



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

NOVA 2003

Vandløb 2003

Faglig rapport fra DMU, nr. 516

[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

NOVA 2003

Vandløb 2003

*Faglig rapport fra DMU, nr. 516
2004*

Jens Bøgestrand (red.)

Datablad

Titel:	Vandløb 2003
Undertitel:	NOVA 2003
Redaktør:	Jens Bøgestrand (red.)
Afdeling:	Afdeling for Ferskvandsøkologi
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 516
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Miljøministeriet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsestidspunkt:	December 2004
Redaktionen afsluttet:	December 2004
Faglig kommentering:	Amterne i Danmark
Finansiell støtte:	Ingen ekstern finansiering.
Bedes citeret:	Bøgestrand, J. (red.) 2004: Vandløb 2003. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 54 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 516. http://faglige-rapporter.dmu.dk Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Emneord:	Vandløb, miljøtilstand, overvågning, NOVA 2003
Layout: Tegninger/fotos:	Anne-Dorthe Villumsen Grafisk Værksted, Silkeborg
ISBN: ISSN (elektronisk):	87-7772-840-8 1600-0048
Sideantal:	54
Internet-version:	Rapporten findes kun som PDF-fil på DMU's hjemmeside http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR516.pdf
Supplerende oplysninger:	NOVA 2003 rapporterne er en fortsættelse af rapporterne om Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, som dækker årene 1989-1997 (udgivet 1990-1998)
Købes hos:	Miljøministeriet Frontlinien Rentemestervej 8 2400 København NV Tlf. 70 12 02 11 frontlinien@frontlinien.dk www.frontlinien.dk

Indholdsfortegnelse

Forord 5

Sammenfatning 6

1 Datagrundlag og databehandling 7

- 1.1 Om overvågningsprogrammet 7
- 1.2 Sådan vurderes miljøtilstanden 8

2 Klima og afstrømning 10

3 Biologisk vandløbskvalitet 13

- 3.1 Tilstand og målsætningsopfyldelse i 2003 13
- 3.2 Udvikling i den biologiske vandløbskvalitet 15

4 Kvælstof i vandløb 17

- 4.1 Tilstanden i 2003 17
- 4.2 Udvikling siden 1989 18
- 4.3 Udviklingen i længere perspektiv 19
- 4.4 Kilder til kvælstof i vandløb 19

5 Fosfor i vandløb 20

- 5.1 Tilstanden i 2003 20
- 5.2 Udviklingen siden 1989 21
- 5.3 Kilder til fosfor i vandløb 21

6 Miljøfremmede stoffer 23

- 6.1 Tilstanden i 2003 23
- 6.2 Tilførsel til havet 25

7 Vand- og stoftilførsler med ferskvand til marine kystafsnit 26

- 7.1 Stofftilførslerne til marine kystafsnit i 2003 26
- 7.2 Udvikling i den samlede vand- og stoftilførsel til de marine kystafsnit 28

Referencer

Fokus 2004:

Udvidet biologisk program 32

Prøvetagningens betydning for overvågningen af pesticider i vandløb 42

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU

[Tom side]

Forord

Denne rapport er udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet (NOVA), som fra 1998 afløste Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, iværksat efteråret 1988.

Hensigten med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram var at undersøge effekten af de reguleringer og investeringer, som er gennemført i forbindelse med Vandmiljøplanen (1987). Systematisk indsamling af data gør det muligt at opgøre udledninger af kvælstof og fosfor til vandmiljøet samt at registrere de økologiske effekter, der følger af ændringer i belastningen af vandmiljøet med næringssalte. Med NOVA er programmet udvidet til at omfatte både vandmiljøets tilstand i bredeste forstand og miljøfremmede stoffer og tungmetaller.

Danmarks Miljøundersøgelser har som sektorforskningsinstitution i Miljøministeriet til opgave at forbedre og styrke det faglige grundlag for de miljøpolitiske prioriteringer og beslutninger. En væsentlig del af denne opgave er overvågning af miljø og natur. Det er derfor et naturligt led i Danmarks Miljøundersøgelsers opgave at forestå den landsdækkende rapportering af overvågningsprogrammet inden for områderne ferske vande, marine områder, landovervågning og atmosfæren.

I overvågningsprogrammet er der en klar arbejdsdeling og ansvarsdeling mellem amterne og Københavns og Frederiksberg kommuner og de statslige myndigheder.

Rapporterne "Vandløb" og "Søer" er således baseret på amtskommunale data og rapporter om overvågningen af de ferske vande.

Rapporten "Marine områder 2003. Miljøtilstand og udvikling" er baseret på amtskommunale data og rapporter om overvågningen af kystvande og fjorde samt Danmarks Miljøundersøgelsers og vore nabolandes overvågning af de åbne havområder.

Rapporten "Landovervågningsoplande" er baseret på data indberettet af amtskommunerne fra 7 overvågningsoplande og er udarbejdet i samarbejde med Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse.

Endelig er rapporten "Atmosfærisk deposition 2003" baseret på Danmarks Miljøundersøgelsers overvågning af luftkvaliteten i Danmark.

Sammenfatning

Vandløbenes biologiske kvalitet er forbedret siden 1999, vurderet på baggrund af smådyrene efter Dansk Vandløbs Fauna Index (DVFI). Sammensætningen af smådyrsfaunaen indikerer, at flere og flere vandløb kan siges at være af god kvalitet med ingen eller kun svag menneskelig påvirkning. I 2003 blev 44 % af de overvågede vandløb bedømt således mod kun 35 % i 1999. Tilsvarende er der blevet færre vandløb med en dårlig tilstand. Forbedringerne i den økologiske vandløbskvalitet skyldes formentlig en kombination af forbedret vandkvalitet og forbedrede fysiske forhold i vandløbene, især som følge af en mere skånsom vandløbsvedligeholdelse.

Koncentrationen af næringsstofferne kvælstof og fosfor i vandløbene er faldet siden 1989. Kvælstofkoncentrationen er i gennemsnit reduceret med cirka 30 %, fosfor med cirka 28 %. For kvælstof skyldes det mest en reduceret udvaskning fra de dyrkede arealer. Der er dog også sket store reduktioner i udledninger med spildevand og fra dambrug (punktkilder), men disse forureningskilder er af relativ lille betydning hvad angår kvælstof. For fosfors vedkommende er det derimod navnlig den store indsats til reduktion af udledningen med spildevand, der ligger til grund. Der er sket et meget tydeligt fald i koncentrationen af fosfor i vandløb med udledninger af spildevand eller dambrug, mens der ikke ses nogen entydig ændring i vandløb i det dyrkede land. Koncentrationerne af kvælstof og fosfor er dog stadig henholdsvis 4-5 gange og 2-3 gange så høj som det, man finder i upåvirkede naturvandløb, målt som gennemsnit for hele landet.

Der ses tilsvarende tendenser for den samlede danske tilførsel af kvælstof og fosfor til havet. Reduktionen i kvælstof-, og især fosforudledningen er dog endnu større på grund af forbedret spildevandsrensning på de store punktkilder med direkte udledning til havet. Der er således sket et signifikant fald i den samlede klimakorrigerede tilførsel af både kvælstof (ca. 43 %) og fosfor (ca. 81 %) til havet. Hvis man derimod ser på den diffuse tilførsel, er der kun sket et fald hvad angår kvælstof, mens der for fosfor ikke kan påvises en tydelig udvikling på landsplan.

Der kan påvises sprøjtemidler i mange vandløb. Der er fundet glyphosat eller dets nedbrydningsprodukt AMPA i 91 % af samtlige analyser, men også en række andre pesticider er fundet med varierende hyppighed. I nogle få tilfælde er der målt så høje koncentrationer, at det sandsynligvis skyldes direkte udslip til vandløbet. Disse høje koncentrationer kan have haft konsekvenser for dyre- eller plantelivet, mens det er usikkert, om der er skadelige effekter af de lave koncentrationer, man normalt finder.

1 Datagrundlag og databehandling

Jens Bøgestrand

1.1 Om overvågningsprogrammet

NOVA 2003-formål

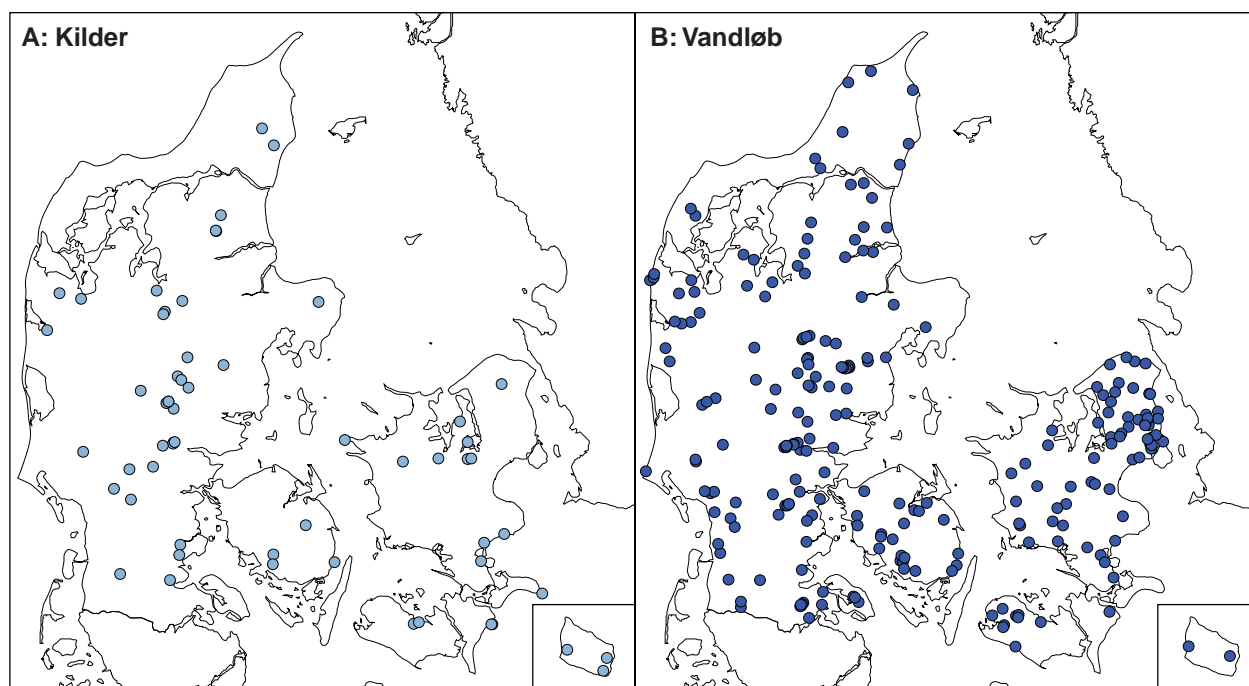
Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet (NOVA 2003) har som formål både at følge resultaterne af de tiltag, der blev vedtaget under vandmiljøplanen, og at tilgodese en række andre behov, herunder forpligtelser overfor EU, HELCOM, OSPAR og andre internationale organer.

Stationsnet og måleprogram

Der indgår 231 vandkemiske målestationer og 58 kilder (figur 1.1) i NOVA. Måleprogrammet omfatter vandføring samt en række fysiske og kemiske parametre. Næringsstofferne kvælstof og fosfor samt organisk stof er vigtige elementer, men der indgår også pH, vandtemperatur og andre fysiske parametre. Desuden tilvejebringes en række oplandsrelaterede informationer omfattende oplandsafgrænsning, arealanvendelse, jordtype, spildevandsudledninger, dyrkningspraksis m.m.

Tungmetaller og miljøfremmede stoffer

På 5 målestationer i større vandløb måles der koncentrationer af en række tungmetaller. Desuden skal der på disse stationer samt de 25 landovervågningsstationer måles en lang række miljøfremmede stoffer. Det drejer sig både om pesticider og deres nedbrydningsprodukter samt andre organiske forbindelser, som kan have en direkte giftvirkning eller kan akkumuleres i fødekæden, herunder stoffer der stammer fra industri og husholdningsspildevand.



VA04 - Fig. 1.1

Figur 1.1 Kort over prøvetagningsstationer i vandløb og kilder

Vandløbsøkologi

På 80 stationer udføres et udvidet biologiprogram for at belyse sammenhængen mellem den biologiske tilstand i vandløbene og påvirkningen fra menneskeskabte faktorer. Der laves således undersøgelser af både bunddyrsfauna, vegetation, fysiske forhold og fiskebestand. Desuden laves der på godt 1000 stationer en kvalitetsbedømmelse ud fra dansk vandløbsfauna indeks (DVFI) for at få et landsdækkende billede af vandløbenes tilstand.

Oplandsanalyser

På de 25 stationer, som indgår i landovervågningsprogrammet, laves der detaljerede opgørelser over både naturgivne og menneskeskabte forhold i oplandene, især i relation til næringsstoffer. Resultaterne anvendes til opstilling af simple modeller for vand- og stofkredsløb i oplandene for at opnå en bedre beskrivelse af stoftabet fra det åbne land til vandløbene.

1.2 Sådan vurderes miljøtilstanden

Gennem overvågningsårene har der været nogle gennemgående principper for databehandling, analyse og præsentation.

Beregningsmetoder

Hvis intet andet er nævnt, er gennemsnit beregnet som tidsvægtede for at tage højde for, at målingerne ikke er jævnt fordelt over året. I relation til stoftransport er der dog ofte anvendt vandføringsvægtede gennemsnitskoncentrationer, som tager højde for svingninger i vandføring, både over året og fra år til år. De beregnes ved for en given periode at dividere den samlede stoftransport med den samlede vandafstrømning.

Typeoplande og typevandløb

I mange af rapportens analyser inddeles vandløbsstationerne i klasser på grundlag af karakteren af menneskelig påvirkning i oplandet (tabel 1.1).

Tabel 1.1. Stationstyper i vandløb. I kriterier for opdeling af typeoplande er der i punktkildebidraget ikke medregnet spildevand fra spredt bebyggelse. Antal stationer fordelt på oplandstyper anvendt i tidsserieanalyse (1989-2003) og aktuelt 2003. Oplandstyper for tidsserie-analyser opgjort efter situation i 1991.

Oplandstype		1989-2003	2003
		tidsserie-analyser	aktuel status
		type 91	type 03
Naturoplande	Type 1	7	10
Vandløb i dyrkede oplande (P) dyrkningsgrad > 15 % bebyggelse < 50 % punktkildebidrag < 25 g P/ha, 0,5 kg N/ha	Type 2	38	74
Vandløb i dyrkede oplande (N) dyrkningsgrad > 15 % bebyggelse < 50 % punktkildebidrag < 0.5 kg N/ha	Type 3	60	108
Vandløb med punktkilder punktkildebidrag > 0.5 kg N/ha	Type 4	76	54
Vandløb med dambrugsudledninger P fra dambrug > 30 % af total transport > 40 % af punktkildebidrag	Type 5	14	9
Vandløb i bebyggede områder > 50 % bebyggelse	Type 6	4	6

Mange vandløb har skiftet klasse siden overvågningsprogrammets start, fx på grund af reduceret spildevandstilledning eller nedlæggelse af dambrug.

Kriterierne for dyrkede oplande er lidt forskellige for kvælstof og fosfor. Antallet af stationer i denne kategori er derfor ikke det samme i kvælstof- og fosforkapitlerne.

Udviklingen gennem årene

Udviklingen i vandkvalitet og stoftransport vurderes ud fra resultaterne fra de ca. 150 vandløbsstationer, som har været i drift siden 1991 eller tidligere. Ved analyse af udviklingen i de forskellige typer af vandløb anvendes typeinddelingen fra 1991. Enkelte vandløbsstationer udelades, hvis der er en nærliggende station i det samme vandløb, ligesom afløb fra søer ikke anvendes. Udviklingen i koncentrationer testes statistisk med en non-parametrisk metode, som søger at eliminere år-til-år variationer, der skyldes forskelle i afstrømning (Larsen, 1999). Resultaterne af testen bruges desuden til at beregne estimater af koncentration og stoftransport, som er korrigeret for vandføring/afstrømning.

Langtidsudviklingen i kvælstoftransport vurderes desuden ud fra resultater fra 55 vandløb, hvorfra der også foreligger målinger fra før overvågningsprogrammets start i 1989.

Tilførsel af kvælstof, fosfor og organisk stof til havet

Ca. 170 vandløbsstationer, som ligger tæt på vandløbets udmunding i havet, anvendes ved beregning af tilførslen af kvælstof, fosfor og organisk stof til havet. Oplandet til disse stationer dækker ca. 57 % af Danmarks areal. I de 170 stationer indgår nogle af amternes regionalt drevne stationer, som udgør 5-10 % af den arealmæssige dækning. Stoftilførslen fra den resterende del af landets areal (det umålte opland) samt direkte spildevandsudledninger i havet opgøres efter metoden beskrevet af Svendsen (1998).

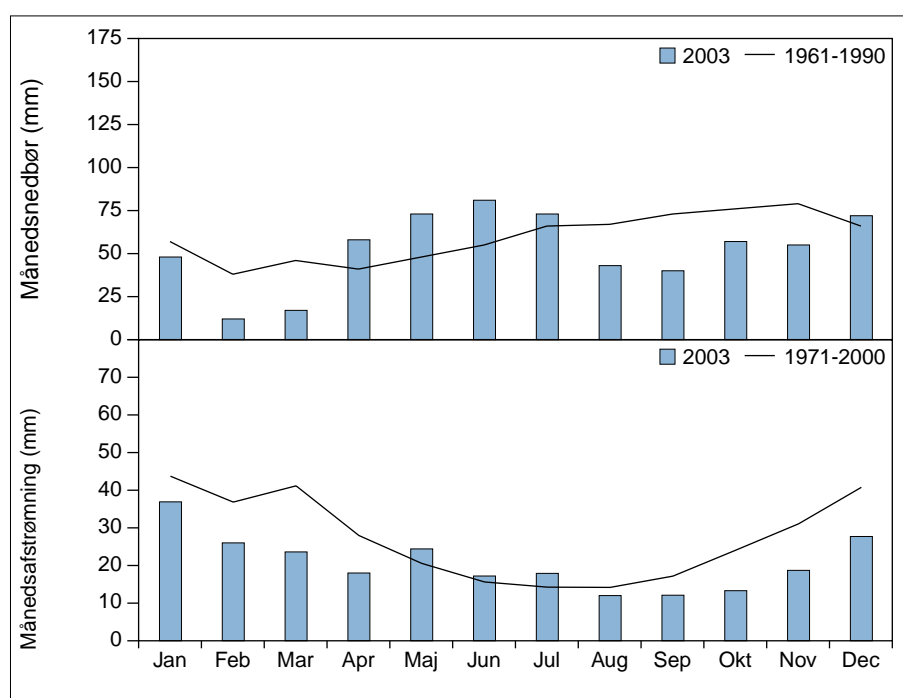
Tilførsel fra forskellige forureningskilder

For at vurdere betydningen af forskellige forureningskilder er bidraget til den samlede stoftransport fra disse opgjort. Dette gøres både for de enkelte vandløbsstationer og for den samlede stoftransport til havet. Beregningsmetoderne er detaljeret beskrevet i *Svendsen 1998*, men går i korthed ud på, at man på basis af den kendte samlede stoftransport samt det kendte bidrag fra en række punktkilder (byspildevand, industri m.m.) beregner bidraget fra det åbne land som differensen mellem punktkildebidraget og den samlede transport. Baggrundsbidraget, som er den stofafstrømning, der ville være for det samlede opland, hvis det lå hen som natur, beregnes ved at anvende målinger fra naturoplande som reference.

2 Klima og afstrømning

Niels Bering Ovesen

Vejret i 2003 var som helhed noget varmere og meget mere tørt end normalt. Middeltemperaturen var 8,7 °C, hvilket er cirka en grad over normalen (1961-90). Nedbørmængden blev i gennemsnit for landet på 630 mm mod normalt 712 mm. Dermed adskiller 2003 fra de foregående 5 år, der alle var mere nedbørrige end normalt. Nedbøren var samtidig atypisk fordelt over året, idet februar og marts var næsten uden nedbør, og også perioden august til november var meget tør. I april, maj og juni kom der derimod noget mere end normalt (Cappelen & Jørgensen, 2004) (figur 2.1).



VA04 - Fig. 2.1

Figur 2.1 Månedsnedbør i Danmark i 2003 sammenlignet med normalen 1961-90. Månedsmiddelferskvandsafstrømning fra Danmark i 2003 og middel for 1971-2000.

