser af nedbør i de nordiske lande og i Tyskland har tilsvarende vist, at et af de stoffer, der findes i højeste koncentration, er det chlorerede insektmiddel lindan. Dette på trods af, at lindan ikke har været tilladt i disse lande gennem de seneste år. For lindans vedkommende må denne transport betragtes som global. Der arbejdes på at indføre et globalt forbud for såvel DDT og lindan som for lignende persistente pesticider.

*Når markerne har været sprøjtet med pesticider, efterlades der pesticidrester i afgrøden. Afgrøden må først høstes efter nærmere fastsat sprøjtefrist, så pesticidresterne er tilstrækkeligt lave til at overholde maksimalgrænseværdien. Fotos på dette opslag og side 26 viser konventionelt (med brug af pesticider) dyrkede marker.*

*Konventionelt dyrket mark med byg.  
(Foto: Henny Rasmussen/  
Danmarks JordbrugsForskning)*



Man har også i Danmark fulgt regnvandets indhold af en gruppe ukrudtsmidler, som nu er blevet delvis forbudt her i landet. Gruppen hedder phenoxysyrer, eller hormonmidler, og har været benyttet gennem næsten 50 år til at bekæmpe ukrudt i korn og i øvrigt også i græsplæner. Efter at der er indført et delvist forbud i 1997, er indholdet i regnvandet næsten forsvundet. For denne stofgruppe har forbudet altså haft en effekt. Det hænger muligvis sammen med, at disse stoffer bliver nedbrudt af sollyset, når de findes i atmosfæren. Lindan er mere stabil overfor sollysets nedbrydning, således at stoffet kan transporteres over lange afstande fra f.eks. Østeuropa eller Storbritannien, hvor det stadig anvendes.

De største belastninger af landjorden med de atmosfærebårne pesticider, som anvendes i Danmark, ligger på 30 til 50 mg pr.

ha pr. år. Den totale, målte belastning med anvendte pesticider ligger mellem nogle få og et par hundrede mg pr. ha pr. år. Man kan stille sig spørgsmålet, om dette pesticidindhold vil skade plante- eller dyrelivet på jorden. Hidtil har man ikke påvist effekter selv på følsomme plantearter, men det kan ikke afvises, at de mange kombinationer af pesticider kan have en stærkere effekt, eller at de små pesticidmængder kan skade plantesamfund på naturarealer, som lever under et stærkt stress på grund af konkurrencen med andre planter (Se iøvrigt temarapport 19/1998 s. 11).



*Konventionelt dyrket mark med hvede.  
(Foto: Henny Rasmussen/  
Danmarks JordbrugsForskning)*



### Pesticidrester i afgrøden

Før et pesticid godkendes til brug i Danmark, skal producenten demonstrere, at den anvendelse, man søger om ikke giver anledning til rester af pesticider i den høstede afgrøde, som overstiger "maksimalgrænseværdien". Maksimalgrænseværdien angiver en acceptabel rest af pesticider i afgrøden og fastsættes af Veterinær- og Fødevaredirektoratet. Grænseværdien skal sikre, at levnedsmidler ikke indeholder pesticidrester, der kan være sundhedsskadelige og desuden, at pesticidresterne holdes på det lavest mulige niveau.

Til den sundhedsmæssige vurdering benyttes ADI-værdier. ADI-værdien (Acceptabel Daglig Indtagelse) angiver den acceptable daglige indtagelse af et stof gennem et helt liv. ADI-værdien fastsættes ud fra en række dyreforsøg. Ved dyreforsøgene bestemmer

*Konventionelt dyrket mark med raps.  
(Foto: Henny Rasmussen/  
Danmarks JordbrugsForskning)*



man den højeste koncentration af pesticid i føden, som ikke har vist nogen virkning på forsøgsdyrene (NOEL= No Observed Effect Level). ADI-værdien bliver typisk fastsat til 1/100 af NOEL, idet 100 er en sikkerhedsfaktor. Maksimalgrænseværdien, MRL (Maximum Residue Limit) fortæller hvor meget, der maksimalt kan tillades af et givet pesticid i en given afgrøde, når den er klar til salg. Maksimalgrænseværdien fastsættes under hensyntagen til ADI-værdien og pesticidets anvendelsesmønster.

Det skal være undersøgt, hvor hurtigt pesticidet forsvinder fra afgrøden, når den er blevet sprøjtet. Ud fra disse undersøgelser kan man se, hvor meget restkoncentrationen er i afgrøden på høsttidspunktet. Den koncentration, som er tilbage efter sprøjtning ved "god landbrugspraksis", er udgangspunkt for fastsættelsen af grænseværdien, hvis den ikke giver anledning til overskridelse af ADI-værdien, og det gør den sjældent.

### Udvaskning af pesticider

I Danmark kommer over 99% af vores drikkevand fra grundvand. Der er derfor de senere år fokuseret meget på risikoen for, at pesticider skal vaskes ud af jorden og forurene denne ressource. Der er også krav om, at pesticider ikke må forurene overfladevand. Se også afsnittet om pesticider i vand.

Der er gennem de seneste år påvist en række pesticider i vandprøver hentet op fra grundvandet. Nogle af de stoffer, som har været mest omtalt i medierne, er ukrudtsmidlet atrazin og en nedbrydningsrest kaldet BAM af ukrudtsmidlet dichlobenil. Det sidste er solgt under navnene Prefix G og Casoron G.

Disse stoffer findes ofte i grundvandet, fordi de er benyttet til at holde ukrudtet væk på arealer, som er næsten frie for organisk materiale (humus) på overfladen. Det drejer

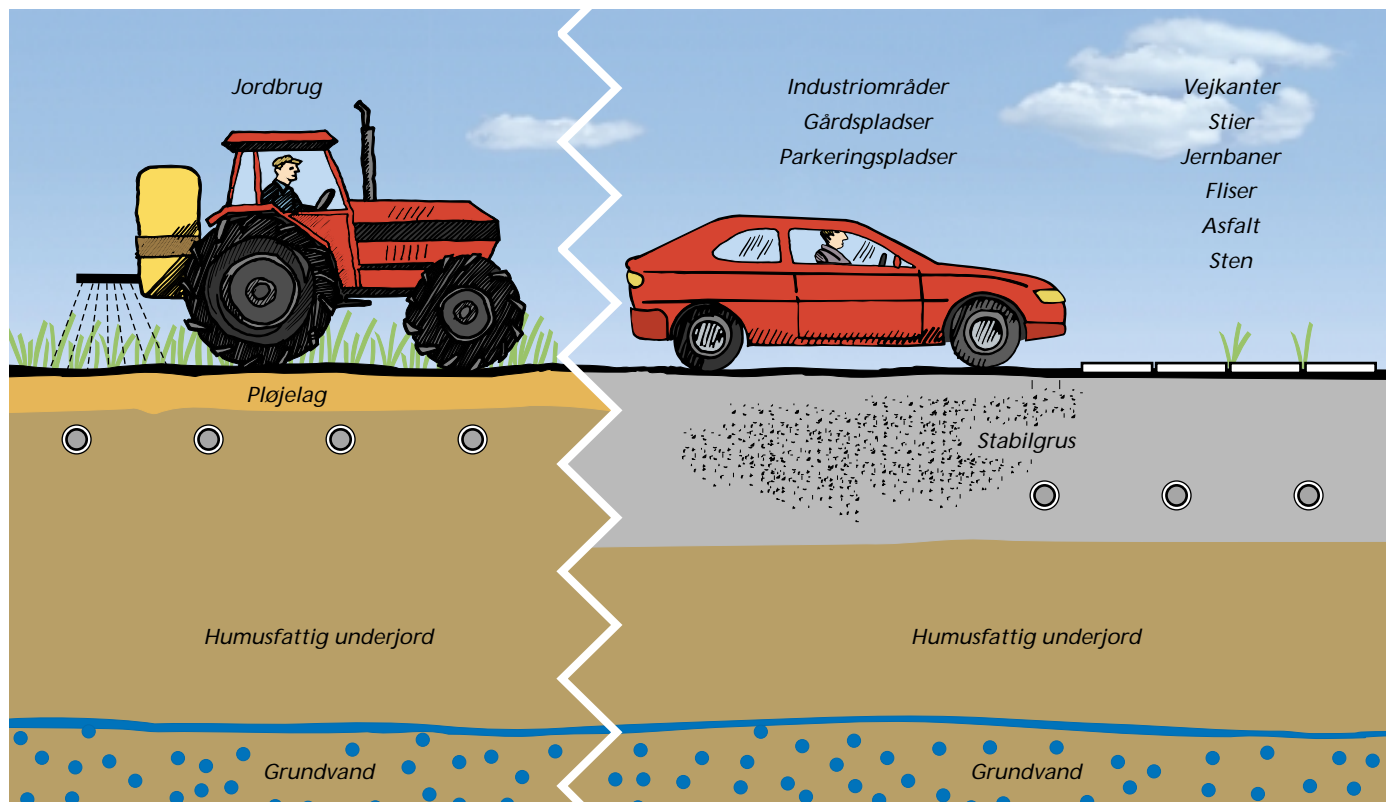
sig om parkeringspladser, gårdspladser, stier, vejkanter og flisebelagte områder, de såkaldte „befæstede“ arealer. Den principielle forskel, der er på disse miljøer, er vist på nedenstående figur. Det humusholdige pløjelag, som kan binde pesticiderne, er vist til venstre på figuren. I dette lag findes bakterier og svampe, som kan nedbryde pesticiderne. Disse mikroorganismer findes ikke på de områder, som er vist på højre side af figuren. Netop på sådanne områder har man brugt atrazin og dichlobenil i store mængder. Det er indholdet af humus i jorden, som har stor betydning for jordens evne til at fastholde langt de fleste pesticider. Der skal derfor ikke megen fantasi til at forestille sig, at risikoen for udvaskning er særligt stor på det man kalder de "befæstede" arealer. Det skyldes den dårlige binding kombineret med en langsom nedbrydning, og desuden har man brugt temmelig store mængder ukrudtsmiddel på disse områder.

