

# Udvikling i pesticiders belastning af miljøet i perioden 1986 til 2006

Kim Gustavson, Martine Reinhold Kildeby  
& Flemming Møhlenberg

DHI Vand Miljø Sundhed

Peter Borgen Sørensen

Danmarks Miljøundersøgelser - Århus Universitet

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indhold

|  |           |
|--|-----------|
| <b>FORORD</b>  | <b>5</b>  |
| <b>SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER</b>   | <b>7</b>  |
| <b>SUMMARY AND CONCLUSIONS</b>   | <b>9</b>  |
| <b>1 BAGGRUND</b>  | <b>11</b> |
| <b>2 FORMÅL</b>  | <b>12</b> |
| 2.1 FORMÅL A   | 12        |
| 2.2 FORMÅL B   | 12        |
| <b>3 METODE OG VÆRKTØJ</b>   | <b>13</b> |
| 3.1 DATAGRUNDLAGET   | 13        |
| 3.2 BELASTNINGSTAL   | 14        |
| 3.3 FORUDSÆTNINGER   | 16        |
| 3.4 RESULTATER - EKSEMPLER   | 17        |
| 3.5 PRÆSENTATION AF RESULTATER   | 18        |
| <b>4 RESULTATER</b>  | <b>19</b> |
| 4.1 BELASTNINGSTAL FOR VANDMILJØ (ALGER, DAFNIE, FISK AKUT)  | 19        |
| 4.2 BELASTNINGSTAL FOR LANDMILJØ (BIER, PATTEDYR, REGNORME AKUT OG FUGLE)                          | 23        |
| 4.3 UDVIKLINGEN I ANVENDELSE AF PESTICIDER I RELATION TIL RISIKOEN FOR UDVASKNING TIL GRUNDEVANDET | 28        |
| 4.4 UDVIKLINGEN I ANVENDELSEN AF PESTICIDER MED HORMONFORSTYRRENDE EGENSKABER                      | 29        |
| 4.5 UDVIKLINGEN I ANVENDELSEN AF PESTICIDER MED MULIGE KRÆFTFREMKALENDENDE EGENSKABER              | 30        |
| 4.6 SPRØJTEFRI BESKYTTELSSESZONER TIL VANDMILJØ  | 31        |
| 4.7 BELASTNING - 2006  | 34        |
| <b>5 DISKUSSION</b>  | <b>36</b> |
| 5.1 DATASÆT  | 36        |
| 5.2 TIDSMÆSSIG UDVIKLING I BELASTNINGSTAL  | 36        |
| 5.3 ÅRSAGER TIL UDVIKLINGEN I MILJØBELASTNINGEN  | 38        |
| 5.4 INDSATSEN FOR EN GENEREL NEDSÆTTELSE AF PESTICIDFORBRUGET                                      | 39        |
| 5.5 SKÆRPEDE KRAV TIL GODKENDELSE AF PESTICIDER  | 40        |
| 5.6 INDSATS MOD SPREDNING AF PESTICIDER UDEN FOR DE BEHANDLEDE AREALER                             | 42        |
| <b>6 KONKLUSIONER</b>  | <b>43</b> |
| <b>7 PERSPEKTIVERING</b>   | <b>44</b> |
| <b>8 LITTERATUR</b>  | <b>49</b> |
| Bilag A Udvalgte figurer fra Clausen, 1998   | 50        |



# Forord

I forbindelse med evalueringen af Pesticidplan 2005-2009 blev der gennemført en række projekter, der sigtede på evaluering af såvel mål som midler i planen.

Dette projekt indgår som en del af evalueringen af det overordnede mål at nedsætte miljøbelastningen som følge af pesticidanvendelsen.

Projektet blev igangsat april 2008 og afsluttet juni 2008.

Projektet blev tilknyttet en følgegruppe, der var fælles for dette og fire andre projekter, der havde forbindelse med evalueringen af pesticidplanen.

Følgegruppens medlemmer var:

Anita Fjelsted (formand), Miljøstyrelsen  
Jørgen Schou og Lise Samsøe-Petersen, Miljøstyrelsen  
Annesofie Trydeman Knudsen, Finansministeriet  
Lene Mølsted Jensen og Lars Ole Hansen, Fødevareministeriet  
Aksel Nielsen, Plantedirektoratet  
Jesper Lund-Larsen, Fagligt Fælles Forbund 3F  
Helle Græsted Bennedsen, Dansk Planteværn  
Hans Nielsen, Det Økologiske Råd  
Anne Marie Zinck, Dansk Landbrug  
Allan Andersen, Danmarks Naturfredningsforening  
Carl Åge Pedersen, Dansk Landbrugsrådgivning  
Peter Esbjerg og Vibeke Langer, Københavns Universitet (KU-Life)

Til gennemførelse af projektet blev der endvidere nedsat en arbejdsgruppe bestående af:

Biolog Lise Samsøe-Petersen, Miljøstyrelsen (formand)  
Biolog Kim Gustavson, DHI Vand Miljø Sundhed (projektleder)  
Civilingeniør Peter Borgen Sørensen, Danmarks Miljøundersøgelser



# Sammenfatning og konklusioner

Pesticiders belastning af miljøet er vurderet ved beregning af belastningstal for vandlevende organismer og terrestriske organismer samt for mobilitet i jord, hormonforstyrrende og kræftfremkaldende egenskaber.

Desuden er der gennemført beregninger til illustration af betydningen af indførelse af beskyttelseszoner til vandmiljø for særligt giftige stoffer.

Det er vigtigt at påpege, at belastningstal ikke kan beskrive effekter, men kun give et billede af udviklingen i den belastning af miljøet, der finder sted som følge af udbringning af stoffer med specifikke egenskaber.

Siden 2000-2002 viser belastningstallet generelt ingen større udvikling, hverken stigende og faldende, hvilket indikerer en uændret miljøbelastning i denne sidste periode. Før dette tidspunkt var der klare forbedringer op i gennem årene. Således er belastningstallet for 1980erne og første halvdel af 1990erne generelt på et langt højere niveau end i sidste halvdel af 1990erne og frem til 2006. Tilsvarende overordnede billede er set for anvendelse af pesticider med hormonforstyrrende egenskaber, kræftfremkaldende egenskaber, og egenskaber med stor risiko for udvaskning til grundvandet. En undtagelse er belastningstallet for regnorme som i hele perioden 1992-2006 har været stigende. Andre undtagelser er belastningstallet for alger, der de seneste år har været stigende, og tallene for fugle og pattedyr, der har udvist en svagt faldende tendens i den sidste del af perioden.

I løbet af 1990erne sker der generelt et fald i såvel behandlingshyppighed som i flertallet af belastningstallene.

Stigningen i behandlingshyppigheden i perioden efter 2000 er ikke tydeligt afspejlet i udviklingen i belastningstallene. Dette kan skyldes, at der ved beregningen af behandlingshyppigheden ikke tages hensyn til pesticidernes giftighed men kun deres dosering og forbrug. Dette betyder at der ikke nødvendigvis vil være nogen klar og entydig sammenhæng mellem behandlingshyppighed og belastningstal.

Derimod var der sammenhæng mellem anvendelsen af bestemte pesticider og belastningstallet, og der kunne identificeres en række stoffer, der var afgørende for udviklingen i de forskellige belastningstal. Skærpede krav til godkendelse af pesticider har således betydning for miljøbelastningen.

Sprøjtefri beskyttelseszoner i forhold til vandløb og søer er et vigtigt virkemiddel, der er inddraget i beregningerne. Konklusionen er, at alle de mest betydende stoffer for belastningstallet for vandmiljø blev underlagt beskyttelseszoner frem til omkring år 2000. Derefter er der ikke sket en mærkbar yderligere mindsning af belastningstallet for stoffer, der kan sprøjtes uden beskyttelseszone. Det er klart, at beskyttelseszoner til vandmiljø kun tilgodeser overfladevand, og derfor er de kun relevante i forhold til de tre akvatiske organismegrupper, der er inddraget (alger, krebsdyr og fisk).

Med en passende vedligeholdelse – og eventuelt forbedringer – vil belastningstallet fremover kunne supplere behandlingshyppigheden med en mere vidensbaseret vurdering af udviklingen i pesticiders belastning af miljøet og kunne anvendes til at identificere de stoffer, der har størst betydning for de enkelte belastningstal.



# Summary and conclusions

The impact of pesticides on the environment was assessed by calculating load indices for aquatic and terrestrial organisms, for their mobility in soil and for their endocrine disrupting and carcinogenic properties.

Furthermore, estimates were made to illustrate the influence of the introduction of protection zones for water environments towards substances of very high concern.

It is important to stress that load indices cannot describe effects but only illustrate the load on the environment as a result of application of substances with specific properties.

Since 2000-2002, the load index does not show any major development in general, neither increase nor decrease, which indicates an unchanged environmental impact in this latest period. Before that, distinct improvements had been seen for many years. Generally, the load indices for the 80s and first half of the 90s were thus at a much higher level than those for the second half of the 90s and up to 2006. Similar trends are seen for the application of pesticides with endocrine disrupting properties, carcinogenic properties and properties with high risk of leaching to the ground water. An exception is the load index for earthworms, which has increased throughout the entire period from 1992 to 2006. Other exceptions are the load index for algae, which has increased during recent years, and those of birds and mammals, which show a slight tendency to decrease lately.

During the 90s, a general fall is seen in both the application frequency and in the majority of the load indices.

The trend of the load indices does not clearly reflect the increase in the frequency of application in the period after 2000. This may be due to the fact that, at the calculation of the load frequency, the toxicity of the pesticides is not taken into account, only their dosage and consumption. This means that there is not necessarily any evident and unambiguous relation between frequency of application and load index.

There was, however, a relation between the use of certain pesticides and the load index, and a number of substances could be identified, which were decisive for the trend of the different load indices. More stringent requirements to the authorisation of pesticides thus have an effect on the environmental impact.

In relation to watercourses and lakes, spray-free protection zones are an important means, which was included in the estimations. The conclusion is that all of the substances most affecting the load index of the water environment were subject to protection zones until the year 2000. The following years, no further marked reduction occurred for the load indices of substances that may be sprayed without any protection zone. Of course, only surface waters benefit from protection zones for the aquatic environment, and

therefore, they are only relevant to the three groups of aquatic organisms included (algae, crustaceans and fish).

In future, with suitable maintenance - and potential improvements - the load index may be used as a supplement to the frequency of application for monitoring the development in the load of pesticides on the environment and for identifying the substances that influence the individual load indices the most.

# 1 Baggrund

Siden den første pesticidhandlingsplan blev iværksat i 1986, har der været opstillet mål for reduktion af anvendelsen af pesticider. I Pesticidplan 2004-2009 er målet at nå ned på en behandlingshyppighed på 1,7. Dette mål er bestemt ud fra driftsøkonomiske analyser som den behandlingshyppighed, hvor udgifterne til pesticidforbruget netop opvejes af merudbytte. Det vil sige, at der ikke sprøjtes mere end højst nødvendigt for at opnå de ønskede økonomiske udbytter af de enkelte afgrøder.

Trods forskellige initiativer til reduktion af pesticidanvendelsen steg pesticidforbruget målt som behandlingshyppigheden i de første to år efter planens ikrafttræden i 2004 for at toppe i 2005 med en værdi på 2,32. I 2006 var behandlingshyppigheden reelt set uændret på 2,28.

Kravet til behandlingshyppigheden er baseret dels (som omtalt) på driftsøkonomiske beregninger dels på den grundlæggende antagelse, at for hver pesticidbehandling, der spares, bliver miljøbelastningen lidt mindre.

Pesticidhandlingsplanen skal evalueres i 2008, og den driftsøkonomiske side af sagen vil blive evalueret særskilt.

Der er imidlertid også et ønske om at få kvantificeret pesticiders påvirkning af miljø og natur samt udviklingen af denne påvirkning siden 1990'erne set i lyset af de initiativer, der er iværksat på området. Det formodes, at man på baggrund af en sådan analyse kan sikre det bedst mulige faglige grundlag for beslutning om den videre indsats på området.

En kvantificering af udviklingen i pesticidbelastningen af natur og miljø på landsplan kan for indeværende ikke baseres på detaljerede oplysninger på markniveau, men må baseres på beregninger, der samler oplysninger om anvendelsen af de forskellige pesticidtyper og deres miljøeffekter i så få parametre som muligt. Forskellige risikoindikatorer er vurderet i forbindelse med OECDs arbejde med udvikling af "risikoindikatorer", hvor de simple blev fundet lige så velegnede til at vurdere tendenser i udviklingen som indikatorer, der var baseret på mere komplicerede beregninger (OECD 2002).

En af opgaverne i forbindelse med evaluering af Pesticidplan 2004-2009 er at udvikle "en ny og mere retvisende indikator" for miljøbelastningen end behandlingshyppigheden. Da resultatet heraf endnu ikke foreligger, men da der tidligere er gennemført beregninger af udviklingen i belastningstal for årene 1981-1996 og 1992-2000 (vandmiljø) samt 1992-2002 (terrestrisk miljø), er der i nærværende projekt blevet gennemført tilsvarende beregninger for de mellemliggende år indtil 2006, for hvilket de sidste salgstal forefindes. Herved kan resultaterne af nærværende projekt anvendes til at etablere et samlet billede (i hvert tilfælde for visse parametres vedkommende) for udviklingen siden ikrafttræden af den første pesticidhandlingsplan i 1986. Endvidere undersøges det i hvilken udstrækning, ændringer i pesticiders miljøbelastning kan relateres til de forskellige virkemidler, der er indført i perioden.

## 2 Formål

Det er projektets overordnede mål at kvantificere pesticiders belastning af miljø og natur samt udviklingen i denne belastning siden 1986 gennem tidstrendanalyser for belastningstal.

### 2.1 Formål A

Om muligt at relatere en eventuel udvikling til, hvorvidt ændringer i belastningen skyldes: middelvalg, dosering og antal behandlinger, afdrift, punktkilder og/eller uhensigtsmæssig adfærd.

### 2.2 Formål B

Om muligt at relatere en eventuel udvikling i pesticidbelastningen til de initiativer, der er iværksat på området, herunder skærpede krav til godkendelse af pesticider samt revurdering af eksisterende godkendelser, indsats for en generel reduktion af pesticidforbruget (rådgivning om optimeret pesticidanvendelse, afgift mv.), indsats mod spredning af pesticider uden for de behandlede arealer, undgå vindafdrift, bedre teknik, krav vedr. beskyttelseszoner eller udlægning af sprøjtefri randzoner.

## 3 Metode og værktøj

Den tidsmæssige udvikling i pesticidbelastningen af miljø og natur er i nærværende projekt vurderet ud fra belastningstal for hhv. vandlevende organismer (fisk, dafnier og alger) og landlevende organismer (bier, regnorme, fugle og pattedyr). Disse er suppleret med en vurdering ud fra anvendelsen af pesticider med potentielt hormonforstyrrende og kræftfremkaldende egenskaber, samt ud fra forbruget af pesticider med stor risiko for udvaskning til grundvandet.

I projektet er data og makroer (VBA applikationer) for beregning af anvendelse og belastningstal for 1992-2006 etableret i Excel regneark.

I beregningen forudsættes det, at sprøjtningen foregår jævnt fordelt over hele landet som én stor blanding uden nogen forskelle i, hvor de enkelte pesticider sprøjtes, samt at blandingers giftighed kan beregnes ved simpel addition af værdier for de enkelte stoffer. Belastningstallet er ikke et mål for faktiske effekter eller tilstanden i miljøet, men angiver meget generelle tendenser i udviklingen med hensyn til belastning af miljø og natur ud fra giftighed og mængder af pesticider, som anvendes det pågældende år. Primært er kun direkte effekter inddraget i belastningstallet, mens indirekte effekter som f.eks. mangel på føde ikke er med.

### 3.1 Datagrundlaget

Beregningerne af belastningstal er baseret på salgstal, da der ikke er mulighed for at basere dem på forbrugstal, idet sådanne (f.eks. sprøjtejournaler) ikke er tilgængelige på elektronisk form.

Oplysninger om landbrugsarealets størrelse samt salgstal for og anvendelse af pesticider i Danmark er baseret på oplysninger fra Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistikker ([www.mst.dk](http://www.mst.dk)).

Oplysninger om pesticiders miljømæssige egenskaber herunder giftighed for vand- og landlevende organismer er indhentet i Footprint-databasen (<http://www.eu-footprint.org>), ECOTOX-databasen (<http://cfpub.epa.gov/ecotox/>), samt fra oplysninger i Bilag 1a fra danske godkendelser af stofferne (Miljøstyrelsen). Data i Footprint-databasen er alle vurderet af eksperter og kvalitetssikret i forbindelse med vurdering af aktivstofferne i EU.

Oplysninger om stoffernes mulige hormonforstyrrende egenskaber (jvf. EU liste [http://ec.europa.eu/environment/endocrine/documents/final\\_report\\_2007.pdf](http://ec.europa.eu/environment/endocrine/documents/final_report_2007.pdf)), samt oplysninger i Footprint-databasen (<http://www.eu-footprint.org>).