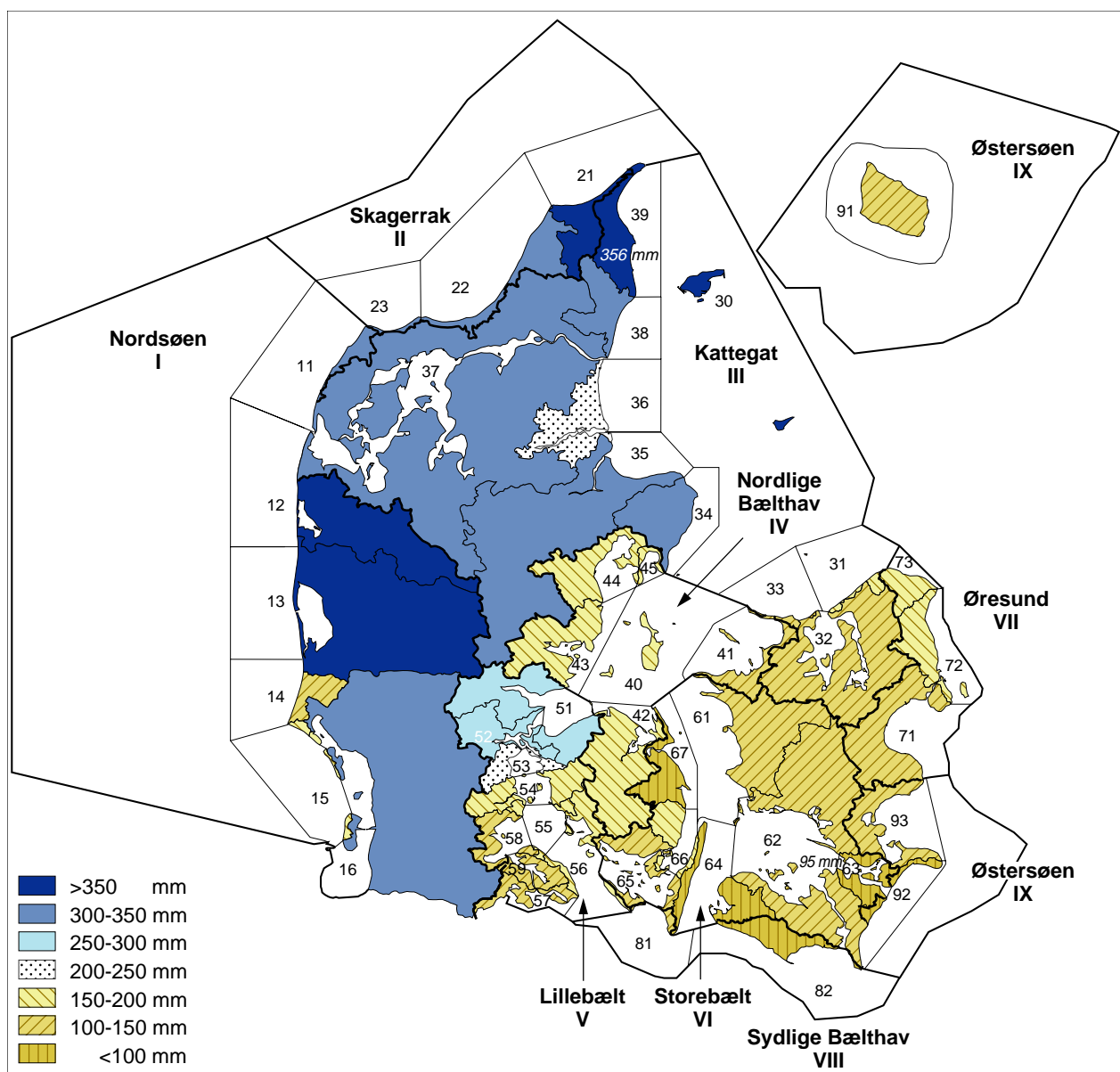
Den samlede ferskvandsafstrømning til de danske farvande er for 2003 opgjort til ca. 10.660 millioner m³ svarende til en arealspecifik afstrømning fra Danmark på 248 mm. Det er væsentligt mindre end normalt, og især i de 4 første og de 3 sidste af årets måneder var den særdeles lav. Sommerperioden maj til september var derimod nær det normale (figur 2.1). I bilag 2.1 findes en detaljeret opgørelse på månedsplan for ferskvandsafstrømningen til de 49 2. ordens kystafsnit. Beregningsmetode findes i Bøgestrand et al. 2001.

Afstrømningsforholdene udviser ligesom nedbøren en stor geografisk variation i 2003 (figur 2.2). Oplandene til farvandsområderne i det sydlige Bælthav, Østersøen og Øresund havde de laveste ferskvandsafstrømninger, typisk mellem 100 og 200 mm. De største afstrømninger forekom som normalt til farvandsområderne i Nordsøen

med et niveau på mellem 300 og 400 mm. Afstrømningen har i hele landet været mindre end normalt.

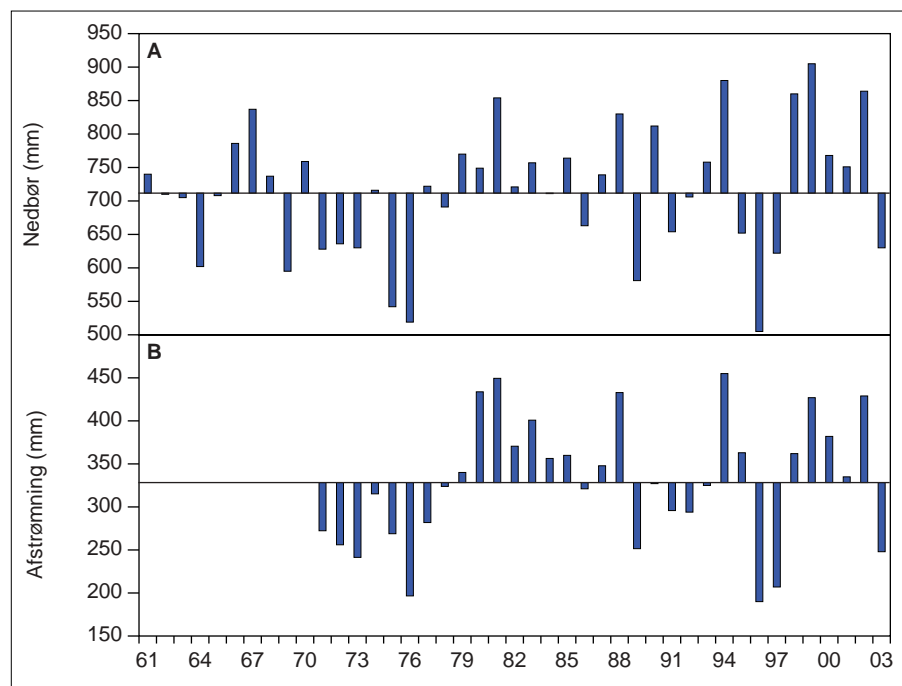
Årets samlede afstrømning var ca. 25 % under middelfafstrømningen for perioden 1971–2000, der er på 328 mm (ca. 14.100 millioner m³) (figur 2.3). Der var i 2003 en rimelig overensstemmelse mellem ferskvandsafstrømningen og nedbøren i forhold til normalt (figur 2.3). En forsinkelse i afstrømningens respons på nedbøren i sammenhæng med variation i grundvandsmagasinernes indhold ser således ikke ud til at have haft særlig betydning for opgørelserne for 2003.

Efter 2002, hvor nedbør og afstrømning var væsentligt over normalen, kan det ikke umiddelbart antages, at der ved indgangen til 2003 har ligget ophobede mængder af næringsstoffer i jorden. Den særdeles lave afstrømning, der forekom i begyndelsen af året (figur 2.1), har endvidere givet gunstige betingelser for en ekstraordinært lav udvaskning af næringsstoffer til vandmiljøet i vinter og forår 2003.



VA04 – Fig. 2.2

Figur 2.2 Ferskvandsafstrømningen (i mm) til de 49 2. ordens marine kystafsnit i 2003.



VA04 – Fig. 2.3

Figur 2.3 Årsnedbøren for Danmark i perioden 1961-2003 angivet i forhold til normalen 1961-90 (A) og ferskvandsafstrømningen for Danmark i perioden 1971-2003 angivet i forhold til middel for perioden 1971-2000 (B).

3 Biologisk vandløbskvalitet

Jens Skriver

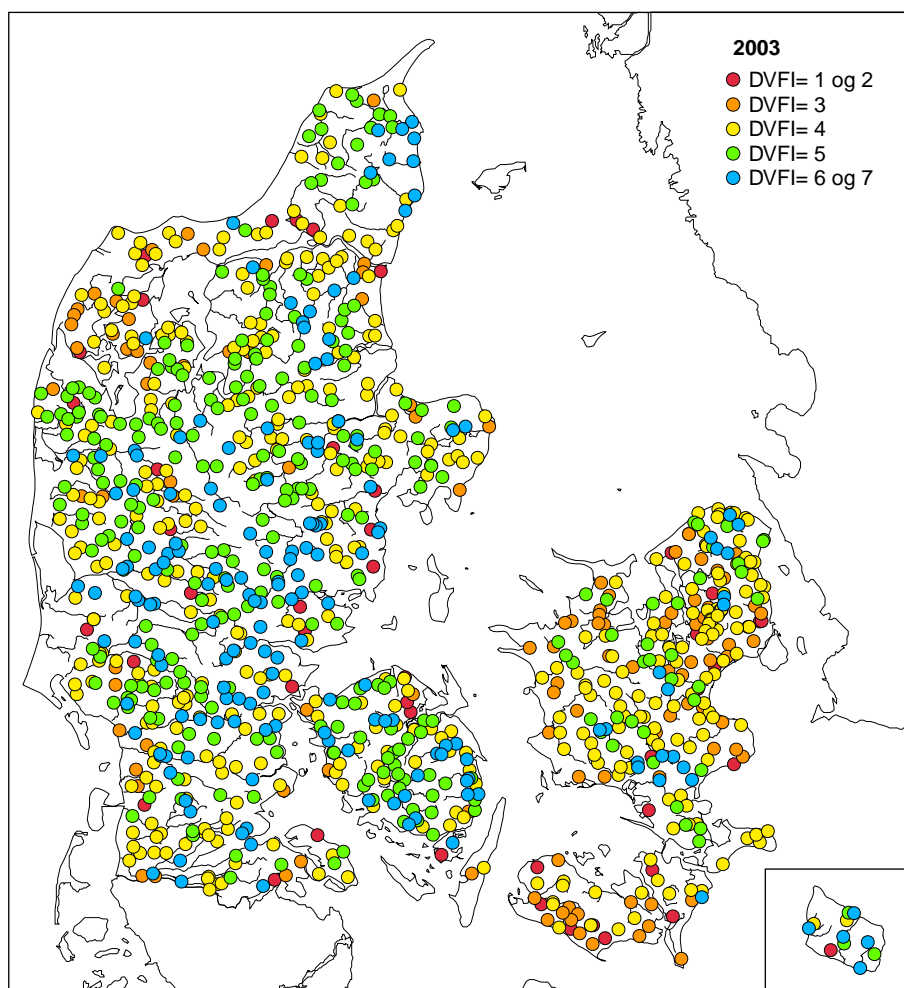
3.1 Tilstand og målsætningsopfyldelse i 2003

Vandløbenes biologiske kvalitet bedømmes hvert år ud fra sammensætningen af smådyrfaunaen på ca. 1050 lokaliteter. Tilstanden udtrykkes ved hjælp af Dansk Vandløbsfaunaindeks (DVFI), som antager værdier (faunaklasser) fra 1 til 7, hvor værdien 7 angiver den bedste tilstand (Miljøstyrelsen, 1998).

Faunaklasserne 5, 6 og 7 fandtes i godt 44 % af vandløbene og er karakteristiske for forholdsvis rene og fysisk varierede vandløb (figur 3.1). Yderligere 40 % af vandløbene havde en moderat påvirket smådyrfauna (faunaklasse 4). Faunaklasserne 1, 2 og 3, der karakteriserer en meget dårlig tilstand, udgjorde mindre end 16 % af vandløbene.

Generelt havde de større vandløb en bedre miljøkvalitet end de små vandløb (tabel 3.1). Andelen af vandløb med faunaklasserne 6 og 7 steg således med stigende bredde fra 13 % (0-2m) til 45 % (≥ 10 m). Samtidig er der kun meget få af de større vandløb, der har faunaklasserne 1, 2 og 3.

Figur 3.1 Miljøtilstanden i 2003 i danske vandløb illustreret ved hjælp af smådyrfaunaen. Blå cirkler (DVFI 6 og 7) illustrerer vandløb med en naturlig eller kun svagt ændret smådyrfauna. Røde cirkler (DVFI 1 og 2) illustrerer vandløb med en kraftigt forringet smådyrfauna. Farveskalaen er i overensstemmelse med retningslinierne i de internationale standarder (DS/EN ISO 8689-2: 2000).



VA04 – Fig. 3.1

Tabel 3.1 Biologisk vandløbskvalitet i forskellige vandløbsstørrelser i 2003. Tallene angiver antallet af stationer indenfor hver vandløbsstørrelse og faunaklasse.

Bredde (m)	Faunaklasse (DVFI)							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
0-2	9	26	70	242	154	37	39	577
2-5	1	8	34	118	94	23	27	305
5-10	-	2	10	49	34	15	13	123
≥ 10	-	-	3	14	6	7	12	42
	10	36	117	423	288	82	91	1047

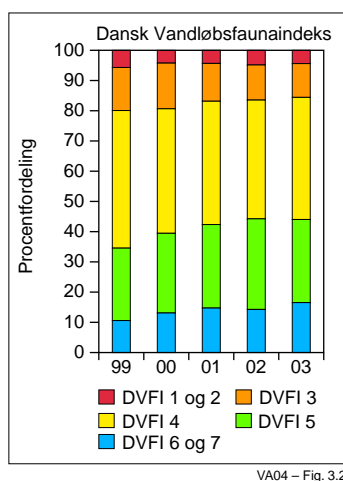
Regionalt var vandløbenes tilstand bedst i Jylland, Fyn og på Bornholm (figur 3.1). Den generelt bedre tilstand i disse områder betyder, at ca. 56 % af vandløbenes målsætninger her er opfyldt (tabel 3.2). I modsætning hertil er kun godt en tredjedel af vandløbenes målsætninger opfyldt på Sjælland, Falster og Møn. På landsplan var målopfyldelsen i 2003 på i alt 51 %. Når målopfyldelsesprocenten ligger højere end andelen af vandløb med faunaklasserne 5, 6 og 7, skyldes det, at en del vandløb med basis og lempet målsætning (især B3 og C) kun har en målsætningsklasse på 4.

I tabel 3.2 er målsætningsopfyldelsen endvidere vist for vandløb med skærpede, basis og lempede målsætninger. Målopfyldelsen er klart bedst (81 %) i vandløbene med skærpet målsætning mens basis og lempede målsætninger var opfyldt i henholdsvis 49 % og 48 % tilfælde.

Tabel 3.2 Målopfyldelse for vandløbene i det nationale overvågningsnet. Alle vandløbene har en målsætningsklasse. Såfremt faunaklassen (DVFI) i 2003 var lig med eller større end denne, betragtes målsætningen som opfyldt. Et vandløb med en A,5 målsætning har en skærpet målsætning og en målsætningsklasse på 5.

Region	Opfyldt	Ikke opfyldt	Andel, opfyldt
Jylland	357	301	54 %
Fyn	65	39	63 %
Sjælland, Falster, Møn	101	173	37 %
Bornholm	9	2	82 %
<i>Hele landet</i>	532	515	51 %
Målsætning	Opfyldt	Ikke opfyldt	Andel, opfyldt
Skærpet			
A, 5	29	3	81 %
A, 6	15	8	
A, 7	12	2	
Basis			
B, 2	1		49 %
B, 3	2	2	
B, 4	76	42	
B, 5	320	382	
B, 6	40	35	
B, 7	1	2	
Lempet			
C/D/E, 3	2	3	48 %
C/D/E, 4	34	34	
C/D/E, 5		2	
<i>I alt, 1047 stationer</i>	532	515	51 %

3.2 Udvikling i den biologiske vandløbskvalitet



Figur 3.2 Miljøtilstanden i de danske vandløb i perioden 1999-2003. Blå og grøn illustrerer de rene og fysisk gode vandløb (faunaklasserne 5, 6 og 7).

Tabel 3.3 Forekomsten af udvalgte taxa fra 133 overvågningsstationer i perioderne 1994-96 og 2000-2002. En fremgang i forekomsten på mindst 30 % fra 1994-96 til 2000-02 er vist som *. Andre taxa som på baggrund af andre oplysninger vurderes at være i fremgang er vist som (*).

Faunagruppe	1994-96	2000-02	Fremgang ?
Slørvinger			
<i>Amphinemura</i>	24	33	*
<i>Isoperla</i>	9	15	*
<i>Isoptena</i>	-	-	(*)
<i>Leuctra</i>	19	29	*
<i>Perlodes</i>	1	1	(*)
Døgnfluer			
<i>Baetidae</i>	114	122	
<i>Caenidae</i>	28	21	
<i>Heptageniidae</i>	18	22	(*)
<i>Leptophlebiidae</i>	31	38	(*)
Vårfluer			
<i>Brachycentridae</i>	7	10	(*)
<i>Lepidostomatidae</i>	6	9	(*)
<i>Limnephilidae</i>	125	130	
<i>Rhyacophilidae</i>	42	56	*
<i>Sericostomatidae</i>	24	34	*
Biller			
<i>Elmis</i>	69	84	(*)
<i>Limnius</i>	17	25	*
Øvrige grupper			
<i>Ancylus</i>	32	35	
<i>Asellus</i>	104	107	
<i>Gammarus</i>	118	121	
<i>Erpobdella</i>	89	81	
<i>Sialis</i>	61	50	

Det fremgår, at tolerante taxa som *Limnephilidae*, *Baetidae* og *Gammarus* findes på mere end 90 % af stationerne. De taxa, der vurderes at have været i fremgang i perioden er vist i tabellen med en stjerne. Fælles for disse er, at de alle har øget forekomsten i antallet af statio-

ner med mere end 30 %. Andre taxa kan godt være gået frem i perioden, men det lave antal af stationer (133) betyder, at dette ikke nødvendigvis bliver synligt. Flere amter har således vist, at døgnfluen, *Heptagenia* er gået frem på Fyn og i dele af Jylland (Wiberg-Larsen et al. 1994, Ringkøbing Amt 2000). På tilsvarende vis er det dokumenteret, at slørvingerne *Perlodes* og *Isoptena* også er gået frem i det vestlige Jylland (Ringkøbing Amt 2000).

Der er en tendens til at taxa i fremgang især er dem, der forekommer i nøglegrupperne 1 og 2 i Dansk Vandløbsfaunaindeks, dvs. grupper som indikerer en god tilstand (Miljøstyrelsen 1998). Faunagrupper der regnes for enten intolerante eller som indikatorer for en organisk belastning har enten ingen udvikling i forekomsten eller eventuelt en svag tilbagegang. Det vil kræve et større antal af stationer eller en længere tidsserie for at give en mere sikker vurdering af status for disse faunagrupper.

De ændringer, der er sket i faunatilstanden i vore vandløb i de senere år, må forventes at fortsætte også fremover. Dels fordi allerede foretagne forbedringer i vandkvalitet og fysiske forhold kun gradvist slår igennem på de faunamæssige forhold, og i visse tilfælde kan tage en længere periode for at slå igennem. Men også fordi der i de kommende år sker en målrettet indsats med henblik på opfyldelse af vandløbenes målsætninger til opnåelse af god økologisk tilstand. Dels forbedring af spildevandsforholdene for spredt bebyggelse, men også forbedring af forholdene ved visse mindre spildevandsanlæg tilligemed med reduktion i regnvandsbetingede udledninger fra overløbsbygværker. Ophør eller ændret vandløbsvedligeholdelse som følge af revision af vandløbsregulativer eller som følge af udtagning af arealer i omdrift må ligeledes forventes i de kommende år at forbedre vandløbenes fysiske forhold til gavn for vandløbenes biologiske forhold.

4 Kvælstof i vandløb

Jens Bøgestrand

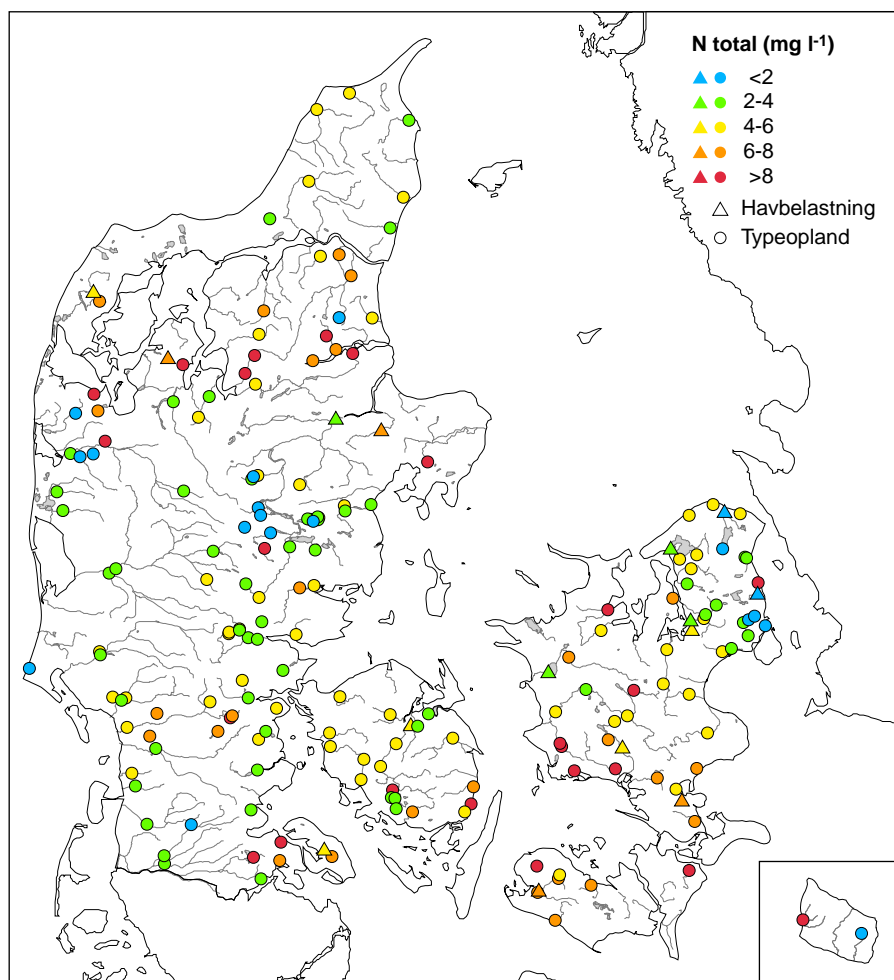
4.1 Tilstanden i 2003

Koncentrationen af kvælstof i vandløb, som ligger i dyrkede oplande eller er udsat for væsentlige udledninger fra punktkilder, var i 2003 gennemsnitligt 4-5 gange så høj som baggrundsniveau målt i naturvandløb (tabel 4.1). Der er kun ringe forskel på vandløb, som ligger i dyrkede oplande uden punktkilder, og vandløb med betydelig punktkildebelastning fra byspildevand eller industri.