Tabel 8, side 28, illustrerer bindingen af atrazin i en humusrig jord med 4,5% humus sammenlignet med en jord udtaget i ca. en meters dybde, og hvor der kun er 0,2% humus, svarende til en grusdækket parkeringsplads. Bindingen kan udtrykkes ved den såkaldte  $K_d$ -værdi. Den beregnes som forholdet mellem den koncentration af atrazin, der er bundet til jorden, og den koncentration af atrazin, der er i opløsning i jordvandet. Tabellen viser også bindingen af herbicidet glyphosat (Roundup) i grusmateriale fra en jernbaneunderbygning. Jo højere  $K_d$ -værdien er, jo bedre bindes stoffet.

Bindingen af bekæmpelsesmidler i jorden kan forøges med tiden, fordi stofferne efterhånden bevæger sig ind i mikroskopiske revner og hulrum i jordpartiklerne.

*Det humusholdige pløjelag kan binde pesticiderne. I pløjelaget er der mikroorganismer, der kan nedbryde pesticiderne.*

*Stabilgrus indeholder få mikroorganismer, og det er dårligt til at binde pesticiderne.*





Netop bindingen af pesticider er en af de egenskaber, som siger noget om, hvordan man kan forvente stoffet vil opføre sig i jorden, og hvor stor risiko det udgør for f.eks. grundvandet. Jo bedre stofferne bindes, jo mindre er risikoen for, at de nedvaskes i jorden.

Man skal dog tage hensyn til, at selv små partikler (kolloider) i et vist omfang kan nedvaskes i jorden gennem revner og sprækker, som specielt kan være udbredt på lerjorde – det kaldes makroporetransport. Sidder pesticiderne fast på disse små partikler, kan de i nogle tilfælde følge med ned gennem jorden. Hvor meget denne transport betyder for udvaskningen er vanskeligt at sætte tal på. Problemet undersøges, men de mest bundne stoffer er ikke påvist i grundvandet, medens drænvand måske kan forurennes selv af godt bundne pesticider.

Der kan yderligere ske en transport af pesticider med vand, der løber på jordoverfladen og lander i vandløb og søer. Man søger at forhindre, at vandmiljøet bliver forurenet på denne måde ved at indføre bræmmer langs vandløb og søer, hvor man ikke må dyrke jorden. Denne bræmme virker som et filter og nedsætter den overfladiske afstrømning. Miljøstyrelsen påbyder, at nogle stoffer ikke må anvendes nærmere end f.eks. 10, 20 eller 30 meter fra søer og vandløb, afhængigt af stoffernes egenskaber.

### Nedbrydning af pesticider

Heldigvis forsvinder pesticiderne som nævnt efterhånden fuldstændigt fra vort miljø, fordi de bliver nedbrudt. Det er

først og fremmest de bakterier og svampe (mikroorganismer), som lever i jorden, som er ansvarlige for denne nedbrydning. Mikroorganismene producerer de enzymer, som klarer nedbrydningen.

Den nedbrydning som enzymerne foretager, klipper gradvist pesticidmolekylet mindre og mindre. Til sidst ender nedbrydningen med, at de oprindelige byggesten (atomerne), hvoraf kulstoffet er det vigtigste, er bygget ind i mikroorganismene og i humus, eller er udskilt som kuldioxid (CO<sub>2</sub>). Hvis nedbrydningen ikke går helt til ende, men der først dannes en nedbrydningsrest med andre egenskaber end det oprindelige pesticid, så kan vi ende med et problem som de mange fund af nedbrydningsresten BAM fra dichlobenil. Figuren på side 29 viser hvordan nedbrydningsresten BAM er opstået under nedbrydningen af dichlobenil.

BAM findes ofte i grundvandet, medens moderstoffet dichlobenil ses meget sjældent. Det skyldes, at bindingen af selve ukrudtsmidlet dichlobenil er væsentligt større end bindingen af nedbrydningsproduktet BAM, og at BAM nedbrydes langsommere end dichlobenil.

I Miljøstyrelsens godkendelse af pesticider tager man højde for, at der kan være risiko for, at nedbrydningsrester kan udvaskes. For alle stoffer laves forsøg, som viser, om man kan udvaske nedbrydningsrester af stofferne fra små jordsøjler, som har indeholdt noget af stoffet i nogen tid (ældede prøver). Det betyder, at man kan se, om der dannes nogle stoffer, som udvaskes lettere end moderstoffet. Der laves også

Tabel 8. Binding af ukrudtsmidlet atrazin i jord fra pløjelaget og fra en meters dybde samt bindingen af glyphosat (Roundup) i jord fra en jernbaneunderbygning. Jensen et al. (1988), Torstensson & Lindholm (1988)

Pesticid	Jordtype	Humusindhold	Binding (K <sub>d</sub> -værdi)
Atrazin	Pløjelag	4,5 %	5,2
Atrazin	Underjord	0,2 %	0,1
Glyphosat	Jernbaneunderlag	0,1 %	26

udvaskningsforsøg under mere naturtro forhold i store kasser med jordblokke (lysimetre), som er udtaget uden, at man har forstyrret jordens struktur. I kasserne behandles jordoverfladen med pesticider, og der dyrkes planter i kasserne. Man kan derefter de næste par år opsamle det vand, der løber gennem jordblokkene, som typisk har en overflade på mellem en halv og en kvadratmeter og en dybde på ca. en meter. Denne type undersøgelser kaldes lysimeterforsøg.

I øvrigt skal Miljøstyrelsen kende nedbrydningsvejen, før et stof godkendes til brug i Danmark, og man ønsker ikke, at det tager mere end 3 måneder før halvdelen af stoffet er nedbrudt. Man siger, at *halveringstiden* skal være under 3 måneder.