Oplysninger om stoffernes mulige kræftfremkaldende egenskaber jvf. Footprint-databasen (<http://www.eu-footprint.org>).

Oplysninger om stoffernes potentiale for udvaskning til grundvandet jvf. GUS-klasser angivet i Footprint-databasen (<http://www.eu-footprint.org>).

Opdelingen i GUS-klasser er baseret på pesticidets egenskaber i forhold til nedbrydelighed og adsorption til jord (jvf. Gustafson 1993) ( $GUS = DT_{50} \times (4 - \log K_{oc})$ ).

Oplysninger om beskyttelseszoner på 0, 2, 10 og 20 meter for de enkelte pesticider de enkelte år er modtaget fra Miljøstyrelsen.

Kvalitetskontrol på data er udført ved at krydstjekke data fra forskellige databaser, herunder en kontrol af, om enheder er korrekte.

Følgende oplysninger og data er samlet i Excel regneark:

- Data om salgstal og anvendelse af pesticider i perioden 1992-2006
- Data for korttidstoksicitet for akvatiske organismer (alger, dafnier, fisk)
- Data for korttidstoksicitet for terrestriske organismer (bier, pattedyr, fugle, regnorme)
- GUS-klasser for pesticider i forhold til mobilitet i jord og risiko for udvaskning til grundvandet
- Oplysninger om hormonforstyrrende egenskaber (CAT 1 stoffer, hvor der er klar indikation for hormonforstyrrende egenskaber, og CAT 2 stoffer, der potentielt har hormonforstyrrende egenskaber)
- Oplysninger om kræftfremkaldende egenskaber (pesticider, som i Footprint-databasen er angivet som kræftfremkaldende og muligt kræftfremkaldende er medtaget i opgørelsen)
- Oplysninger om sprøjtetfri beskyttelseszoner i forhold til vandmiljøet

### 3.2 Belastningstal

Belastningstallet for et givent pesticid kombinerer det årlige forbrug (baseret på salgstal) af pesticidet med giftigheden (toksicitet) af pesticidet, og værdien er sat i forhold til det samlede areal i omdrift af stoffet et givent år. Det kan med andre ord beskrives som antallet af toksicitetsdoser, der spredes pr. ha pr. år. Det årlige forbrug er relateret til det virksomme stof i midlet, og toksiciteten er det mindste af de givne giftighedsmål for pesticidet (altså det mest giftige). Det samlede belastningstal for pesticider beregnes ved at summere forholdet mellem forbrug og toksicitet for de enkelte pesticider og dividere summen med arealet i omdrift det givne år.

Belastningstallet er ikke et mål for faktiske effekter eller tilstanden i miljøet, men afspejler meget generelle tendenser i udviklingen med hensyn til belastning af miljø og natur ud fra giftighed og mængder af pesticider, som anvendes det pågældende år. Belastningstal for forskellige organismegrupper er ikke direkte sammenlignelige, og fortolkning skal derfor alene baseres på udviklingen i belastningstallet inden for hver organismegruppe.

Den anvendte metode følger principperne angivet i Gyldenkærne (1997) og videreberegnet i Clausen (1998) og Møhlenberg et al. (2001). Beregningerne bygger på følgende ligning:

$$Bl_{i,k,j} = \frac{\sum_{z=1}^Z \left[ O_{z,k,j} \cdot \frac{S_{j,z}}{Toks_{i,z}} \right]}{A_j},$$

hvor

|              |   |
|--------------|---|
| $BI_{i,k,j}$ | er belastningstallet, $i$ er indeks for typen af toksikologisk endpoint ( $i=1$ for alger, $i=2$ for dafnier etc.)  |
| $j$          | er indeks for året ( $j=1$ for 1992, $j=2$ for 1993, etc.)  |
| $z$          | er indeks for aktivstoffet ( $z=1$ for 2,4-D, $z=2$ for Aclonifen, etc.) hvor $Z$ er det samlede antal stoffer, der er brugt i dansk landbrug i perioden 1992 til og med 2006 (132 stoffer) |
| $k$          | er indeks for kategorien ( $k=1$ for Alle stoffer, $k=2$ for Valgfri stofgruppe, $k=3$ for Herbicider etc.)   |
| $Oz,k,j$     | er en "medlemskabsoperator", der enten har værdien $Oz,k,j=1$ når aktivstof $z$ er med i kategori $k$ i år $j$ og ellers er værdien $Oz,k,j=0$  |
| $Sj,z$       | er salgstallet til brug i landbruget for år $j$ og aktivstof $z$ ifølge bekæmpelsesmiddel statistikken  |
| Toksi, $z$   | er effektkoncentrationen for toksikologisk endpoint $i$ og aktivstof $z$  |
| $Aj$         | er det konventionelle landbrugsareal opgivet ifølge bekæmpelsesmiddelstatistikken.  |

Tabel 3.1  
Følgende kategorier er brugt

|  |
|--|
| Kategori   |
| Alle pesticider  |
| Pesticider valgt efter stofliste   |
| Herbicider   |
| Fungicider   |
| Insekticider   |
| Vækstreguleringsmidler   |
| Pesticider med 0 meters beskyttelseszone i forhold til vandmiljø           |
| Pesticider med mere end 2 meters beskyttelseszone i forhold til vandmiljø  |
| Pesticider med mere end 10 meters beskyttelseszone i forhold til vandmiljø |
| Pesticider med mere end 20 meters beskyttelseszone i forhold til vandmiljø |

Tabel 3.2  
Følgende påvirkningsparametre er inddraget

|   |
|---|
| Parameter (endpoint)  |
| Giftighed for alger   |
| Giftighed for dafnier   |
| Giftighed for fisk  |
| Giftighed for regnorme  |
| Giftighed for bier  |
| Giftighed for pattedyr  |
| Giftighed for fugle   |
| Kræftfremkaldende egenskaber  |
| Hormonforstyrrende egenskaber   |
| GUS-klassificering: mindst mobil i forhold til udvaskning til grundvandet |
| GUS-klassificering: mellem mobil i forhold til udvaskning til grundvandet |
| GUS-klassificering: mest mobil i forhold til udvaskning til grundvandet   |

De parametre, der karakteriserer giftigheden over for bestemte organismer, anvender toksikologiske mål ( $LC_{50}/EC_{50}$  eller  $LD_{50}$ ) som værdi for toksiciteten jvf. Toksi <sub>$i,z$</sub>  i ligningen ovenover.

For de øvrige påvirkningsparametre, der ikke kan karakteriseres numerisk, f.eks. ved toksikologiske værdier, anvendes i stedet en klassificering som f.eks. "kræftfremkaldende" eller "ikke kræftfremkaldende", her anvendes Toksi.z=1 for positiv (f.eks. "kræftfremkaldende") og Toksi.z=0 for negativ (f.eks. "ikke kræftfremkaldende"). For denne sidste type parameter bliver enheden af BT altså kg/ha, hvor ha er det samlede areal i omdrift, der er angivet i Bekæmpelsesmiddelstatistikken.

Kategori- og påvirkningsparametre kan kombineres, hvor nogle kombinationer selvfølgelig er mere meningsfulde end andre. For at udjævne årlige udsving i den solgte mængde, der f.eks. kan skyldes hamstring, beregnes værdierne både som årlige værdier og som løbende treårs middel.

### 3.3 Forudsætninger

Sprøjtningen forudsættes at foregå jævnt fordelt over hele landet som en stor blanding uden nogen forskelle i, hvor de enkelte pesticider sprøjtes.

Eksponeringen er ikke inddraget i forhold til transport til vandmiljø og terrestriske biotoper. I Belastningstallet (BT) (tidligere benævnt Behandlingsindeks BI) tæller derfor alle pesticider ens, selvom der vil være forskelle i eksponering pga. forskellige kemiske egenskaber og forskelle i udbringning (sprøjter, afstande osv.)

Der inddrages ikke eventuelle korrelationer mellem pesticider, da alt forudsættes udbragt som én stor blanding med et forhold svarende til den solgte mængde. Hvis nogle pesticider bringes ud samtidig i f.eks. samme produkt, så vil der være en korrelation mellem dem.

Den reelle naturpåvirkning lokalt ude i landskabet forudsættes alene styret af det samlede landsforbrug af pesticider.

Det forudsættes, at blandingers giftighed kan beregnes ved simpel addition af værdier for de enkelte stoffer, så den samlede belastning bliver summen af alle belastninger.

Der inddrages ikke usikkerhed på data, især giftighedstest kan være meget usikre. Der anvendes dog til en vis grad ekspertviden for at håndtere dette problem.

Der tages kun hensyn til direkte effekter. Det vil sige, at indirekte effekter, som f.eks. mangel på føde, ikke er med.

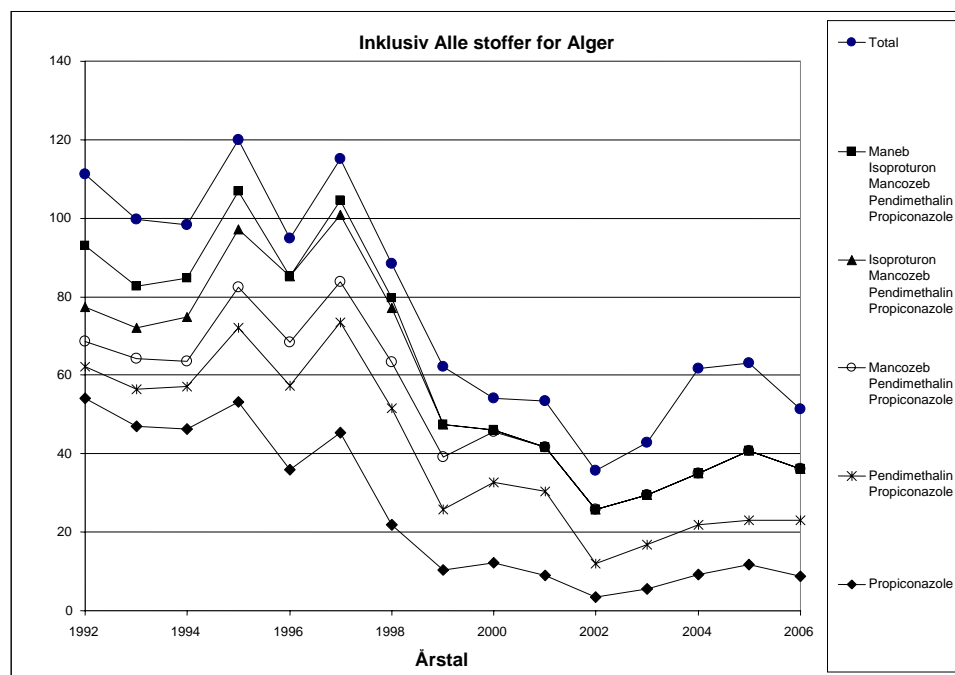
Grundvandsbelastningen vurderes alene ud fra GUS-klasser og tager ikke højde for forskelle i jordtyper og klima.

De toksikologiske endpoints, der indgår i belastningstallet (BT) forudsættes at dække alle faktorer i den naturpåvirkning som pesticiderne afstedkommer.



### 3.4 Resultater - eksempler

Nedenfor er angivet eksempler på den type resultater, der kan beregnes.

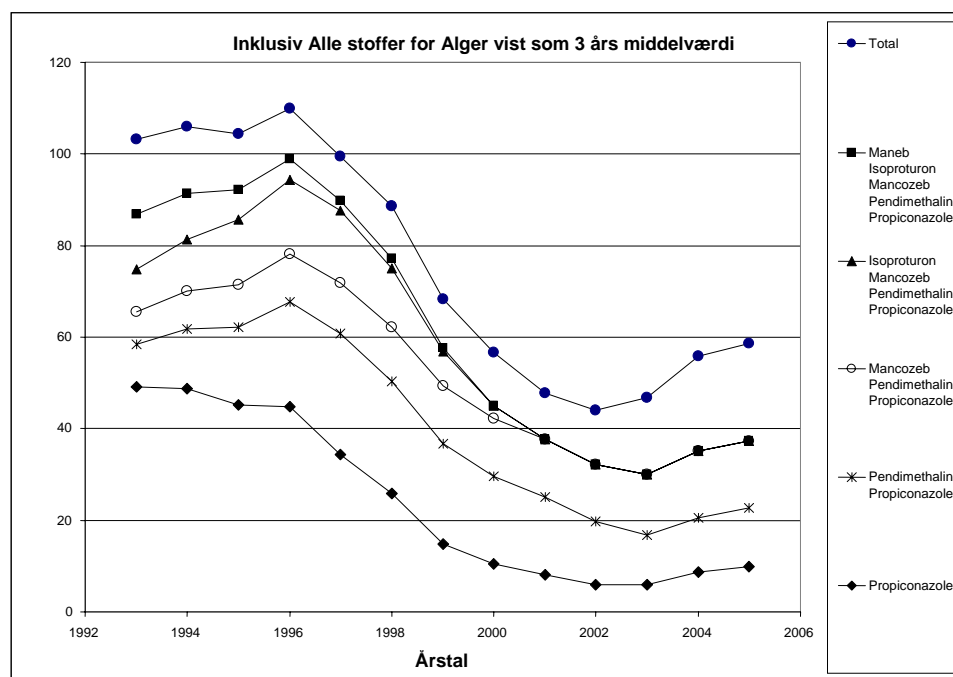


Figur 3.1

Belastningstal baserede på årlige salgstal og alle pesticider for alger

Den øverste og tykkeste kurve viser det samlede resultat for ligningen, der er beskrevet ovenover. Desuden er der vist kurver, der beskriver de 5 mest betydende stoffers bidrag til den samlede sum. Det mest betydende stof står alene som nederste kurve og over denne kurve vises en kurve over det mest betydende og det næstmest betydende stof, etc. for de 5 mest betydende stoffer. Således ses det i ovenstående figur, at propiconazol er det mest betydende enkeltstof, og at pendimethalin er det næstmest betydende stof. Afstanden mellem den øverste tykke kurve og den næstøverste kurve er således den del af belastningstallet, der er beskrevet ved alle andre stoffer, end de, der er listet til højre i figuren. Hvor betydende et stof er, beregnes som dets bidrag til hele tidsserien. Således er propiconazol ikke det mest betydende stof i år 2002, men dets samlede bidrag (summen for alle år) er størst.

Den løbende treårs middelværdi for Alle stoffer og Alger er vist i nedenstående figur. Her ses tydeligt, hvordan år-til-år fluktuationer er jævnet ud til en mere klar trend. Bemærk at de løbende 3-års middelværdier medfører, at der ikke er datapunkt ud for hhv. 1992 og 2006, da beregning af 3-års middel for disse år vil inkludere hhv. 1991 og 2007, der ligger uden for den valgte beregningsperiode.



Figur 3.2  
Belastningstal - 3-års middelværdi

### 3.5 Præsentation af resultater

Beregningerne er kodet i Excel filen "LavBeregning.xls", der kan udføre beregninger med brug af data fra filen "ToksUdtræk til BI.xls", der således også skal være åbnet, før beregninger udføres. Beregningerne udføres ved at gå ind på arket "Definer beregning". Her vælges kategori og endpoint ved at klikke på de aktuelle knapper, en rødfarvning af teksten på en knap betyder, at den aktuelle kategori/endpoint er valgt og klar til at blive beregnet. Når der er valgt, klikkes på "Beregn".

Resultaterne vises på 3 ark:

- "Resultat, Årsværdier" er årlige beregninger,
- "Resultat, 3-års middel" er treårs løbende middel og
- "Rå resultater", der er de "rå" resultater, hvor værdien af belastningstallet vises for hvert stof og hvert år.

I det sidste ark vil "-" betyde, at stoffer er fravalgt det år og altså ikke er med i den valgte kategori, mens "ND" (No Data) betyder, at stoffet er med i den valgte kategori, men at der ikke er angivet toksikologiske data for dette stof. Bemærk at for de toksikologiske endpoints, der består af lister, som f.eks. kræft, vil der stå "ND" for alle de stoffer, der er med i den valgte kategori (f.eks. herbicider eller insekticider), men ikke anført som værende med på listen; altså som f.eks. kræftfremkaldende. De bliver derfor ikke medtaget ved beregningen af det pågældende belastningstallet.