Tabel 4.1 Gennemsnitlig koncentration og arealkoefficient af total kvælstof i 2003 i vandløb med forskellig type af påvirkninger. Standardafvigelse er vist i parentes.

Belastningstype	Antal vandløb	Kvælstofkoncentration (mg N/l). Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier.	Arealkoefficient (kg N/ha)
Naturvandløb	10	1,19 (0,68)	1,26 (0,61)
Landbrug og punktkilder	63	4,64 (2,16)	10,7 (6,92)
Landbrug uden punktkilder	108	5,69 (2,61)	9,17 (4,98)

Figur 4.1 Koncentrationen af total kvælstof i vandløb i 2003. Vandføringsvægtede årsmiddelværdier.



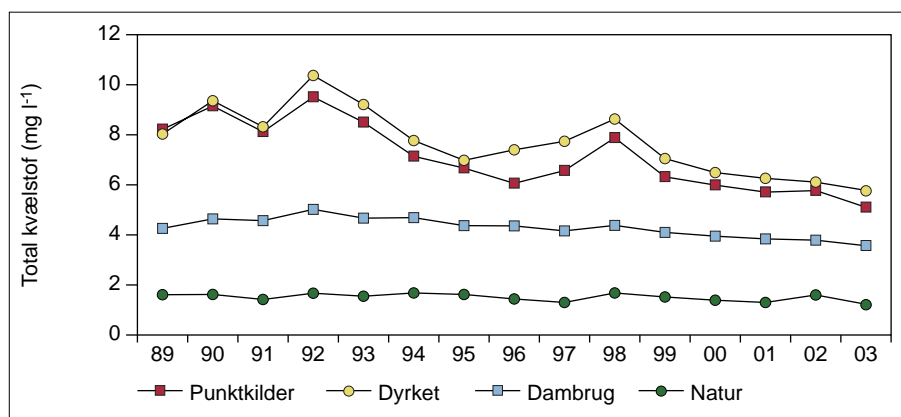
VA04 – Fig. 4.1

Vandløb i Vestjylland har generelt en lavere koncentration af kvælstof end fx de sydsjællandske vandløb (figur 4.1). I Vestjylland siver en stor del af regnvandet lang vej gennem regionale grundvandsmagasiner, før det når frem til vandløb. Under denne transport passerer meget af vandet iltfrie zoner i jorden, hvor nitrat bliver omsat ved biologisk eller kemisk denitrifikation. I østdanske vandløb vil en stor del af nedbøren med sit kvælstofindhold strømme gennem øvre grundvandsmagasiner eller dræn uden at skulle passere iltfrie zoner i grundvandet. Derfor bliver der ikke fjernet så meget nitrat ved denitrifikation i denne region, og vandløbene har derfor høje kvælstofkoncentrationer.

4.2 Udvikling siden 1989

Kvælstofkoncentrationen i vandløbene er generelt faldende, i naturvandløbene er den dog stort set uændret. Faldet har været tydeligst i de vandløb, der er klassificeret som beliggende i dyrkede oplande eller udsat for betydende udledninger af by- eller industrispildevand (figur 4.2 og tabel 4.2). I vandløb med betydelige udledninger fra dambrug har der kun været en mindre reduktion. Her har koncentrationsniveauet dog været lavere gennem hele perioden, primært fordi dambrugsdrift er koncentreret i grundvandsfødte vandløb i egne, hvor grundvandskoncentrationen er lav.

Figur 4.2 Udvikling i kvælstofkoncentration siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger, klassificeret ud fra forholdene i 1991.



VA04 – Fig. 4.2

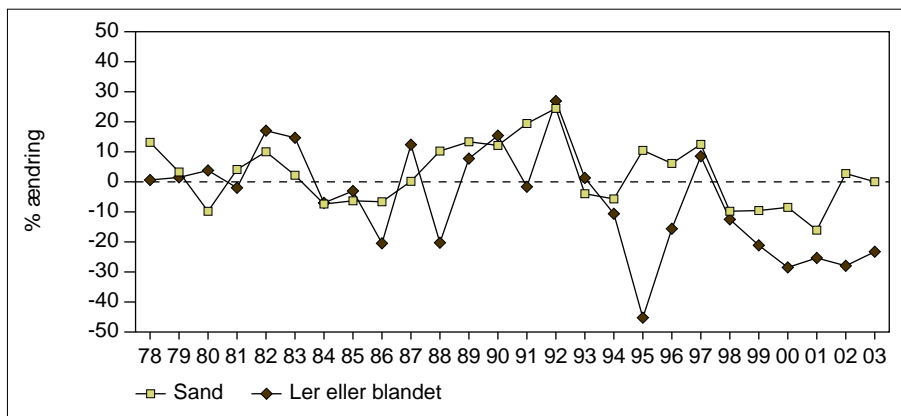
Tabel 4.2 Nøgletal for statistisk test af udviklingstendenser for vandføringskorrigerede koncentrationer og transport af kvælstof. Middelværdier \pm 95% konfidensinterval. (+ : stigning; - : fald).

Oplandstype 1991	Antal stationer	Antal med signifikant fald	Antal med signifikant stigning	Procentvis ændring i koncentration.	Procentvis ændring i transport
Natur	7	4	0	-16 \pm 19	-21 \pm 23
Dyrket	63	50	0	-29 \pm 3	-35 \pm 4
Punktkilder	75	68	0	-33 \pm 4	-36 \pm 4
Dambrug	15	11	1	-23 \pm 6	-24 \pm 6
Alle	164	136	2	-30 \pm 3	-34 \pm 3

4.3 Udviklingen i længere perspektiv

Fra sidst i 1970'erne og frem til først i 1990'erne har der været en svag, men entydig stigning i transporten af nitrat i vandløb, der afvander sandede jorder (figur 4.3). I vandløb på mere lerede jorder har der været et stort set konstant niveau. Efter ca. 1992/93 har der generelt været faldende transport af kvælstof. Faldet har været størst på lerjorder og mindst på sandede jorder.

Figur 4.3 Langtidsudviklingen i vandføringskorrigeret transport af nitrat fra oplande med forskellige jordtyper. Værdierne er sat i forhold til gennemsnittet for perioden 1978/79 til 1986/87. Datagrundlaget er 55 vandløb med længere tidsserier af nitratmålinger.

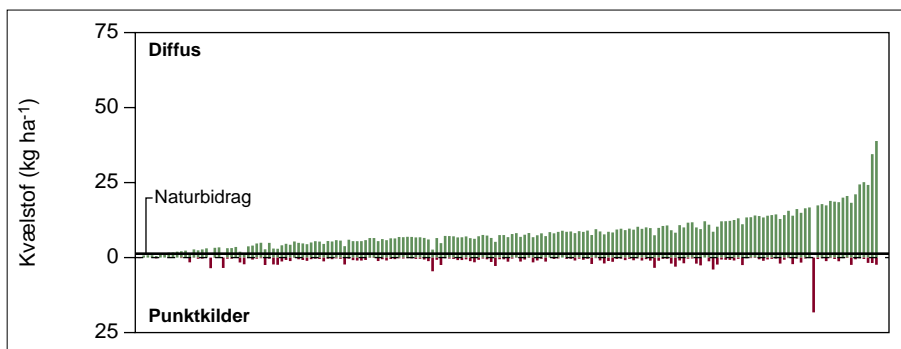


VA04 – Fig. 4.3

4.4 Kilder til kvælstof i vandløb

Landbruget er den væsentligste kilde til kvælstof i vandløbene. I de fleste vandløb udgør landbrugets bidrag den helt dominerende andel (figur 4.4). Kun i vandløb med en meget lille samlet tilførsel af kvælstof (naturvandløb) og i nogle få vandløb med en stor tilførsel fra punktkilder er den landbrugsrelaterede tilførsel af mindre betydning.

Figur 4.4 Tilførslen af kvælstof til hvert enkelt vandløb fordelt på diffus tilførsel og tilførsel fra punktkilder. Vandløbene er sorteret efter samlet kvælstoftransport pr. arealenhed. Diffus tilførsel omfatter naturbidraget og landbrugsbidraget. Punktkilderne omfatter by- og industrispildevand, dambrug og spredt bebyggelse.



VA04 – Fig. 4.4

5 Fosfor i vandløb

Jens Bøgestrand

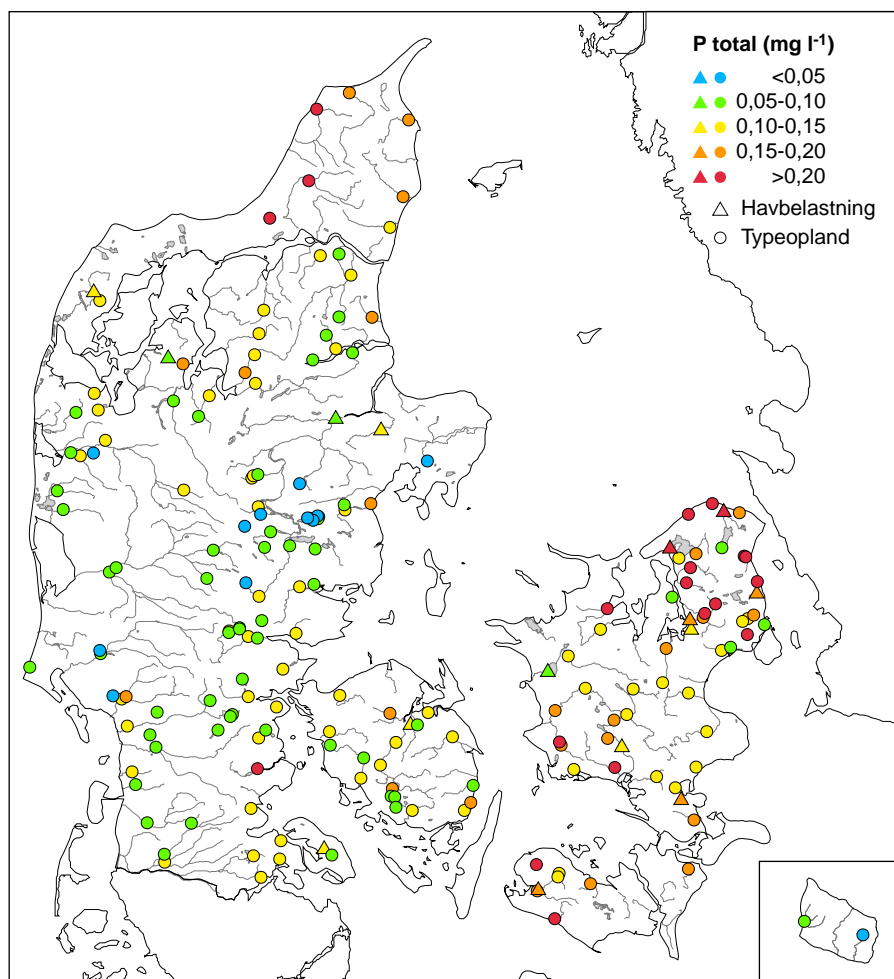
5.1 Tilstanden i 2003

Koncentrationen af fosfor i vandløb, som ligger i dyrkede oplande eller er udsat for væsentlige udledninger fra punktkilder, var i 2003 gennemsnitligt 2-3 gange så høj som niveauet målt i naturvandløb (tabel 5.1). Der er dog forskel på vandløb, som kun påvirkes af landbrugsdrift og spredt bebyggelse udenfor kloakering, og vandløb som også belastes med spildevand fra renseanlæg, idet vandløb med punktkilder har de højeste gennemsnitskoncentrationer af fosfor.

Tabel 5.1 Gennemsnitlig koncentration og arealkoefficient af total fosfor i 2003 i vandløb med forskellig type af påvirkninger. Standardafvigelse i parentes.

	Antal vandløb	Fosforkoncentration (mg P l ⁻¹).	Arealkoefficient (kg P ha ⁻¹).
		Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier.	
Naturvandløb	10	0,05 (0,03)	0,06 (0,04)
Landbrug og punktkilder	63	0,16 (0,08)	0,35 (0,18)
Landbrug uden punktkilder	74	0,10 (0,04)	0,17 (0,13)

Figur 5.1 Koncentrationen af total fosfor i vandløb i 2003. Vandføringsvægtede årsmiddelværdier



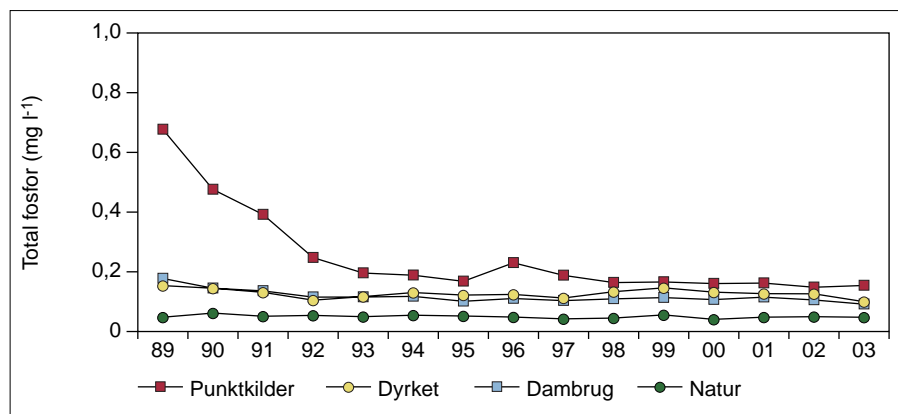
VA04 – Fig. 5.1

Høje koncentrationer af fosfor optræder især i det tæt befolkede Nordsjælland (figur 5.1), men også den øvrige del af Sjælland har relativt meget fosfor i vandløbene, idet en stor befolkningstæthed giver anledning til forholdsvis store udledninger fra renseanlæg og spredt bebyggelse. I de mere tyndt befolkede egne i Midt- og Vestjylland er der lavere koncentrationer af fosfor.

5.2 Udviklingen siden 1989

Koncentrationen af total fosfor i punktkildebelastede vandløb er faldet markant gennem første halvdel af 1990'erne og er nu kun lidt højere end i dyrkningspåvirkede vandløb (figur 5.2 og tabel 5.2). Faldet skyldes de foranstaltninger, der er sat i værk for at reducere forureningen fra byspildevand og industrielle udledere, både i forbindelse med Vandmiljøplanen og regionale tiltag. I dambrugs-påvirkede vandløb er fosforkoncentrationen også faldet signifikant som følge af formindskede udledninger fra dambrug. I naturvandløb er der ingen signifikant ændring, og i vandløb i dyrkede områder er der forskelligt rettede ændringer. Regionale forskelle er ikke testet.

Figur 5.2 Udvikling i fosforkoncentration siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger, klassificeret ud fra forholdene i 1991



VA04 - Fig. 5.2

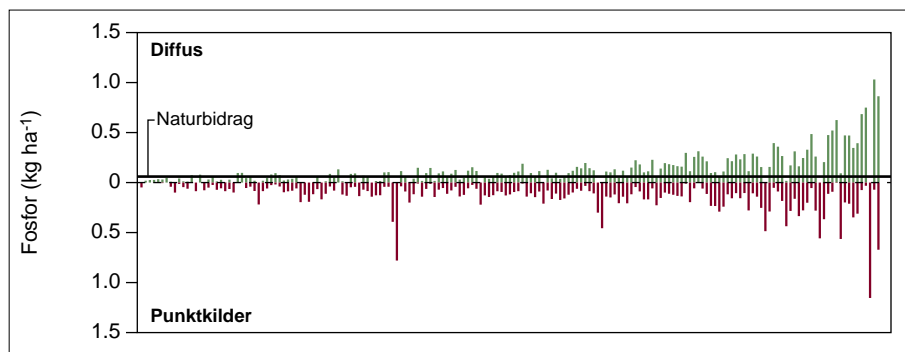
Tabel 5.2 Nøgletal for statistisk test af udviklingstendenser for vandføringskorrigerede koncentrationer af fosfor. Middelværdier \pm 95% konfidensinterval. (+ : stigning; - : fald).

Oplandstype 1991	Antal stationer	Antal med signifikant fald	Antal med signifikant stigning	Procentvis ændring i koncentration	Procentvis ændring i transport
Natur	7	0	1	0 \pm 13	+7 \pm 14
Dyrket	38	9	4	-13 \pm 8	-13 \pm 7
Punktkilder	75	60	0	-43 \pm 6	-39 \pm 6
Dambrug	15	9	0	-28 \pm 10	-31 \pm 9
Alle	164	93	5	-28 \pm 4	-27 \pm 4

5.3 Kilder til fosfor i vandløb

Udledninger fra renseanlæg og spredt bebyggelse udgør stadig en betydelig andel af tilførslen af fosfor i adskillige vandløb, men er ikke som for år tilbage den dominerende kilde. Landbruget er i dag en lige så væsentlig kilde til fosfor i vandløbene (figur 5.3).

Figur 5.3 Tilførslen af fosfor til hvert enkelt vandløb fordelt på diffus tilførsel og tilførsel fra punktkilder. Vandløbene er sorteret efter samlet fosfortransport pr. arealenhed. Diffus tilførsel omfatter naturbidraget og landbrugsbidraget. Punktkilderne omfatter by- og industrispildevand, dambrug og spredt bebyggelse.



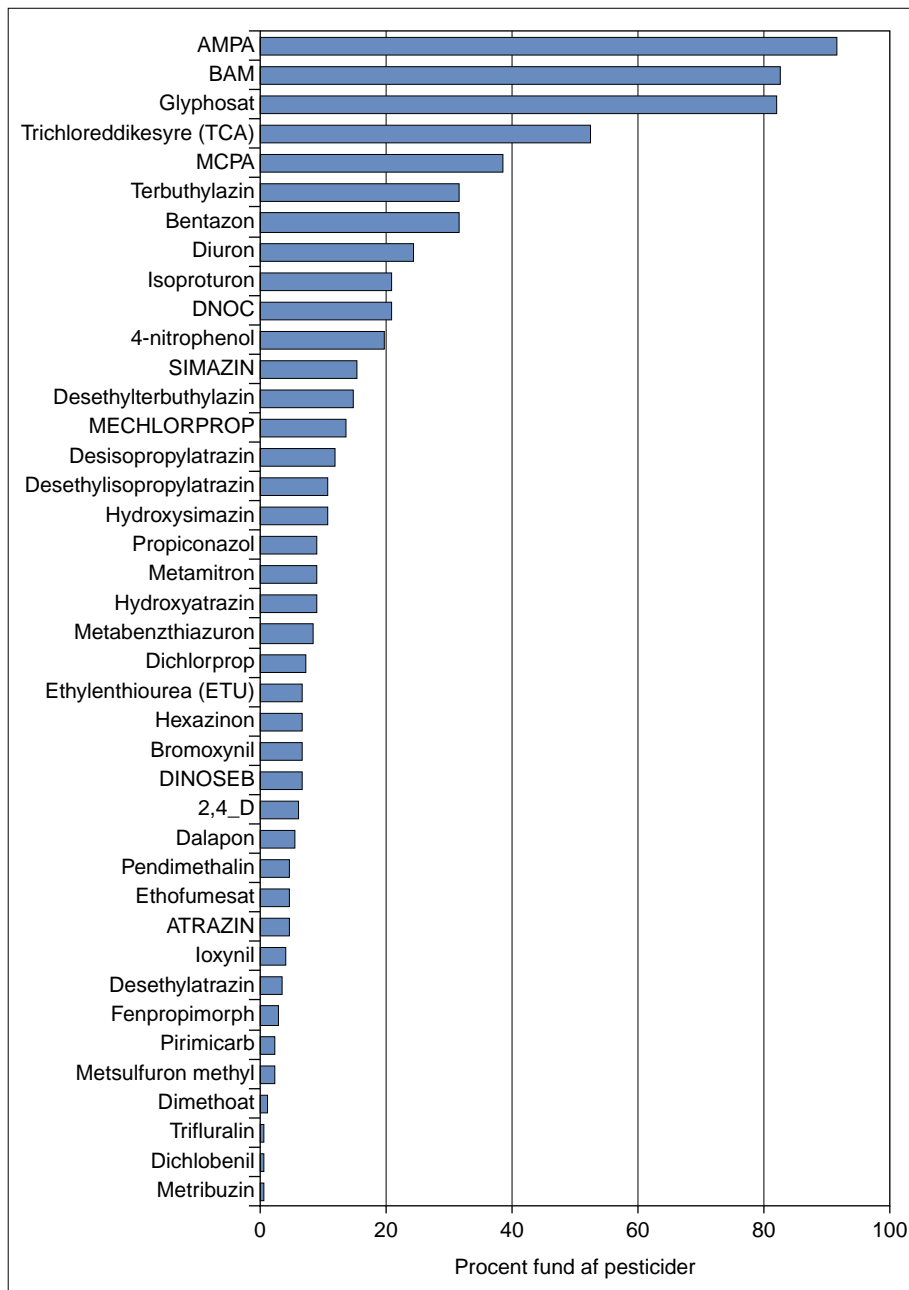
VA04 – Fig. 5.3

6 Miljøfremmede stoffer

Ole Sortkjær

6.1 Tilstanden i 2003

Figur 6.1 Fundprocent af de pesticider som er blevet fundet i én eller flere vandprøver. Procent af samtlige vandprøver over detektionsgrænsen.