## Nedbrydningen afhænger af miljøet

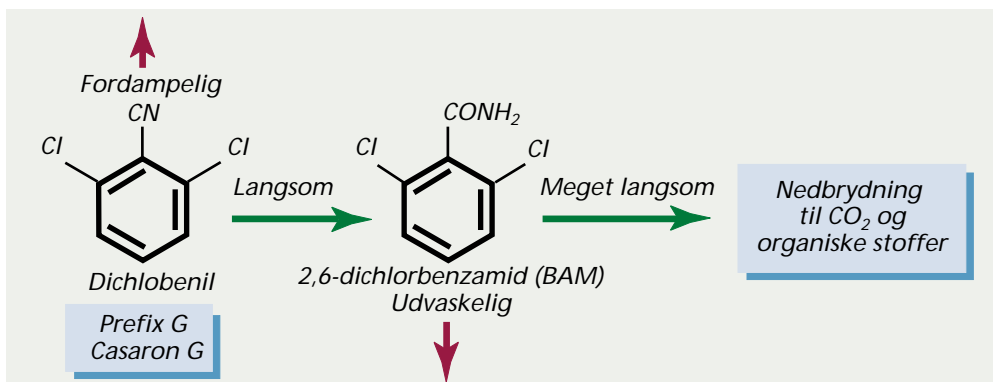
Som nævnt ovenfor er nedbrydningen af pesticider langsom i de befæstede områder, fordi der ikke lever nær så mange mikroorganismer i disse rene uorganiske jorde som i jord med et højt indhold af humus. På samme måde går nedbrydningen langsomt, hvis jorden tørrer ud, primært fordi mikroorganismene behøver vand til deres aktivitet. Mikroorganismene arbejder også meget langsomt om vinteren hvor temperaturen er lav, ofte under 0° C.

I landbruget skal man derfor være særligt forsigtig med, hvilke pesticider man udsprøjter om efteråret. Det må kun være stoffer, som enten nedbrydes meget hurtigt, eller som bindes så effektivt, at de ikke kan vaskes ud.

## Kontrollen med pesticiders spredning er en kompliceret sag

Afsnittet har demonstreret, at det er meget vanskeligt at have kontrol med spredningen af pesticider i miljøet. Når man f.eks. skal sikre, at grundvandet ikke indeholder pesticidrester, så er det mange forhold, man skal tage højde for: F.eks. pesticiders binding og nedbrydning, er der stabile nedbrydningsrester, hvordan er jordtypen, hvornår skal pesticidet anvendes og i hvor store mængder. Man skal altså i godkendelsen tage højde for, at vi lever i et meget komplekst miljø, og det er nødvendigt at se på den sum af påvirkninger, midlerne udsættes for.

Folketinget vedtog i 1998 at hæve afgifterne på salget af pesticider for at skaffe penge til mere forskning i økologiske dyrkningsmetoder og til forbedret overvågning af pesticidernes forekomst i miljøet. Blandt andet skal der opbygges et varslingsystem, som skal gøre det muligt for myndighederne på et tidligt tidspunkt at opdage, om der er risiko for, at pesticider kan udvaskes til grundvandet ved almindelig brug.



Nedbrydning af ukrudtsmidlet dichlobenil (Casaron G og Prefix G) til nedbrydningsresten (metabolitten) BAM (2,6-dichlorobenzamid). Figuren viser også stoffernes relative nedbrydningshastigheder og evne til at fordampe eller blive udvasket.

# Pesticidforurening fra punktkilder

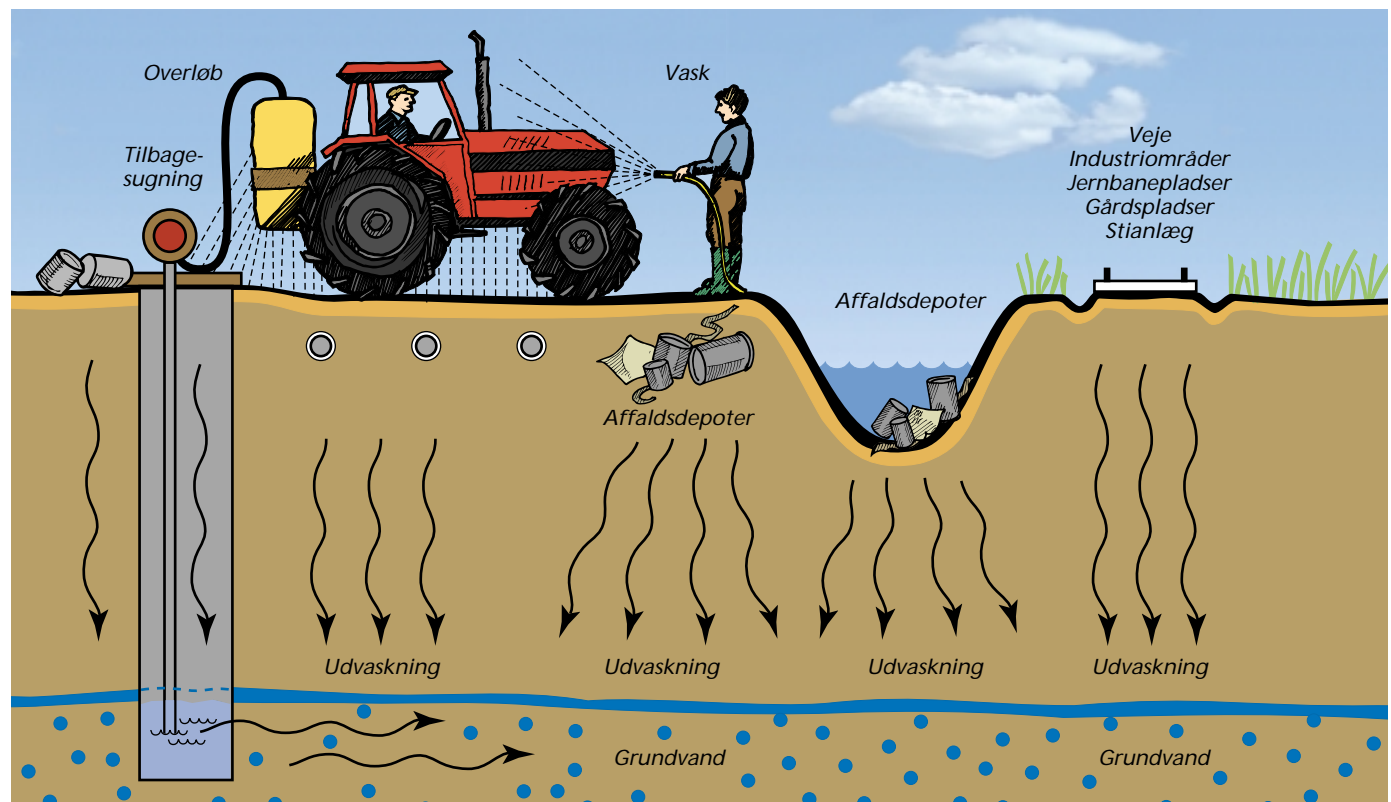
Figuren viser en direkte forureningsrisiko ved tilbagesugning under fyldning af sprøjten og en mere indirekte forureningsrisiko ved spild, afskylning af sprøjtede jordoverflader nær brønde og boreringer og de høje pesticidkoncentrationer, som kan forekomme, hvor man har påfyldt pesticider eller vasket og skyllet sprøjter og traktorer.

Risikoen for forurening af brønde og boreringer og af drænafløb fra gårdspladser er meget nærliggende. Der er set direkte forureninger af brønde og boreringer ved spild af sprøjtevæske, og ved tilbagesugning under fyldning af sprøjter. Der er en nærliggende risiko for nedsvivning til grundvandet de steder, hvor man fylder sprøjter og foretager vask og skylning af sprøjte og traktorer.

## Overfladisk afskylning til brønde og boreringer

Ofte findes brønde og boreringer i nærheden af beboelser, f.eks. på gårdspladser og nær pumpehuse. Normalt er disse områ-

der af „æstetiske årsager“ og for at begrænse forbruget af arbejdskraft holdt fuldstændig fri for ukrudt ved hjælp af kemiske midler (herbicider). Hvis man til at fjerne ukrudt på gårdspladsen har anvendt en dosering der svarer til 2 kg herbicid pr. ha vil det svare til 0,2 g pr. m<sup>2</sup>. Hvis blot herbicider fra 1 m<sup>2</sup> bliver skyllet af overfladen og ender i brønden, vil det være nok til at bringe en vandmængde på 2.000m<sup>3</sup> op på grænseværdien for pesticider i drikkevand. Eksemplet viser, hvor vigtigt det er at holde en direkte anvendelse af pesticider på jordoverfladen i en sikker afstand fra brønde og boreringer. Ved ikke at anvende pesticider nærmere end



10 meter fra brønde og boreriger, og ved at brønde og boreriger yderligere sikres ved en tæt brøndring eller jordvold i mindst 10 cm's højde er det muligt at reducere denne form for forurening.