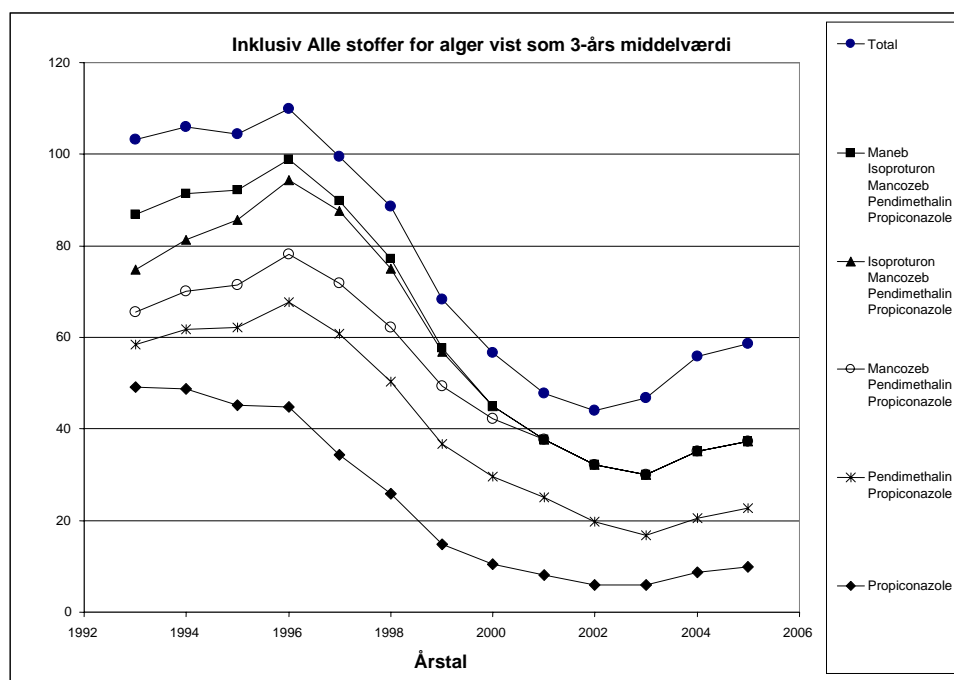
## 4 Resultater

Belastningstallet i efterfølgende figurer angiver antallet af toksicitetsdoser, der spredes pr. ha pr. år. Belastningstallet er ikke et mål for faktiske effekter eller tilstanden i miljøet, men angiver tendenser og udvikling med hensyn til belastning af miljø og natur.

Der er i de fleste af beregningerne ikke taget hensyn til eventuelle afstandskrav som f.eks. beskyttelseszoner til overfladevand for specifikke stoffer.

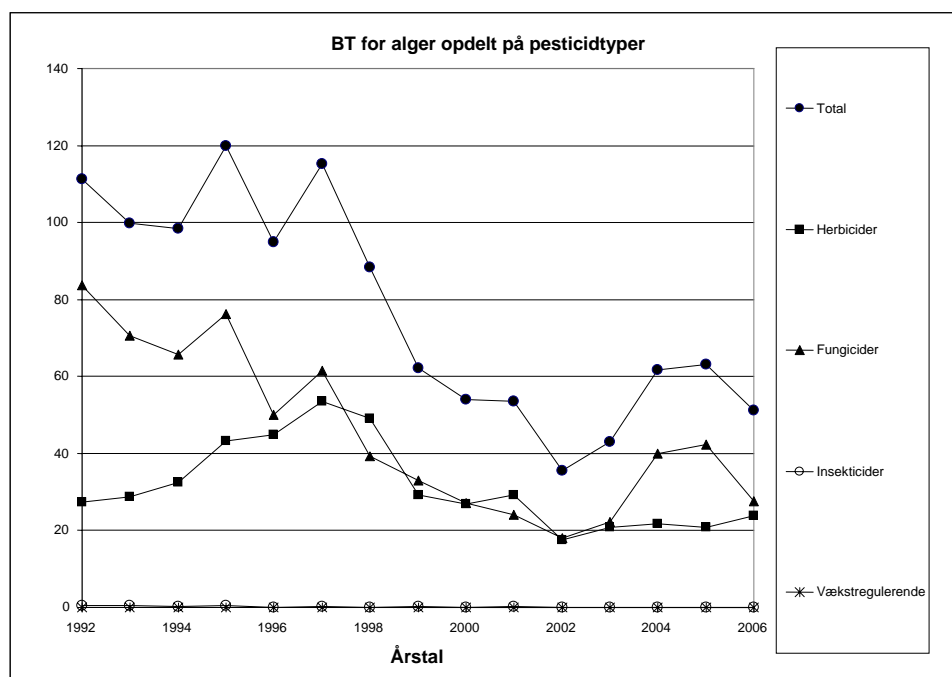
### 4.1 Belastningstal for vandmiljø (alger, dafnier, fisk akut)

Den tidsmæssige udvikling fra 1992 til 2006 i belastningstallet for alger, dafnier og fisk er angivet i efterfølgende figurer.



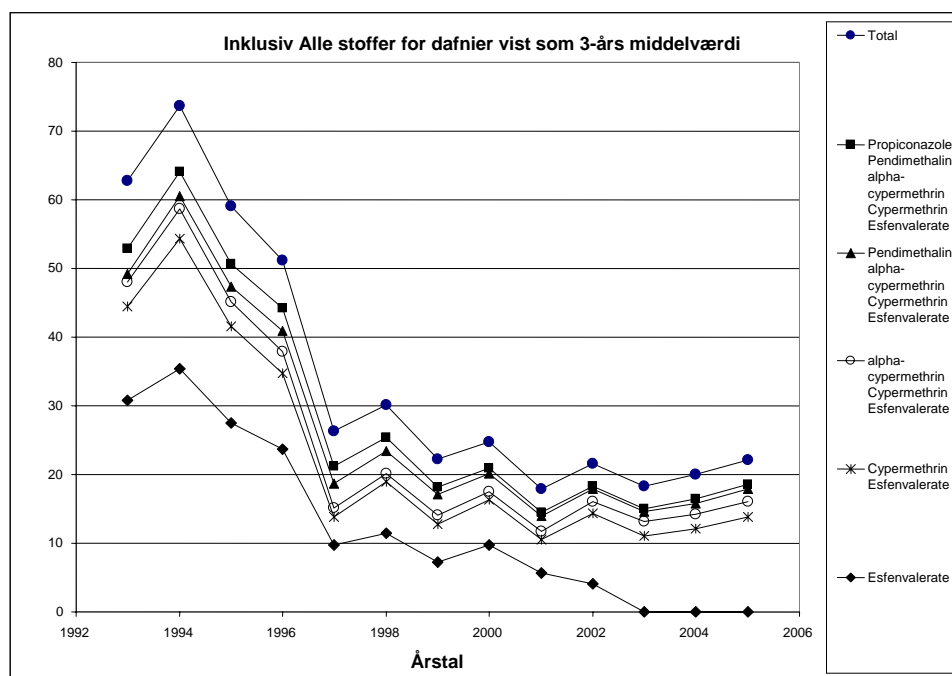
Figur 4.1  
Belastningstal for alger vist som 3-års middelværdi for alle pesticider

Figur 4.1 viser, at belastningstallet for alger falder markant fra 1996 frem til 2002. Fra 2002 frem til 2006 er der en stigning i belastningstallet for alger. Samlet set er det svampemidlet propiconazol, der bidrager med den største belastning af alger. Faldet i perioden frem til 2000-2002 kan således primært tilskrives faldet i salget af propiconazol.



Figur 4.2  
Belastningstal for alger af forskellige pesticidtyper

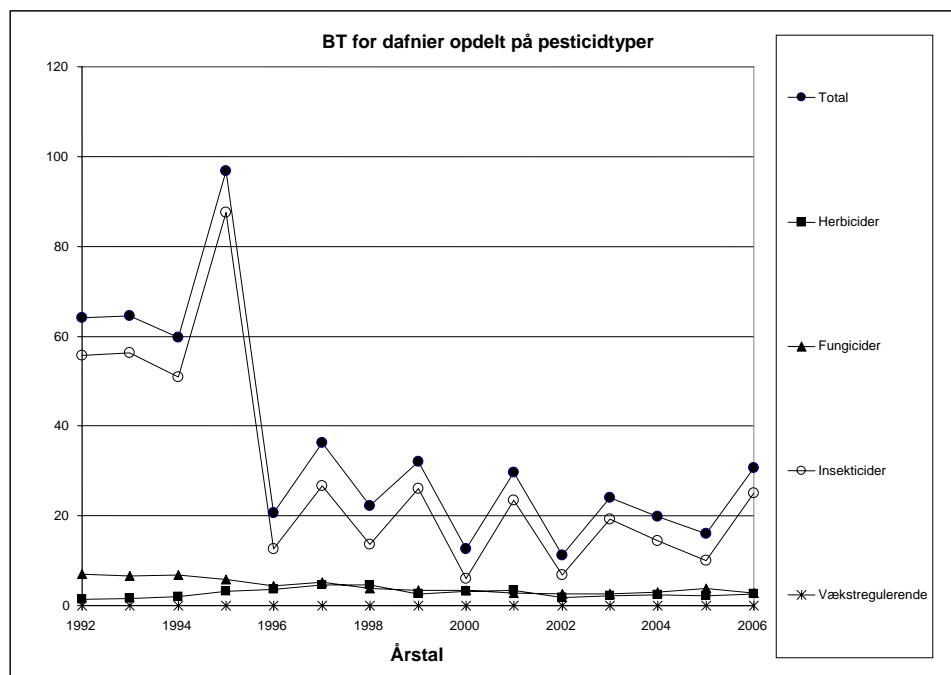
Figur 4.2 viser, at det primært er fungicider og herbicider, der udgør den største belastning af alger. Det markante fald i den samlede belastning kan primært tilskrives faldet i belastningen fra fungicider.



Figur 4.3  
Belastningstal for dafnier vist som 3-års middelværdi for alle pesticider

Figur 4.3 viser et markant fald i belastningstallet fra 1994 frem til 1998, hvorefter der ikke er nogen tydelig ændring i det samlede billede. I perioden er

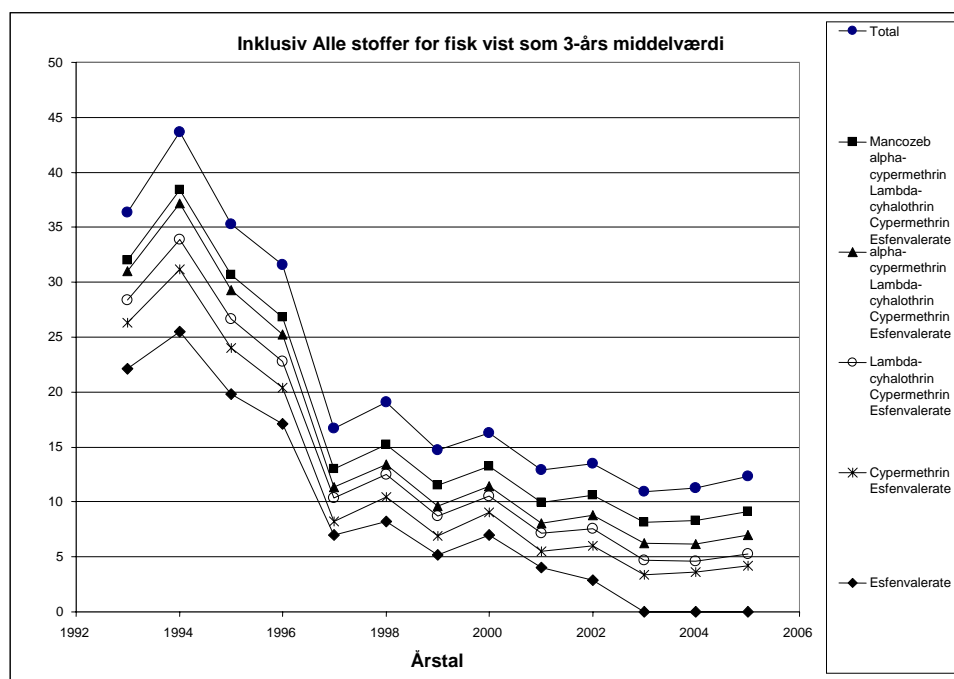
det samlede esfenvalerat, der bidrager med den største belastning. Faldet i perioden frem til 2000-2002 kan således primært tilskrives et fald i salget af insektmidlet esfenvalerat.



Figur 4.4  
Belastningstal for dafnier for forskellige pesticidtyper

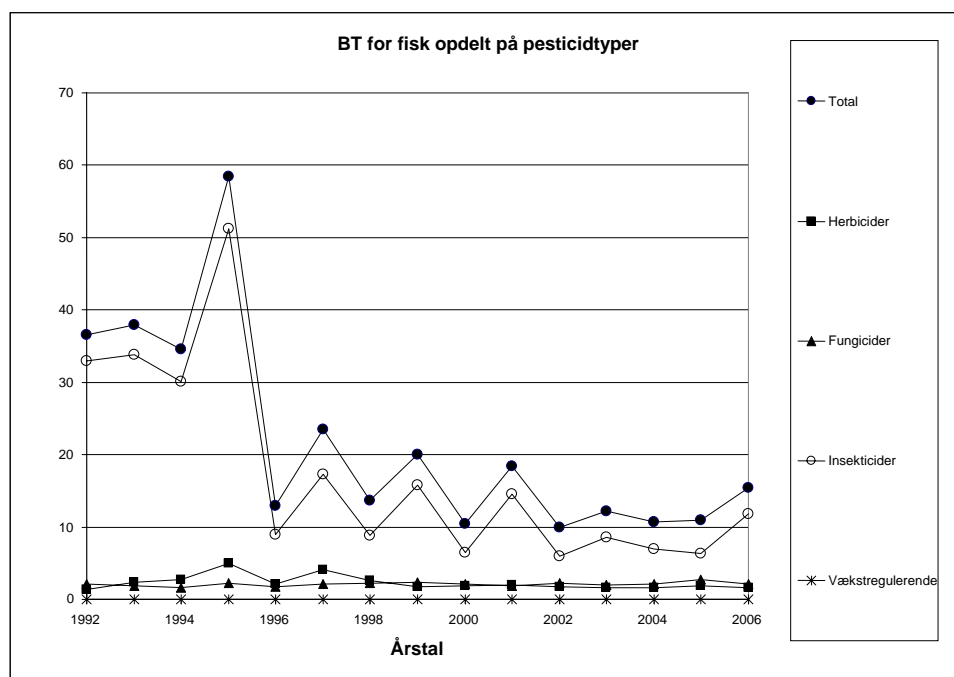
Figur 4.4 viser, at det primært er insekticider, der udgør den største belastning af dafnier. Det markante fald i den samlede belastning frem til 1996 kan primært tilskrives faldet i belastningen fra insekticider.

Bemærk at i denne figur er belastningstallet for de enkelte pesticidtyper afbildet hver for sig. Der er således ikke tale om sumkurver eller om analyse af hvilke pesticider, der er betydelige, som i f.eks. figur 4.3.



Figur 4.5  
Belastningstal for fisk vist som 3-års middel værdi for alle pesticider

Figur 4.5 viser et markant fald i belastningstallet fra 1994 frem til 1998, herefter er faldet mindre. Samlet set er det esfenvalerat, der bidrager med den største belastning.

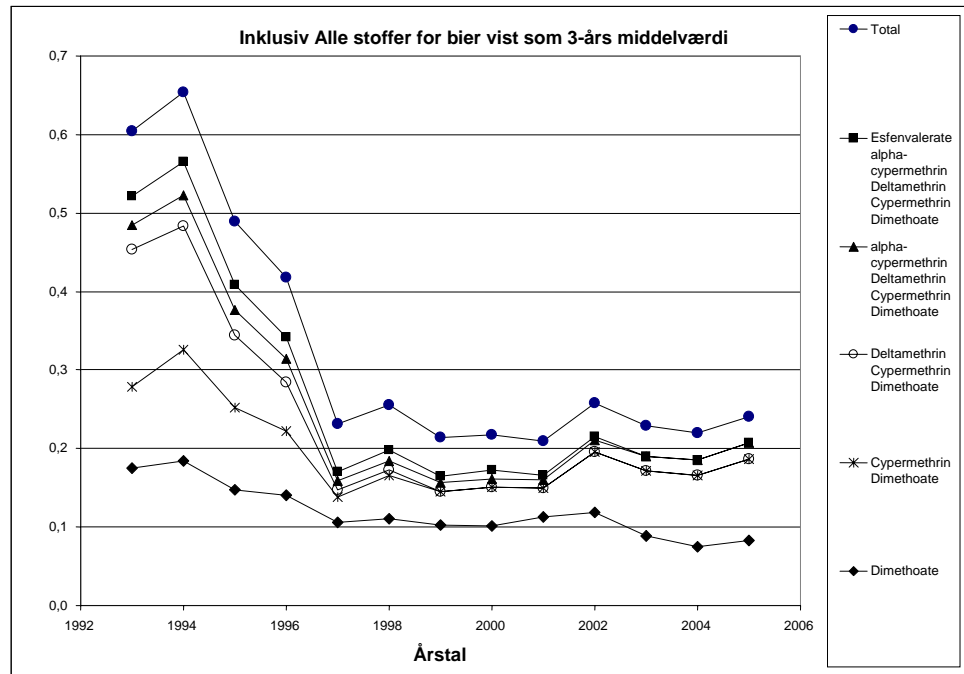


Figur 4.6  
Belastningstal for fisk for forskellige pesticidtyper

Figur 4.6 viser, at det primært er insekticer, der udgør den største belastning af fisk, og at det markante fald i den samlede belastning primært kan tilskrives faldet i belastningen fra insekticer. Denne figur sammenholdt med den

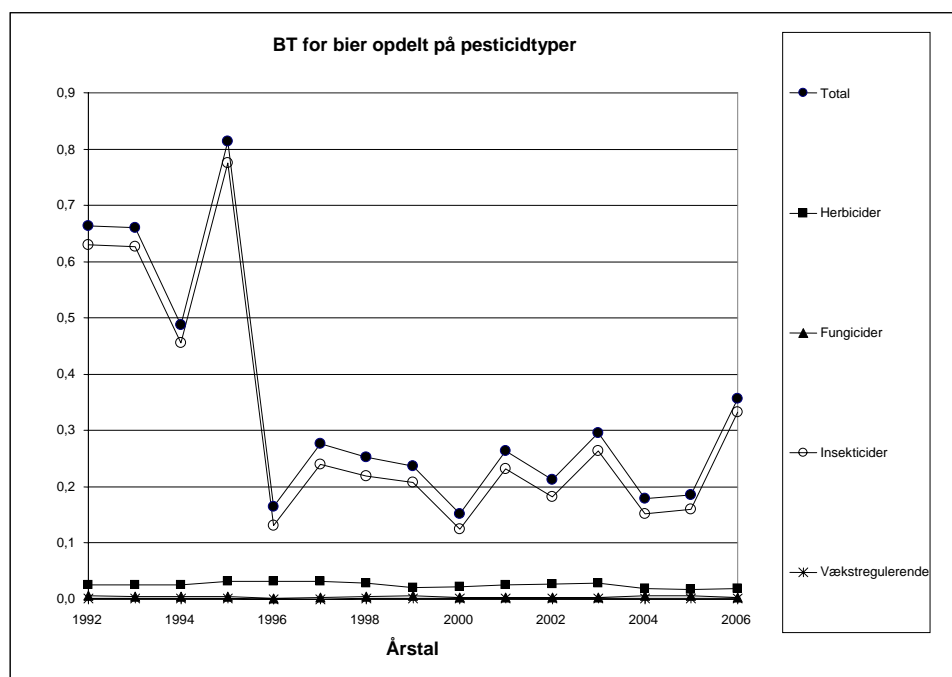
forrige (figur 4.5) illustrerer således, at i dette tilfælde kan fald i salget af et enkelt, meget giftigt insekticid (esfenvalerat) være udslagsgivende for belastningstallet for en gruppe.