VA04 - Fig. 6.1

Pesticider

Prøveantallet for de fleste pesticider er 168 i 2003 i modsætning til året før, hvor det var på 226. Forskellen skyldes, at der i 2003 ikke indgår de 60 prøver fra 5 vandløb under landovervågningsprogrammet. Der er påvist forekomst af ét eller flere pesticider i hovedparten af de 168 vandprøver, der blev analyseret i 2003. Glyphosat (Roundup) og dets nedbrydningsprodukt, AMPA, findes i over 91 % af prø-

verne, der er den højeste værdi, der er fundet i perioden 2000-2003, men også en lang række andre pesticider eller deres nedbrydningsprodukter findes mere eller mindre hyppigt.

De hyppigst forekommende stoffer er dem, der er almindeligt anvendt i jordbruget. Bentazon, isoproturon, MCPA og mechlorprop anvendes eller har været anvendt i landbruget. Simazin og diuron anvendes især i planteskoler og frugtavl og findes i ca. en fjerdedel af vandløbene. Terbutylazin anvendes eller har været anvendt i landbrug, skovbrug og frugtavl og er det tredjemest fundne godkendte pesticid og optræder i en tredjedel af alle vandløb. En række af de fundne stoffer er pesticider, som ikke længere er godkendt eller er nedbrydningsprodukter af disse. Det gælder fx dichlobenil og atrazin og deres nedbrydningsprodukter, hvoraf BAM er et af de hyppigst forekommende stoffer overhovedet.

Tabel 6.1 Antal overskridelser af kravværdier

Pesticid	Antal fund	Antal overskridelser	Maksimale værdier (µg/l)	Kravværdier (µg/l)	Land med kravværdi
MCPA	67	2	6,20	1,7	NL
Dinoseb	11	8	0,35	0,025	NL
Diuron	44	2	0,61	0,43	NL
Isoproturon	36	8	5,30	0,3	N
Pirimicarb	4	1	0,12	0,09	NL
Propiconazol	16	6	0,57	0,02	N
Terbutylazin	55	7	0,45	0,16	N
Trichloeddikesyre (TCA)	92	1	1,30	1	DK
Trifluralin	1	1	0,09	0,037	NL
Anthracen	1	1	0,12	0,01	DK
Total antal	327	37			

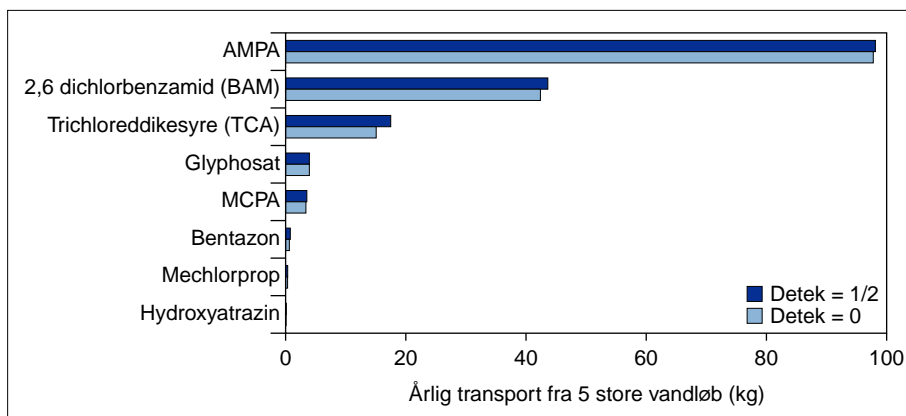
I 37 tilfælde var der tale om overskridelser af de vandkvalitetskrav, der er fastlagt i Miljøministeriets Bekendtgørelse 921, eller i mangel heraf, tilsvarende hollandske (Crommentuijn et al., 1997) eller norske (Ludvigsen et al., 2001) værdier (tabel 6.1). Overskridelserne fordeler sig på 10 stoffer mod 9 i 2002. For flere stoffer (dinoseb, isoproturon, propinicol, anthracen) er der i nogle tilfælde fundet så høje værdier, at det ikke kan skyldes normal anvendelse af stoffet, men sandsynligvis skyldes direkte udslip til vandløbet. De meget høje koncentrationer (mere end 10 gange over kravværdierne) har muligvis påvirket dyr eller planter på vandløbsstrækningerne, mens det er usikkert, hvor stor effekt der har været af enkeltstoffer eller kombinationer af stoffer i lavere koncentrationer.

6.2 Tilførsel til havet

Pesticider

Transporten af miljøfremmede stoffer til havet estimeres ud fra målinger i 5 større vandløb, hvis opland tilsammen dækker 11 % af Danmarks areal. Der er kun beregnet transport for de stoffer, som i mindst halvdelen af samtlige vandprøver er fundet i koncentrationer over detektionsgrænsen. Det var kun muligt at beregne det for 8 stoffer, AMPA, BAM, TCA, Glyphosat, MCPA, Bentazon, mechlorprop og Hydroxyatrazin.

Figur 6.2 Estimeret årlig transport af **pesticider** som summen af transporten i 5 store vandløb. Der er anvendt 2 beregningsformer. Bemærk den logaritmiske skala.



VA04 - Fig. 6.2

Transportberegningerne er baseret på trapezmetoden, hvor den daglige koncentration beregnes og multipliceres med vandføringen. Der er beregnet en transport, hvor værdier under detektionsgrænsen er sat til den halve detektionsværdi, og en minimumtransport, hvor værdier under detektionsgrænsen er sat til 0. Jo flere værdier der ligger under detektionsgrænsen, jo større forskel er der på de to beregningsformer. På grund af de lave koncentrationer er usikkerheden i det hele taget noget større end ved opgørelser over transport af næringsstoffer.

Tabel 6.2 Koncentration og transport i Damhusåen af de hyppigst fundne øvrige miljøfremmede stoffer

Miljøfremmede stoffer	Antal fund	Medianværdi (µg/l)	Maksimale værdier (µg/l)	Årlig transport (kg)
Trichlorethylen	12	0,385	3,7	4,863

Andre miljøfremmede stoffer

Der er målt forekomst af i alt 31 andre miljøfremmede stoffer i én eller flere vandprøver fra de 5 større vandløb, hvor der måles for disse. Det er en stigning på 6 fra 2002. Stofferne optræder generelt ikke hyppigt nok til, at der kan laves en pålidelig beregning af tilførslen til havet. Kun i Damhusåen i København er der så høje koncentrationer, at det har været muligt at beregne en stoftransport, nemlig for ét stof, som er fundet i mindst halvdelen af vandprøverne fra åen (tabel 6.2). Det drejer sig om trichlorethylen, der især bruges til affedtning i industrien. For 2002 var det også muligt at beregne stoftransporten for 3 PAH'er - acenaphthen, flouranthen, pyren - og for de lineære alkylbenzensulfonater.

7 Vand- og stoftilførsler med ferskvand til marine kystafsnit

Niels Bering Ovesen

7.1 Stofftilførslerne til marine kystafsnit i 2003

Samlet blev der i 2003 tilført 47.900 tons kvælstof, 1.580 tons fosfor og 24.300 tons BOD₅. Tilførslen af næringssalte via vandløb og direkte spildevandsudledninger til de marine kystafsnit opsplittet på kilderne, fremgår af tabel 7.1. For alle 3 stoffer gælder, at tilførslen var væsentligt mindre end i 2002.

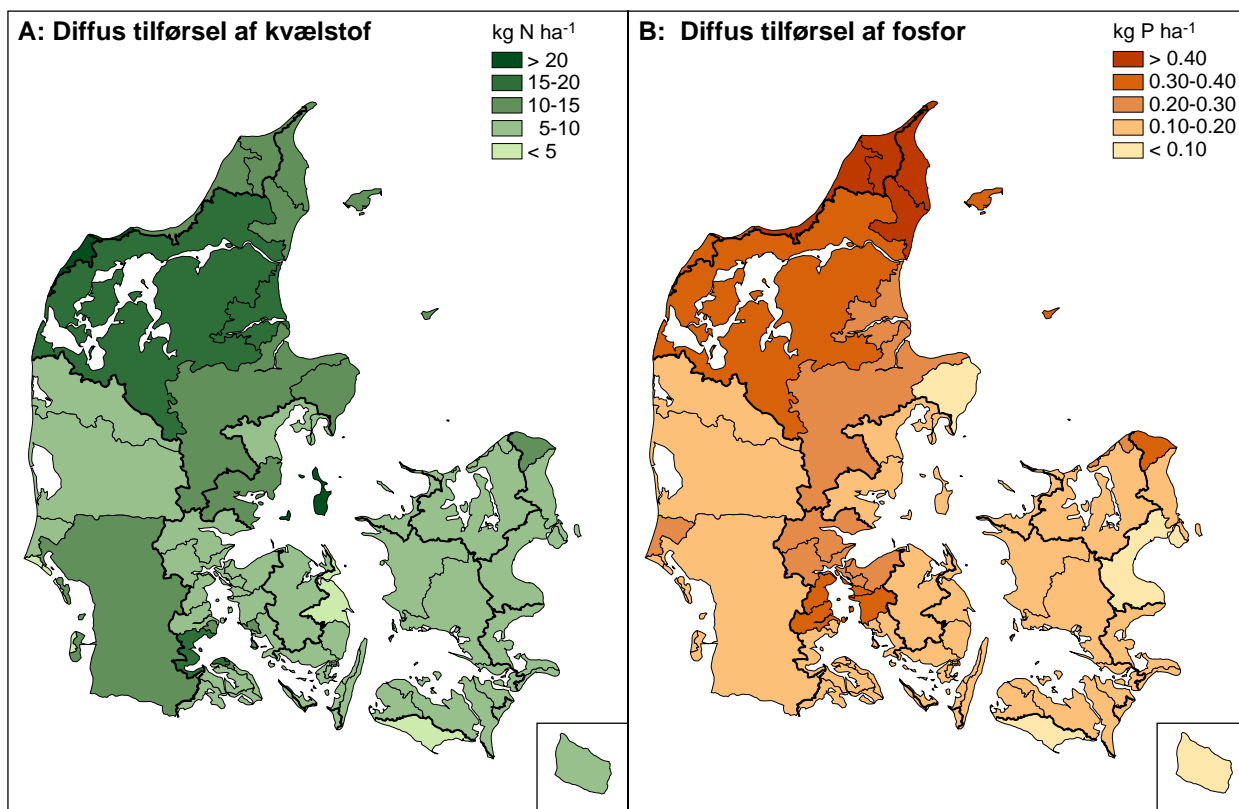
De diffuse kilder (dvs. afstrømningen fra åbent land og spredt bebyggelse) udgjorde i 2003 87 % af den samlede kvælstoftilførsel med ferskvand til marine kystafsnit. For fosfor har andelen været 54 % og for BOD₅ 48 %. Andelen af diffuse kilder er mindst i de tættest befolkede områder, hvor punktkilderne er størst. For BOD₅ sker der en stor omsætning under transport i vandløb og søer, og derfor er kildeopsplitningen og dermed opgørelsen af den diffuse belastning meget usikker. De diffuse kilder vil være relativt størst i år med en stor ferskvandsafstrømning.

Tabel 7.1 Tilførslen af kvælstof, fosfor og BOD₅ via vandløb og direkte udledninger til marine kystafsnit i 2003. (afrundede tal). Spildevandsoplysningerne er fra Miljøstyrelsen (2004).

	Kvælstof	Fosfor	BOD ₅
	t	t	t
<i>Baggrundsbidrag</i>	5.400	240	5.600
<i>Dyrkningsbidrag</i>	40.100	440	2.300
<i>Spredt bebyggelse</i>	900	220	3.700
<i>Punktkilder til ferskvand</i>	3.400	380	5.500
<i>Tilbageholdelse i ferskvand</i>	-4.800	-50	-
Afstrømning til havet via vandløb	45.000	1.230	17.100
<i>Spildevand direkte til havet</i>	2.600	320	5.700
<i>Hav- og saltvandsdambrug</i>	300	30	1.500
Total til havet	47.900	1.580	24.300

Punktkilder til ferskvand udgjorde i 2003 7 % af den samlede kvælstoftilførsel, og de tilsvarende tal var 24 % for fosfor og 23 % for BOD₅. Tabet af kvælstof fra oplandet (tilførsel via vandløb delt med oplandsarealet) var for Danmark som helhed på ca. 10 kg pr. ha.

Den diffuse tilførsel af kvælstof målt pr. areal har været størst til Limfjorden og Mariager Fjord. Der har været relativt lave tilførsler til dele af Nordsøen, Sjælland, dele af det østlige Jylland og Fyn (figur 7.1A).



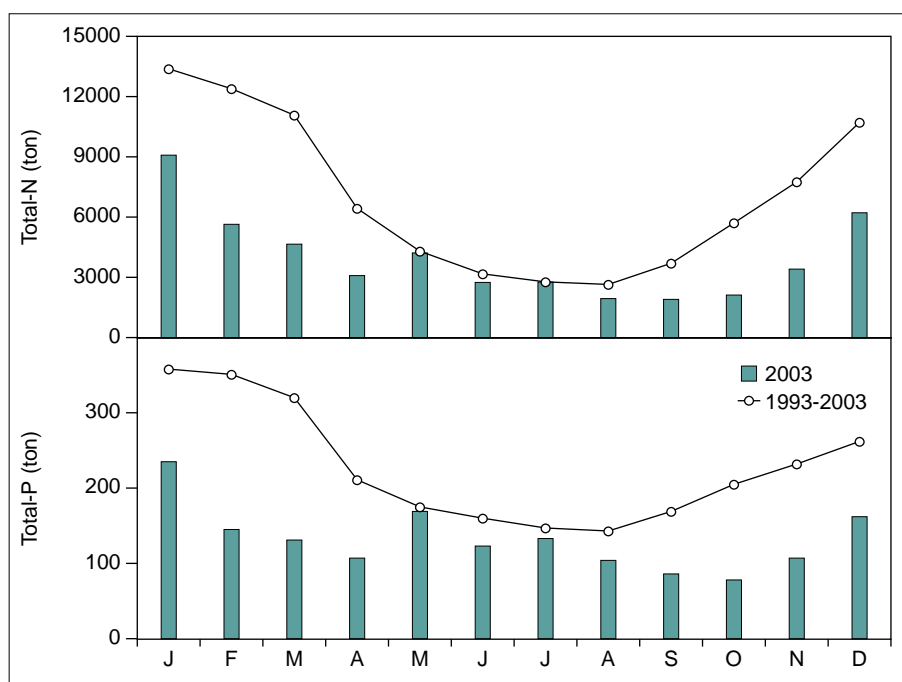
VA04- Fig. 7.1

Figur 7.1 Diffus tilførsel af kvælstof (A) og fosfor (B) til ferskvand i 2003.

Den diffuse tilførsel af fosfor (figur 7.1B) er størst i Vendsyssel, og i det øvrige Danmark svarer mønstret i nogen grad til det for kvælstof.

Variationerne i stoftilførslerne over året (figur 7.2) afveg meget fra normalt. I de 4 første og de 4 sidste måneder af året var tilførslerne kun omkring halvdelen af det normale, hvorimod de i sommerperioden var nær det normale niveau.

Figur 7.2 Månedstilførsel af kvælstof (N) og fosfor (P) via vandløb og direkte spildevandsudledninger i 2003, sammenlignet med midlerne for perioden 1993 – 2003.

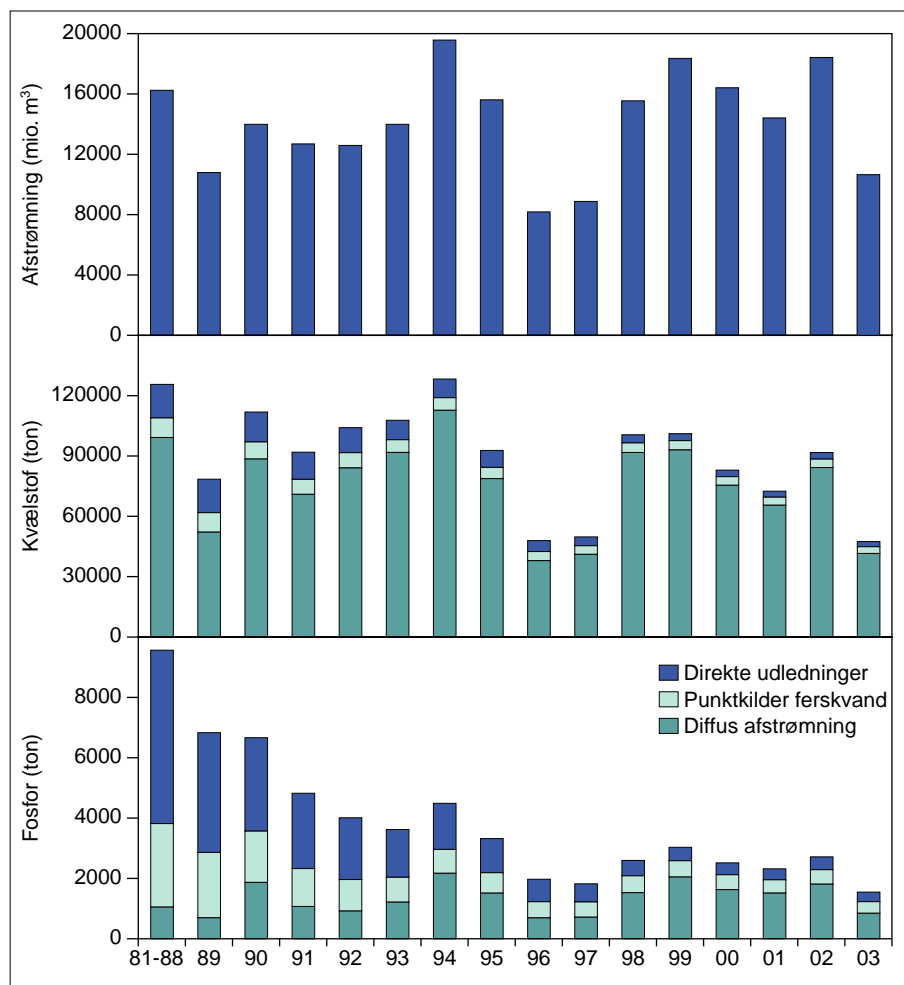


VA04 - Fig. 7.2

7.2 Udvikling i den samlede vand- og stoftilførsel til de marine kystafsnit

Kvælstof- og fosfortilførslen via vandløb og direkte spildevandsudledninger til de marine kystområder har været opgjort hvert år siden 1989 (figur 7.3). Gennemsnitsværdier for perioden 1981-88 er estimeret (Græsbøll m.fl., 1994), men disse værdier er væsentligt mere usikre. Den diffuse afstrømning har været hovedkilden til kvælstoftilførslen fra land til marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger (ca. 80 % i gennemsnit for perioden 1989-2003) og har været tydeligt knyttet til ferskvandsafstrømningen. For fosfor har den diffuse afstrømning udgjort en mindre andel (ca. 30 %) af den samlede fosfortilførsel, men betydningen af denne kilde er dog steget meget i takt med den forbedrede spildevandsrensning.

Figur 7.3 Ferskvandsafstrømningen og den samlede tilførsel af kvælstof og fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger til de marine kystafsnit for 1989 til 2003, og et gennemsnit for perioden 1981-88.



VA04 – Fig. 7.3

Den store renseindsats over for spildevand er meget tydelig, idet de samlede spildevandsudledninger faldt fra ca. 9.000 tons fosfor i perioden 1981-88 til ca. 1.000 tons fosfor i 2003, eller med ca. 90 %. Tilsvarende faldt de samlede spildevandsudledninger af kvælstof fra ca. 28.000 tons i perioden 1981-88 til ca. 7.000 tons i 2003 svarende til en reduktion på ca. 75 %. I de senere år (fra omkring 1996) har der kun været et mindre fald i spildevandsudledningerne til ferskvand, og det betydelige fald, der skete i begyndelsen af 1990'erne, er nu stagneret (figur 7.3).

Udviklingstendenser i diffus og samlet tilførsel af kvælstof og fosfor til de marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger er analyseret for perioden 1989 til 2003 med Mann-Kendall trend-test. Udviklingen i den samlede næringsstofftilførsel i tons (figur 7.3), hvor der således ikke er taget højde for variationer i vandafstrømningen, er testet for trend for perioden 1989 til 2003. For kvælstof kan der ikke konstateres en signifikant tendens. Forførmængden er signifikant faldende, og reduktionen er fra 1989 til 2003 estimeret til ca. 80 %. På 95 % konfidens-niveau ligger faldet mellem 44 og 100 %.

Samlet er der for Danmark sket et statistisk signifikant fald i den vandføringsvægtede, diffuse tilførsel af kvælstof (inklusive tilførslen fra den spredte bebyggelse og inklusiv retention) (tabel 7.2). Det svarer til en reduktion på ca. 2,5 mg N l⁻¹. Koncentrationen af de samlede kvælstof- og fosfortilførsler til alle marine kystafsnit er ligeledes faldet signifikant. Derimod kan der ikke på landsplan konstateres en signifikant udvikling i den diffuse fosfortilførsel. Heller ikke for ferskvandsafstrømningen er der en signifikant udviklingstendens, men ud af de seneste 6 år har der i de 5 været større afstrømning end normalt (figur 2.3).