## Forurening ved fyldning af sprøjter nær brønde og boreriger

Hvis påfyldninger sker direkte fra en vandforsyning, og hvis man under fyldning af sprøjten lader vandslangen dykke ned i sprøjtevæsken, er der en risiko for at sprøjtevæske kan suges tilbage i ledningsnettet under driftsstop, på grund af tilbageløb ved hævertvirkning. Der kan også ske grundvandsforureninger, hvis sprøjtefyldning og -vask og i det hele taget håndtering af pesticider sker nær boreriger og brønde. Risikoen for denne direkte forurening skyldes primært, at brønde og boreriger sjældent er beskyttet tilstrækkeligt effektivt mod direkte vandnedtrængning fra overfladen. Der kan derfor ske nedsivning langs borerør eller brøndens sider. Desuden er der på gårdspladser og omkring brønde sjældent bevoksning og muldlag, der kan tilbageholde stofferne. Ved at undgå håndtering af koncentrerede eller opblandede pesticider nærmere end 10 m fra brønde og boreriger reduceres risikoen for forurening. For at forhindre tilbagesugning skal vandtilførsel ske fra reservoir, eller tilledningen skal indrettes således, at slangen ikke kan nå sprøjtevæsken og pumpen skal være forsynet med tilbageløbsventil, der gør tilbagesugning umulig.

Mange af disse forureningskilder er nu fjernet ved den moderne håndtering af sprøjtemidler, så nogle af de fund, vi nu gør i grundvand og vandløb, kan stamme fra tidligere praksis.

## Potentiel forurening fra vaske- og fyldepladser

Fyldning af sprøjter og ikke mindst vask af traktor og sprøjte og bortskaffelse af mindre rester af opblandet sprøjtevæske udgør en alvorlig risiko for grundvandsforurening. Den opblandede sprøjtevæske vil typisk indeholde 1-5 g pr. liter, eller ca. 0,02 g pr liter for „minimidler“. Udtømning af en sprøjterest på f.eks. 30 liter vil derfor betyde en potentiel pesticidrest på 30-150 g udtømt på mindre end 1 m<sup>2</sup>. Hvis det drejer sig om „minimidler“, vil den tilsvarende mængde være ca. 0,6 g i 30 liter. Dette kan medføre en meget høj koncentration på et lille område, med risiko for meget langsom nedbrydning og accelereret udvaskning på grund af nedtrængning af vaskevandet. Spild af selv små mængder koncentreret sprøjtemiddel vil

*Sprøjten fyldes.  
(Foto: Henny Rasmussen/  
Danmarks JordbrugsForskning)*





*Pesticiddunke skal opbevares, så uvedkommende ikke kan få fat i dem, og så forurening ved brand undgås. Rester og tomme dunke afleveres på kommunens modtagestation.*

*(Foto: Henny Rasmussen/  
Danmarks JordbrugsForskning)*

*Når sprøjten vaskes bør det ske, hvor vaskevandet kan opsamles, eller på bevoksede arealer, hvor nedbrydning af pesticider forløber hurtigere.*

*(Foto: Henny Rasmussen/  
Danmarks JordbrugsForskning)*

tilsvarende betyde en stærkt forøget udvaskningsrisiko. Hvis spildet så yderligere sker på traditionelle fylde- og vaskepladser, hvor overfladen ofte er dækket af grus eller perlesten og med et meget tyndt eller intet muldlag eller bevoksning, så er udvaskningsrisikoen yderligere forværret. Der er foretaget flere undersøgelser af jorden under vaskepladser. Indholdet af pesticider i jorden og i det nedsivende vand har været meget stort selv mange år efter, at man er stoppet med at bruge pladsen til fyldning og skylning af sprøjter. Under en vaskeplads ved Skælskør er der fundet indhold af pesticider i vandet 5 til 10 meter under jordoverfladen i koncentrationer op til 700 mikrogram pr. liter eller 7000 gange over, hvad der er tilladt i drikkevand.

## Opbevaring

I forbindelse med gårdbrande og brand i pesticidlagre er der stor risiko for forurening med pesticider. Det sker jævnligt, at de store mængder vand, der bruges til slukning af ildebrande fører til afskylning og udvaskning af pesticider med risiko for, at grundvandet og nærliggende vandløb og søer forurenes.



## Væksthuse

I gartneriernes væksthuse bruges der store mængder pesticider. Desuden gødes og kunstvandes planterne for at give dem de bedste vækstbetingelser. Overskydende vand fra kunstvandingen kan indeholde pesticidrester, der er skadelige for dyr og planter. Hvis vandet ikke opsamles, men via dræn og kloaker ledes til vandløb eller havner i grundvandet, kan det få meget uheldige følger. I en række tilfælde er vandløbenes dyreliv blevet slået ihjel, efter at sprøjtemiddelrester fra væksthuse er havnet i bække og åer.

## Nedgravet affald

Indtil 1970'erne var det almindelig godkendt og anbefalet praksis, at emballage og sprøjtemiddelrester skulle nedgraves eller anbringes på losseplads. Senere undersøgelser af udtrængende vand fra gamle lossepladser har vist indhold af blandt andet phenoxysyrer, der fra 1950'erne er blevet brugt i stor stil. En del af de fund af pesticider, der er gjort i brønde, overfladevand og grundvand kan formentlig tilskrives udsivning fra vaske- og fyldepladser og fra nedgravet pesticidaffald rundt omkring ved gårdene.

*Sprøjtning af potteplanter med håndsprøjte.*

*(Foto: Henny Rasmussen/  
Danmarks JordbrugsForskning)*





# Kan vi nedsætte miljøbelastningen fra pesticiderne ?

## Direkte effekt af pesticider

Den direkte effekt af pesticiderne er den skade, der sker på dyr og planter som et resultat af kontakten med pesticiderne. Virkningen rammer ikke kun de organismer, der skulle bekæmpes, men også mange andre dyr og planter, som findes på markerne, og som enten er harmløse i forhold til afgrøden eller måske endda nyttige, som f.eks. mariehøns, der spiser bladlus.

Plante- og dyrelivet uden for de sprøjtede marker bliver også påvirket af pesticider. Hegn, diger, gærder m.m. er småbiotoper, som kunne være fristeder for vilde planter

og dyr. Deres beliggenhed tæt ved markerne gør dem imidlertid meget udsatte for påvirkning af pesticider ved vinddrift. De direkte forgiftninger af vildt og fugle, som har spist bejdsede frø eller sprøjtede afgrøder, er blevet sjældne efter at de mest giftige midler er blevet forbudt. Forgiftning af bier er også blevet sjældnere. Det skyldes dels, at pesticider, der er giftige for bier, skal mærkes på etiketten, og dels, at mange insektmidler virker afskrækkende på bierne. Hvis man sprøjter uden for biernes flyvetid, vil bierne bagefter holde sig væk fra de sprøjtede blomster, indtil insekticidet er nedbrudt.