#### 4.2 Belastningstal for Landmiljø (bier, pattedyr, regnorme akut og fugle)



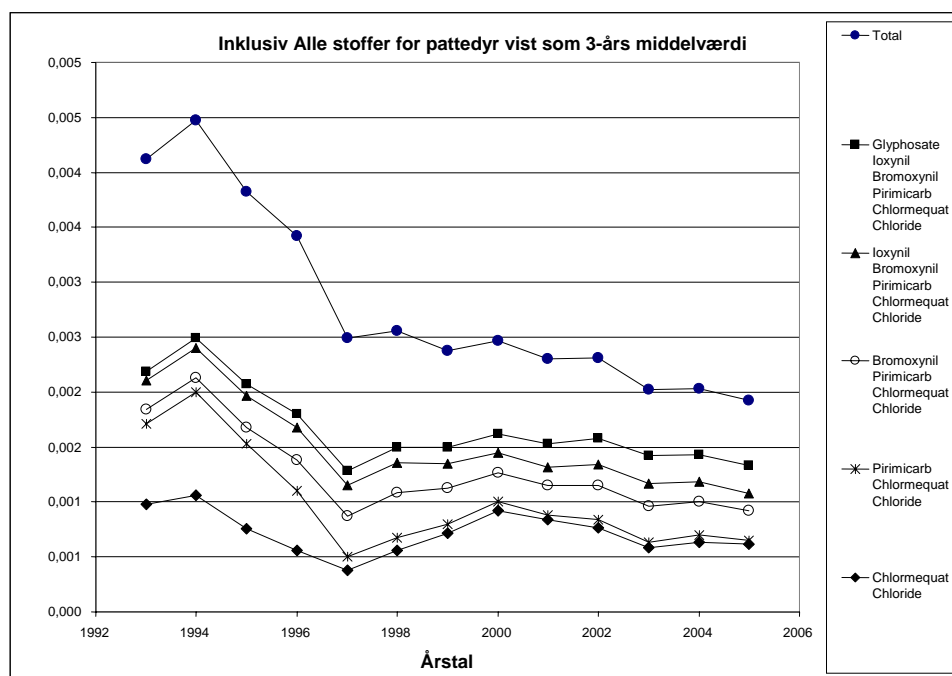
Figur 4.7  
Belastningstal for bier vist som 3-års middelværdi for alle pesticider

Figur 4.7 viser et markant fald i belastningstallet for bier fra 1994 frem til 1998, herefter er der ingen udvikling. I perioden er det samlet set dimethoat, der bidrager med den største belastning. Faldet i den samlede belastning skyldes primært fald i belastningen fra cypermethrin og deltamethrin.



Figur 4.8  
Belastningstal for bier for forskellige pesticidtyper

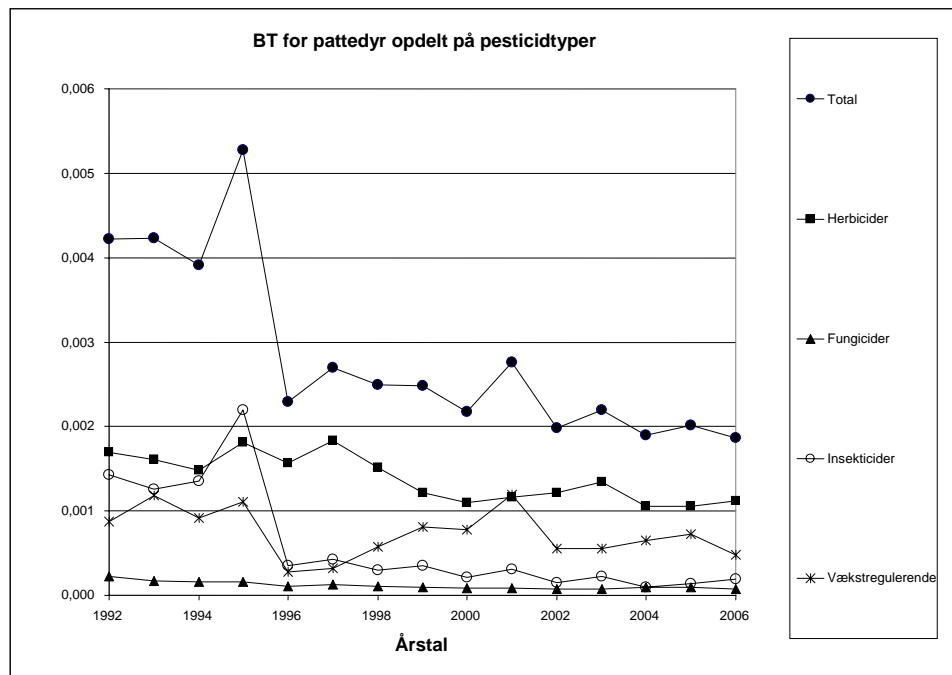
Figur 4.8 viser, at det er insekticider, der udgør langt den største belastning af bier og faldet i belastningen frem til 1996 tilskrives faldet i belastningen fra insekticider.



Figur 4.9  
Belastningstal for pattedyr vist som 3-års middelværdi for alle pesticider

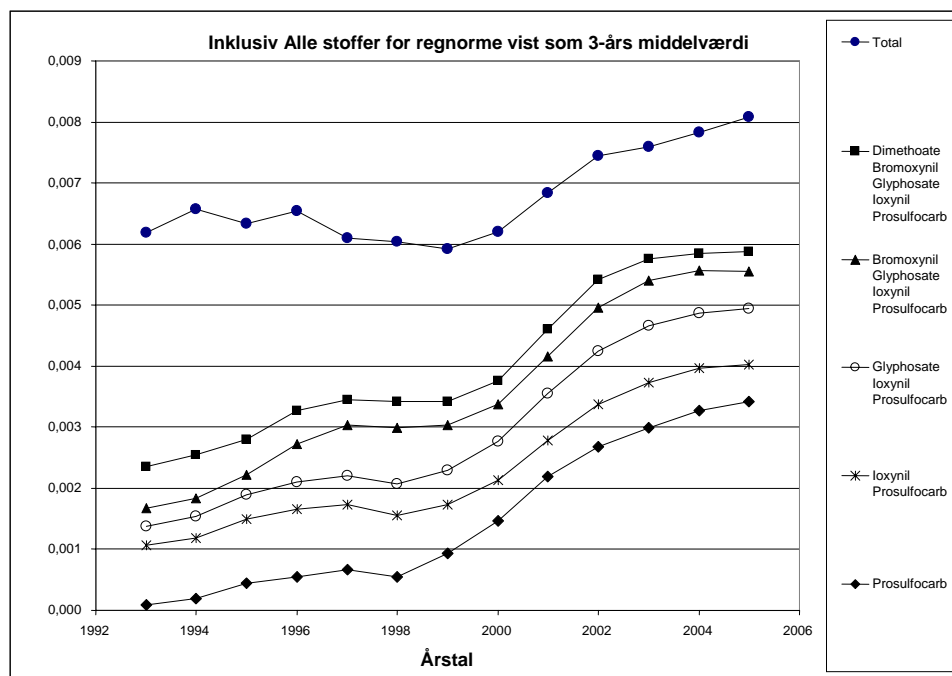
Figur 4.9 viser et markant fald i belastningstallet fra 1994 frem til 1998, herefter er der ingen markant ændring.





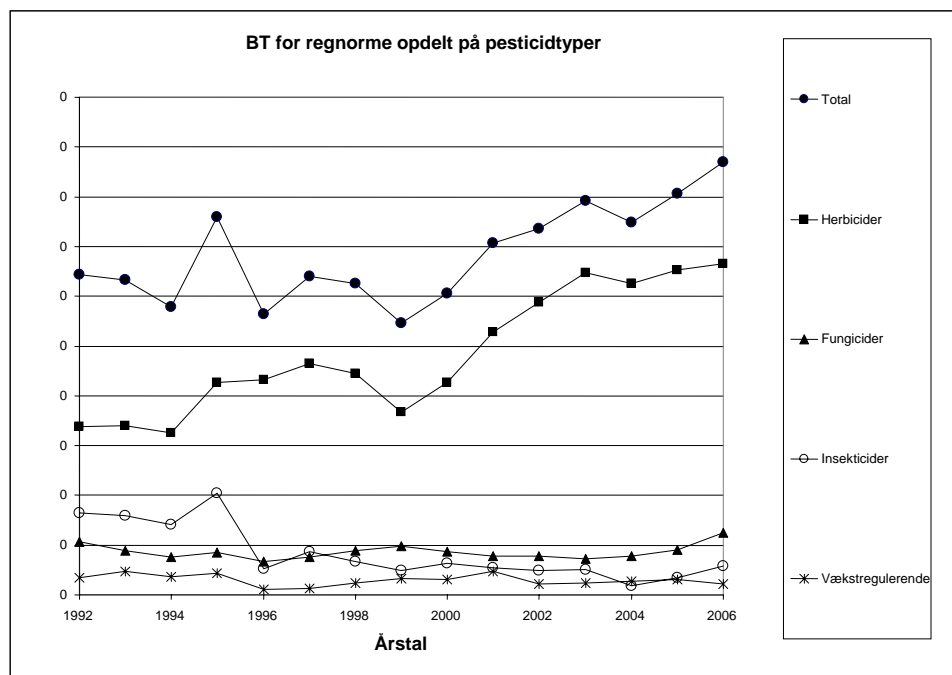
Figur 4.10  
Belastningstal for pattedyr for forskellige pesticidtyper

Figur 4.10 viser at insekticider, herbicider og vækstregulerende midler alle bidrager til belastning af pattedyr. Faldet i belastningen frem til 1996 tilskrives faldet i belastningen fra insekticider.



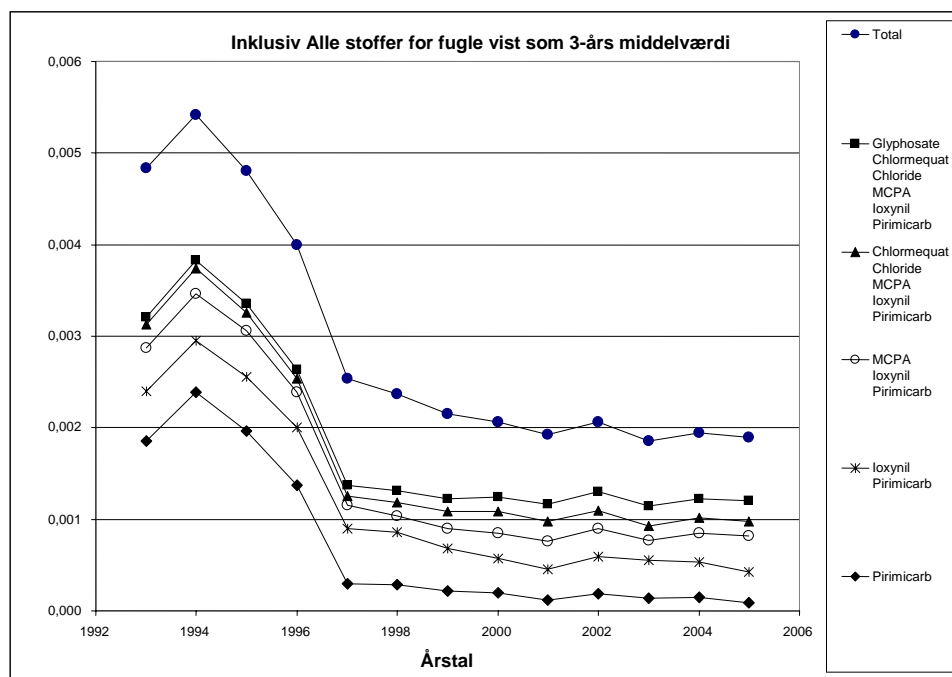
Figur 4.11  
Belastningstal for regnorme vist som 3-års middelværdi for alle pesticider

Figur 4.11 viser en svag stigning i belastningstallet for regnorme fra 2000 frem til 2006, og at denne stigning primært skyldes forøget salg af ukrudtsmidlet prosulfocarb.



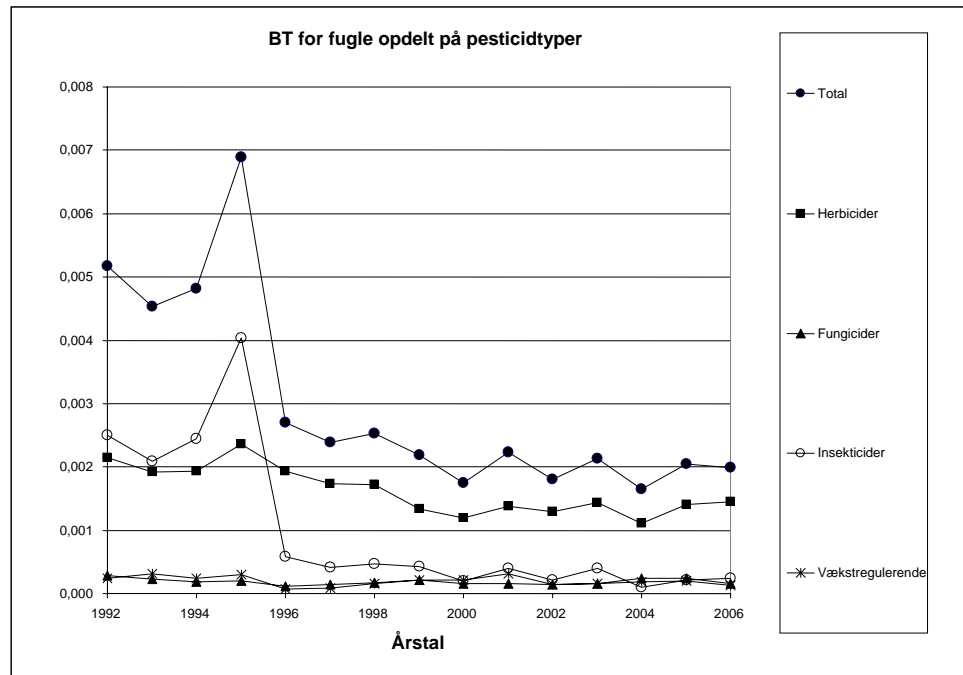
Figur 4.12  
Belastningstal for regnorme for forskellige pesticidtyper

Figur 4.12 viser, at herbicider udgør den største belastning af regnorme.