Tabel 7.2 Mann-Kendall trend-test af udviklingen i hhv. den samlede tilførsel af kvælstof og fosfor via vandløb og direkte udledninger, og i den diffuse kvælstof- og fosfortilførsel (inklusive tilførsler fra spredt bebyggelse og inklusiv retention) for perioden 1989–2003. Testen er lavet på vandføringsvægtede koncentrationer. Fortegnet viser, om der er en stigende eller faldende udviklingstendens. * angiver om udviklingstendenser er signifikante, hvor * angiver, at $0,01 \leq P < 0,05$ og ** angiver, at $P < 0,01$. Hvor der ikke er angivet en P-værdi, har den været $\geq 0,05$ og dermed ikke signifikant.

Farvands- område	Kvælstof		Fosfor	
	Diffus tilførsel	Samlede tilførsel	Diffus tilførsel	Samlede tilførsel
Nordsøen	- *	- **	+	- **
Skagerrak	- **	- **	-	- **
Kattegat	- **	- **	+	- **
Nordlige Bælthav	- **	- **	-	- **
Lillebælt	- **	- **	- **	- **
Storebælt	- **	- **	-	- **
Øresund	- *	- **	- **	- **
Sydlig Bælthav	- *	- **	-	- **
Østersøen	- **	- **	- *	- **
Danmark	- **	- **	+	- **

Siden iværksættelse af den første vandmiljøplan er der sket et signifikant fald i koncentrationen af de samlede udledninger til de marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger for både kvælstof og fosfor. Det viser de statistiske analyser af udviklingen siden 1989. For fosfor skyldes faldet alene den kraftige renseindsats overfor spildevandsudledninger, men for kvælstof er der også konstateret en signifikant reduktion af den diffuse tilførsel (tabel 7.2).

Resultaterne af trend-testen viser, at der i løbet af de seneste 14 år er sket en reduktion i den samlede marine kvælstofbelastning fra Danmark på omkring 43 %, når data korrigeres for variationer i vandafstrømningen. På et 95 % konfidens-niveau ligger faldet mellem 33 og 61 %. For fosfor er der i løbet af den samme periode sket en tilsvarende reduktion på omkring 81 %. På 95 % konfidens-niveau ligger faldet mellem 47 og 100 %. Disse tal er korrigeret for både variationer i stofretentionen i søerne og i vandafstrømningen.

Referencer

Bøgestrand, J. (red.) (2001): Vandløb og kilder 2000. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 120 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 378

Cappelen, J. og Jørgensen, B.V. (2004): The Climate of Denmark 2003, Danmarks Klima 2003. Technical Report 04-02. Danmarks Meteorologiske Institut.

Crommentuijn, T., Kalf, D.F., Polder, M.D., Posthumus, R. & van de Plasscke, E.J. (1997): Maximum permissible concentrations and negligible concentrations for pesticides. Annex to report no. 601501 002. National Institute of Public Health and the Environment. Bilthoven, the Netherlands.

Græsbøll, P., Erfurt, J., Hansen, H.O., Kronvang, B., Larsen, S.E., Rebsdorf, Aa. & Svendsen, L.M. (1994): Ferske vandområder – Vandløb og Kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1993. Danmarks Miljøundersøgelser. 186 sider. – Faglig rapport fra DMU nr. 119.

Larsen, S.E. (1999): Analyse af udviklingstendenser i 25 vandløb med udløb i Limfjorden. Arbejdsrapport fra Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Vandløbsøkologi.

Ludvigsen, G.H. & Lode, O. (2001): Jordmonnovervåking i Norge. Pesticider 1999. Jordforsk rapport nr. 22/01. Landbruksdepartementet, Statens Forurensningstilsyn.

Miljøstyrelsen (2004): Punktkilder 2003. Orientering fra Miljøstyrelsen, 2003 <http://www.mst.dk>

Svendsen, L.M. (1998): Input of Nutrients to OSPAR and HELCOM Marine Areas from Land-based Sources in Denmark. NIVA unpubl. Note for HARP-Conference, Jan. 1998, 20 pp.

Udvidet biologisk program

Annette Baattrup-Pedersen, Morten L. Pedersen, Jens Skriver og Søren E. Larsen

Indledning

Formål

Det udvidede biologiske program under NOVA 2003 har til formål at beskrive den biologiske tilstand og udviklingen i denne i små vandløb samt at vurdere betydningen af forskellige typer af fysisk-kemiske påvirkninger for de biologiske samfund. I denne sidste afrapportering i overvågningsprogrammet vil fokus være på udviklingstendenser i tilstanden fra 1998-2003. På landsplan er i alt 80 små, lysåbne vandløb beliggende i det åbne land inkluderet i overvågningsprogrammet. Datagrundlaget for de gennemførte analyser fremgår af boks 1.

Boks 1. Databehandling

I alt 78 vandløbsstationer indgår i datanalyserne. Det skyldes, at data var mangelfulde på to af overvågningsstationerne.

I de analyser, der indgår i denne afrapportering, indgår kun sommerdata fra de tre måleår 1998, 2000 og 2003.

Makroinvertebratdata er aggregeret til slægt, underfamilie eller familie med det formål at sikre ensartethed på tværs af måleår og vandløbsstationer.

Grødeskæringspraksis er kategoriseret i 4 typer henh. ingen (4), skånsom i netværk (3), skånsom i strømmende (2) og fuld grønnskæring (1). Grødeskæringsintensitet udtrykker en kombination af hyppighed og metode over perioden. En høj værdi angiver, at der ikke skæres eller skæres minimalt, mens en lav værdi angiver, at grønnskæringsintensiteten er høj.

Karakteristik af biologisk tilstand og udvikling

Den biologiske tilstand karakteriseres ved flere organismegrupper og trofiske niveauer. I det udvidede biologiske program indgår makrofyter, makroinvertebrater og fisk. Imidlertid er det kun for makroinvertebrater, at der i dag eksisterer et bredt anvendt indeks til vurdering af den økologiske tilstand i vandløb, nemlig DVFI. Udover DVFI er det valgt i denne afrapportering at vurdere udviklingen i tilstanden udfra artsantal, diversitet samt fordelingsmønstre for både makrofyter og makroinvertebrater i vandløbene. For fiskene anvendes artsantal samt ørredtæthed. For at kunne analysere udviklingen i samfundenes struktur i de tre måleår, 1998, 2000 og 2003, anvendes indeks, der specifikt vurderer tidlige ændringer i forekomst og hyppighed af arter i overvågningsperioden (similaritet- og stabilitetsindeks). Disse indeks er beskrevet i boks 2.

Boks 2. Metoder til vurdering af udviklingen i de biologiske samfund

Jaccards indeks

Jaccards indeks beregner similariteten i plantesammensætningen fra et år til et andet. Indekset beregnes efter følgende formel

$$\text{Jaccard indeks} = \frac{C}{S_1 + S_2 - C},$$

hvor C er antallet af arter, som er tilstede begge år, S_1 er antallet af arter det første år og S_2 er antallet af arter det andet år. Indekset antager en værdi mellem 0 og 1. En høj værdi indikerer, at der kun er sket få ændringer i artssammensætningen, mens lave værdier indikerer, at der er sket større ændringer. Antager indekset værdien 0, er der sket et fuldkomment skift i sammensætningen af arter. I denne afrapportering er indekset et gennemsnit af tre indekxsværdier, hvor similariteten er beregnet mellem hhv. 98-00, 98-03 og 00-03.

Morasita-Horn indeks

Morasita-Horn er ligeledes et similaritetsindeks. Men i modsætning til Jaccard indekset er indekset baseret på arternes abundans eller hyppighed og ikke blot på tilstedeværelse. Indekset beregnes efter følgende formel

$$\text{Morasita-Horn indeks} = 2 \cdot \frac{\sum_{i=1}^S n_{1i} \cdot n_{2i}}{N_1 \cdot N_2 \cdot (d_1 + d_2)},$$

hvor

S = det total antal arter tilstede i begge år,

n_{ji} = antallet af individer for art i i år j ,

N_j = det totale antal individer,

$$= \sum_{i=1}^S n_{ji},$$

$$d_j = \frac{\sum_{i=1}^S n_{ji}^2}{N_j^2}.$$

Indekset antager som for Jaccard indekset en værdi mellem 0 og 1. I denne afrapportering er indekset et gennemsnit af tre indekxsværdier, hvor similariteten er beregnet mellem hhv. 98-00, 98-03 og 00-03.

Kendalls indeks

Kendalls indeks hedder egentligt Kendall's coefficient of concordance (overensstemmelseskoefficient) og udtrykker stabiliteten i det biologiske samfund. Kendall's indeks beregnes ud fra abundansen af de 15 hyppigst forekomne arter set over de 3 indberetningsår. Kendall's indeks beregnes som

$$\text{Kendall's indeks} = \frac{R}{\frac{1}{12} \cdot k^2 \cdot (S^3 - S)},$$

hvor

$$R = \sum_{i=1}^S \left(\sum_{j=1}^k R_{ij} \right)^2 - S \cdot \bar{R}^2,$$
$$\bar{R} = (S+1) \cdot k / 2,$$

k = antal år der sammenlignes=3
 S = det totale antal arter over de k år.

Det vil sige, at arterne rangordnes på basis af antallet af individer for hver art. Indekset antager en værdi mellem 0 og 1, som de ovenfor beskrevne indeks. I denne afrapportering er indekset et gennemsnit af tre indekxsværdier mellem hhv. 98-00, 98-03 og 00-03.

Biologisk tilstand i perioden

Der sker ingen overordnede ændringer i den biologiske tilstand i perioden

Der sker ikke signifikante ændringer i antallet af arter, i diversitet (Shannon diversitet) eller i artsfordelingen (evenness) i overvågningsperioden hverken for makrofyter eller makroinvertebrater (ANOVA $p > 0,05$; tabel 1). Det gennemsnitlige antal makrofytarter ligger på 10-11 arter pr. vandløbstrækning, mens antallet af makroinvertebrat taxa ligger på 23-24. Shannon diversiteten for makrofyter ligger på 1,4-1,6 i perioden og for makroinvertebrater på 1,7-1,8 (Tabel 1). DVFI på stationerne varierer mellem 1 og 7, med en median på henholdsvis 4, 5 og 5 i de tre måleår. Denne ændring mellem årene er imidlertid ikke signifikant ($X^2 p > 0,05$). Der sker heller ikke signifikante ændringer i antallet af fiskearter eller i tæthed af ørred eller ørredyngel (tabel 1; ANOVA $p < 0,05$). Det gennemsnitlige antal fiskearter varierer mellem 2,5 og 2,8 i overvågningsperioden og ørredtætheden mellem 16 og 28 pr. 100 m² (tabel 1).

Multivariate analyser af makrofyt- og makroinvertebratsamfundene viser, at der heller ikke sker væsentlige ændringer i artssammensætningen på det overordnede niveau i overvågningsperioden. Dette kan illustreres ved DCA akse-kordinater som vist i tabel 1. Der er ikke signifikante forskelle i koordinaterne på de tre første akser (DCA1-3, ANOVA $p > 0,05$) i de tre måleår.

Tabel 1 Karakteristika af makrofyt-, makroinvertebrat- og fiskesamfund i overvågningsvandløbene i perioden 1998-2003. Der er ikke signifikante forskelle på middelværdier inden for de enkelte variable mellem de tre måleår (ANOVA $p > 0,05$).

		1998		2000		2003	
		Gn.snit	SD	Gn.snit	SD	Gn.snit	SD
Makrofyter	Antal arter	11,7	6,6	11,5	5,5	9,64	5,5
	Evenness	0,70	0,13	0,66	0,17	0,66	0,17
	Shannon diversitet	1,62	0,55	1,54	0,57	1,43	0,57
	DCA1	156,9	72,7	150,6	70,1	160,5	78,0
	DCA2	160,8	57,9	160,6	57,0	156,3	58,7
	DCA3	281,8	51,6	276,5	51,6	264,5	70,2
Invertebrater	Evenness	0,55	0,11	0,60	0,16	0,55	0,17
	Shannon diversitet	1,72	0,37	1,85	0,54	1,73	0,55
	Antal individer	2434	26	2265	23	1938	13
	Antal taxa	23,8	5,84	23,2	6,55	24,16	5,90
	DCA1	148,5	88,1	154,0	76,0	141,8	66,53
	DCA2	193,4	50,2	199,4	47,7	196,2	37,58
DCA3	130,2	45,0	124,7	42,2	127,5	45,98	
Fisk	Antal ørred pr. 100m ² (excl. 0+)	24,0	33,2	28,3	71,6	16,2	16,9
	Antal ørred yngel pr. 100m ²	66,0	149,3	61,2	114,4	57,9	118,3
	Antal arter	2,5	1,4	2,8	1,4	2,7	1,3

Fysisk-kemisk tilstand i perioden

Overvågningsvandløbene bliver lidt mindre i perioden

Der sker ikke signifikante ændringer i hovedparten af de målte fysisk-kemiske parametre i perioden (ANOVA $p > 0,05$). Dog ændrer vandløbenes størrelse sig, idet de samlet set bliver mindre dybe og smallere (ANOVA $p < 0,05$). Dybden falder fra gennemsnitlig 20 cm til 15 cm og bredden fra 1,9 m til 1,6 m. Det største fald sker fra 2000 til 2003. De ændrede dimensioner afspejler formentlig, at nedbørsmængderne var væsentlig mindre end normalt i 2003, samt at vandløbene er små og derfor meget påvirkelige overfor år-til-år forskelle i nedbørsmængder. Grødeskæringspraksis ændrer sig heller ikke signifikant i perioden (ANOVA $p > 0,05$). Dog er der en tendens i retning hen imod mindre grødeskæring i vandløbene.

Biologisk stabilitet og påvirkningsgrad

Klassifikation af vandløb

Som beskrevet ovenfor kan der hverken erkendes overordnede ændringer i den biologiske eller fysisk-kemiske tilstand i overvågningsvandløbene i perioden 1998-2003. Imidlertid er der meget stor variation mellem vandløbene (standardafvigelsen er stor på de enkelte parametre). Med det formål at belyse hvordan graden af påvirkning bidrager til denne variation, er de 78 overvågningsvandløb klassificeret i tre grupper på baggrund af en multivariat analyse af de fysiske og kemiske forhold i vandløbene. Den første gruppe er defineret som en gruppe med lav påvirkningsgrad (i alt 17 vandløb), den anden gruppe som en gruppe med middel påvirkningsgrad (i alt 55 vandløb) og den sidste gruppe som en gruppe med høj påvirkningsgrad (i alt 6 vandløb). Metoden, der er brugt til denne klassifikation, er beskrevet i boks 3.

Tabel 2 angiver gennemsnit for de fysisk-kemiske karakteristika for de tre vandløbsgrupper. Gruppen af vandløb med høj påvirkningsgrad har signifikant højere BI_5 , ammonium og ortho-fosfat indhold samt højere vandtemperaturer end grupperne med middel og lav påvirkningsgrad (ANOVA, $p < 0,05$). Disse vandløb er også mindre brede, de har en lavere andel af emergente planter i vandløbet og er udsat for en hårdere grødeskæringsintensitet (se boks 1; ANOVA, $p > 0,05$). Grupperne med middel og lav påvirkningsgrad adskiller sig signifikant mht. vandløbsbredde og grødeskæringsintensitet, hvor vandløbene med lav påvirkningsgrad er bredere og i mindre grad udsat for grødeskæring. Figur 1 angiver placering af vandløbsstationerne ved brug af klassifikationen. Det skal understreges, at denne inddeling af vandløbene er udført for at overskueliggøre datapræsentationen. Den kan derfor ikke tages som udtryk for et absolut påvirkningsbillede i små danske vandløb.

Makrofytdiversitet og DVFI i vandløbene

Antallet af makrofytarter og Shannon diversiteten falder signifikant med stigende påvirkningsgrad (ANOVA $p < 0,05$; tabel 3). Dette resultat er også tidligere fundet i lidt større vandløb (3-10 m) (Baattrup-Pedersen et al., 2004). Indenfor makroinvertebraterne er det kun fordelingen af DVFI-værdier, der er signifikant forskellig mellem grupperne (χ^2 $p < 0,05$).

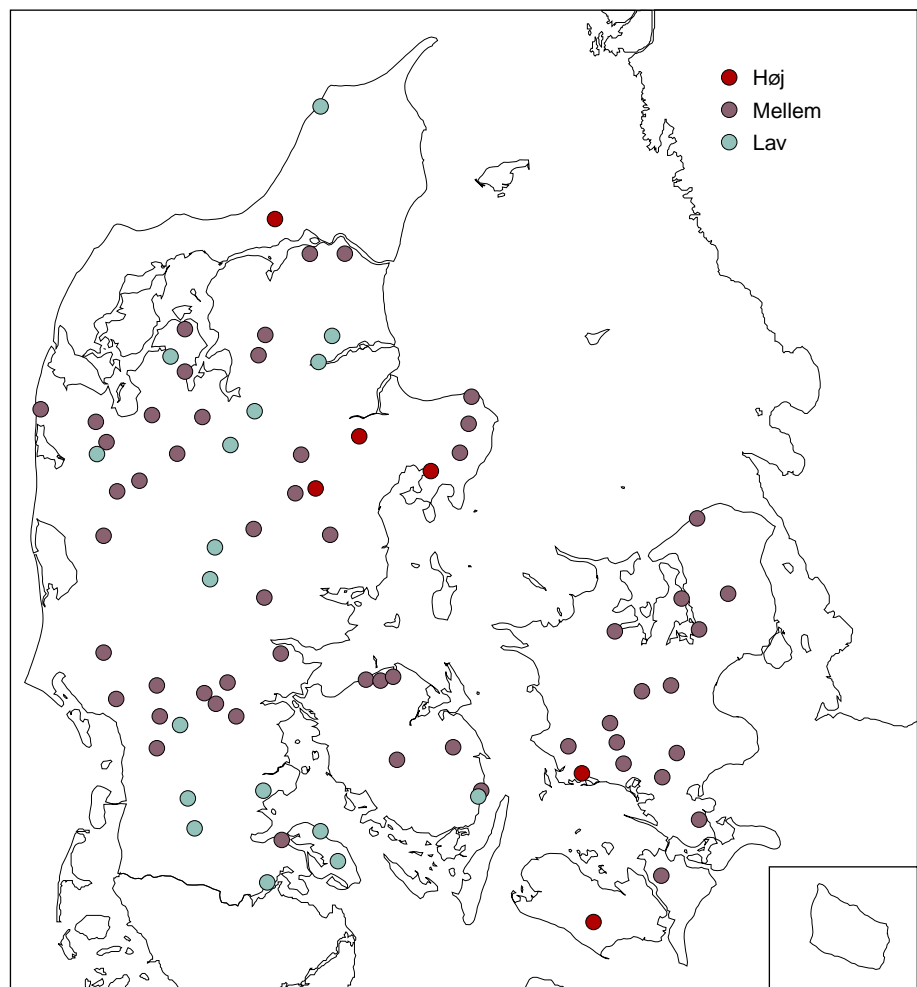
Boks 3: Klassifikation af vandløb efter påvirkningsgrad

Overvågningsvandløbene er klassificeret i tre grupper svarende til graden af menneskelig påvirkning. Formålet med denne klassifikation er at opnå en mere klar datapræsentation end gradient- og korrelationsanalyser tillader. Til brug for denne klassifikation er foretaget en Principal Components analyse (PCA) der grupperer vandløbene ud fra deres fysiske-kemiske forhold. Ydermere angiver analysen væsentligheden af forskellige parametre og påvirkninger ved at udregne vektorer for de enkelt parametre. Længde og retning angiver påvirkning og styrke. Analysen viste at vandløbsstørrelse, grødeskæringsintensitet, andelen af groft substrat på vandløbsbunden (grus og sten) samt indeholdet af ammonium, fosfor, jern samt BI5 var af størst betydning for stationsadskillelsen. Ud fra dette resultat er grødeskæringsmetode, indeholdet af ammonium og fosfor samt BI5 valgt som de fysiske-kemiske karakteristika der er mest påvirkelige af menneskelig aktivitet. Ammonium og fosfor er positivt relateret til PCA 1 ($r=0,47$ henh. $r=0,46$) og ammonium er også positivt relateret til PCA 2 ($r=0,49$). BI5 er negativt relateret til PCA 1 ($r=0,47$) og positivt relateret til PCA2 akse ($r=0,33$), grødeskæringsintensitet (1-4, hvor 4 svarer til ingen skæring) er negativt relateret til både PCA 1 ($r=-0,30$) og 2 ($r=-0,67$). Det er valgt at benytte PCA 2 akse som udtryk for den samlede påvirkningsgrad. De mest påvirkede vandløb har høje PCA 2 værdier, middel påvirkede vandløb har mellem høje PCA 2 værdier og lidt påvirkede vandløb har lave PCA 2 værdier. Denne klassifikation af vandløbene resulterer i 6 meget påvirkede vandløb, 55 middelpåvirkede vandløb og 17 uden eller med lav påvirkning. Denne fordeling er relativ og kan ikke benyttes til at beskrive et generelt eller absolut påvirkningsbillede i små lysåbne vandløb. Tabel 2 angiver fysiske-kemiske karakteristika for de tre vandløbsgrupper. Af tabellen fremgår at de tre grupper adskiller sig signifikant mht. de karakteristika, der afspejler menneskelig påvirkning.