*Mariehøns og deres larver gør gavn ved at spise bladlus.  
(Foto: Jørn Pagh Berthelsen/DMU)*





*Resultatet af en hårdhændet herbicidbehandling af de vilde planter.*

*Vejkanterne kan ellers være frodige småbiotoper for vilde planter og dyr, som vist på side 36.  
(Fotos: Anna Bodil Hald/DMU)*





## Kan vi nedsætte miljøbelastningen fra pesticiderne?



*Et stengærde, som ikke bliver sprøjtet, kan være levested for mange forskellige planter og smådyr.  
(Fotos: Anna Bodil Hald/DMU)*





## Langsigtet virkning af sprøjtning

På længere sigt falder antallet af dyr og planter i det dyrkede land. Undersøgelser har vist, at antallet af forskellige arter af ukrudtsplanter er faldende. Fra 1964 til 1989 er indholdet af spiredygtige ukrudtsfrø i jorden således faldet fra gennemsnitligt 12,1 til 4,8 arter. Optællingerne er lavet på udsnit af de samme marker begge år. Denne reduktion er selvfølgelig et væsentligt formål med selve herbicidsprøjtningen, men det har alvorlige konsekvenser for en række dyr, som enten lever af ukrudtet eller lever af de dyr, der lever på ukrudtet. Det gælder f.eks. rovinsekter og fasaner og agerhøns. Lærker har også sværere ved at finde føde i sprøjtede områder, og det nedsætter ynglesuccesen. Lærker og andre fuglearter har derfor været i tilbagegang i agerlandet.

## Kan sprøjtning øge behovet for sprøjtning?

Brugen af pesticider kan paradoksalt nok også øge behovet for yderligere sprøjtning. F.eks. er det vist, at herbicidet isoproturon kan give en betydelig opformering af mældug i korn og samtidig øge mængden af bladlus. Et vækstreguleringsmiddel, ethephon, øgede også antallet af bladlus. Sådanne effekter er afhængige af vejret, afgrøden, skadevolderen, de pesticider, der anvendes og også mængden af gødning og kunstvanding, så det kan være svært at opnå entydige resultater. Der er dog en klar tendens til, at øget gødning med kvælstof, kunstvanding og brug af pesticider hver for sig og i samspil med hinanden kan resultere i et øget behov for sprøjtning.

*Lærker og andre fugle kan have svært ved at finde føde i de sprøjtede marker.*

*(Foto: Anders Riis/DMU)*



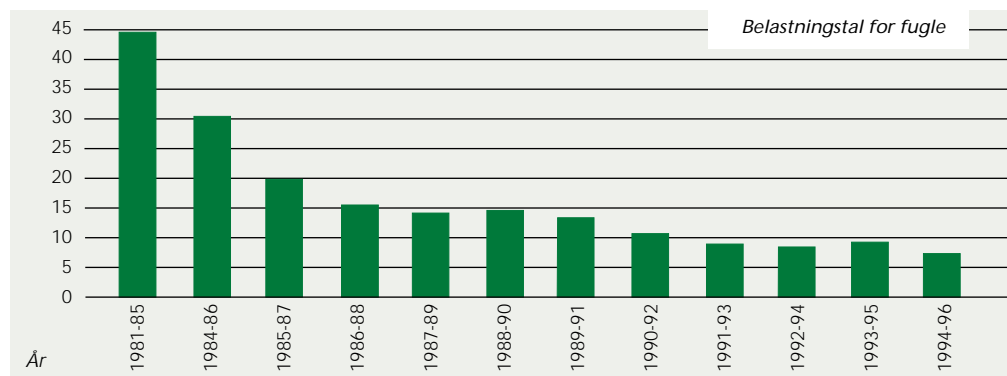
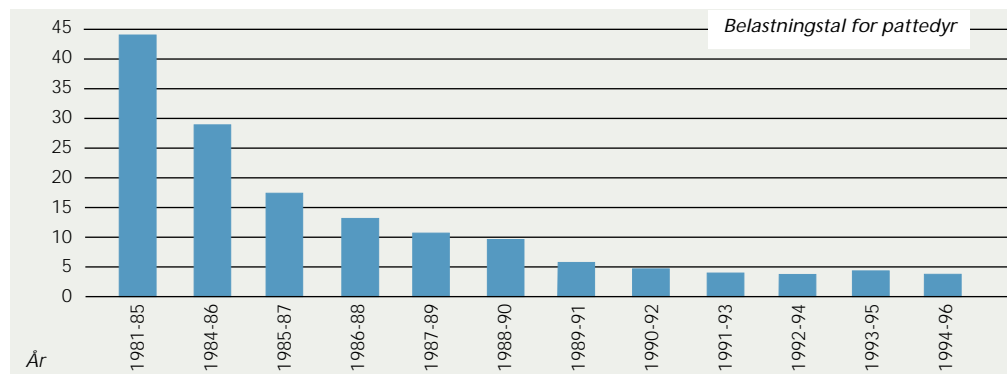
## Ændring af sprøjtemidlerne

Et af målene i miljøministerens handlingsplan fra 1986 var at lede forbruget af pesticider over mod midler, der var mindre skadelige for miljø og sundhed. Det er ikke helt enkelt at sige, om udviklingen er gået i den retning. Man kan dog få en overordnet

vurdering af udviklingen ved at se på de såkaldte belastningstal. Ved beregning af belastningstallene har man vægtet brugen (salget) af de enkelte midler med deres giftighed og det areal, de er sprøjtet ud over. Summen af belastningstal for de enkelte år kan så vise, om belastningen har været faldende i en periode m.h.t. en bestemt effekt.

Eksempler på substitution af sundheds- og miljøskadelige stoffer.

Gammelt stof	Nyere stof
<p><b>Parathion</b> Insekticid, der er meget giftigt for både insekter, pattedyr og fugle</p>	<p><b>Pyrethroider</b> Gruppe af insekticider, der er meget giftige for insekter, men ikke så giftige for pattedyr og fugle. De er dog også giftige for fisk og krebsdyr</p>
<p><b>Phenoxysyreforbindelser</b> Gruppe af herbicider, der er fundet mange steder i grundvandet</p>	<p><b>Sulfonylureaforbindelser</b> Gruppe af herbicider, som er aktive i meget lave doser. Derfor kan der udvaskes mindre stof til grundvandet</p>



Den relative belastning af miljøet med pesticider kan udtrykkes ved belastningstal. Figurerne viser, at anvendelsen af pesticider er blevet mindre giftig for pattedyr og fugle.

Figurerne på side 38 viser, at med hensyn til giftigheden for pattedyr og fugle er der sket et markant fald i belastningstallet. I andre tilfælde er tendensen ikke helt så tydelig.

I den periode, der er set på, er en del pesticider blevet forbudt eller er blevet trukket tilbage af firmaerne. Det er især de mest giftige midler, og de midler, der giver størst risiko for udvaskning til grundvandet. Resultatet af dette kan ses på belastningstallene.

### Nye sorter kan medvirke til nedsættelse af pesticidforbruget

Ved at fremme planternes evne til at modstå sygdomme kan behovet for brug af pesticider formindskes. For eksempel forædles kornsorterne til stadighed, så de bedre kan modstå angreb af svampesygdomme. Genmodificering er en anden metode, som bruges til at ændre planternes egenskaber for at gøre dem mere modstandsdygtige (resistente) over for angreb af sygdomme eller skadedyr. Metoden anvendes også til at gøre planter tolerante over for et bestemt pesticid, så man kan sprøjte en mark mod ukrudt uden at skade afgrøden.



*Udyrkede arealer langs vandløb beskytter vandløbene mod forurening med pesticider.  
(Foto: Niels Westergaard Knudsen/Biofoto)*



### Mere præcis sprøjtning kan nedsætte pesticidforbruget

Gennem nogle år var plansprøjtning almindelig. Det betød, at landmanden på fastlagte tidspunkter sprøjtede mod ukrudt og insekt- og svampeangreb. Det er man i dag gået væk fra. I stedet udføres behovsbestemt sprøjtning, hvor angreb på afgrøderne bekæmpes, når de viser sig. Til at hjælpe sig kan landmanden blandt andet bruge computerbaserede beslutningsværktøjer, og internet til vejledning om sprøjtetidspunkter og doseringer. Ofte kan det være tilstrækkeligt at bruge en lavere dosering end den, der er anbefalet af producenten af sprøjtemidlet.

For yderligere at nedsætte pesticidforbruget kan man pletsprøjte. Det vil sige, at man kun sprøjter de områder i marken, der er angrebet af f.eks. ukrudt. I dag arbejdes der på at

udvikle sensorer, der registrerer ukrudtet og så aktiverer en sprøjte, der præcist rammer de steder, hvor ukrudtet er.