Figur 4.13  
Belastningstal for fugle vist som 3-års middelværdi for alle pesticider

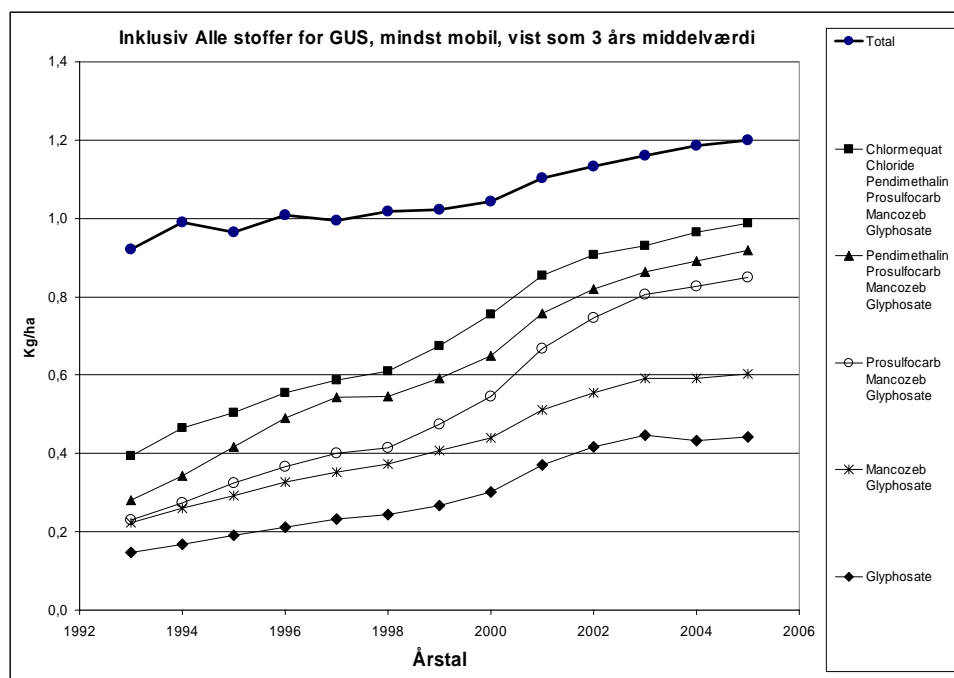
Figur 4.13 viser et markant fald i belastningstallet for fugle fra 1994 frem til 1998, herefter er der ingen markant ændring. Faldet i den samlede belastning skyldes primært fald i salget af pirimicarb.



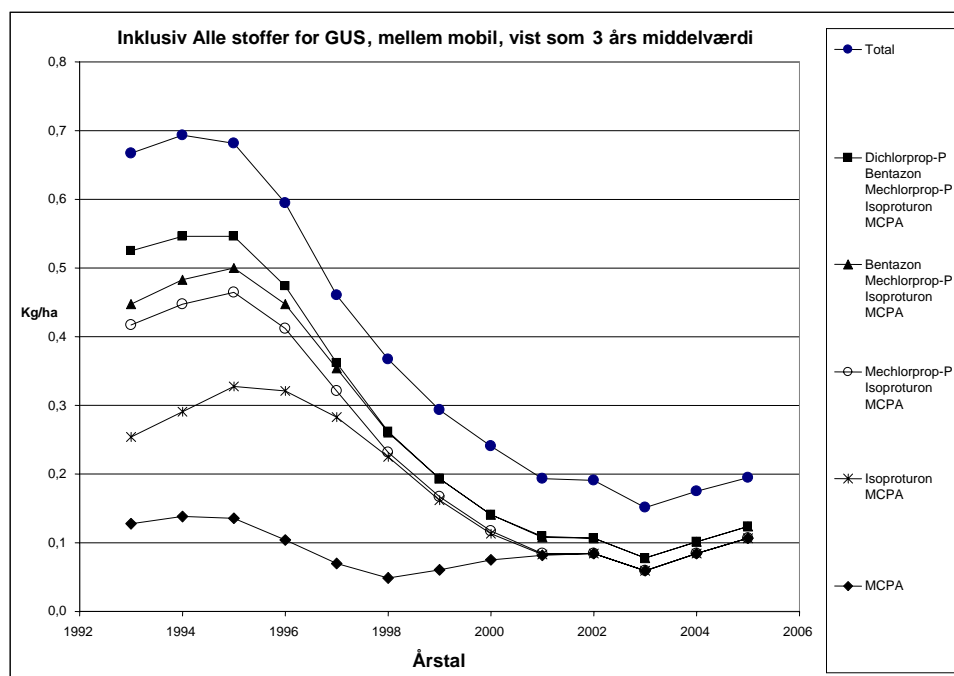
Figur 4.14  
Belastningstal for fugle for forskellige pesticidtyper

Figur 4.14 viser, at herbicider udgør den største belastning af fugle.

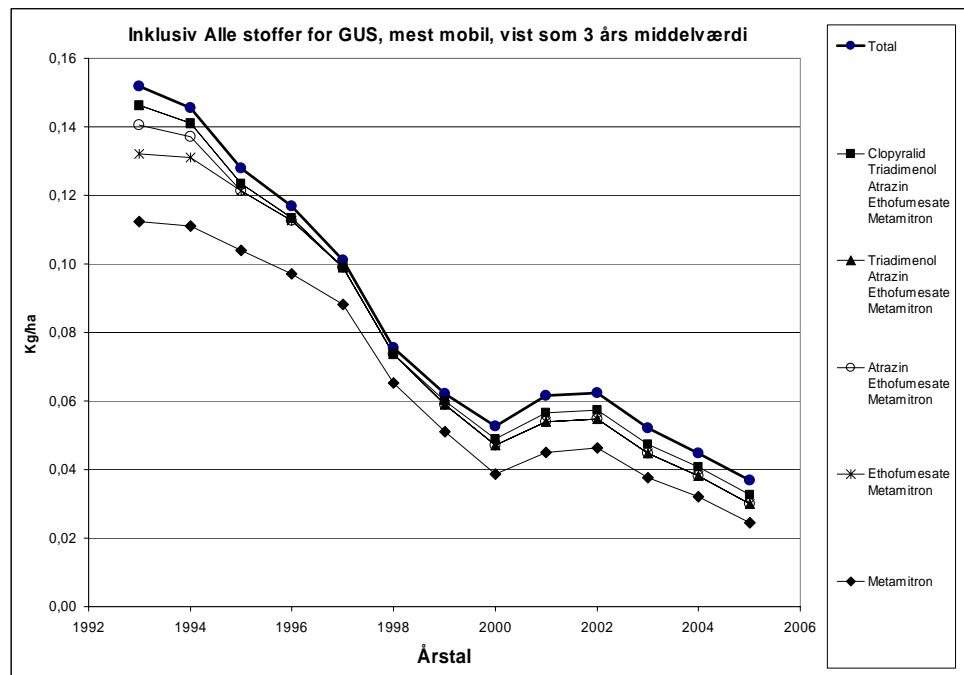
### 4.3 Udviklingen i anvendelse af pesticider i relation til risikoen for udvaskning til grundvandet



Figur 4.15  
Udviklingen i anvendelse af pesticider med mindst risiko for at blive udvasket til grundvand. Bemærk at udviklingen er gået fra i gennemsnit ca. 0,9 Kg/ha i 1993 til ca. 1,2 Kg/ha i 2005 - en stigning på ca. 0,3 kg/ha.



Figur 4.16  
Udviklingen i anvendelse af pesticider med mellem stor risiko for at blive udvasket til grundvand. Bemærk at udviklingen er gået fra i gennemsnit ca. 0,7 Kg/ha til ca. 0,2 Kg/ha - et fald på ca. 0,5 kg/ha.



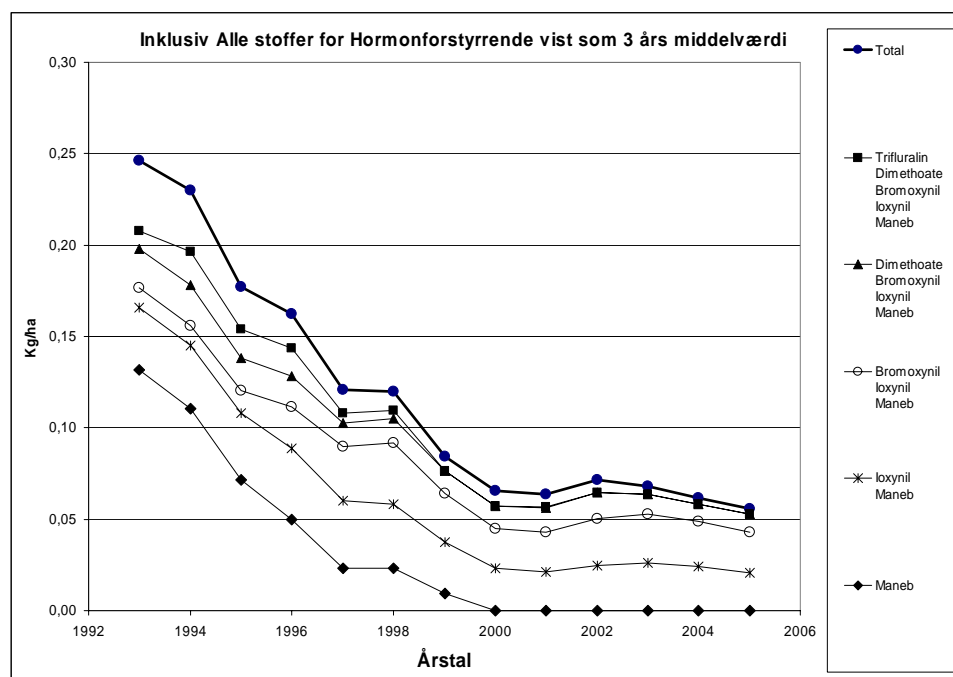
Figur 4.17

Udviklingen i anvendelse af pesticider med størst risiko for at blive udvasket til grundvandet - vist som 3-års middelværdi. Bemærk at udviklingen har gået fra i gennemsnit ca. 0,15 Kg/ha til ca. 0,04 Kg/ha - et fald på ca. 0,1 kg/ha.

Figur 4.14- 4-17 viser et markant fald i anvendelse (baseret på salgstal) af pesticider med stor mobilitet hhv. mellemstor mobilitet i jord. Dette, sammenholdt med at anvendelsen (baseret på salgstal) af pesticider med mindst mobilitet er steget, indikerer, at risikoen for udvaskning af pesticider til grundvandet generelt er faldet fra starten af 1990'erne frem til i dag. For de to grupper med højest mobilitet er faldet overvejende sket i perioden 1992-2000.

#### 4.4 Udviklingen i anvendelsen af pesticider med hormonforstyrrende egenskaber

Pesticider, der er angivet på EUs liste over stoffer med muligt hormonforstyrrende egenskaber er medtaget i opgørelsen.

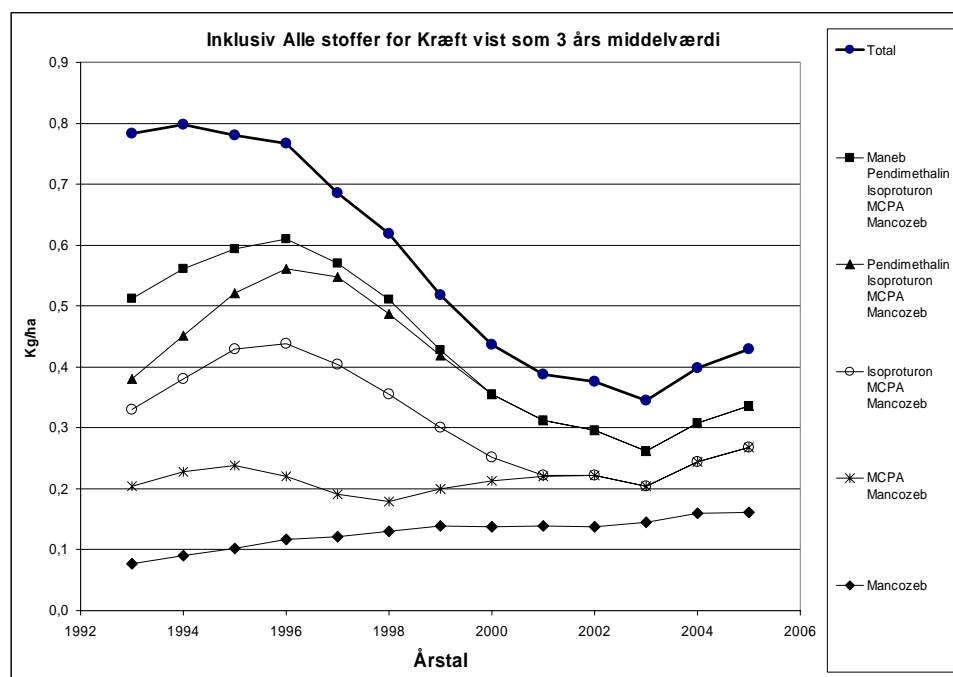


Figur 4.18  
Udviklingen i anvendelse af hormonforstyrrende pesticider vist som 3-års middelværdi

Figur 4.18 viser et fald i salget af pesticider med mulige hormonforstyrrende egenskaber fra 1992 frem til år 2000. Fra år 2000 frem er der ingen markante ændringer i salget.

#### 4.5 Udviklingen i anvendelsen af pesticider med mulige kræftfremkaldende egenskaber

Pesticider, der i Footprint-databasen er angivet som kræftfremkaldende og muligt kræftfremkaldende, er medtaget i opgørelsen.



Figur 4.19  
Udviklingen i anvendelse af kræftfremkaldende pesticider vist som 3-års middelværdi

Figur 4.19 viser et fald i anvendelsen af pesticider med kræftfremkaldende egenskaber fra 1992 frem til år 2001. Fra år 2003 er der en stigende tendens.

#### 4.6 Sprøjtefri beskyttelseszoner til vandmiljø

Der er ikke indlagt beregninger til kvantitativ vurdering af betydningen af forskellige bredder af beskyttelseszoner til vandmiljø.

Beregninger til illustration af betydningen af sprøjtefri beskyttelseszoner er gennemført som følger.

##### **Ingen beskyttelse**

Hvert år er de stoffer, der ikke har nogen begrænsninger i forhold til beskyttelseszone inddraget i beregning af belastningstal for det pågældende år. Et bestemt stof kan derfor godt være med nogle år men ikke andre, hvis der er indført begrænsninger for dette stof i beregningsperioden. De stoffer, der samlet set i hele beregningsperioden har bidraget mest til belastningstallet, er listet.

##### **Beskyttelseszone**

Hvert år er de stoffer, der har begrænsninger i forhold til beskyttelseszone (2, 5, 10 eller 20 m) inddraget i beregning af belastningstal. Et bestemt stof kan derfor godt være med nogle år men ikke andre, hvis der er indført begrænsninger for dette stof i beregningsperioden. De stoffer der samlet set i hele beregningsperioden har bidraget mest til belastningstallet er listet.

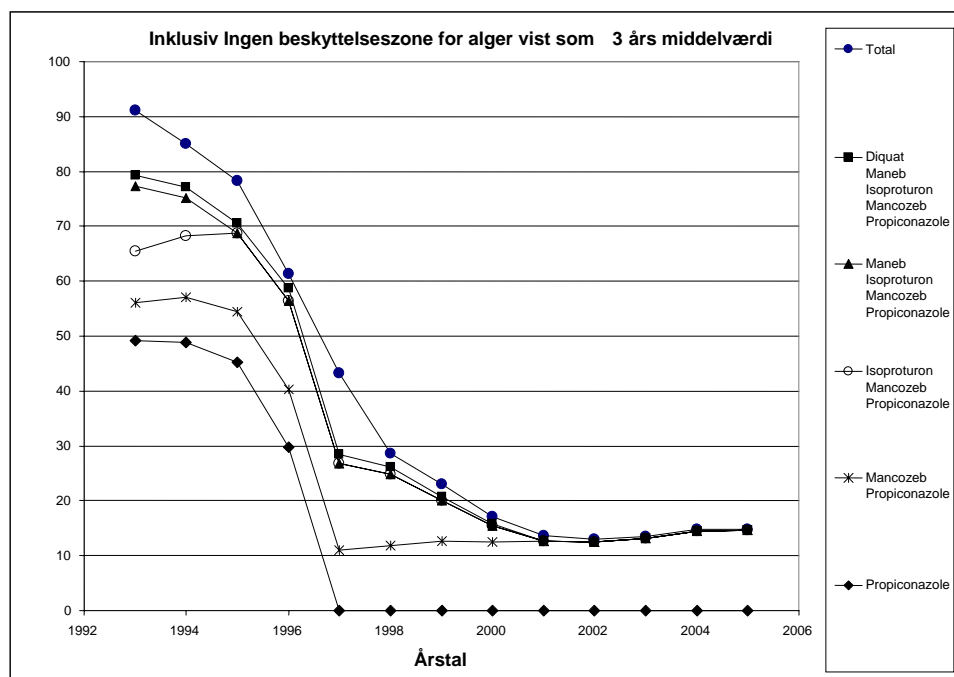
##### **Beskyttelseszone over 2 m**

Hvert år er de stoffer, der har en beskyttelseszone over 2 m (5, 10 eller 20 m) inddraget i beregning af belastningstal. Et bestemt stof kan derfor godt være med nogle år men ikke andre, hvis der er ændret på zonen for dette stof i

beregningsperioden. De stoffer, der samlet set i hele beregningsperioden har bidraget mest til belastningstallet, er listet.