Tabel 2 Karakteristik af fysiske-kemiske karakteristika i 3 grupper med forskellig påvirkningsgrad (se boks 2). Tallene er et gennemsnit for de tre måleår 1998, 2000 og 2003. Bogstaverne a og b angiver, at der er signifikante forskelle på middelværdier inden for de enkelte variable mellem de tre vandløbsgrupper (ANOVA $p<0,05$).

Variabel	Påvirkning					
	Lav		Middel		Høj	
	Gennemsnit	SD	Gennemsnit	SD	Gennemsnit	SD
Dybde (m)	0,21	0,12	0,18	0,09	0,14	0,06
Bredde (m)	2,48 ^a	1,43	1,65 ^b	0,62	1,35 ^c	0,51
Strømhastighed ($m s^{-1}$)	0,15	0,10	1,56	8,33	0,12	0,12
BI5 ($mg l^{-1}$)	1,36 ^a	0,78	1,41 ^a	0,55	2,64 ^b	2,06
pH	7,22	1,89	7,22	1,62	7,73	0,16
Alkalinitet ($meqv l^{-1}$)	2,34	1,26	1,95	1,14	2,88	0,80
Total jern ($mg l^{-1}$)	0,53	0,45	0,74	0,60	1,29	1,46
NH_4^+ ($mg l^{-1}$)	0,08 ^a	0,07	0,10 ^a	0,06	0,31 ^b	0,29
Ortho-P ($mg l^{-1}$)	0,07 ^a	0,08	0,07 ^a	0,09	0,20 ^b	0,20
Vandtemperatur ($^{\circ}C$)	11,99 ^a	1,60	12,90 ^a	1,36	14,83 ^b	1,97
Andel emergente planter (%)	41,87 ^a	24,10	24,76 ^a	18,47	10,40 ^b	11,98
Grødeskæringsintensitet (1998-2003) ¹⁾	3,25 ^a	0,85	1,91 ^b	0,85	1,00 ^c	0,56
Grødeskæringsintensitet i starten af 1990'erne ¹⁾	3,66 ^a	0,71	1,74 ^b	0,75	1,00 ^b	0,00

¹⁾ Grødeskæringspraksis er kategoriseret i 4 typer, henholdsvis ingen (4), skånsom i netværk (3), skånsom i strømrørende (2) og fuld grødeskæring (1). Grødeskæringsintensitet udtrykker en kombination af hyppighed og metode over perioden. En høj værdi angiver, at der ikke skæres eller skæres minimalt, mens en lav værdi angiver, at grødeskæringsintensiteten er høj.



VA04 – Fig. 1

Figur 1 Geografisk placering af vandløbsstationer med forskellig påvirkningsgrad. Se boks 2 for nærmere definition af påvirkning.

Tablet 3 Karakteristika af makrofyt- og makroinvertebratsamfund i vandløb med forskellig påvirkningsgrad fastsat ud fra metode beskrevet i boks 2. Tallene er et gennemsnit for de tre måleår 1998, 2000 og 2003. Bogstaverne a og b angiver, at der er signifikante forskelle på middelværdier inden for de enkelte variable mellem de tre vandløbsgrupper (ANOVA $p < 0,05$).

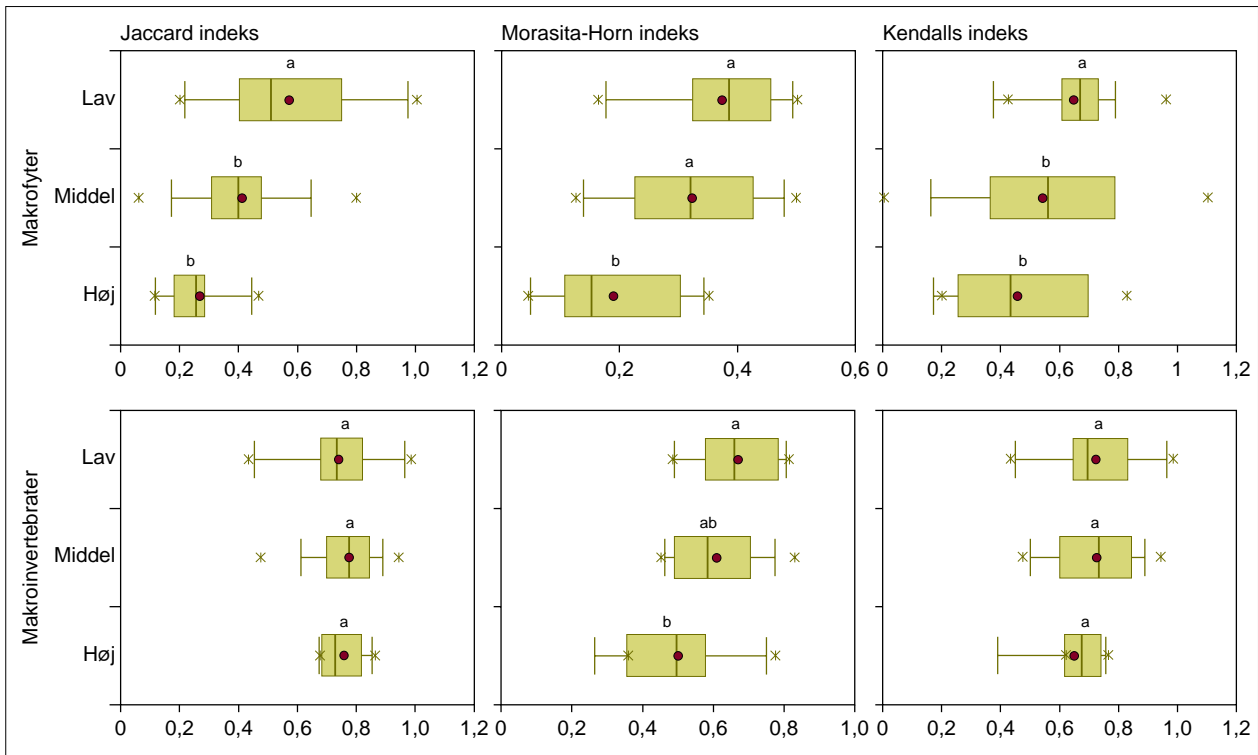
Element	Variabel	Påvirkning					
		Lav		Middel		Høj	
		Gennemsnit	SD	Gennemsnit	SD	Gennemsnit	SD
Makrofyter	Antal arter	15,1 ^a	7,5	10,0 ^b	4,4	8,1 ^b	4,2
	Evenness	0,70	0,47	0,66	0,13	0,75	0,14
	Shannon diversitet	1,83 ^a	0,59	1,44 ^b	0,47	1,41 ^{ab}	0,34
Makroinvertebrater	Antal taxa	25,6	4,5	24,9	5,1	24,0	4,5
	Antal individer	2827	2179	2143	1549	1789	993
	Evenness	0,49	0,10	0,54	0,09	0,53	0,10
	Shannon diversitet	1,58	0,35	1,72	1,20	1,67	0,29

Makrofytsamfundene er mest stabile i vandløb med ringe påvirkning

Ved at benytte indeks, der sammenligner forekomst og hyppighed af arter mellem overvågningsårene, kan samfundenes tidlige stabilitet evalueres. For makrofyter udviser både Jaccard, Morasita-Horn og Kendall et signifikant fald i indekseværdier med øget påvirkningsgrad (figur 2). Det betyder, at makrofytsamfundene er mest stabile i vandløb med ringe påvirkning, og omvendt at de er mindst stabile i de mest påvirkede vandløb. Tidligere rapporteringer har vist, at artssammensætningen og kompleksiteten i samfundene påvirkes af menneskelige aktiviteter (Bøgestrand, 1998; Baattrup-Pedersen et al. 2004). Således falder både diversitet og plantekompleksitet med stigende grødeskæringsintensitet, ligesom artssammensætningen ændrer sig. Nogle arter favoriseres af hyppige skæringer, mens andre arter ikke tåler hyppige skæringer. Denne rapportering viser, at makrofytsamfundene også bliver mindre tidligt stabile i de påvirkede vandløb. Korrelationsanalyser viser samtidig, at både Morasita-Horn og Kendall-indeksene korrelerer signifikant til grødeskæringsintensitet, med de mindst stabile samfund i vandløb med mest grødeskæring. Det betyder, at grødeskæring alene begrænser samfundenes stabilitet. De andre påvirkningsvariable (BI5, orhto-P, ammonium) korrelerer ikke signifikant til samfundenes stabilitet.

Makroinvertebratsamfundene er relativt stabile

Makroinvertebratsamfundene er generelt mere tidligt stabile, idet hverken Jaccard eller Kendall ændrer sig signifikant som funktion af påvirkningsgrad (figur 2). Det betyder, at makroinvertebrattaxa forekomst på lokaliteterne er relativt stabil. Det afspejler formentlig, at makroinvertebrat-rekrutteringen er god fra år til år. Imidlertid falder Morasita-Horn indekseværdier med øget påvirkningsgrad. Morasita-



VA04 – Fig. 2

Figur 2 Box-Whisker plots, der viser 3 similaritets-/stabilitetsindeks for makrofyt- og makroinvertebratsamfundene i overvågningsperioden 1998-2003 i vandløb med forskellig påvirkningsgrad. Indekserne er nærmere beskrevet i boks 1. Bogstaverne a og b angiver signifikant forskel på middelværdier (ANOVA $p < 0,05$). Boxen repræsenterer 10 %, 25 %, median, 75 % og 90 % fraktilerne, mens symbolet angiver middelværdien. Barrene angiver 5 % and 95 % fraktilerne og stjernen minimum- og maksimumværdier.

Horn indekset inddrager udover taxa forekomst også hyppighed. Derfor viser indekset, at den største tidlige variation i abundans findes i vandløb med størst påvirkningsgrad. Det skyldes formentlig at det er i disse vandløb, at habitatforhold og/eller fødegrundlag for forskellige taxa varierer mest. Korrelationsanalyser viser, som for makrofyterne, at grødeskæring alene begrænser samfundenes stabilitet (Morasita-Horn og Kendall), mens de andre påvirkningsvariable (BI5, orhto-P, ammonium) ikke korrelerer signifikant til samfundenes stabilitet.

Der er relativ stor forskel på makrofyt- og makroinvertebratsamfundenes stabilitet, og alle indekxsværdier er absolut højere for makroinvertebraterne. Det fundne resultat er i god overensstemmelse med forventningerne, da diverse systemer også som oftest er mere stabile systemer. Imidlertid kan forskellen i stabilitet mellem makrofyt- og makroinvertebratsamfundene også afspejle forskel i taxonomisk niveau. Aggregering af makroinvertebrat-data til større taxonomiske grupper (taxa) betyder således, at svingninger i enkeltarters forekomst ikke afspejles i indekxsværdierne.

Persistens

Smalbladet mærke og vandstjerne er meget persistente arter

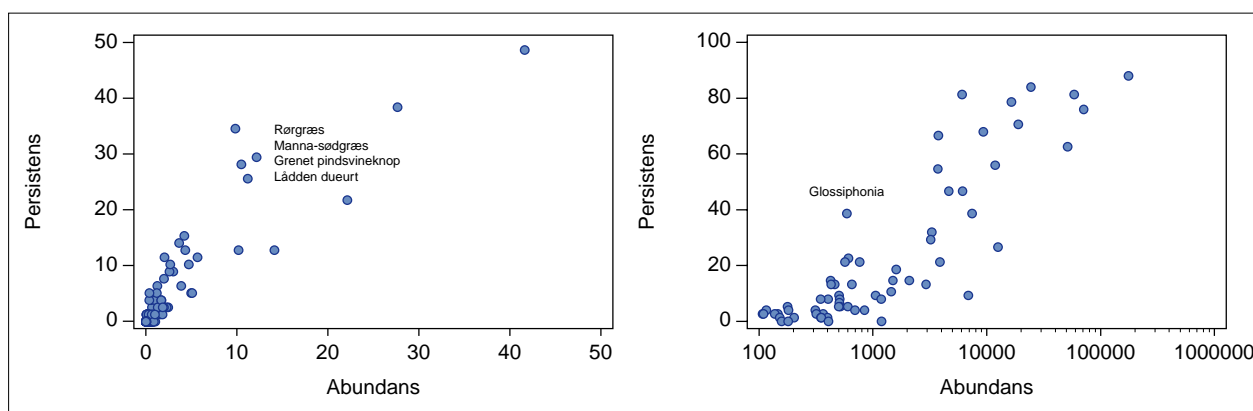
Persistens er et udtryk for stabiliteten i arternes forekomst i de enkelte vandløb i overvågningsperioden og er beregnet som andelen af vandløb, hvor arten findes i alle måleår. En høj persistens udtrykker, at arten svinger lidt i sin forekomst, mens en lav persistens udtrykker, at arten svinger meget i sin forekomst. Generelt er makroinvertebraterne mere persistente end makrofyterne (tabel 4). Det kan igen afspejle forskelle i taxonomisk niveau, da svingninger i enkeltarters forekomst ikke er synlige. Makrofytarternes persistens er meget variabel (tabel 4). Smalbladet mærke, vandstjerne, rørgræs, pindsvineknap, manna-sødgræs og lodden dueurt er meget persistente plantearter og findes i 26-49 % af alle vandløb i hele overvågningsperioden. Der eksisterer en sammenhæng mellem arternes persistens og deres hyppighed målt som summen af den relative dækning i overvågningsvandløbene. Det betyder, at hyppige arter også er meget stabilt forekommende arter i vandløbene. Fire arter adskiller sig nemlig: rørgræs, manna-sødgræs, grenet pindsvineknap og ladden dueurt. Disse arter er forholdsvis mere persistente, end det kan forventes ud fra deres hyppighed (relativ dækning, se figur 3a), hvilket kan afspejle, at disse arter dels er meget konkurrencesterke, dels er gode til at kolonisere nye vandløb (se afsnit 6.1).

Gammarus er meget persistent i vandløbene

Ligesom for makrofyter er makroinvertebraternes persistens meget variabel (tabel 4). Det er ferskvandstangloppen *Gammarus*, forskellige dansemyg (*Orthoclaadiinae*, *Tanytarsini*, *Tanypodinae*, *Chironomini* og *Procladiusinae*) samt døgnfluen *Baetis* og stankelbenslarvefamilien *Limoniidae*, der er de mest persistente taxa. Det er karakteristisk for alle de persistente taxa, at de har en meget god rekrutteringsevne og er relativt robuste. Også for makroinvertebraterne eksisterer der en sammenhæng mellem persistens og hyppighed målt som antal individer (figur 3b). Her er det iglen *Glossiphonia*, der er relativ mere persistent end det kan forventes ud fra dens abundans (figur 3b).

Tabel 4 Tabellen angiver de 15 mest persistente makrofyt-arter og makroinvertebrattaxa i overvågningsvandløbene. Persistensen udtrykker, i hvor stor en andel af vandløbene arterne er fundet i alle måleår i overvågningsperioden (1998, 2000 og 2003).

Art	Persistens i %	Taxa	Persistens i %
<i>Smalbladet mærke</i>	49	<i>Gammarus sp.</i>	88
<i>Vandstjerne sp.</i>	38	<i>Orthocladinae</i>	84
<i>Rørgræs</i>	35	<i>Baetis sp.</i>	81
<i>Grenet pindsvineknop</i>	29	<i>Limoniidae</i>	81
<i>Manna-sødgræs</i>	28	<i>Pisidium sp.</i>	79
<i>Lådden dueurt</i>	26	<i>Tanytarsini</i>	76
<i>Trådalger</i>	22	<i>Tubificidae</i>	71
<i>Eng-forglemmigej</i>	15	<i>Tanypodinae</i>	68
<i>Høj sødgræs</i>	14	<i>Limnephiliidae</i>	67
<i>Vandpest</i>	13	<i>Simuliidae</i>	63
<i>Liden andemad</i>	13	<i>Chironomini</i>	56
<i>Tagrør</i>	13	<i>Dysticidae</i>	55
<i>Vand-mynte</i>	12	<i>Elmis sp.</i>	47
<i>Lancetbladet ærenpris</i>	12	<i>Prodiamesinae</i>	47
<i>Vandranunkel sp.</i>	10	<i>Glossiphonia sp.</i>	39



VA04 - Fig. 3

Figur 3 Persistens i makrofyt- (A) og makroinvertebratsamfundene (B) som funktion af arternes abundans (henholdsvis dækning og antal individer) i vandløbene i overvågningsperioden 1998-2003.

Kolonisering

Terrestriske plantearter er hyppige kolonisatorer i små vandløb

Koloniseringsevne udtrykker andelen af vandløbslokaliteter, i hvilke arter/taxa ikke var tilstede et år, men tilstede et følgende år og er et gennemsnit for alle kombinationer 1998-2000, 1998-2003, 2000-2003. Denne beregning påvirkes af prøvetagningseffektivitet, idet koloniseringsevne hos taxa, der er fåtallige, vil kunne være fejlbehæftet. Dette problem er størst for den beregnede koloniseringsevne hos makroinvertebraterne, hvor prøvetagningen dækker et begrænset område i forhold til strækningens areal. Dette er der søgt kompenseret for ved brug af aggregerede data (se boks 1), men en høj koloniseringsevne

vil hos fåtallige taxa kunne dække over, at disse ikke registreres ved hver prøvetagning.

Det er hovedsageligt terrestriske og amfibiske plantearter, der koloniserer vandløbene i perioden, herunder rapgræs, ærenpris-arter og hvene (tabel 4). Dette resultat afspejler formentlig, at overvågningsvandløbene er små både mht. dybde og bredde, hvilket betyder, at mange terrestriske og amfibiske plantearter kan finde egnede levesteder i vandløbene, og at disse arter kan kolonisere fra brinkerne. Disse arter koloniserer 12-15 % af vandløbene i perioden. Rørgræs, manna-sødgræs, pindsvineknop og lodden dueurt er også relativt gode kolonisatorer (se figur 3a). Disse arter er samtidig relativt persistente i deres forekomst (tabel 4). Begge dele kan være medvirkende til, at disse arter er meget udbredte i små danske vandløb.

Dansemyg Chironomini koloniserer 20 % af vandløbene

Det er forskellige grupper af makroinvertebrater, der koloniserer vandløbene i perioden (tabel 4) For dansemyg *Chironomini* kan det afspejle, at den kan have flere generationer om året i vandløb, hvor fødegrundlaget er tilstrækkeligt. Iglen *Glossiphonia* anses ikke normalt for at være en god koloniasator, men det er en meget robust art, der er i stand til i meget få antal at overleve, også under ugunstige forhold. Derfor kan resultatet afspejle, at den ikke har været med i prøvetagningen alle år, som beskrevet tidligere i afsnittet.

Perspektivering

Overvågningsprogrammet NOVA 2003 har bidraget med vigtig viden om de biologiske samfund i små vandløbssystemer og om sammenhænge mellem de biologiske samfund og det fysisk-kemiske miljø. Denne sidste afrapportering i programmet giver vigtig ny viden om den tidlige stabilitet i de biologiske samfund, og om hvordan den menneskelige påvirkning begrænser samfundenes stabilitet. Disse resultater er yderst vigtige for vores forståelse af vandløbssystemerne og dermed også for en optimal forvaltning af vandløbene. Samtidig rejser resultaterne også mange spørgsmål. Hvordan skal vi eksempelvis udnytte den nye viden om de biologiske samfunds tidlige stabilitet i forbindelse med vurdering af økologisk kvalitet i vandløbene? Det nye overvågningsprogram, NOVANA, vil kunne hjælpe med at operationalisere de her afrapporterede resultater. Imidlertid vil NOVANA ikke kunne stå alene, idet de tidlige aspekter kun i ringe grad dækkes i programmet. Derfor bør det søges at udvikle indikatorer i andre sammenhænge, der kan belyse stabilitet, og som senere vil kunne implementeres i overvågningsprogrammet.

Referencer

Baatrup-Pedersen, A., Friberg, N., Pedersen, M. L., Skriver, J., Kronvang, B. og Larsen, S. E. 2004. Anvendelse af Vandrammedirektivet i danske vandløb. Danmarks Miljøundersøgelser. 145 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 499. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>

Bøgestrand, J. (red.) 1999. Vandløb og kilder 1998. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 132 s. Faglig rapport fra DMU nr. 292.

Prøvetagningens betydning for overvågningen af pesticider i vandløb

Ole Sortkjær

Baggrund

Pesticider der sprøjtes ud på marken, kan binde sig til planter og jordpartikler. Hvor hårdt de bindes er afhængig af deres fysik/kemiske egenskaber såsom vandopløselighed/fedtopløselighed og syre-/baseegenskaber, samt de egenskaber overfladerne har, og om jorden er sandet eller leret. Pesticiderne omsættes med tiden, og nogle kan nedbrydes helt. Hvor hurtigt, det foregår, er afhængigt af temperaturen, pH og ilt samt af de mikrobiologiske forhold på stedet. Pesticider kan også fordampe alt afhængig af deres damptryk.

Pesticiderne kan transporteres til vandløbene med nedbøren ved overfladisk afstrømning, hvor de bliver ført bort i opløst eller partikelbunden form. Pesticider kan transporteres med partikler ned gennem jordens makroporer og med drænvand føres ud i vandløbene. Endvidere kan vandopløselige pesticider blive vasket ned i jorden, men om det når frem til vandløbene er bestemt af nedbørsforholdene efter udsprøjtningen.