### Ny teknik

En anden måde at reducere pesticidforbruget på er at fjerne ukrudt mekanisk. Ved at så afgrøden på rækker med større mellem-

*Der er i dag computerbaserede beslutningsværktøjer til rådighed, der hjælper landmanden med de rigtige behandlinger af marken, bl.a. nedsatte sprøjtedoseringer.*

*(Foto: Henny Rasmussen/  
Danmarks JordbrugsForskning)*

*Radrensning kan bruges til at fjerne ukrudt fra marken.*

*(Foto: Henny Rasmussen/  
Danmarks JordbrugsForskning)*



rum, kan man med en radrenser fjerne ukrudtet mellem rækkerne og på den måde spare ukrudtsmidler. Til bekæmpelse af ukrudtet i selve rækkerne arbejdes der på at udvikle højteknologiske sensorer, der kan kende forskel på afgrøde og ukrudt, så kun ukrudtet rammes. Et andet redskab er ukrudtsstriglen, der bruges til at fjerne ukrudt fra marken inden afgrøden rigtigt er konkurrencedygtig over for ukrudtet.

Nye sprøjtetyper kan også medvirke til at begrænse miljøbelastningen. En tank med rent vand til skylning af sprøjten i marken er et af fremskridtene på dette område. På visse nye sprøjtetyper blandes sprøjtevæsken først ved selve udsprøjtningen. På den måde undgås det, at der blandes mere sprøjtevæske, end der er brug for, og man undgår derved problemer med bortskaffelse af sprøjtemiddelrester. Samtidig er det også nemmere at rengøre sprøjten, da vandtanken er ren.

Sprøjtning foretages ved at køre hen over afgrøden med sprøjten med lav fart, typisk 1-6 km i timen. Sprøjtevæsken presses gennem dyser på sprøjtebommen, der forstøver sprøjtevæsken til en tåge, der lægger sig hen over planterne. Den størst mulige mængde af det udsprøjtede sprøjtemiddel skal ramme ukrudtet, skadedyrene eller de svampeangrebne områder. For at forbedre nedtrængningen i afgrøden kan der anvendes lufttilsætning, så sprøjte-tågen nærmest blæses nedad mod jorden. På den måde kan der spares på doseringen og vinddriften bliver også mindre, så miljøbelastningen alt i alt nedsættes.

### Vaske- og fyldepladser

Der er mulighed for at lade fyldning og vask af sprøjter ske under forhold, som stærkt reducerer udvaskningsrisikoen. Små rester af sprøjtevæske samt første hold skyllevand kan udsprøjtes på marken eller på bevokset område. Desuden er der i alle kommuner

modtagestationer for kemikalieaffald, hvor landmanden kan slippe af med sine sprøjtemiddelrester. Fyldning af sprøjter og vask af sprøjter og traktorer bør ske på særlige områder. På den enkelte ejendom kan der f.eks. indrettes „biobede“, hvor pladsen består af en støbt beholder eller en udgravning tætnet med en membran i bunden. Biobedet fyldes med en blanding af halm, sphagnum og jord og dækkes med et tæt græstæppe. Der kan også indrettes en støbt betonplads med opsamlingsmulighed, så spild kan oppumpes og udsprøjtes, eller der kan etableres et større græsdykket areal, så vask og skylning kan foretages på forskellige steder.

### Uddannelse

Alle, der erhvervsmæssigt bruger pesticider, skal have et sprøjtecertifikat. For at få certifikatet skal de have gennemgået et sprøjtekursus. På disse kurser undervises i, hvordan pesticiderne påvirker sundhed og miljø og hvordan man ved god sprøjtepraksis kan begrænse denne påvirkning mest muligt.

*Billedet viser, hvordan vask og skylning af sprøjten kan ske over et såkaldt biobed, der er en støbt beholder med plantemateriale, der kan nedbryde pesticidet. Spild fra sprøjten kan ses på jorden i biobedet, hvor græsset er gået ud. (Foto: Lennart Torstensson/ Landbrugsuniversitetet, Uppsala)*



# Hvad siger loven om pesticider ?

- Bekæmpelsesmidler (pesticider) skal være godkendt af Miljøstyrelsen, før de må sælges, anvendes eller markedsføres.
- Hvilke stoffer og produkter, der er omfattet af godkendelse er angivet i Bilag 1 i Lov om kemiske stoffer og produkter.
- Godkendelsen sker efter retningslinjerne i Bekendtgørelse om Bekæmpelsesmidler.
- For at få godkendt et pesticid skal producenten eller importøren give en lang række oplysninger om midlet og det aktive stof, dels om de fysiske kemiske egenskaber, dels om anvendelsesområde og dels om mulige effekter på sundhed og miljø.
- Oplysningerne skal dokumenteres med rapporter fra de undersøgelser, der ligger til grund for oplysningerne.
- Godkendelserne er tidsbegrænsede
- Godkendelsen sker på nærmere fastsatte vilkår. Her angives mere præcist, hvad midlet må bruges til. Der kan også stilles krav om, at midlet ikke må bruges nærmere end f.eks. 10, 20 eller 30 m. fra søer og vandløb, eller at det kun må bruges på bestemte årstider.
- Nogle pesticider er forbudt at sælge og anvende i Danmark. De er angivet i bilag 2 til Lov om kemiske stoffer og produkter.
- Alle, der udfører erhvervmæssig bekæmpelse med pesticider, skal have et sprøjtecertifikat.
- Ejere og brugere af jordbrugsbedrifter (dog ikke skove) skal føre journal over deres anvendelse af plantebeskyttelsesmidler.
- Plantedirektoratet foretager eftersyn af sprøjteudstyr, der skal anvendes i jordbrug (dog ikke skove).

## LISTE OVER STOFFER OG PRODUKTER, SOM ER OMFATTET AF LOVENS KAPITEL 7<sup>1)</sup>

### 1. Bekæmpelsesmidler

#### A. Kemiske stoffer og produkter, som er bestemt til bekæmpelse af

- a. plantesygdomme,
- b. træødelæggende svamp,
- c. uønsket plantevækst,
- d. algevækst,
- e. slimdannende organismer i papirmasse,
- f. følgende laverestående dyr:
  1. dyr, der må anses som skadelige for nytte- og kulturplanter,
  2. utøj hos husdyr, herunder stuefugle,
  3. skadedyr i korn, kornprodukter, foderstoffer og frø,
  4. tekstilskadedyr,
  5. skadedyr i tømmer og træværk,
  6. insekter, snegle, mider og lignende og
  7. regnorme og
- g. følgende pattedyr: kaniner, mosegrise, muldvarpe, mus og rotter.

#### B. Kemiske afskrækningsmidler

Kemiske stoffer og produkter, som er bestemt til at forebygge skader, der forårsages af de under A. f og g. nævnte skadedyr samt af vildtlevende pattedyr og fugle, eller bestemt til at holde disse dyr borte fra steder, hvor de ikke er ønskede.

#### C. Kemiske plantevækstreguleringsmidler

Kemiske stoffer og produkter, som uden at være egentlige plantenæringsstoffer eller grundforbedringsmidler er bestemt til at regulere planters vækst eller udvikling eller frøenes modning såsom

- a. nedvisningsmidler,
- b. respirations- og spiringshæmmere,
- c. vækstretarderingstoffer,
- d. roddannere,
- e. blomster- og frugtdannere,

Bilag fra „Lov om kemiske stoffer og produkter“, som angiver, hvad man skal forstå ved bekæmpelsesmidler og hvilke aktivstoffer, der ikke må anvendes i bekæmpelsesmidler i Danmark.



- f. spiringsfremmere,
- g. blomstringssinkere,
- h. uddyndingsstoffer,
- i. hold-faststoffer,
- i. podedhjælpere.

**D. Mikrobiologiske plantebeskyttelsesmidler**  
 Plantebeskyttelsesmidler, hvor aktivstoffet består af levende mikroorganismer, herunder vira, og hvor aktivstoffets virkemåde beror på mikroorganismernes selv eller på et eller flere stoffer produceret af disse.