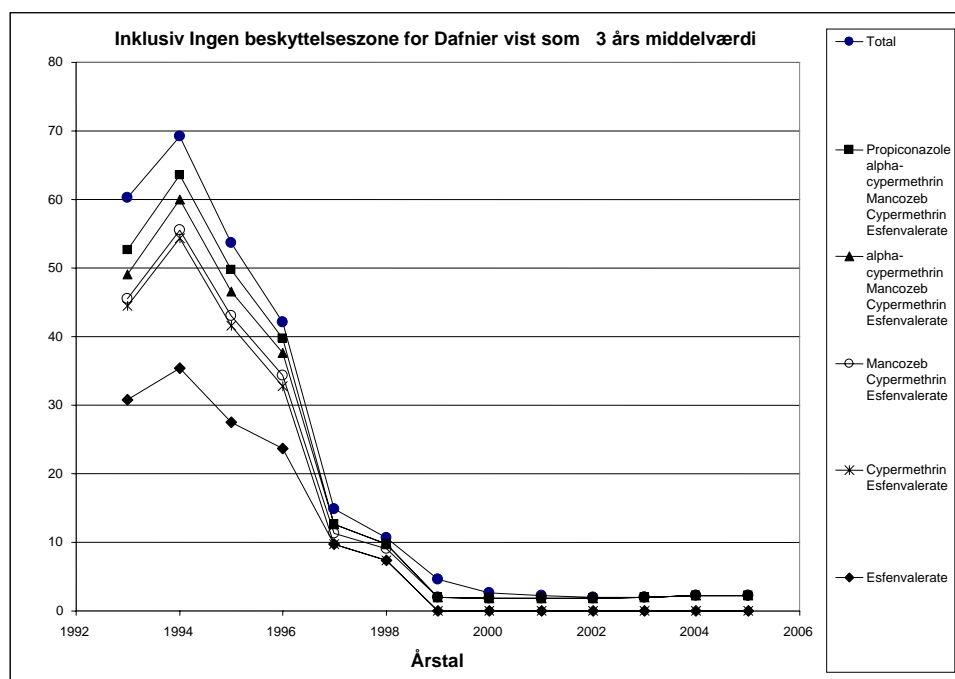
### **Beskyttelseszone over 10 m**

Hvert år er de stoffer, der har en beskyttelseszone over 10 m (=20 m) inddraget i beregning af belastningstal. Et bestemt stof kan derfor godt være med nogle år men ikke andre, hvis der er ændret på zonen for dette stof i beregningsperioden. De stoffer, der samlet set i hele beregningsperioden har bidraget mest til belastningstallet, er listet.

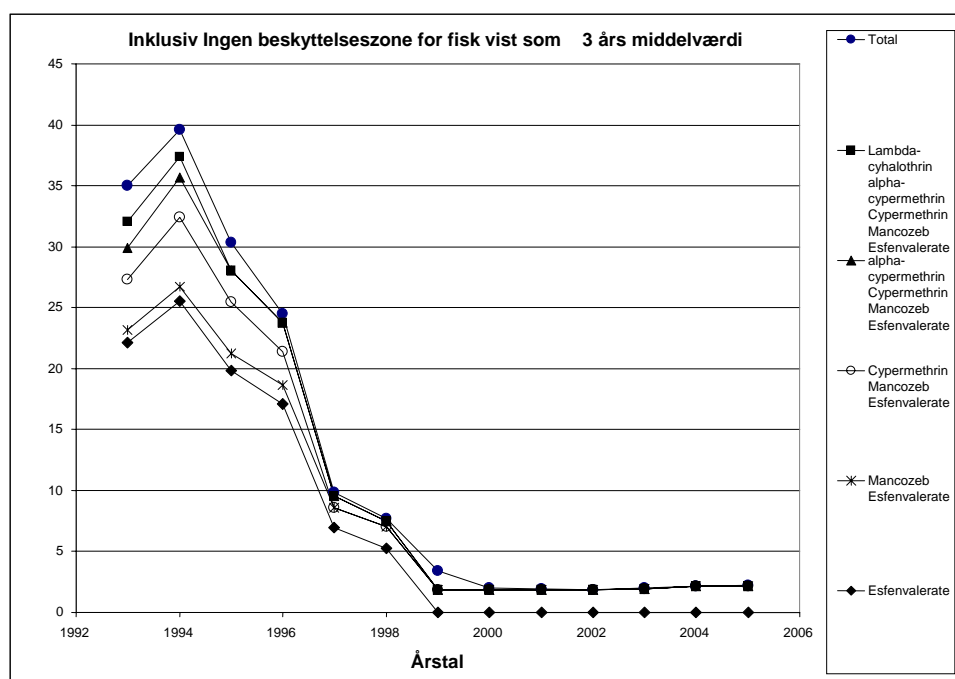


Figur 4.20  
Udviklingen i belastningstallet for alger for pesticider uden sprøjtefri beskyttelseszone - vist som 3-års middelværd





Figur 4.21  
Udviklingen i belastningstallet for dafnier for pesticider uden sprøjtefri beskyttelseszone - vist som 3 års middelværdi



Figur 4.22  
Udviklingen i belastningstallet for fisk for pesticider uden sprøjtefri beskyttelseszone - vist som 3-års middelværdi

Figur 4.20-4.22 viser et fald i belastningen af vandmiljøet fra pesticider, der ikke er pålagt nogen sprøjtefri beskyttelseszone. Faldet i figur 4.20 og 4.22 er markant større end faldet i den samlede belastning (figur 4.1, 4.3 og 4.5), hvilket skyldes, at et yderligere fald er sket pga. indførelse af 2, 10 eller 20 meters sprøjtefri beskyttelseszoner til vandmiljøet for en række pesticider, idet indførelse af krav om sprøjtefri beskyttelseszone for et stigende antal stoffer

bevirker, at der bliver færre stoffer uden beskyttelseszone til at belaste vandmiljøet

I det omfang sprøjtefri beskyttelseszoner er blevet overholdt, er belastningen af vandmiljøet blevet markant mindre i perioden 1992-2000, hvorefter der ikke har været nogen væsentlig ændring.

#### 4.7 Belastning - 2006

På baggrund af belastningstal er de enkelte pesticider vurderet, og nedenfor er angivet de pesticider, der i 2006 stod for den største belastning af miljø og natur.

Pesticider med størst belastningstal i 2006 er angivet i tabel 4.1.

Tabel 4.1

Pesticider med størst belastningstal i 2006 rangordnet efter betydning

| Parameter   | Mest betydende pesticider i 2006  |
|---|---|
| Giftighed for alger   | Pendimethalin<br>Mancozeb<br>Propiconazole<br>Fenpropidin<br>Prosulfocarb                                       |
| Giftighed for dafnier   | Cypermethrin<br>alpha-cypermethrin<br>Mancozeb<br>Pendimethalin   |
| Giftighed for fisk  | Cypermethrin<br>alpha-cypermethrin<br>Mancozeb<br>Tau-fluvalinate<br>Lambda-cyhalothrin                         |
| Giftighed for regnorme  | Prosulfocarb<br>Glyphosate  |
| Giftighed for bier  | Cypermethrin<br>Dimethoate  |
| Giftighed for pattedyr  | Chlormequat Chloride<br>Glyphosate<br>Bromoxynil<br>Ioxynil<br>MCPA<br>Prosulfocarb                             |
| Giftighed for fugle   | MCPA<br>Ioxynil<br>Glyphosate<br>Dimethoate<br>Chlormequat Chloride<br>Prosulfocarb<br>Bromoxynil<br>Pirimicarb |
| Kræftfremkaldende egenskaber                                  | Mancozeb<br>MCPA<br>Pendimethalin   |
| Hormonforstyrrende egenskaber                                 | Bromoxynil<br>Ioxynil<br>Dimethoate   |
| Mest mobil i jord og i forhold til udvaskning til grundvandet | Clomazon<br>Clopyralid<br>Tribenuron methyl   |

Tabel 4.2 giver en oversigt over de problemstillinger, der er vigtige for hvert af de i tabel 4.1 viste pesticider.

Tabel 4.2  
Pesticider og problemstillinger – 2006

|                      | Giftighed for alger | Giftighed for dafnier | Giftighed for fisk | Giftighed for regnorme | Giftighed for bier | Giftighed for pattedyr | Giftighed for fugle | Kræftfremkaldende egenskaber | Hormonforstyrrende egenskaber | Risiko for udvaskning til grundvand |
|----------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Alpha-cypermethrin   |                     | x                     | x                  |                        |                    |                        |                     |                              |                               |                                     |
| Bromoxynil           |                     |                       |                    |                        |                    | x                      | x                   |                              | x                             |                                     |
| Chlormequat chloride |                     |                       |                    |                        |                    | x                      | x                   |                              |                               |                                     |
| Clomazon             |                     |                       |                    |                        |                    |                        |                     |                              |                               | x                                   |
| Clopyralid           |                     |                       |                    |                        |                    |                        |                     |                              |                               | x                                   |
| Cypermethrin         |                     | x                     | x                  |                        | x                  |                        |                     |                              |                               |                                     |
| Dimethoate           |                     |                       |                    |                        | x                  |                        | x                   |                              | x                             |                                     |
| Fenpropidin          | x                   |                       |                    |                        |                    |                        |                     |                              |                               |                                     |
| Glyphosate           |                     |                       |                    | x                      |                    | x                      | x                   |                              |                               |                                     |
| Ioxynil              |                     |                       |                    |                        |                    |                        | x                   |                              | x                             |                                     |
| Lambda-cyhalothrin   |                     |                       | x                  |                        |                    |                        |                     |                              |                               |                                     |
| Mancozeb             | x                   | x                     | x                  |                        |                    |                        |                     | x                            |                               |                                     |
| MCPA                 |                     |                       |                    |                        |                    | x                      | x                   | x                            |                               |                                     |
| Pendimethalin        | x                   | x                     |                    |                        |                    |                        |                     | x                            |                               |                                     |
| Pirimicarb           |                     |                       |                    |                        |                    |                        | x                   |                              |                               |                                     |
| Propiconazole        | x                   |                       |                    |                        |                    |                        |                     |                              |                               |                                     |
| Prosulfocarb         | x                   |                       |                    | x                      |                    | x                      | x                   |                              |                               |                                     |
| Tau-fluvalinate      |                     |                       | x                  |                        |                    |                        |                     |                              |                               |                                     |

# 5 Diskussion

## 5.1 Datasæt

Datasæt for toksicitet over for alger, dafnier og fisk samt mobilitet i jord i form af GUS-indeks, hormonforstyrrende og kræftfremkaldende egenskaber er stort set komplette for alle pesticider. Få toksicitetsdata mangler for fugle og pattedyr, men disse mangler har ikke nogen væsentlig betydning for den samlede opgørelse af belastning på fugle og pattedyr.

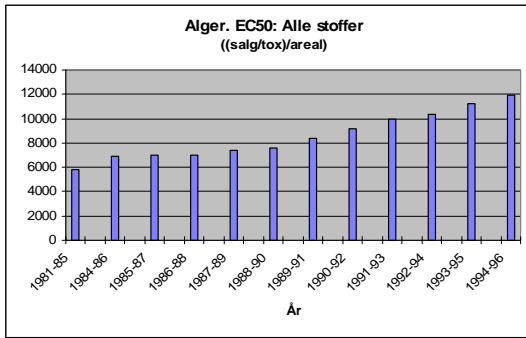
## 5.2 Tidsmæssig udvikling i belastningstal

Det samlede billede af de ovenfor viste kurver for perioden 1992-2006 med undtagelse af belastningstallet for regnorme er et markant fald i belastningstallet frem til ca. år 2000. Belastningstallet for regnorme skiller sig ud fra de øvrige belastningstal ved at stige i hele perioden 1992-2006. Med undtagelse af belastningstallet for alger, som i de seneste år er stigende, er de øvrige belastningstal stort set på samme niveau i perioden 2000-2006. Typisk er det nogle få pesticider, der har dominerende betydning for belastningstallet.

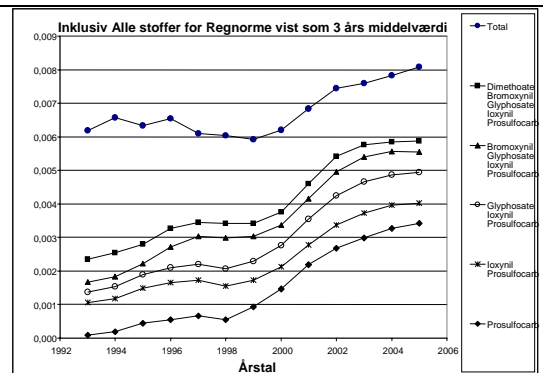
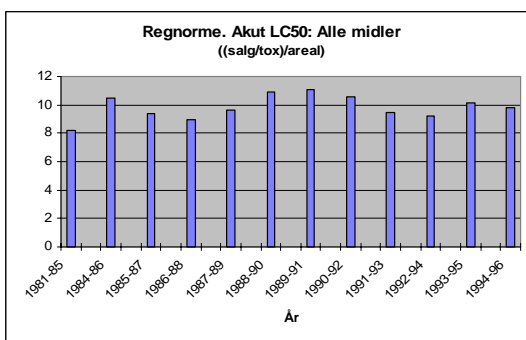
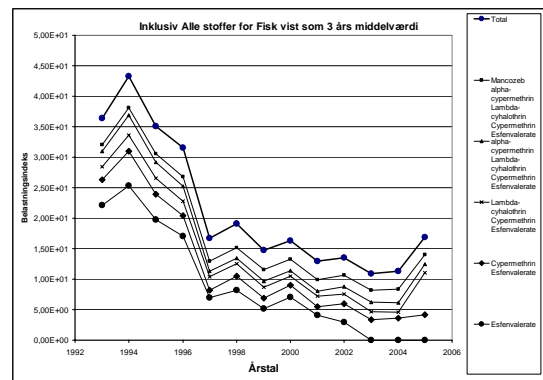
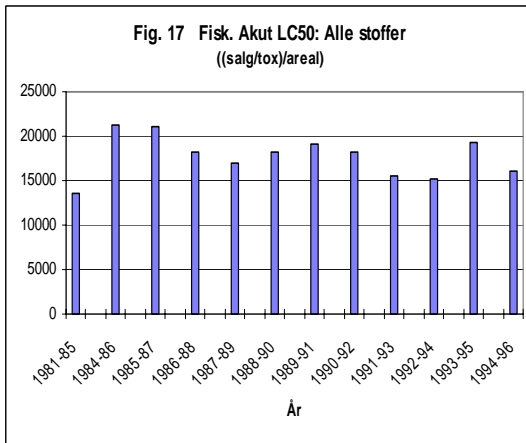
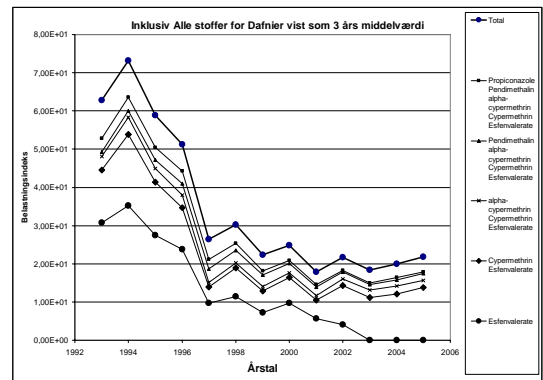
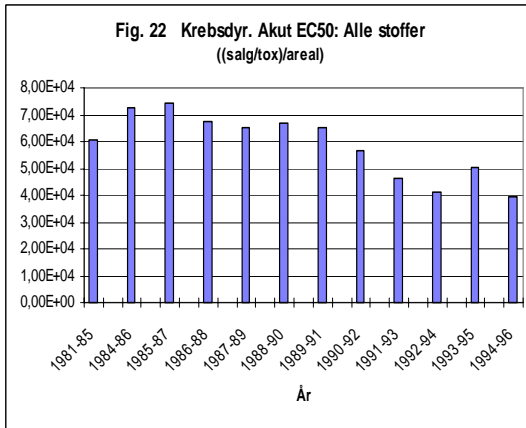
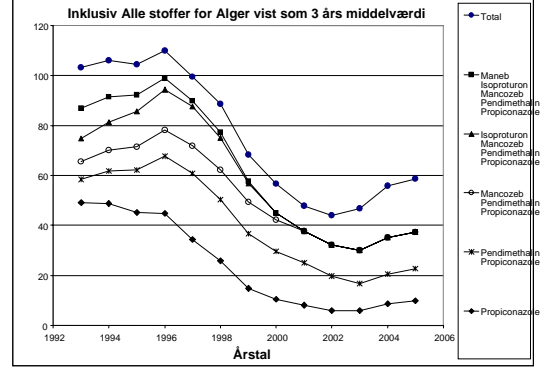
Belastningstal fra 1981 til 1996 er tidligere beregnet (Clausen, 1998). Datagrundlaget vedrørende toksicitet for disse beregninger er således ikke fuldstændigt identisk med det her anvendte, da der er fremkommet bedre data siden arbejdet i Clausen (1998), men tilsammen kan de to sæt beregninger give et billede af den samlede udvikling fra det tidspunkt, hvor den første pesticidplan blev iværksat. De originale figurer, der i det følgende henvises til fra Clausen (1998) er indsat i bilag A.