Sprøjtes forskellige pesticider ud på den samme mark på samme tidspunkt, vil der være store tidsforskelle på, hvornår de kan forventes at nå frem til vandløbet. Hvor store koncentrationer, der kan nå frem, er afhængig af nedbrydningen, der finder sted under transporten.

Overvågningsdata for de senere år har vist, at fundprocenter og maksimumkoncentrationer for pesticider ofte er større i store vandløb end i små vandløb. Dette kan hænge sammen med, at de maksimale forekomster af pesticider optræder i pulse under visse nedbørshændelser. Jo tættere det sprøjtede areal ligger ved vandløbet, jo større er sandsynligheden for, at udvaskningen af pesticider vil finde sted som en veldefineret puls, som er vanskelig at fange i prøvetagningen. I de store vandløb er afstrømningen af vand og pesticider derimod integreret over flere tilløb og over længere tid, hvorfor der er større sandsynlighed for at opfange pesticider under prøvetagningen. Monitoring af miljøfremmede stoffer i store vandløb er nødvendig for at kunne beregne transporten af disse stoffer til havet. Dette er Danmark forpligtet til ifølge internationale konventioner. Prøver fra de store vandløb siger imidlertid ikke ret meget om effekten af stofferne i vandløb generelt og i små vandløb i særdeleshed. Effekten af et stof på organismerne i det enkelte vandløb afhænger både af koncentrationen af stoffet og hvor lang tid stoffet er tilstede.

Pesticidovervågningens formål og metode

Overvågningen af miljøfremmede stoffer, herunder pesticider, i NOVA 2003 har til formål at give et landsdækkende billede af stoffernes

forekomst i danske vandløb. Desuden skal overvågningen anvendes ved opgørelse af tilførslen af miljøfremmede stoffer til havet.

Måleprogrammet for pesticider er opdelt i 3, et for 5 store vandløb (MT1), hvor der tages en prøve månedlig. Et for 21 mindre vandløb med forskellige jordbundsforhold (MT2) hvor 6 prøvetagninger er valgt, især i forbindelse med sprøjteperioderne forår og efterår. Og endelig 5 LOOP-vandløb (MT3) med små oplande, hvor der tages 16 prøver, hvoraf de 6 er placeret i sprøjtesæsonen og de 10 resterende i hver måned på nær i juli og august. Måleprogrammerne repræsenterer således forskellige prøvetagningsstrategier, der forsøger at optimere "fangsten" af pesticidudslip til vandløbene.

Vandprøverne til pesticidanalyser tages i 1-liters glasflasker, og der analyseres på en ufiltreret vandprøve (Kronvang et al., 1999). For de vandopløselige pesticiders vedkommende giver det en tilstrækkelig repræsentation, men for de pesticider (flere insekticider), der binder sig til overflader, vil de kun være repræsenteret i det omfang, der er nok partikulært materiale i en vandprøve på 1 liter.

Forekomst af pesticider 2000-2003

Antallet af fundne pesticider og nedbrydningsprodukter fra disse varierer kun lidt år for år og ligger fra 40 til 47 (tabel 1). Der er taget 58 færre prøver i 2003 end i 2002, og det skyldes, at LOOP-vandløbene ikke er med i overvågningsprogrammet for 2003, men bliver rapporteret særskilt. Hovedkonklusioner fra denne er medtaget sidst i kapitlet.

Tabel 1 Antal prøver og pesticidfund i 2000-2003. Alle måleprogrammer.

Antal	2000	2001	2002	2003
Prøver	235	263	226	168
Pesticider	47	43	45	40

Hvor hyppigt de enkelte pesticider er fundet i perioden 2000-2003 er vist i tabel 2. Ud over de listede pesticider er der yderligere analyseret for 19 pesticider eller omsætningsprodukter af disse, som aldrig er fundet.

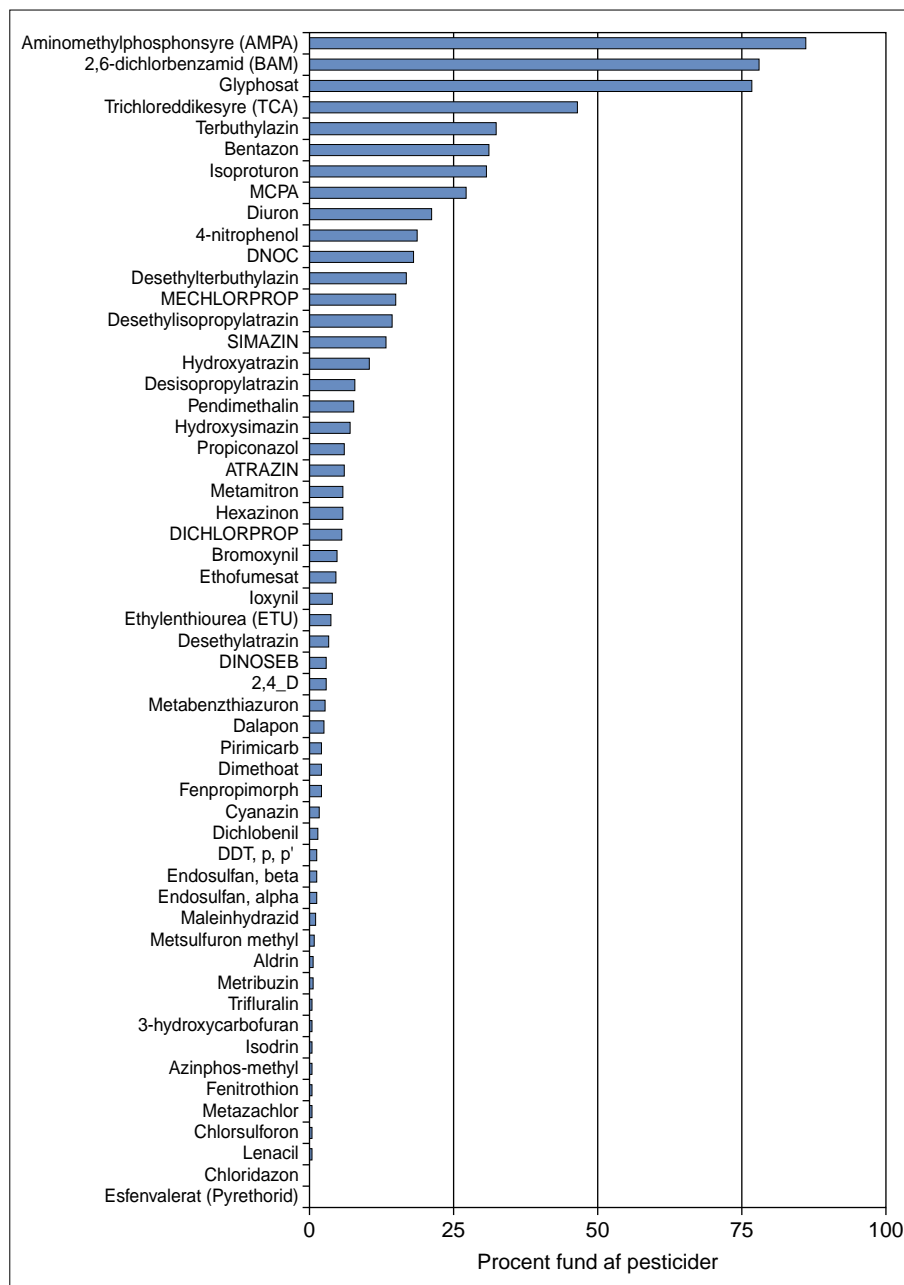
Der er betydelige udsving i fundprocenten gennem de 4 år, men det er de samme 19 pesticider eller nedbrydningsprodukter af disse, der dominerer billedet, da de i mindst 1 år har optrådt i mindst 10 % af prøverne (tabel 2). Glyphosat og dets nedbrydningsprodukt, AMPA, findes i henholdsvis 77 % og 86 % af alle prøver. BAM, der er nedbrydningsprodukt af det forlængst forbudte dichlobenil, fandtes i 2003 i 92 % af alle prøver. Mange af pesticiderne er dog kun fundet i meget få prøver.

Fundprocenterne for hele 4-års perioden er vist i figur 1.

Tabel 2 Pesticidernes fundprocenter i perioden 2000-2003.

Pesticid	2000	2001	2002	2003
Esfenvalerat	.	.	0,5	.
Trifluralin	.	0,8	0,5	0,6
Lenacil	0,4	.	0,9	.
Metribuzin	0,4	1,2	.	0,6
Chloridazon	0,9	.	.	.
Maleinhydrazid	0,5	0,8	2,3	.
Metsulfuron methyl	0,4	.	0,9	2,4
Dichlobenil	1,7	2,0	0,9	0,6
Chlorsulfuron	1,3	.	.	.
Aldrin	1,8	1,3	.	.
Fenitrothion	.	1,7	.	.
Metazachlor	1,7	.	.	.
Isodrin	.	1,7	.	.
3-hydroxycarbofuran	1,8	.	.	.
Azinphos-methyl	1,8	.	.	.
Cyanazin	2,1	3,2	0,9	.
Fenpropimorph	1,3	2,0	2,3	3,0
Dimethoat	2,1	1,6	3,6	1,2
Pirimicarb	3,0	0,8	2,7	2,4
Dalapon	1,8	1,6	2,3	5,4
2,4_D	3,0	1,6	1,8	6,0
Dinoseb	2,1	1,2	3,2	6,6
Desethylatrazin	5,5	1,6	3,2	3,6
loxynil	4,7	1,6	5,9	4,2
DDT, p,p'	.	.	4,2	.
Endosulfan, alpha	.	.	4,2	.
Endosulfan, beta	.	.	4,2	.
Ethofumesat	4,3	3,6	5,9	4,8
Bromoxynil	4,7	2,4	6,4	6,6
Metabenzthiazuron	1,8	.	.	8,3
Ethylentiourea (ETU)	.	2,0	7,7	6,7
Dichlorprop	8,4	4,0	3,2	7,1
Atrazin	7,6	5,5	5,5	4,8
Hexazinon	8,0	3,2	5,9	6,6
Metamitron	5,9	1,2	8,6	8,9
Propiconazol	4,7	4,7	6,4	8,9
Pendimethalin	9,3	6,3	10,0	4,8
Hydroxysimazin	11,8	7,7	1,4	10,7
Desisopropylatrazin	8,0	4,8	8,2	11,9
Hydroxyatrazin	13,7	13,4	4,6	8,9
Simazin	11,4	12,7	14,6	15,5
Desethylisopropylatrazin	17,3	16,3	11,8	10,8
Mechlorprop	17,7	13,8	14,6	13,7
Desethylterbutylazin	17,8	16,2	17,7	14,9
DNOC	16,5	19,4	15,9	20,8
4-nitrophenol	17,3	18,2	20,0	19,6
Diuron	27,5	18,6	15,0	24,4
MCPA	19,8	25,7	28,2	38,7
Isoproturon	39,7	28,9	30,5	20,8
Bentazon	33,8	28,9	30,9	31,6
Terbutylazin	34,6	34,8	28,2	31,6
Trichloreddikesyre (TCA)	60,5	39,3	44,6	52,4
Glyphosat	76,9	77,0	72,5	81,9
2,6-dichlorbenzamid (BAM)	84,4	76,3	69,6	82,7
Aminomethylphosphonsyre (AMPA)	83,0	88,5	82,6	91,7

Figur 1 Pesticidfund 2000-2003 i følge overvågningsdata.



VA04 - Fig. 1

Pesticidfund i relation til måleprogram

For alle 3 måleprogrammer er der fundet massive forekomster af Glyphosat, AMPA og BAM. Disse stoffer findes i hovedparten af alle vandløb. Atrazin, der ikke længere må anvendes, findes som nedbrydningsprodukter hovedsageligt i de mindre vandløb og kun i ét tilfælde i de store vandløb for hydroxyatrazins vedkommende. Det må skyldes, at nedbrydningsforholdene og/eller transportvejene er forskellige i oplandene til de 3 måleprogrammer.

I tabel 3 er opstillet fundene af de pesticider, hvor mindst halvdelen af prøverne på en målestation indeholdt pesticidet i 2001. Det gjaldt for 20 pesticider og nedbrydningsprodukter af disse, og deraf var 12 fra tilladt anvendte stoffer. Der er fundet henholdsvis 15 og 16 pesticider i måleprogram MT1 og MT2, men kun det halve i MT3. Det skyldes formentlig, at pesticidtilførslen til de små vandløb i MT3 (LOOP-vandløb) i højere grad kommer som kortvarige pulse, siden der kun er 8 pesticider, som optræder i mindst halvdelen af prøverne.

Der blev i de 3 måleprogrammer fundet yderligere 23 pesticider, der dog kun optrådte sporadisk.

Tablet 3 Antal stationer hvor pesticidet er fundet i mindst halvdelen af prøverne fordelt på måleprogram i 2001.

Måleprogram	MT1	MT2	MT3	Antal vandløb
Antal vandløb	5	21	5	31
Antal årlige prøver (max)	12	6	16	
godkendte pesticider:				
Bentazon	1	6	1	8
Diuron	1	5		6
DNOC	1			1
Glyphosat	4	20	3	27
- Aminomethylphosphorsyre (AMPA)	5	21	4	30
Isoproturon	1	5		6
MCPA	2	3		5
Merchlorprop	1	1		2
Simazin	1	4		5
- Hydroxysimazin	1			1
Terbuthylazin	3	5	3	11
- Desethylterbuthylazin		1	1	2
Ikke længere godkendte pesticider:				
Atrazin				
- Desethylisopropylatrazin		5	1	6
- Desisopropylatrazin		1		1
- Hydroxyatrazin	1	2		3
Dichlobenil				
- 2,6-dichlorbenzamid (BAM)	5	16	4	25
4-nitrophenol	1	3		4
Trichloredikesyre(TCA)	3	7	2	12
Antal pesticider	15	16	8	

Pesticidfund i relation til forbruget af pesticider

Sandsynligheden for at et pesticid findes i en vandprøve må forventes at være størst for pesticider, der anvendes på store arealer, og hvor den anvendte dosis er relativ høj. Det gælder f.eks. glyphosat, der i 2000 blev anvendt på 573100 ha og med en standarddosis på 1172 g/ha, og som forventet findes hyppigt i vandløbene. For stoffer som på grund af deres høje effektivitet anvendes i små doser, er sandsynligheden for at kunne påvise stoffet i vandløbene mindre. For et stof som metsulfuron methyl, der blev anvendt på 150600 ha og med en standarddosis på 5g/ha, vil koncentrationen, hvis det hele blev opløst i 10 mm nedbør, være på 50 µg/l. En undersøgelse i Lillebæk og Odderbæk (Kronvang et al., 2003) har vist, at den del af de udbragte pesticider, der genfindes i vandløbet, kun udgør en forsvindende del på henholdsvis 0,01 % og 0,003 %. Tabsprocenten er dog afhængig af pesticidernes fysisk/kemiske egenskaber. Hvis vi

anvender en tabsprocent så stor som 0,1, vil koncentrationen i de 10 mm nedbør være på 5 ng/l for metsulfuron methyl. Afdrænes dette til et vandløb vil det blive betydeligt fortyndet. Dette skal holdes op imod at detektionsgrænsen for stoffet er på 10 ng/l, hvilket kan være forklaringen på, at metsulfuron methyl kun er fundet i ganske få prøver (0-4 årligt) til trods for at det anvendes på store arealer. Det kan ikke udelukkes, at de enlige fund kan skyldes punktkilder. Stoffer med lav standarddosis vil uanset måleprogram kun optræde sporadisk på grund af analyseproblemer ved meget lave koncentrationer. En simpel kalkule som den ovenstående baseret på standarddosis og detektionsgrænse kan angive de pesticider, det ikke vil være muligt at finde ved en monitoring.

I tabel 4 er fundprocenterne opstillet i forhold til det teoretisk beregnede areal der er behandlet med et pesticid (Miljøstyrelsen, 2003). Tallene viser, at der ikke er en direkte sammenhæng mellem udspøjtet areal og fundprocenter af godkendte pesticider i 2002 i overvågningsprogrammet. Terbutylazin optræder således i 33 % af prøverne til trods for, at det kun anvendes på godt 4200 ha. Fundprocent er den samme som for Bentazon og MCPA, der til gengæld er anvendt på et areal, der er mere end 200 gange større.

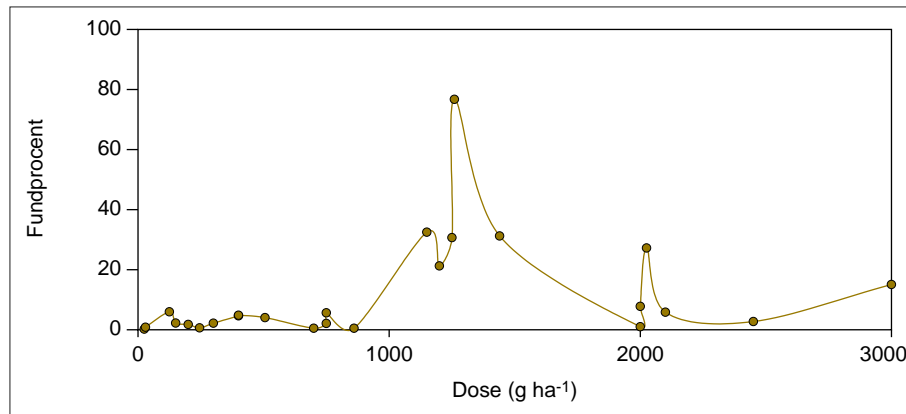
Tabel 4 Sprøjtet areal og procent pesticidfund i vandløb (2002).

Pesticid	Behandlet areal (ha)	Fundprocent
Trifluralin	40	0,5
Maleinhydrazid	271	1,0
Propiconazol	696	5,9
Terbutylazin	4239	32,5
Metabenzthiazuron	5342	2,7
Pirimicarb	10629	2,2
Metribuzin	22300	0,6
Ethofumesat	40148	4,6
Metamitron	45855	5,8
Bromoxynil	48717	4,8
Pendimethalin	81281	7,7
Dimethoat	96826	2,2
Bentazon	97155	31,2
MCPA	105761	27,2
Metsulfuron methyl	112000	0,8
Fenpropimorph	141457	2,1
loxynil	229482	4,0
Glyphosat	733732	76,7

Sættes fundprocenterne i relation til dosis, antal g aktivstof/ha, er der heller ikke en direkte sammenhæng, men det ser ud til, at doserne skal være op imod 1000 g/ha, før fundprocenterne kommer over 5 (figur 2). Det gælder for stoffer som terbutylazin, diuron, isoproturon, glyphosat, bentazon og mechlorprop, men selv om dosis er over 1000 g/ha, er det ikke sikkert, at fundprocenten bliver høj, hvad der er

tilfældet for maleinhydrazid, pendimethalin, metamidron og metabenzthiazuron (tabel 5). Doserne er hentet på nettet i Middeldatabasen - ajourført information om plantebeskyttelsesmidler fra [Danmarks JordbrugsForskning](#) og [Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret](#). I beregningerne af dosen kan der opstilles en maksimal dosis og en minimumsdosis. Opstilles samme relation for minimumsdoseringen som i figur 2, vil grænsen være 500 g/ha.

Figur 2 Fundprocenten i 2002 for godkendte pesticider i relation til doseringen (g/ha). Hvert punkt repræsenterer et pesticid



VA04 - Fig. 2

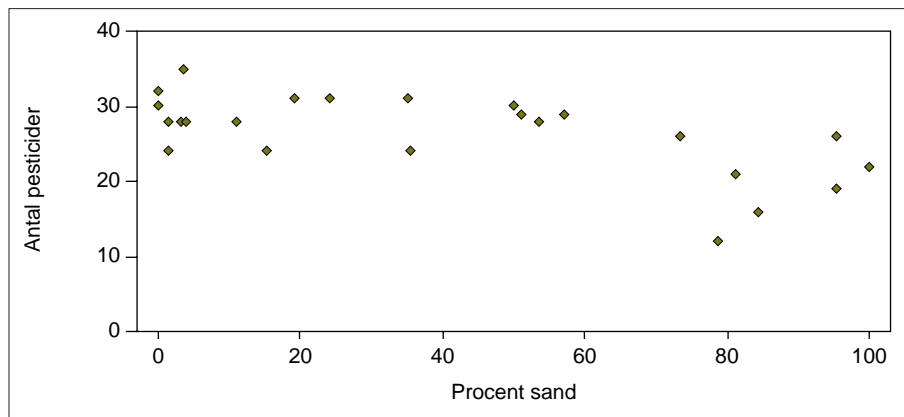
Tabel 5 Fundprocenten af pesticider og den maksimale anbefalede dosis (g/ha).

Pesticid	Fundprocent	Dosis (g/ha)
Terbuthylazin	32,5	1150
Diuron	21,2	1200
Isoproturon	30,6	1250
Glyphosat	76,7	1260
Bentazon	31,2	1440
Maleinhydrazid	1,0	2000
Pendimethalin	7,7	2000
MCPA	27,2	2025
Metamidron	5,8	2100
Metabenzthiazuron	2,7	2450
Mechlorprop	15,0	3000

Pesticidfund i relation til jordtyper

Det er ikke kun dosis og udsprøjtet areal, der har betydning for fundprocenterne. Jordens beskaffenhed, udtrykt som den andel af oplandet der er karakteriseret som sandjord, har også betydning for det antal pesticider, der findes i vandløbene. Sammenhængen mellem jordtypen og det antal pesticider, der er fundet fra 1999 til 2002, er vist i figur 3. Hvis et pesticid blot er fundet i en enkelt prøve over de 3 år, er den taget med. Det fremgår, at der findes ca. 30 forskellige pesticider, hvis de sandede arealer udgør under 60 % af arealet, altså i oplande med en væsentlig andel af lerede jorder. Er oplandet domineret af sandede arealer (> 60 %), kan der kun forventes at blive fundet ca. 20 pesticider.

Figur 3 Antal pesticider fundet i vandprøver i overvågningen i 1999-2002 i relation til andelen af sandjorder i oplandene.



VA04 – Fig. 3

Pesticider, der er mindre vandopløselige, har mulighed for at binde sig til lerminerale, og det kan være en forklaring på, at der findes flest pesticider fra de lerede jorde, da partikulært materiale føres til dræn og vandløb i forbindelse med nedbørshændelser (tabel 6). En opgørelse baseret på LOOP-oplandene i 2003 viste på den anden side, at landmændene på de sandede jorde brugte 39 forskellige pesticider i 2003, men hele 82 på de lerede jorde (Grant et al., 2004). Det kan ikke udelukkes, at anvendelsen af langt flere pesticider på lerede jorde end på sandede også spillede ind i fundprocenterne for 1999-2002.

Undersøgelse til fastsættelse af optimal prøvetagningsstrategi

I foråret 2004 blev der udført et projekt i LOOP oplandene til belysning af effekten af prøvetagningsstrategien. Der blev udtaget stikprøver i april, maj og juni som under den sædvanlige prøvetagningsstrategi. Til sammenligning blev der også udtaget puljede prøver under nedbørshændelser. Prøverne blev udtaget med automatisk prøvetager over et døgn.

Pesticidfund ved stikprøvetagning

Der blev taget 14 stikprøver fordelt på de 5 vandløb, og der blev fundet 10 pesticider (tabel 8). I 8 af stikprøverne var der glyphosat, og samtidig blev der i disse prøver fundet 7 med AMPA, glyphosats nedbrydningsprodukt. Derefter fulgte BAM og TCA med 5 tilfælde.

Tabel 6 Pesticider fundet fra 1999-2002 i oplande hvor jordtypefordelingen er kendt

Procent sandjorder	0	0	1	1	3	3	4	11	15	19	24	35	36	50	51	54	57	73	79	81	84	94	96	100	Antal
2,6-dichlorbenzamid (BAM)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	24
Aminomethylphosphorsyre (AMPA)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	24
Glyphosat	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	24
Trichloreddikesyre (TCA)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	24
4-nitrophenol	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	23
Bentazon	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	23
DNOC	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	23
Terbuthylazin	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	23
Desethylterbuthylazin	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	22
Isoproturon	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	22
MCPA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	22
Mechlorprop	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	21
Diuron	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	20
Desethylisopropylatrazin	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	19
Desisopropylatrazin	+	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	19
Pendimethalin	+	+	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	19
Simazin	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	18
Dichlorprop	+	+	+			+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	17
Bromoxynil	+	+				+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	16
Metamitron	+	+		+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	16
Propiconazol		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	16
Ethofumesat	+	+		+	+	+		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	14
Hydroxyatrazin	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	14
Atrazin	+	+			+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	13
Ioxynil	+	+		+		+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	13
Ethylenthiourea (ETU)	+	+				+			+	+		+	+		+	+		+	+	+	+	+	+	+	12
Hydroxysimazin	+	+	+	+			+	+		+	+		+	+		+	+		+	+	+	+	+	+	12
Hexazinon			+	+			+			+	+	+		+	+	+		+	+	+		+	+	+	11
Pirimicarb	+	+			+	+		+	+			+	+	+		+	+		+	+		+	+	+	11
Cyanazin	+		+		+		+		+	+		+		+		+	+		+	+		+	+	+	10
Dinoseb			+	+	+	+		+	+		+	+		+		+		+		+		+	+	+	10
2,4_D			+	+	+		+		+		+		+		+	+		+		+		+	+	+	9
Desethylatrazin	+	+			+	+	+		+					+		+		+						+	9
Dimethoat				+	+	+		+	+	+					+	+						+		+	9
Fenpropimorph		+		+		+	+			+		+	+	+								+	+	+	9
Dalapon	+		+			+	+		+	+					+										7
Dichlobenil							+		+		+	+		+		+		+		+		+		+	6
Maleinhydrazid								+		+		+		+		+	+					+		+	5
Metribuzin					+					+		+		+		+		+				+		+	5
Metsulfuron methyl		+						+	+						+		+								5
Chlorsulfuron	+			+					+		+														3
Lenacil	+		+																				+		3
Trifluralin				+						+							+								3
3-hydroxycarbofuran	+		+																						2
Chloridazon					+	+																			2
Aldrin																							+		1
Esfenvalerat (Pyrethorid)																	+								1
Metabenzthiazuron															+										1

Tabel 7 Pesticidfund i LOOP-vandløbene i 2002.

Pesticid	Fund	Fundprocent
MCPA	6	18,2
DNOC	6	18,2
Aminomethylphosphorsyre (AMPA)	25	75,8
Bentazon	4	12,1
Bromoxynil	1	3,0
2,6-dichlorbenzamid (BAM)	20	60,6
Desethylisopropylatrazin	7	21,2
Desethylterbuthylazin	7	21,2
Desisopropylatrazin	1	3,0
Ethylthiourea (ETU)	1	3,0
Glyphosat	20	60,6
Hexazinon	6	18,2
Isoproturon	3	9,1
Lenacil	1	3,0
4-nitrophenol	6	18,2
Pendimethalin	3	9,1
Terbuthylazin	7	21,2
Trichloredikesyre (TCA)	9	27,3

Tabel 8 Antal pesticider fundet i stikprøver fra 5 vandløbsstationer

Pesticid	Antal fund
AMPA	7
2,6-dichlorbenzamid (BAM)	5
Diuron	1
Glyphosat	8
MCPA	4
Mechlorprop	3
4-nitrophenol	4
Simazin	1
TCA	5
Terbutylazin	4

Geografisk er der tydelig forskel i forekomst af pesticiderne i stikprøverne. På de sandede jorde i Oddebæk blev der først fundet pesticider i den sidste prøve fra 10. juni, og da med BAM og MCPA. I Bolbrobæk var der kun mechloprop tilstede, men til gengæld forekom det i alle 3 prøver. På de lerede jorde blev der i Horndrup bæk fundet 4-6, i Oddebæk 5-6 og i Højvadsrenden 4-5 herbicider.

Enkeltprøverne viste det vante billede, at der fandtes flest pesticider i vandløb, der passerer igennem de lerede oplande.

Pesticidfund i puljede prøver

Der var 7 puljede prøver i forbindelse med nedbørshændelserne fordelt på 3 stationer, Oddebæk, Horndrup bæk og Højvadsrende. Her blev AMPA, glyphosat, TCA og terbutylazin fundet i alle 7 prøver. I tabel 9 er vist koncentrationen af de i alt 19 fundne herbicider i de puljede prøver.

Samlet blev der i Oddebæk fundet 6, i Horndrup bæk 9-10, og i Højvadsrende på Lolland 10-11 herbicider.

Tabel 9 Herbicidkoncentration i puljede prøver fra 3 vandløbsstationer i 2004.

Station:	Oddebæk		Horndrup bæk			Højvadsrende	
Dato:	5 maj	20 april	19 april	6 maj	25 juni	23 april	24 juni
Prøve	Puljet	Puljet	Puljet	Puljet	Puljet	Puljet	Puljet
AMPA	0,095	0,029	0,068	0,081	0,21	0,049	0,07
Atrazin							
Desethylatrazin							
Desethylterbutylatrazin			0,017	0,083			
Desisopropylatrazin			0,097		0,12	0,028	0,027
Desisopropylatrazin							
2,6-dichlorbenzamid (BAM)							0,015
Diuron			0,046	0,12	1,6	7	0,096
DNOC	0,027	0,072	0,11	0,076		0,038	0,01
Glyphosat	0,052	0,069	0,6	0,25	0,086	2,3	0,4
Hydroxyatrazin							
Hydroxysimazin							
Isoproturon			0,011		0,012	0,35	
MCPA					0,59	4,4	7,7
Mechlorprop							0,14
4-nitrophenol	0,17	0,2	0,21	0,1		0,043	0,022
Simazin				0,021	0,033		
TCA	0,019	0,021	0,048	0,037	0,018	0,028	0,18
Terbutylazin	0,054	0,023	0,2	0,48	0,33	0,33	0,066

Sammenligning mellem stikprøver og puljede prøver

Sammenligning af de to prøvetagningsstrategier viser en tydelig forskel. Fra de sandede jorder i Oddebæk blev der kun fundet 2 pesticider i en stikprøve, hvorimod der i begge de puljede blev fundet 6 pesticider. For de 2 andre stationer på lerede jorde fordobledes antallet af fund i de puljede prøver i forhold til stikprøverne.

I tabel 10 er der udregnet gennemsnittet af koncentrationerne for 4 herbicider, der både forekommer i punktprøver og puljede prøver. Koncentrationen i de puljede prøver var typisk 20-30 gange højere end i stikprøverne for glyphosat og terbutylazin. For MCPA var koncentrationen flere hundrede gange højere i den puljede prøve end i stikprøven. For det forbudte pesticid TCA var øgningen kun ca. det dobbelte, hvilket tyder på, at resterne i jorden langsomt bliver opløst i vandfasen og udvaskes.

Tabel 10 Gennemsnitskoncentrationer i enkelt- og puljede prøver for 4 herbicider

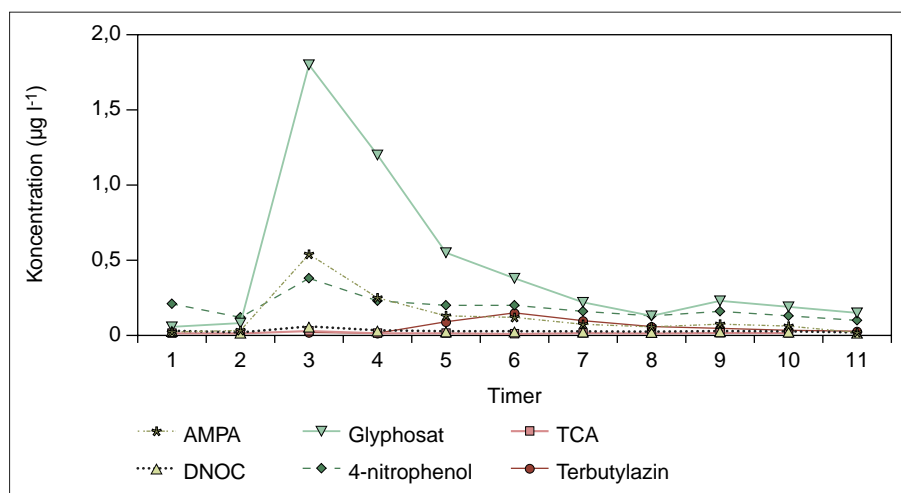
Station	Horndrup bæk	Højvads renden	Horndrup bæk	Højvads renden	Horndrup bæk	Højvads renden	Højvads renden
Stof	Glyphosat		TCA		Terbutylazin		MCPA
Punkt	0,014	0,039	0,014	0,044	0,013	0,01	0,017
puljet	0,31	1,15	0,034	0,064	0,334	0,198	6,05
Øget	22	29	2,5	1,5	26	20	356

Det skal bemærkes, at der kun indgår meget få prøver i gennemsnitsberegningen.

Koncentrationen af pesticider gennem en nedbørshændelse

I den puljede prøve fra 5. maj for Oddebæk blev der foretaget analyse af hver enkelt af de 12 delprøver. I delprøverne blev der fundet de samme 6 herbicider som i den samlede prøve. Glyphosat, AMPA og 4-nitrophenol nåede deres maximale koncentration efter 3 timer og terbutylazin efter 6 timer; derimod var koncentrationen af DNOC og TCA så godt som den samme over 12 timer.

Figur 4 Koncentrationsforløbet af pesticider over 12 timer i Oddebæk. Prøvetagningen startede den 5 maj 2004 kl 19:22.



VA04 - Fig. 4

Konklusioner

I de 4 år overvågningsprogrammet har kørt, er der kun marginale ændringer over årene for enkelte pesticider. Generelt er det de samme 19 pesticider, der findes med fundprocenter større end 10. Glyphosat og nedbrydningsproduktet AMPA samt BAM findes i 72-92 % af alle vandprøver.

I LOOP-vandløbene optræder pesticiderne mere sporadisk end i de større vandløb, hvor flere pesticider optræder hyppigt.

Med puljede prøver i forbindelse med nedbørshændelser for mindre vandløb kan der findes dobbelt så mange pesticider som for stikprøver. Ofte er koncentrationen ca. 20-25 gange højere i de puljede prøver end i stikprøver. Under nedbørshændelsen kan koncentrationen af nogle pesticider desuden være betydeligt højere i et kort tidsrum i begyndelsen af hændelsen.

Vi kan derfor forvente, at vandløbene under nedbørshændelser flere gange om året udsættes for koncentrationer, der kan være mindst 50-100 gange højere end hidtil målt ved stikprøvetagning i overvågningsprogrammet. Derfor kan det på ingen måde udelukkes, at de fra markerne udskyllede pesticider påvirker dyre- og plantelivet negativt i vandløbene, da organismene reagerer på de aktuelle koncentrationer og ikke gennemsnitskoncentrationer.

Med en udvikling mod mere og mere effektive aktivstoffer, hvor doserne bliver meget lave, kræver det bedre kemiske analyser med væsentlig lavere detektionsgrænser at kvantificere forekomsten af pesticider i vandløb. En målrettet prøvetagning under nedbørshændelser kan desuden være et middel til at kvantificere de maksimale koncentrationer, som er væsentlige for vandløbenes dyre- og planteliv.

Referencer

Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Jensen, P.G., Pedersen, M.L., Clausen, B. & Rasmussen, P. 2004: Landovervågningsoplande 2003. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 118 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 514 - <http://faglige-rapporter.dmu.dk>

Kronvang B., Iversen, H.L., Vejrup, K., Mogensen, B.B., Hansen, A-M & Hansen, L.B. (2003). Pesticides in streams and subsurface drainage water within two arable catchments in Denmark: Pesticide application, concentration, transport and fate. Pesticides Research No. 69. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen. 141 s.

Kronvang, B., Søndergaard, M., Mogensen, B.B., Nyeland, Andersen, K.J., Schwärter, R.C. & Nielsen, P.V. (1999): Overvågning af miljøfremmede stoffer i ferskvand. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 27 s. - Teknisk anvisning fra DMU nr. 17. <http://tekniske-anvisninger.dmu.dk>

Miljøstyrelsen (2003) Bekæmpelsesmiddelstatistik 2002, Salg 2000, 2001 og 2002: Behandlingshyppighed 2002. Orientering fra Miljøstyrelsen Nr. 5, 2003

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser – DMU – er en forskningsinstitution i Miljøministeriet.
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
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

*Direktion
Personale- og Økonomisekretariat
Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat
Afd. for Systemanalyse
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Marin Økologi
Afd. for Miljøkemi og Mikrobiologi
Afd. for Arktisk Miljø*

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejlsøvej 25
Postboks 314
8600 Silkeborg
Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

*Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat
Afd. for Marin Økologi
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Ferskvandsøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 12-14, Kalø
8410 Rønne
Tlf.: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 15

Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet

Publikationer:

DMU udgiver populærfaglige bøger ("MiljøBiblioteket"), faglige rapporter, tekniske anvisninger samt årsrapporter.
Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.
I årsrapporten findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

2003

- Nr. 480: Danske søer - fosfortilførsel og opfyldelse af målsætninger. VMP III, Fase II. Af Søndergaard, M. et al. 37 s. (elektronisk)
- Nr. 481: Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Sewage Sludge and Wastewater. Method Development and validation. By Christensen, J.H. et al. 28 pp. (electronic)

2004

- Nr. 482: Background Studies in Nuussuaq and Disko, West Greenland. By Boertmann, D. (ed.) 57 pp. (electronic)
- Nr. 483: A Model Set-Up for an Oxygen and Nutrient Flux Model for Århus Bay (Denmark). By Fossing, H. et al. 65 pp., 100,00 DDK.
- Nr. 484: Satellitsporing af marsvin i danske og tilstødende farvande. Af Teilmann, J. et al. 86 s. (elektronisk)
- Nr. 485: Odense Fjord. Scenarier for reduktion af næringsstoffer. Af Nielsen, K. et al. 274 s. (elektronisk)
- Nr. 486: Dioxin in Danish Soil. A Field Study of Selected Urban and Rural Locations. The Danish Dioxin Monitoring Programme I. By Vikelsøe, J. (electronic)
- Nr. 487: Effekt på akvatiske miljøer af randzoner langs målsatte vandløb. Pesticidhandlingsplan II. Af Ravn, H.W. & Friberg, N. 43 s. (elektronisk)
- Nr. 488: Tools to assess the conservation status of marine habitats in special areas of conservation. Phase 1: Identification of potential indicators and available data. By Dahl, K. et al. 94 pp., 100,00 DKK
- Nr. 489: Overvågning af bæver Castor fiber i Flynder å, 1999-2003. Af Elmeros, M., Berthelsen, J.P. & Madsen, A.B. 92 s. (elektronisk)
- Nr. 490: Reservatnetværk for trækkende vandfugle. En gennemgang af udvalgte arters antal og fordeling i Danmark 1994-2001. Af Clausen, P. et al. 142 s. , 150,00 kr.
- Nr. 491: Vildtudbyttet i Danmark i jagtsæsonen 2002/2003. Af Asferg, T. 24 s. (elektronisk)
- Nr. 492: Contaminants in the traditional Greenland diet. By Johansen, P. et al. 72 pp. (electronic)
- Nr. 493: Environmental Oil Spill Sensitivity Atlas for the South Greenland Coastal Zone. By Mosbech, A. et al. 611 pp. (electronic)
- Nr. 494: Environmental Oil Spill Sensitivity Atlas for the West Greenland (68o-72o N) Coastal Zone. By Mosbech, A. et al. 798 pp. (electronic)
- Nr. 495: NOVANA. Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse - del 1. Af Danmarks Miljøundersøgelser. 45 s., 60,00 kr.
- Nr. 496: Velfærdøkonomiske forvridningsomkostninger ved finansiering af offentlige projekter. Af Møller, F. & Jensen, D.B. 136 s. (elektronisk)
- Nr. 497: Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2003. By Kemp, K. & Palmgren, F. 36 pp. (electronic)
- Nr. 498: Analyse af højt NO₂ niveau i København og prognose for 2010. Af Berkowicz, R. et al. 30 s. (elektronisk)
- Nr. 499: Anvendelse af Vandrammedirektivet i danske vandløb. Af Baattrup-Pedersen, A. et al. 145 s. (elektronisk)
- Nr. 500: Aquatic Environment 2003. State and Trends - technical summary. By Andersen, J.M. et al. 50 pp., 100,00 DDK
- Nr. 501: EUDANA - EUtrofiering af Dansk Natur. Videnbehov, modeller og perspektiver. Af Bak, J.L. & Ejrnæs, R. 49 s. (elektronisk)
- Nr. 502: Samfundsøkonomiske analyser af ammoniakbufferzoner. Udredning for Skov- og Naturstyrelsen. Af Schou, J.S., Gyldenkerne, S. & Bak, J.L. 36 s. (elektronisk)
- Nr. 503: Luftforurening fra trafik, industri og landbrug i Frederiksborg Amt. Af Hertel, O. et al. 88 s. (elektronisk)
- Nr. 504: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 2003/04 i Danmark. Af Clausager, I. 70 s. (elektronisk)
- Nr. 505: Effekt af virkemidler på kvælstofudvaskning fra landbrugsarealer. Eksempel fra oplandet til Mariager Fjord. Thorsen, M. 56 s. (elektronisk)
- Nr. 506: Genindvandring af bundfauna efter iltsvindet 2002 i de indre danske farvande. Af Hansen, J.L.S., Josejson, A.B. & Petersen, T.M. 61 s. (elektronisk)
- Nr. 507: Sundhedseffekter af luftforurening - beregningspriser. Af Andersen, M.S. et al. 83 s. (elektronisk)
- Nr. 509: Persistent organic Pollutants (POPs) in the Greenland environment – Long-term temporal changes and effects on eggs of a bird of prey. By Sørensen, P.B. et al. 124 pp. (electronic)
- Nr. 510: Bly i blod fra mennesker i Nuuk, Grønland - en vurdering af blyhagl fra fugle som forureningskilde. Af Johansen, P. et al. 30 s. (elektronisk)
- Nr. 513: Marine områder 2003 – Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003. Af Ærtebjerg, G. et al. (elektronisk)
- Nr. 514: Landovervågningsoplande 2003. NOVA 2003. Af Grant, R. et al. (elektronisk)
- Nr. 515: Søer 2003. NOVA 2003. Af Jensen, J.P. et al. (elektronisk)
- Nr. 516: Vandløb 2003. NOVA 2003. Af Bøgestrand, J. (red.) (elektronisk)
- Nr. 517: Vandmiljø 2004. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Af Andersen, J.M. et al. 100,00 kr.
- Nr. 518: Overvågning af vandmiljøplan II – Vådområder. Af Hoffmann, C.C. et al. (elektronisk)
- Nr. 519: Atmosfærisk deposition 2003. NOVA 2003. Af Ellermann, T. et al. (elektronisk)
- Nr. 520: Atmosfærisk deposition. Driftsrapport for luftforurening i 2003. Af Ellermann, T. et al. (elektronisk)

[Tom side]

Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

ISBN 87-7772-840-8
ISSN 1600-0048