## 2. Plantebeskyttelsesmidler

Ved plantebeskyttelsesmidler i kapitel 7 forstås kemiske eller mikrobiologiske stoffer og produkter, der har et eller flere af følgende formål:

- at beskytte planter eller planteprodukter mod skadegørere eller at forebygge sådanne skadegøreres angreb,
- at øve indflydelse på planters livsprocesser på anden måde end som ernæring (fx som vækstregulerende midler),
- at bevare produkter, som stammer fra planter, der er uforarbejdede eller forarbejdede ved simple metoder såsom formaling, tørring eller presning og for hvilke der ikke findes særlige Fællesskabsbestemmelser om konserveringsmidler,
- at ødelægge uønskede planter, at ødelægge plantedele, eller at bremse eller forebygge uønsket vækst af planter.

### Liste A

Aktivstoffer, som ikke må anvendes i Danmark i bekæmpelsesmidler eller grupper heraf:

#### Plantebeskyttelsesmidler:

- 2,4-D (al efterårsanvendelse og den forårsanvendelse, der årligt afsætter mere end 1 00 gram aktivstof/ha på jordoverfladen)
- atrazin
- captan
- cyanazin
- dazomet (til jorddesinfektion)
- deltamethrin
- diazinon (til udendørs anvendelse) dichlobenil
- dichlorprop (al efterårsanvendelse og den forårsanvendelse, der årligt afsætter mere end 60 gram aktivstof/ha på jordoverfladen)
- dichlorprop-P (al efterårsanvendelse, og den forårsanvendelse, der årligt afsætter mere end 60 gram aktivstof/ha på jordoverfladen)
- dichlorvos
- diquat
- fenarimol
- guazatin
- hexazinon
- iprodion
- lindan
- maleinhydrazid (som kaliumsalt)
- MCPA (al efterårsanvendelse og den forårsanvendelse, der årligt afsætter mere end 100 gram aktivstof/ha på jordoverfladen)
- mechlorprop (al efterårsanvendelse og den forårsanvendelse, der årligt afsætter mere end 1 00 gram aktivstof/ha på jordoverfladen)
- mechlorprop-P (al efterårsanvendelse og den forårsanvendelse, der årligt afsætter mere end 1 00 gram aktivstof/ha på jordoverfladen)
- paraquat
- propachlor
- thiabendazol (til udendørs anvendelse)
- thiophanat-methyl (som sprøjtemiddel)
- thiram
- trifluralin
- vinclozolin
- ziram

### Liste B

Aktivstoffer, som det er forbudt at markedsføre eller anvende i bekæmpelsesmidler eller grupper heraf i henhold til international forpligtelse eller aftale:

#### I. Kviksølvforbindelser:

1. Mercurioxid
2. Mercurichlorid (calomet)
3. Andre uorganiske kviksølvforbindelser
4. Alkyl-kviksølvforbindelser
5. Alkoxyalkyl- og arylkviksølvforbindelser

#### II. Bestandige organiske forbindelser

1. Aldrin
2. Chlordan
3. Dieldrin
4. DDT
5. Endrin
6. HCH med under 99,0% gammaisomer
7. Heptachlor
8. Hexachlorbenzen
9. Camphechlor (Toxaphen)

#### III. Andre forbindelser:

1. Ethylenoxid
2. Nitrofen
3. 1,2-dibromethan
4. 1,2-dichlorethan
5. Dinoseb samt acetater og salte heraf
6. Binapacryl
7. Captafol
8. Dicofol, der indeholder mindre end 78% p,p'-dicofol eller over 1g/kg DDT og hermed beslægtede forbindelser
9. Maleinhydrazid og salte heraf, undtagen cholin-, kalium-, og natriumsalte
  - b) Cholin-, kalium- og natriumsalte af maleinhydrazid, der indeholder over 1 mg/kg frit hydrazin udtrykt som syre-ækvivalenter
10. Quintozen, der indeholder over 1g/kg hezachlorbenzen eller over 10g/kg pentachlorbenzen.



# Sammenfatning

Pesticider anvendes overalt i samfundet til bekæmpelse af uønsket plantevækst, insekter og svampe m.m. (skadevoldere). Den største anvendelse finder sted i det konventionelle landbrug. Pesticiderne udsprøjtes med særligt apparatur, der er tilpasset brug i forskellige slags afgrøder og forskellige arealstørrelser. Pesticidhandlingsplanen kræver en halvering af landbrugets pesticidforbrug sammenlignet med forbruget i en referenceperiode (1981-85). Forbruget af pesticider i Danmark har været faldende, hvis man ser på mængden af aktivt stof, der anvendes, men der sprøjtes stadig næsten lige så ofte som i referenceperioden, så handlingsplanens mål er derfor ikke opfyldt.

Ideelt set skulle pesticiderne kun ramme de skadevoldere, der skal bekæmpes, men pesticiderne rammer mere bredt, og på forskellig vis spredes de i miljøet. Der er fundet en række forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter i jord, regnvand, vandhuller og vandløb, drænvand og grundvand.

Pesticider kan spredes i miljøet i forbindelse med udsprøjtningen eller som følge af processer i miljøet efter udsprøjtningen eller ved forurening fra punktkilder.

Efter pesticidet er sprøjtet ud, kan det spredes til omgivelserne ved forskellige fysisk kemiske processer. Nogle pesticider kan fordampe og blive ført med vinden over længere strækninger og blive optaget i regnvand. En del af sprøjtevæsken rammer jorden, hvor pesticidet kan bindes til jordpartikler eller blive udvasket til vandløb eller grundvand. Pesticiderne bliver nedbrudt især af mikroorganismer som bakterier og svampe. Mikroorganismer findes alle veg-

ne, men der er særligt mange i de øverste lag af jorden, hvor nedbrydningen går hurtigst. De afgrøder, der bliver sprøjtet, indeholder også pesticider, men koncentrationen falder, fordi pesticiderne bliver nedbrudt. Der bliver sat grænseværdier for indholdet af pesticider i levnedsmidler. Grænseværdien sikrer, at der ikke er sundhedsskadelige rester af pesticider i levnedsmidler, når de bliver høstet. I drikkevand er der en fælles grænseværdi i hele EU på 0,1 mikrogram pr. liter for de enkelte pesticider og 0,5 mikrogram pr. liter for summen af pesticider, hvis der er flere til stede.

Punktkilder udgør en særlig risiko for spredning af pesticider i miljøet. Det kan for eksempel være: Påfyldnings- og rengøringspladser, hvor der spildes koncentreret pesticid eller større mængder vaskevand med pesticidrester i. Tilbagesugning af pesticidblanding i ledningsnettet ved påfyldning af vand i tanken. Sprøjtning for tæt på brønde og borer. Rengøring af væksthuse, der har været pesticidbehandede. Nedgravet affald med rester af pesticider.

Pesticider er beregnet til at bekæmpe skadevoldere, som kan være dyr og planter, der skader afgrøderne eller planter, som ønskes fjernet af æstetiske eller dyrkningsmæssige årsager. Pesticider kan dog også have en direkte skadevirkning på andre dyr og planter end de, der ønskes bekæmpet. Der bliver færre plantearter på grund af den gentagne ukrudtssprøjtning, og mange dyr har svært ved at finde føde, fordi de lever af ukrudtet eller af de dyr, der lever på ukrudtet. Brugen af visse pesticider kan øge behovet for sprøjtning med andre pesticider. Generelt er pesti-

derne blevet mindre giftige for mennesker og pattedyr. Samtidig er der fremkommet nye midler, som er effektive i lave doser. Det har medvirket til at nedsætte mængden af anvendte pesticider uden, at det dog har givet færre sprøjtninger.