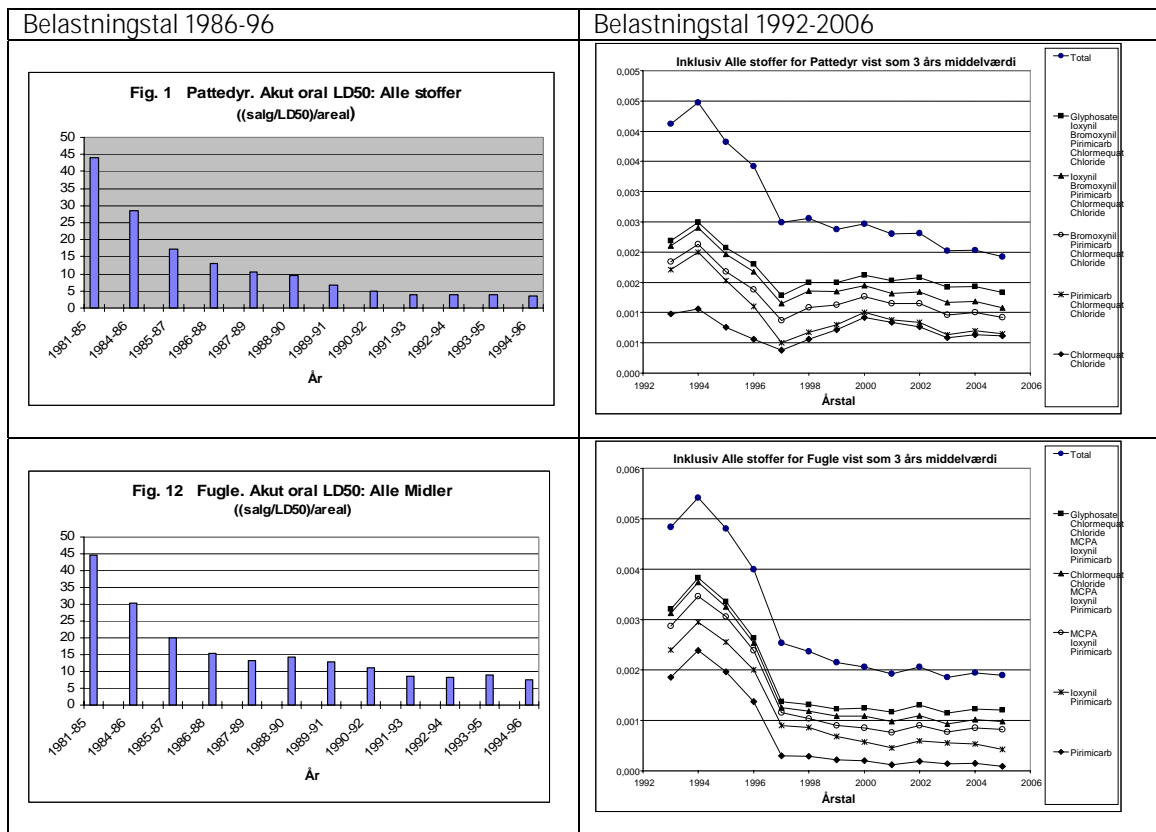
Til illustration af tendenserne, viser figur 5.1 udviklingen for de grupper, der er bedst dokumenteret, for de to perioder.

Belastningstal 1986-96



Belastningstal 1992-2006





Figur 5.1

Udviklingen i belastningstallet for alger, dafnier, fisk, regnorm, pattedyr og fugle i perioden 1986-1996 (efter Clausen, 1998) og 1992-2006 – alle vist som 3-års middelværdi

Figur 5.1 viser, at tendensen i udviklingen i perioden 1992-1996 er sammenfaldende med den tendens, Clausen (1998) finder i samme periode. Trods det relativt lille overlap på tre år mellem denne og Clausens undersøgelsesperiode vurderes sammenfaldet i både størrelsesorden og tendens at indikere en fin sammenhæng mellem den tidligere og denne undersøgelse.

Det samlede billede for hele perioden fra 1986 er et fald i belastningstallene for akut giftighed for alle undersøgte dyregrupper, såvel i perioden 1986-92 som i perioden 1992-2000, dog med undtagelse af fisk og regnorme, hvor der i perioden 1986-1992 ikke sås nogen klar tendens, og hvor der er en stigning i perioden 1992-2006. For alger var der mangel på data i den tidlige periode.

### 5.3 Årsager til udviklingen i miljøbelastningen

Projektets formål omfatter identificering af årsager til udviklingen så som middelvalg, dosering og antal behandlinger, afdrift, punktkilder og/eller uhensigtsmæssig adfærd. Endvidere at relatere udviklingen til initiativer, der er iværksat på området, herunder skærpede krav til godkendelse af pesticider samt revurdering af eksisterende godkendelser, indsats for en generel reduktion af pesticidforbruget (rådgivning om optimeret pesticidanvendelse, afgift mv.), indsats mod spredning af pesticider uden for de behandlede arealer, undgå vindafdrift, bedre teknik, krav vedr. beskyttelseszoner eller udlægning af sprøjtefri randzoner.

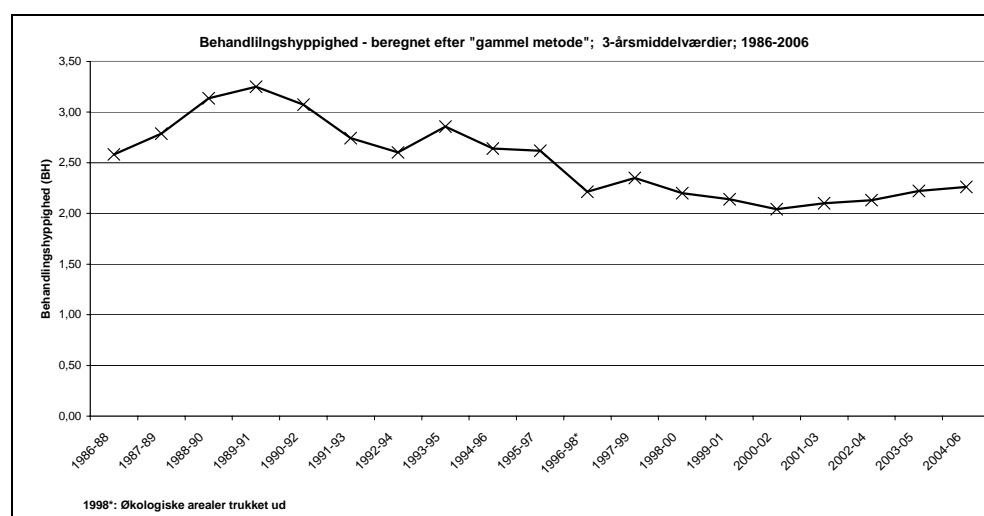
En del af disse aspekter af pesticidanvendelsen vil ikke kunne vurderes eller er vanskelige at vurdere, da beregningerne af anvendelse af pesticiderne er baseret på salgstal, og da belastningstallet ikke inddrager alle de virkemidler, som har spillet med i perioden, jvf. de listede forudsætninger i afsnit 3.3. Der har således ikke været elektronisk læsbare oplysninger tilgængelige om forbruget – f.eks. i form af sprøjtejournaler. Det gælder primært dosering og antal behandlinger og til en vis grad punktkilder og/eller uhensigtsmæssig adfærd – i det omfang sidstnævnte måtte være registreret i sprøjtejournalerne.

Belastningstallet er dog så grov en beskrivelse, at forhold for adfærd, punktkilder og dosering på de enkelte markflader ikke indgår, selvom det selvfølgelig er væsentlige faktorer i en tolkning af resultatet.

#### 5.4 Indsatsen for en generel nedsættelse af pesticidforbruget

Den mulige betydning af en eventuel generel nedsættelse af pesticidforbruget kan belyses ved at sammenholde udviklingen i belastningstallene med udviklingen i behandlingshyppigheden.

Figur 5.2 viser udviklingen i behandlingshyppigheden i perioden 1986-2006 baseret på 3-års middelværdier lige som de øvrige figurer. Frem til 1991 stiger behandlingshyppigheden, hvorefter den - omend med en del udsving - i det store og hele falder indtil 2002 for så at stige de seneste år.



Figur 5.2

Udviklingen i behandlingshyppigheden – beregnet efter "gammel metode" i perioden 1986-2006. Efter 1999 blev der indført en ny metode til beregning af BH, der i højere grad tog hensyn til alle aktivstoffer i det enkelte produkt end den hidtidige. Af hensyn til sammenligneligheden er der her brugt samme beregningsmetode ("den gamle") for alle år.

Det fald i de fleste af belastningstallene, der blev fundet i perioden 1986-2000, kan derfor ikke entydigt tilskrives udviklingen i behandlingshyppigheden. I de første år har andre parametre (måske giftighederne af de anvendte pesticider) haft større betydning for udviklingen i belastningstallene.

I løbet af 1990'erne sker der generelt et fald i såvel behandlingshyppighed som i flertallet af belastningstallene.

Stigningen i behandlingshyppigheden i perioden efter 2000 er ikke tydeligt afspejlet i udviklingen i belastningstallene; belastningstallet for algerne synes at følge behandlingshyppigheden i denne periode, men for flertallet af de øvrige parametre synes der ikke at være nogen stigning.

Der er altså en tendens til, at det generelle fald i behandlingshyppighed i 1990'erne afspejles i et generelt fald i flertallet af belastningstallene i samme periode, undtagen for regnorme hvor der er en markant stigning i belastningstallet. I perioderne før og efter er der ikke en klar sammenhæng mellem behandlingshyppigheden og størrelsen af belastningstallet.

Dette kan skyldes, at der ved beregningen af behandlingshyppigheden ikke tages hensyn til pesticidernes giftighed men kun deres dosering og forbrug (stor dose = lille vægtning), hvorimod belastningstallet er langt mere styret af enkelte stoffer med største giftighed over for bestemte organismer. Det betyder en forskel mellem behandlingshyppighed og belastningstal, da giftigheden målt som  $LC_{50}$  eller  $LD_{50}$  udviser meget stor variation mellem stoffer, hvor få stoffer typisk er langt mere giftige end andre, mens niveauet i forskellige stoffers dosering ikke har så store udsving. Dette betyder, at der ikke nødvendigvis vil være nogen klar og entydig sammenhæng mellem behandlingshyppighed og belastningstal.

#### 5.5 Skærpede krav til godkendelse af pesticider

Skærpede krav til godkendelse af pesticider skal ses i sammenhæng med revurdering af eksisterende godkendelser.

Enhver nedsættelse af pesticidforbruget vil naturligvis nedsætte belastningen. I forhold til 2006 vil kun en reduktion i anvendelsen af pesticider angivet i tabel 4.2 medføre en markant nedsættelse af belastningstallet i de følgende år. Stoffer med mange krydser i denne tabel, som f.eks. prosulfocarb og mancozeb, vil være dem, hvor en forbrugsnedgang vil have størst betydning.

Flere af resultaterne af de her gennemførte beregninger viser, at en regulering mod et enkelt pesticid kan have stor betydning for belastningstallet, bl.a. svampemidlet propiconazol for alger, insektmidlerne esfenvalerat og cypermethrin for krebsdyr/dafnier og fisk, insektmidlerne cypermethrin og deltamethrin for bier og insektmidlet pirimicarb for pattedyr og fugle.

For regnorme – den eneste gruppe, hvor der er sket en stigning i belastningen i perioden 1992-2006 - er det især ukrudtsmidlet prosulfocarb, som bidrager til belastningen.

For de akvatiske organismer er det således propiconazol, der har betydning for det samlede fald i belastningstal for alger, mens esfenvalerat er den dominerende årsag til et faldet i belastningstal for både dafnier og fisk. For disse to stoffer blev der desuden indført 20 m beskyttelseszone i hhv. 1997 og 1999 for propiconazol og esfenvalerat.

Insekticider udgør den største belastning af dafnier og fisk. Fra begyndelsen af 1990erne frem til slutningen af årtiet faldt belastningstallene for dafnier og fisk markant. Samlet set er det esfenvalerat, der udgør den største belastning i perioden 1992-2006, og faldet i perioden frem til 2000-2002 kan primært tilskrives faldet i salg af esfenvalerat. Desuden blev der 1998 indført 20 meter sprøjtefri beskyttelseszone til vandmiljø for esfenvalerat. Fra og med år 2002



har der ikke været noget forbrug af esfenvalerat, da det har været forbudt til landbrugsformål.

Beskyttelseszoner er derfor udtryk for en beskyttelse af vandløb og vandhuller. Betragtes belastningstallet for akvatiske organismer for pesticider uden beskyttelseszone (figur 4.20-4.22), ses naturlig nok et drastisk fald i hele perioden, da det generelle fald for alle stoffer samlet bliver forstærket af, at et stigende antal pålægges beskyttelseszoner og derfor trækkes ud af belastningstallet løbende.

Det er meget tydeligt, at mancozep er dominerende for de stoffer, der stadig ikke har beskyttelseszoner. For fisk var der ikke noget generelt fald i belastning fra 1981 til 1996 (Clausen, 1998, se figur 17 i bilag A), mens der var et fald i perioden fra 1996 til 2000 (figur 4.5.), derefter har belastningen været konstant.

For dafnier viser den samlede belastning en fortsættelse af det fald, som Clausen (1998) viser gennem hele perioden fra 1981 til 1996 (figur 22 (krebsdyr) i bilag A). Denne faldende tendens synes dog at stoppe efter år 2000. I Clausen (1998) er der kun vist figurer for belastningstal for alger med hensyn til fungicider og vækst regulatorer (figur 27 og 28 i bilag A) på grund af manglende data, her ses en faldende tendens fra 1992 til 1996. Dette fald fortsætter frem til 2002, hvorefter belastningen er konstant (figur 4.1).

Regnormen er repræsentant for jordlevende dyr, der opholder sig inde på markfladen. Figur 4.11 viser en klar stigning af værdien for belastningstallet for regnorme gennem hele perioden. Her er det prosulfocarb, der klart er årsag til stigningen.

Bier er ligeledes dyr, der kan opholde sig inde på markfladen og her er belastningstallet faldende samlet set for hele perioden, med et fald mellem 1993 og 1997, hvorefter belastningen er konstant i resten af perioden. Dimethoat og cypermethrin er klart dominerende i nyere tid, især efter 2002.

For pattedyr (Clausen, 1998, figur 1) har der været en faldende tendens gennem perioden 1981 til 1996. Dette fald er fortsat (figur 4.9.) frem til omkring år 1997, hvorefter det er fladet noget ud frem mod 2006. Det er chlormequat chlorid, der er det mest betydende stof i hele perioden fra 1997. Den samme tendens gør sig gældende for fuglene, med den forskel, at det er andre stoffer, der har betydning hen mod slutning af perioden, dog med ioxynil som fælles, mens MCPA også gør sig gældende for fuglene.

Fugle og pattedyr, der kommer i kontakt med pesticider på eller omkring markfladen, har altså ikke opnået væsentlig bedre beskyttelse siden omkring år 1997.

Der er sket et fald i anvendelsen af midler med størst mobilitet beskrevet med GUS-indekset (figur 4.17), og dette fald har holdt sig stort set gennem hele perioden fra 1992 til 2006. Brugen af de "mellem-mobile" stoffer er også faldende på nær i de seneste år, mens brugen af de mindst mobile er steget.

Data indikerer, at risikoen for udvaskning af pesticider til grundvandet (vurderet ud fra deres halveringstid og sorption til jord) generelt er faldet siden starten af 1990'erne frem til i dag.

Anvendelse af pesticider med hormonforstyrrende og kræftfremkaldende egenskaber faldt markant i slutningen 1990'erne, mens anvendelsen i de seneste år har været relativt stabil, dog med tendens til stigning i salget af pesticider med kræftfremkaldende egenskaber.

#### 5.6 Indsats mod spredning af pesticider uden for de behandlede arealer

Betydningen af tiltag til at undgå spredning af pesticider, f.eks. ved at undgå vindafdrift, bedre teknik, krav vedr. beskyttelseszoner eller udlægning af sprøjtefri randzoner, er kun antydningvis belyst i rapporten. Der har ikke inden for projektets rammer været mulighed for en detaljeret modellering af betydningen af hverken beskyttelseszoner eller generelle sprøjtefri randzoner.

De gennemførte beregninger antyder, at indførelse af beskyttelseszoner til vandmiljø for de stoffer, der er mest giftige for vandlevende organismer, nedsætter belastningen af vandmiljøet som forventet. En verificering heraf og mere detaljerede oplysninger vil kræve yderligere raffinering af beregningerne. Dette vil være muligt inden for rammerne af det præsenterede regnearkssystem.

## 6 Konklusioner

Pesticiders belastning af miljøet er vurderet ved beregning af belastningstal for vandlevende organismer og terrestriske organismer samt for mobilitet i jord, hormonforstyrrende og kræftfremkaldende egenskaber.

Desuden er der gennemført beregninger til illustration af betydningen af indførelse af beskyttelseszoner til vandmiljø for særligt giftige stoffer.

Det er vigtigt at påpege, at belastningstal ikke kan beskrive effekter, men kun give et billede af udviklingen i den belastning af miljøet, der finder sted som følge af udbringning af stoffer med specifikke egenskaber.

Siden 2000-2002 viser belastningstallene generelt ingen større udvikling, hverken stigende og faldende, hvilket indikerer en uændret miljøbelastning i denne sidste periode. Før dette tidspunkt var der klare forbedringer op i gennem årene. Således er belastningstallet for 1980erne og første halvdel af 1990erne generelt på et langt højere niveau end i sidste halvdel af 1990erne og frem til 2006. Tilsvarende overordnede billede er set for anvendelse af pesticider med hormonforstyrrende egenskaber, kræftfremkaldende egenskaber, og egenskaber med stor risiko for udvaskning til grundvandet. En undtagelse er belastningstallet for regnorme, der i hele perioden 1992-2006 har været stigende. Andre undtagelser er belastningstallet for alger, der de seneste år har været stigende, og tallene for fugle og pattedyr, der har udvist en svagt faldende tendens i den sidste del af perioden.

I løbet af 1990erne sker der generelt et fald i såvel behandlingshyppighed som i flertallet af belastningstallene.

Stigningen i behandlingshyppigheden i perioden efter 2000 er ikke tydeligt afspejlet i udviklingen i belastningstallene. Dette kan skyldes, at der ved beregningen af behandlingshyppigheden ikke tages hensyn til pesticidernes giftighed men kun deres dosering og forbrug. Dette betyder, at der ikke nødvendigvis vil være nogen klar og entydig sammenhæng mellem behandlingshyppighed og belastningstal.

Derimod var der sammenhæng mellem anvendelsen af bestemte pesticider og belastningstallene, og der kunne identificeres en række stoffer, der var afgørende for udviklingen i de forskellige belastningstal.

Skærpede krav til godkendelse af pesticider har således betydning for miljøbelastningen.

Sprøjtetfri beskyttelseszoner i forhold til vandløb og søer er et vigtigt virkemiddel, der er inddraget i beregningerne. Konklusionen er, at alle de mest betydende stoffer for belastningstallene for vandmiljø blev underlagt beskyttelseszoner frem til omkring år 2000. Derefter er der ikke sket en mærkbar yderligere mindsning af belastningstallene for stoffer, der kan sprøjtes uden beskyttelseszone. Det er klart, at beskyttelseszoner til vandmiljø kun tilgodeser overfladevand, og derfor er de kun relevante i forhold til de tre akvatiske organismegrupper, der er inddraget (alger, krebsdyr og fisk).

## 7 Perspektivering

Det udviklede beregningsværktøj er baseret på den årlige bekæmpelsesmiddelstatistik, Miljøstyrelsen udarbejder ud fra salgsstatistik og oplysninger om landbrugsarealets anvendelse, samt på økotoxikologiske data fra godkendelsesgrundlaget og internationale databaser.

Belastningstallet er enkelt at beregne. Det er baseret på ganske få parametre og på, at en løbende opdatering af databasen med nye oplysninger om nye stoffernes egenskaber vil kunne gennemføres med en beskednen indsats.

Belastningstallet vil derfor kun afspejle en begrænsning i pesticiders miljøbelastning i det omfang, et tiltag udmøntes i begrænset forbrug. Beregningsværktøjet, som det er brugt i denne rapport, er derimod ikke egnet til at inddrage betydningen af andre tiltag til begrænsningen af miljøbelastningen fra pesticider, såsom dosering og sprøjtet areal, punktkilder og/eller uhensigtsmæssig adfærd. Derimod vil betydningen af beskyttelseszoner kunne medtages i et vist omfang i en forbedret udgave.

Behandlingshyppigheden har været brugt som den eneste parameter til at følge pesticidforbruget i de seneste år. Da behandlingshyppigheden synes at have nogle begrænsninger i forhold til at beskrive miljøbelastning (Kjær et al., 2007), kunne belastningstallet supplere med en mere vidensbaseret vurdering af pesticiders miljøpåvirkning.

Med en passende vedligeholdelse – og eventuelt forbedringer – vil belastningstallet fremover kunne bruges til

- at følge udviklingen i pesticiders belastning af miljøet
- at identificere de stoffer, der har størst betydning for de enkelte belastningstal.

## 8 Litteratur

Clausen, H. (1998): Ændringer i bekæmpelsesmidlernes egenskaber fra 1981-1985 frem til 1996. Danmarks Miljøundersøgelser. 63s. – Faglig rapport fra DMU nr. 223.

Gustafson, D.I. (1993): Pesticides in Drinking Water. New York: van Nostrand Reinhold  
(<http://www.pw.ucr.edu/textfiles/PesticideWiseWinter2002.htm>)

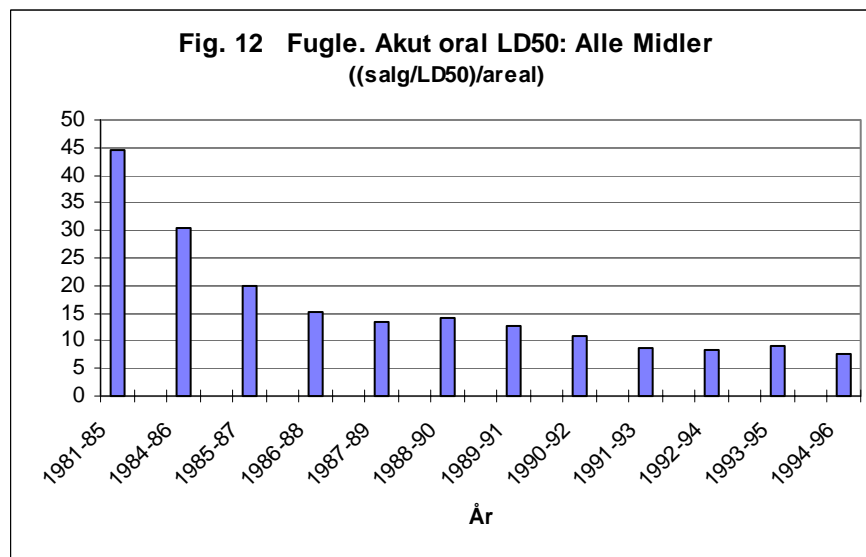
Gyldenkerne, S. (1997): ”Udvikling i den direkte toksikologiske belastning fra pesticider overfor pattedyr, fugle, bier og vandlevende organismer i perioden 1982/85-1995”, Statens Planteavlsvforsøg, Rapport 11: 63-65.

Kjær, C., P.B. Sørensen, P. Kudsk & L.N. Jørgensen (2007): Indikatoren behandlingshyppighed (BH) som mål for pesticidbehandlingens miljøbelastning, Rapport til Fødevareministeriet.

Møhlenberg, F., K. Gustafson & P.B. Sørensen (2003): ”Pesticide Aquatic Risk Indicators, -an examination of the OECD indicators REXTOX, ADSCOR and the Danish indicators FA and LI based on Danish sales data from 1992-2000. Technical Report of the OECD Project on Pesticide Aquatic Risk Indicators  
([http://www.oecd.org/document/34/0,3343,es\\_2649\\_34383\\_2752226\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/document/34/0,3343,es_2649_34383_2752226_1_1_1_1,00.html))



## Udvalgte figurer fra Clausen, 1998

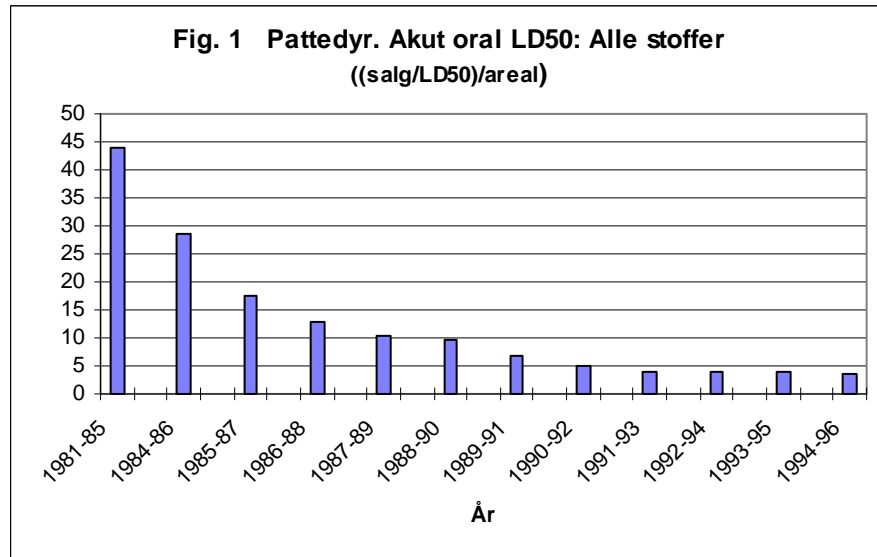


Figur 12

Belastningstallene for akut oral giftighed ( $LD_{50}$ ) hos fugle for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Alle pesticider samlet.

*Figure 12*

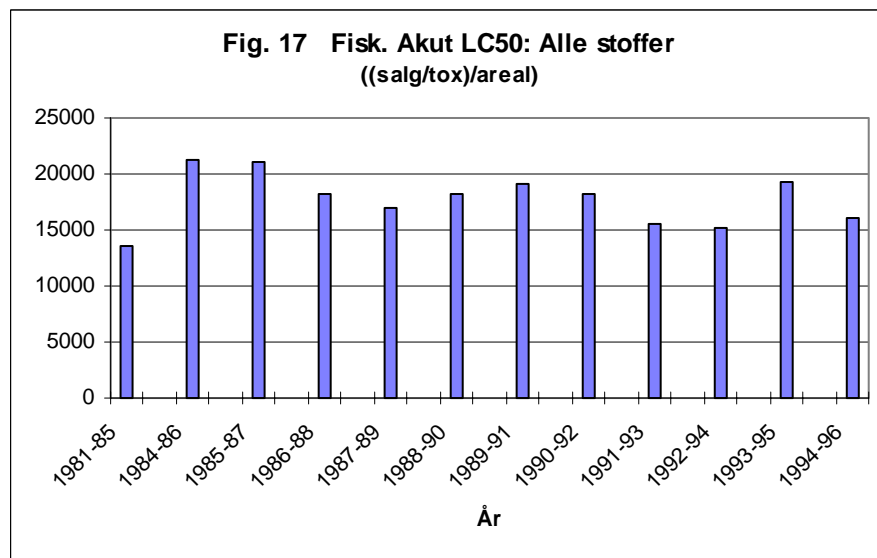
*Index of load for acute oral avian toxicity ( $LD_{50}$ ) for the reference period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. All pesticides.*



Figur 1  
Belastningstal lene for akut oral giftighed ( $LD_{50}$ ) hos pattedyr for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Alle pesticidgrupperer samlet.

Figure 1

Index of load for acute oral mammalian toxicity ( $LD_{50}$ ) for the reference period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. All pesticide groups.



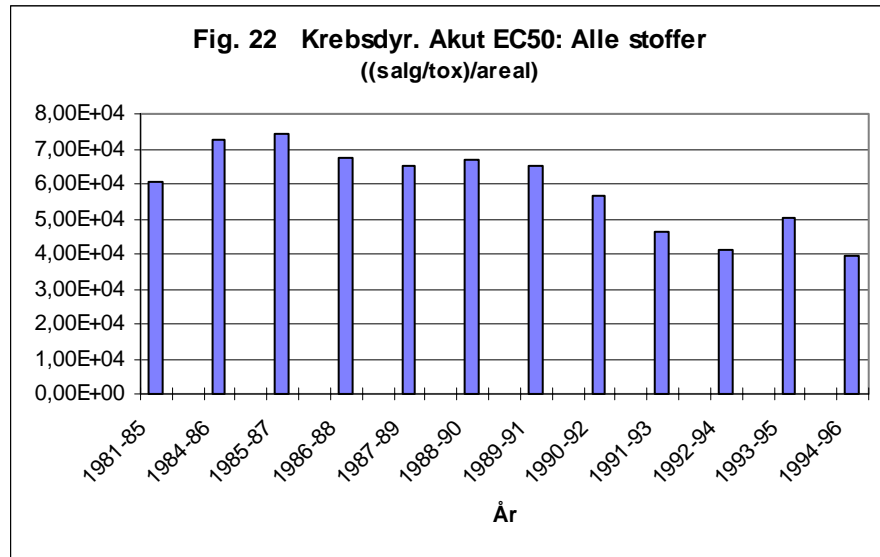
Figur 17

Belastningstallene for akut giftighed ( $LD_{50}$ ) hos fisk for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Alle pesticider samlet.

Figure 17

Index of load for acute toxicity ( $LD_{50}$ ) to fish for the reference period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. All pesticides.



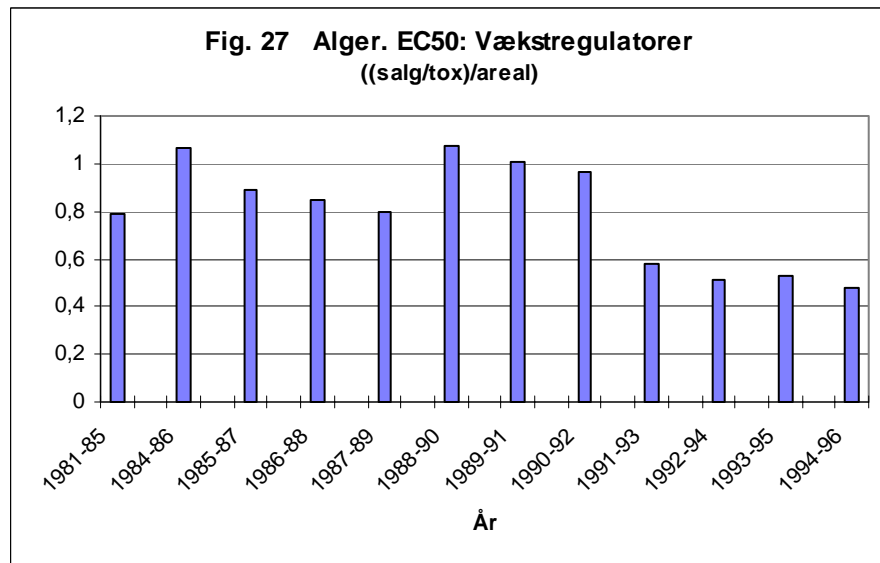


Figur 22

Belastningstal lene for akut giftighed ( $EC_{50}$ ) hos krebsdyr for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Alle pesticidgrupperer samlet.

Figure 22

Index of load for acute toxicity ( $EC_{50}$ ) to crustaceans for the reference period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. All pesticide groups.

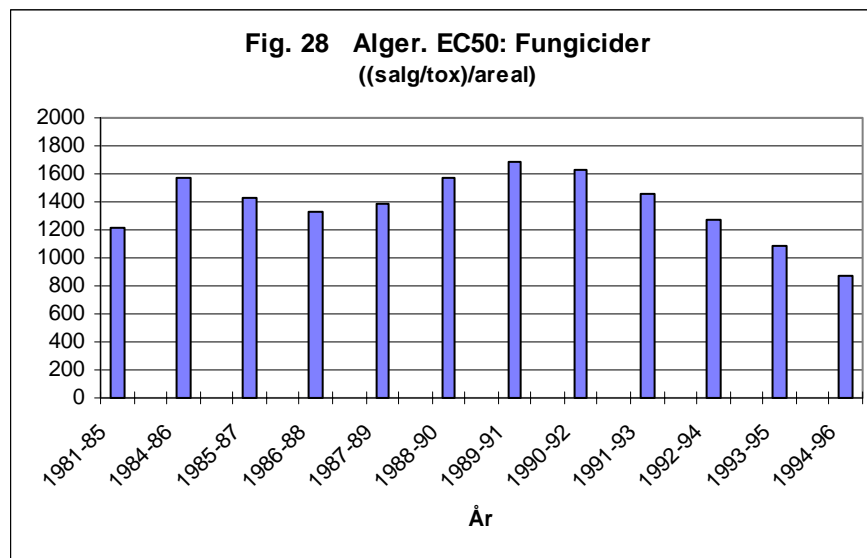


Figur 27

Belastningstal lene for giftighed ( $EC_{50}$ ) hos alger for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Vækstregulatorer.

Figure 27

Index of load for toxicity ( $EC_{50}$ ) to algae for the reference period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Growth regulators.



Figur 28  
 Belastningstal lene for giftighed (EC<sub>50</sub>) hos alger for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Svampemidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

*Figure 28*  
 Index of load for toxicity (EC<sub>50</sub>) to algae for the reference period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Fungicides.