Omlægning til økologisk jordbrug er én måde til at nedsætte behovet for pesticider. I rapporten er der beskrevet flere måder til at nedsætte anvendelsen af sprøjtemidler inden for det konventionelle jordbrug. Behovet for sprøjtning kan nedsættes ved udvikling af nye sorter af afgrøder, som er mere modstandsdygtige overfor

angreb af svampesygdomme eller skadedyr. Forbruget af herbicider kan nedsættes ved ændrede dyrkningsteknikker, der giver mulighed for mekanisk ukrudtsbekæmpelse. Med brug af moderne sprøjteudstyr kan pesticidet fordeles mere præcist på de planter, der skal sprøjtes, så man får mindre spild på jorden og mindre vinddrift. Desuden kan EDB-styret vurdering af sprøjtebehovet reducere pesticidanvendelsen.

Rapporten beskriver, hvordan pesticider kan findes overalt i miljøet, og omtaler metoder til at nedsætte belastningen i fremtiden.



*Kornmarker sprøjtes flere gange gennem vækstsæsonen mod ukrudt, insekt- og svampeangreb. En række valmuer i kornmarken markerer en stribe, som ikke blev dækket ved ukrudtsprøjtningen. (Foto: Henny Rasmussen/ Danmarks JordbrugsForskning)*

# Litteratur

- Amphi Consult 1998: Pesticide influence on natural pond ecosystems. The case of breeding ponds of *bombina bombina*. 61 s. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen. Under trykning.
- Bekendtgørelse om bekæmpelsesmidler. Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 241 af 27. april 1998.
- Bekendtgørelse fra Landbrugsministeriet nr. 101 af 4. februar 1994 om grønne marker, sædskifte- og gødningsplaner samt gødningsregnskaber i jordbruget
- Bligaard, P., A. Helweg, L. Jørgensen og I. O'Reilly 1996 Grundbog for sprøjteførere. Landbrugets Informationskontor, Århus, 164 s.
- Clausen, H. 1998. Ændringer i bekæmpelsesmidlernes egenskaber fra 1981-1985 frem til 1996. Faglig rapport fra DMU, nr. 223, 62 s.
- Drikkevandsbekendtgørelsen: Miljøministeriets Bekendtgørelse nr. 515 af 29/08/1988 om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg.
- Felding, G. 1991. Udvaskning af pesticider fra juletræskulturer. 8. Danske Planteværnskonference. s. 231-243
- Felding, G. 1990. Resultater vedrørende udsivning af phenoxysyrer og phenoler fra udvalgte lokaliteter i Danmark samt udenlandske resultater vedrørende vandforurening med pesticider. 7. Danske Planteværnskonference, Pesticider og Miljø, Statens Planteavls forsøg, Planteværnscentret, s. 211-224.
- GEUS. 1997. Grundvandsovervågning 1997, 101 s.
- Helweg, A. (1994) Pesticidforskning i jordmiljøer. Miljøforskning, Nyhedsbrev fra SMP, nr. 10, marts 1994, s. 7-14.
- Helweg, A. (ed.) 1995. Pesticides in precipitation and surface water, TemaNord 1995:558, Nordisk Ministerråd, 188 s.
- Jensen, E.H., Jacobsen, C.S. og Helweg, A. (1988) Binding og udvaskning af atrazin i to danske jordprofiler. 5. Danske Planteværnskonference, Danmarks JordbrugsForskning, s 33-44.
- Jensen, C.B. og P. Paludan-Müller 1997. Økotoxikologi, Pesticider og østrogenretnende stoffer, Nucleus forlag, 72 s.
- Jensen, J. og H. Løkke 1998. Kemiske stoffer i landbruget. Temarapport fra DMU 19/1998, 30 s.
- Kirknel, E. og Felding, G. 1995. Pesticider i nedbør over Nordeuropa og Skandinavien 10. danske Planteværnskonference, s 39 – 53.
- Landbrugsministeriet. 1991. Statens Planteavl-forsøg. Vejledning i plantebeskyttelse i landbrugs- og specialafgrøder. 107 s.
- Lov om kemiske stoffer og produkter. Lovbekendtgørelse fra Miljø- og Energiministeriet nr. 21 af 16. januar 1996.
- Miljøministeriet 1986. Miljøministerens handlingsplan for nedsættelse af forbruget af bekæmpelsesmidler, 13 s.
- Miljøstyrelsen 1997. Bekæmpelsesmiddelstatistik 1996. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 10 1997, 39 s.
- Miljøstyrelsen 1998. Bekæmpelsesmiddelstatistik 1996. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 6 1998, 32 s.
- Miljøstyrelsen 1998. Oversigt over godkendte bekæmpelsesmidler. Orientering fra Miljøstyrelsen, nr. 3 1998, 176 s.
- Spliid, N.H. og B.B. Mogensen 1995. Udvaskning af pesticider fra landbrugsjord, Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen nr. 11, 105 s.
- Statens Planteavlsforsøg 1997. Pesticidanvendelsen i dansk landbrug 1987-1996, SP rapport nr. 11 marts 1997, 115 s.
- Torstensson, L. og Lindholm, O, 1988. Ogræsbe-kæmpning på banvallar. s 203-212. 29:e Svenska Ogräskonferencen, Uppsala.

# 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.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser  
Postboks 358  
Frederiksborgvej 399  
4000 Roskilde  
Tlf. 4630 1200  
Fax 4630 1114

*Direktion og Sekretariat  
Forsknings- og Udviklingssektion  
Afd. for Systemanalyse  
Afd. for Atmosfærisk Miljø  
Afd. for Miljøkemi  
Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Postboks 314  
Vejlsovej 25  
8600 Silkeborg  
Tlf. 8920 1400  
Fax 8920 1414

*Afd. for Terrestrisk Økologi  
Afd. for Sø- og Fjordøkologi  
Afd. for Vandløbsøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Grenåvej 12, Kalø  
8410 Rønde  
Tlf. 8920 1700  
Fax 8920 1514

*Afd. for Landskabsøkologi  
Afd. for Kystzoneøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Tagensvej 135,4.  
2200 København  
Tlf. 3582 1415  
Fax 3582 1420

*Afd. for Arktisk Miljø*

## *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 m.fl.* 41 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 tålegrenser for luftforurening, *Morten Strandberg 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 m.fl.*, 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... *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 Hendriksen 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.*, 63 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,-  
Nr. 19/1998 Kemiske stoffer i landbruget, *John Jensen & Hans Løkke m.fl.*, 32 sider, kr. 60,-  
Nr. 20/1998 Naturen og landbruget, *Rasmus Ejernæs m.fl.*, 76 sider, kr. 100,-  
Nr. 21/1998 Skov og vandløb, *Nikolai Friberg*, 32 sider, kr. 40,-  
Nr. 22/1998 Hvordan står det til med naturen? *Michael Stoltze*, 76 sider, kr. 100,-  
Nr. 23/1998 Gensplejsede planter, *Christian Damgaard m.fl.*, 40 sider, kr. 60,-  
Nr. 24/1999 Danske søer og deres restaurering, *Martin Søndergaard m.fl.*, 36 sider, kr. 50,-  
Nr. 25/1999 Tropisk biodiversitet - skov og mennesker i Ecuador, *Flemming Skov, m.fl.*, 56 sider, kr. 80,-

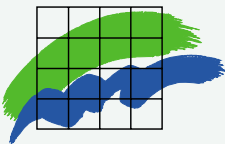
De enkelte hæfter i serien "TEMA-rapport fra DMU" beskriver resultaterne af DMU's forskning inden for et afgrænset område. Rapporterne er skrevet på letforståeligt dansk og henvender sig til alle, der er interesseret i miljø og natur. Serien er udformet så den kan bruges i undervisningen i folkeskolens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

Pesticider bruges især til bekæmpelse af ukrudt, svampe og insekter. I Danmark anvendes pesticiderne først og fremmest i konventionelt landbrug, men de bruges også i vore skove, gartnerier, kommunale anlæg og private haver.

Denne rapport vil give et overblik over brugen af pesticider i Danmark, hvordan de kan spredes i miljøet og hvad man kan gøre for at mindske miljøbelastningen med dem.

*Omslagsbilledet viser en marksprøjte, som er den mest anvendte sprøjtetype til alle typer af pesticider i markafgrøder. Højden på sprøjtebommen kan tilpasses efter højden af afgrøden.*

*(Foto: Henny Rasmussen/Danmarks JordbrugsForskning)*



Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser

