

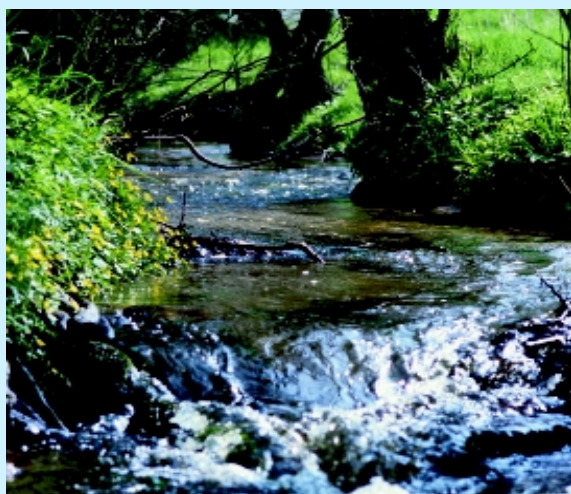


Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Vandmiljø 2001

Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

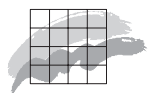
Faglig rapport fra DMU, nr. 379



G E U S

Miljøstyrelsen
Miljø- og Energiministeriet

[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Vandmiljø 2001

Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Faglig rapport fra DMU, nr. 379
2001

Susanne Boutrup
Lars M. Svendsen
Lilian van der Bijl
Overvågningssektionen

Jens Møller Andersen
Jens Bøgestrand
Ruth Grant
Afdeling for Vandløbsøkologi

Thomas Ellermann
Afdeling for Atmosfærisk Miljø

Peter Henriksen
Afdeling for Havmiljø

Jens Peder Jensen
Afdeling for Sø- og Fjordøkologi

Jens Stockmarr
Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse

Karin D. Laursen
Miljøstyrelsen

Datablad

Titel:	Vandmiljø 2001	
Undertitel:	Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning	
Forfattere:	S. Boutrup ¹ , L.M. Svendsen ¹ , L. van der Bijl ¹ , J. M. Andersen ² , J. Bøgestrand ² , R. Grant ² , T. Ellermann ³ , P. Henriksen ⁴ , J.P. Jensen ⁵ , J. Stockmarr ⁶ , K.D. Laursen ⁷ .	
Afdelinger:	¹ Overvågningssektionen, ² Afdeling for Vandløbsøkologi, ³ Afdeling for Atmosfærisk Miljø, ⁴ Afdeling for Havmiljø, ⁵ Afdeling for Sø- og Fjordøkologi, ⁶ Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, ⁷ Miljøstyrelsen.	
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 379	
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Miljøministeriet	
Udgivelsestidspunkt:	December 2001	
Redaktionen afsluttet:	November 2001	
Finansiel støtte:	Ingen ekstern finansiering.	
Bedes citeret:	Boutrup, S., Svendsen, L.M., van der Bijl, L., Andersen, J.M., Bøgestrand, J., Grant, R., Henriksen, P., Ellermann, T., Jensen, J.P., Stockmarr, J. & Laursen, K.D. 2001: Vandmiljø 2001. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning. Danmarks Miljøundersøgelser 64 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 379.	
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.	
Emneord:	Vandmiljøplanen, miljøtilstand, grundvand, vandløb, kilder, søer, havet, atmosfærisk nedfald, spildevand, udledninger, landbrug, kvælstof, fosfor, pesticider, tungmetaller, miljøfremmede stoffer, iltsvind.	
Layout:	Karin Balle Madsen	
Tegninger:	Grafisk Værksted, Silkeborg	
Forsidefoto:	Jens Skriver	
ISBN:	87-7772-646-4	
ISSN (trykt):	0905-815X	
ISSN (elektronisk):	1600-0048	
Papirkvalitet:	Cyclus Print	
Tryk:	Silkeborg Bogtryk EMAS registreret nr. DK-S-0084	
Sideantal:	64	
Oplag:	800	
Pris:	kr. 100,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)	
Internet-version:	Rapporten kan også findes som PDF-fil på DMU's hjemmeside http://faglige-rapporter.dmu.dk	
Købes i boghandelen eller hos:	Danmarks Miljøundersøgelser Postboks 413 Vejløvej 25 DK-8600 Silkeborg Tlf.: 89 20 14 00 Fax: 89 20 14 14 e-mail: dmu@dmu.dk www.dmu.dk	Miljøbutikken Information og Bøger Læderstræde 1 DK-1201 København K Tlf.: 33 95 40 00 Fax: 33 92 76 90 e-mail: butik@mem.dk www.mem.dk/butik

Indhold

Forord 5

Sammenfatning 7

1. Indledning 11

- 1.1 Rapportens indhold 11
- 1.2 NOVA-2003 Organisering og indhold 11
- 1.3 Temarapport om fosfor 13

2. Klima og vandmængder 15

- 2.1 Klimaet 15
- 2.2 Ferskvandsafstrømning 15

3. Tilførsel af kvælstof, fosfor og organisk stof til vandmiljøet 19

- 3.1 Punktkilder 19
 - 3.1.1 Renseanlæg 19
 - 3.1.2 Regnbetingede udløb 20
 - 3.1.3 Bebyggelse i det åbne land 20
 - 3.1.4 Særskilte industrielle udledninger 21
 - 3.1.5 Ferskvandsdambrug 22
 - 3.1.6 Saltvandsbaseret fiskeopdræt 22
 - 3.1.7 Samlet udledning fra punktkilder i 2000 22
 - 3.1.8 Udvikling i udledning fra punktkilder 22
- 3.2 Diffuse næringssaltkilder 23
 - 3.2.1 Atmosfærisk deposition 23
 - 3.2.2 Naturligt baggrundsbidrag fra land 24
 - 3.2.3 Næringssalte fra dyrkede arealer 24
- 3.3 Næringssalttilførsel til ferske og marine vandområder 27
 - 3.3.1 Tilførsel til søerne i overvågningsprogrammet 27
 - 3.3.2 Tilførsel og transport af næringssalte og organisk stof i vandløb 28
 - 3.3.3 Tilførsel af næringssalte og organisk stof til marine områder fra dansk land 30

4. Vandmiljøets tilstand og udvikling 33

- 4.1 Grundvand 33
 - 4.1.1 Nitrat i grundvand 33
 - 4.1.2 Grundvandsressourcen 36
- 4.2 Søer 36
 - 4.2.1 Vandkemi 36
 - 4.2.2 Undervandsplanter 38
 - 4.2.3 Fisk 39
 - 4.2.4 Brakvandssøer 39
 - 4.2.5 Enkelte søer 39
- 4.3 Vandløb 41
 - 4.3.1 Koncentration af fosfor og kvælstof 41
 - 4.3.2 Miljøtilstanden i vandløb 42

4.3.3	Økologiske sammenhænge i vandløb	43
4.4	Marine områder	44
4.4.1	Næringssalte i fjorde og havområder	45
4.4.2	Algemængde, primærproduktion og sigtdybde	47
4.4.3	Iltsvind	48
4.4.4	Ålegræs	48
4.4.5	Bundfauna	48
4.4.6	Opfyldelse af målsætning	49
5.	Tungmetaller og miljøfremmede stoffer	51
5.1	Tungmetaller og andre uorganiske sporstoffer	51
5.1.1	Tungmetaller i grundvand	51
5.1.2	Tungmetaller i spildevand og vandløb	52
5.1.3	Tungmetaller i marine områder	53
5.1.4	Tungmetaller i atmosfæren	53
5.2	Pesticider	54
5.2.1	Pesticider i grundvand	55
5.2.2	Pesticider i vandløb	56
5.2.3	Pesticider i havvand	58
5.2.4	Pesticider i spildevand	58
5.3	Andre organiske miljøfremmede stoffer	58
5.3.1	Miljøfremmede stoffer i spildevand	58
5.3.2	Miljøfremmede stoffer i vandløb	58
5.3.3	Miljøfremmede stoffer i grundvand	59
5.3.4	Marine områder	59
6.	Hvor kan der læses mere?	61
	Danmarks Miljøundersøgelser	63
	Faglig rapporter fra DMU	64

Forord

“Vandmiljø 2001. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning” indholder resultater fra 2000 af Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet 1998-2003. Rapporten indeholder de faglige konklusioner på status for påvirkning af og tilstanden i grundvand, vandløb og kildebække, søer, atmosfæren og havet. Grundlaget for rapporten er de årlige rapporter, som de enkelte fagdatacentre udarbejder for hvert delområde. Disse rapporter er baseret på data, som er indsamlet af amterne og i de fleste tilfælde også afrapporteret af amterne.

Rapporten er udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) i samarbejde med Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) og Miljøstyrelsen på baggrund af rapporter fra syv fagdatacentre: *Bøgestrand (red.) (2001)*, *Ellermann et al. (2001)*, *Grant et al. (2001)*, *GEUS (2001)*, *Henriksen (red.) (2001)*, *Jensen et al. (2001)* samt *Miljøstyrelsen (2001)*.

Rapporterne er baseret på data indsamlet af amterne samt Københavns og Frederiksberg Kommuner. De fleste data er også rapporteret i regionale rapporter, som indgår ved udarbejdelse af fagdatacentrenes rapporter.

[Tom side]

Sammenfatning

Tilførsler til vandmiljøet

Tilførsel fra punktkilder

Siden 1989 er der sket en markant reduktion i de samlede udledninger af kvælstof, fosfor og organisk stof fra punktkilder til ferskvand og marine kystvande. Den samlede reduktion er på 68% for kvælstofs vedkommende, 83% for fosfor og 79% for organisk stof målt som BI_5 , hvilket fuldt ud opfylder de reduktionsmålsætninger, der er for punktkilder.

I 2000 blev der udledt ca. 8.800 t kvælstof, ca. 1.140 t fosfor og ca. 19.600 t organisk stof. De opnåede reduktioner skyldes primært den forbedrede rensning af by- og industrispildevand.

Spildevandsudledningen til ferskvand af kvælstof, fosfor og organisk stof er for 2000 opgjort til lidt mindre end i 1999. Der har i de senere år kun været et mindre fald efter de betydelige fald der var i begyndelsen af 1990'erne.

Udledning fra renseanlæg udgør på trods af den stærkt forbedrede rensning fortsat det største punktkildebidrag til tilførslen af kvælstof og fosfor til vandområderne.

Den samlede udledning fra spredt bebyggelse i ikke-kloakerede områder i det åbne land er så stor at udledningen af fosfor og organisk stof herfra i en del vandområder spiller en rolle for den samlede tilførsel til disse. I byområder har de regnbetingede udledninger fået større betydning i takt med at spildevandsrensningen i renseanlæggene og fra industrien er blevet bedre. Dambrugene har reduceret deres udledninger til ca. det halve.

Tilførsel fra atmosfæren

Tilførsel af kvælstof fra luften til de danske farvandsområder var i 2000 ca. 20% højere end i 1999. Forøgelsen skyldes dels store nedbørsmængder over Nordsøen og dels højere kvælstofkoncentrationer i nedbøren.

Den nedadgående udvikling der har været i kvælstofdepositionen i perioden 1989-2000, er således mindre markant end tidligere.

Udvaskning fra landbrugsjorden

De målte udvaskninger af kvælstof fra rodzonen i dyrkede arealer i 5 landovervågningsoplande viser et signifikant fald siden 1990. I gennemsnit er faldet på 43%. Usikkerheden på tallene er imidlertid meget stor. Ved modelberegning af den samlede udvaskning fra landovervågningsoplandene finder man at kvælstofudvaskningen på landsplan er mindsket med ca. 32% siden 1990, når effekten af de iværksatte tiltag er slået fuldt igennem.

Forskellen mellem den tilførte kvælstofmængde og den kvælstofmængde, der fjernes med høstede afgrøder er på landsplan i perioden fra 1990 til 2000 reduceret fra 332.000 t i 1990 til 195.000 t i 2000 (38%). Det reducerede kvælstofoverskud skyldes primært en reduktion i det samlede forbrug af handels- og husdyrgødning fra 639.000 t kvælstof til 446.000 t.

Tilførslen af fosfor til landbrugsjord med handelsgødning har været faldende i perioden fra 1990 til 2000, men samtidig er der sket en stigning i tilførslen med husdyrgødning, således at der stadig sker en nettoetilførsel af fosfor og en forøgelse af fosforindholdet i jorden og dermed en øget udvaskning.

Tabel 1 Samlede tilførsler fra forskellige punktkilder til det danske vandmiljø i 1989 og 2000. BI_5 er et mål for organisk stof.

Punktkilder	Kvælstof (t/år)		Fosfor (t/år)		BI_5 (t/år)	
	1989	2000	1989	2000	1989	2000
Rensningsanlæg	18.000	4.654	4.470	543	36.400	3.304
Særskilte industrier	4.978	902	1.195	59	43.722	4.918
Regnvandsanlæg	810	761	199	193	2.500	2.201
Ferskvandsdambrug	2.189	1.195	239	91	6.230	3.414
Spredt bebyggelse	1.280	981	440	223	4.850	3.870
Saltvandsbaseret fiskeopdræt	322	326	44	36	-	1.842
I alt	27.579	8.819	6.587	1.144	ca. 96.000	19.549

Tilførsel til ferske og marine vandområder

I 2000 var den samlede tilførsel til marine kystvande via vandløb og direkte udledninger 83.000 t kvælstof, 2.500 t fosfor og 35.000 t organisk stof (målt som BI_5). For alle tre stoffer gælder, at tilførselen var væsentligt mindre end i 1999, hvor tilførslerne i det rekordvåde år var meget store på grund af en stor vandafstrømning. Faldet fra 1999 til 2000 var for kvælstof 9%, fosfor 11% og organisk stof 39%. Ferskvandafstrømningen var i 2000 10% mindre end i 1999.

Den diffuse afstrømning er langt den største kilde til kvælstoftilførslen til marine kystafsnit fra land. Kvælstoftilførslen er tæt korreleret til ferskvandafstrømningen. De dyrkede arealer har bidraget med 74-86% af kvælstoftilførslerne i perioden 1989-2000 mens baggrundsbidraget har udgjort 8-12% af tilførslerne, og spildevandets andel har været faldende i perioden fra 13% i 1989 til 6-7% i 1999 og 2000.

For fosfor har den diffuse afstrømning fået større betydning i takt med at spildevandsrensningen er blevet forbedret, og den diffuse afstrømning er nu også hovedkilden til fosfortilførslen. En stor del af dette bidrag skyldes erosion, og fosfortransporten øges stærkt ved høje afstrømninger.

Tungmetaller og miljøfremmede stoffer

Overvågningen af tungmetaller og miljøfremmede stoffer indgår i forskelligt omfang i de forskellige dele af programmet, og denne del af overvågningen har i 2000 har været mere omfattende end de foregående år. Der foreligger imidlertid fortsat kun resultater fra en årrække for grundvand, marine områder og atmosfæren, hvilket betyder at det kun er muligt for disse områder at foretage en vurdering af den tidlige udvikling.

Tungmetaller

Grundvandets indhold af en række tungmetaller er højere end grænseværdien for drikkevand i 35% af boringsindtagene i overvågningsområderne og tilsvarende i knap 9% af vandværkernes borer. Ved vandværker med almindelig vandbehandling tilbageholdes en del af metalindholdet i okkerslammet i sandfiltrene.

Zink, nikkel og kobber er de metaller der udledes i størst mængde fra renseanlæggene, og som tilsvarende findes i de højeste i koncentrationer i vandløbene. Der forekommer enkelte værdier over af vandkvalitetskriterierne udløbene fra renseanlæggene. I enkelte tilfælde er der overskridelse af vandkvalitetskravene i de undersøgte vandløb.

Indholdet af tungmetaller i den atmosfæriske deposition har for perioden 1990 til 2000 været stadigt faldende med en nedgang på en faktor to til fire. Størst nedgang ses for bly, cadmium og krom.

I enkelte marine områder er koncentrationerne af cadmium og kviksølv så høje at områderne må betegnes som markant forurenet med disse metaller.

Pesticider

I vandløb og grundvand er det i vid udstrækning de samme pesticider og nedbrydningsprodukter, der er fundet. BAM og atrazin samt nedbrydningsprodukter af atrazin er de stoffer som findes hyppigst i både vandløb og grundvand. Desuden findes glyphosat og dets nedbrydningsprodukt AMPA hyppigt i vandløb.

I såvel vandløb som grundvand findes både pesticider som har været forbudt i en årrække, og pesticider som fortsat anvendes.

Tabel 2 Tilførsel af kvælstof, fosfor og BI_5 via vandløb og direkte udledninger (eksklusiv havbrug) til marine kystafsnit i 2000 (tallene er afrundede). Kilder: Miljøstyrelsen (2001) og Bøgestrand (red) (2001).

	Kvælstof t	Fosfor t	BI_5 t
Baggrundsbidrag	8.500	290	7.700
Dyrkningsbidrag	73.700	1.150	9.200
Bebyggelse i det åbne land	1.000	220	3.800
Punktkilder til ferskvand	4.300	490	6.900
Tilbageholdelse i ferskvand	-7.700	-30	-
Afstrømning til havet via vandløb	79.800	2.120	27.600
Spildevand direkte til havet	3.200	390	7.300
Total til havet *) exl det atmosfæriske bidrag	83.100	2.520	35.000

I vandløb findes det største antal pesticider og de højeste sumkoncentrationer i sprøjtesæsonen eller umiddelbart efter.

I grundvandsovervågningen har antallet af boringsindtag med pesticider og nedbrydningsprodukter i perioden fra 1998 til 2000 været faldende til 21% i 2000 efter at den har været stigende i perioden fra 1990 til 1998 til fund i knap 30% af de undersøgte indtag i 1998. Antallet af indtag med fund over grænseværdien for drikkevand har været stort set uændret i perioden 1996-2000.

Andre miljøfremmede stoffer end pesticider

Der er kun fundet få miljøfremmede stoffer i udløb fra renseanlæg. Blandt disse er blødgøreren DEHP som fundet i koncentrationer, der overstiger et forslag til vandkvalitetskriterium for stoffet. Der er ligeledes fundet overskridelse af det foreslåede vandkvalitetskriterium i vandløb.

Grundvand er siden 1993 blevet undersøgt for en lang række miljøfremmede stoffer. Flere stoffer er fundet i såvel grundvandsovervågningen som i vandværkernes borer. Fælles for de fleste fund er, at de er under grænseværdien for indhold i drikkevand.

I de danske fjorde og åbne farvande findes tributyltin (TBT) (fra skibsmaling) og PAH (fra ufuldstændig forbrænding) i så høje koncentrationer at det må forventes at forekomme effekter heraf. Der er fundet udbredt effekt af TBT i form af påvirkning af kønsorganerne hos snegle i såvel havneområder som i de åbne farvande.

Vandmiljøets tilstand og udvikling

Grundvand

Grundvandets nitratinhold er højere end tilladt i drikkevand i 16% af boringsindtagene i overvågningsområderne og i 2% af vandværkernes borer. Der er ikke nogen generelle udviklingstendenser for grundvandets nitratinhold i hverken overvågningsområderne eller ved vandværkerne. Det vand der indvindes på vandværkerne, er hovedsagelig dannet før 1987, og der vil derfor endnu ikke kunne ses nogen ændringer i grundvandet som følge af Vandmiljøplanerne.

Fra 1990 og frem til 2000 er der sket et fald i den vandmængde som indvindes på vandværkerne på næsten 35%. Faldet er stagneret fra 1999 til 2000.

Søer

Samlet set er der sket en forbedring i tilstanden for overvågningssøerne fra 1989 til 2000 især på grund af en reduktion i fosfortilførslen til søerne. Forbedringer i miljøtilstanden er registreret for de vandkemiske parametre ved en reduktion i søvandets fosforindhold på knap 40% og en reduktion i kvælstofindholdet i tilløbet til søerne på knap 30%. Dette har givet sig udslag i en øget sigtddybde, faldende klorofylindhold og et fald i den gennemsnitlige sommerbiomasse af planteplankton samt en generel fremgang for undervandsplanter.

Kun 7 af de 31 søer opfylder målsætningen. En yderligere reduktion af fosfortilførslen, også af dyrkningsbidraget vil generelt være nødvendig for at kvalitetsmålsætningen kan opfyldes.

Vandløb

Miljøtilstanden i vandløb er tilfredsstillende for knap halvdelen af vandløbene. De biologiske forhold er tilsyneladende svagt forbedrede i 2000 sammenlignet med 1999. Antallet af stationer med god kvalitet er øget fra 363 til 414 ud af de 1039 stationer, der er undersøgt begge år.

Miljøtilstanden er generelt bedre i vandløb i Jylland og på Fyn end på de øvrige øer, hvilket sandsynligvis skyldes højere vandføringer og mindre spildevandsandel vest for Storebælt end øst for.

Udvidede biologiske undersøgelser, som skal belyse årsagen til en generelt dårlig miljøtilstand peger på, at den dårlige miljøtilstand dels skyldes udledning fra spredt bebyggelse og regnbetingede udledninger og dels ringe variation i vandløbenes fysiske forhold som følge af tidligere tiders reguleringer og nuværende vandløbsvedligeholdelse, herunder grødeskæring.

Der er i 2000 konstateret et signifikant fald i kvælstofafstrømning til vandløb fra dyrkede arealer og dermed også et fald i kvælstofindholdet i vandløb i dyrkede områder. I perioden fra slutningen af 1980'erne til 2000 er faldet på ca. 20% i disse vandløb.

Marine områder

Målsætningen for de enkelte marine områder var i de fleste tilfælde ikke opfyldt. De hyppigste årsager til manglende målsætningsopfyldelse var tilførsel og effekter af næringsstoffer, TBT og andre miljøfremmede stoffer.

På flere områder er miljøtilstanden dog bedret siden 1980'erne. Planteplanktonets primærproduktion og klorofylkoncentrationen er faldet og sigtdybden er steget. De væsentligste forbedringer er sket i fjordene, fordi de lokale næringsstofftilførsler af specielt fosfor er mindskede. I åbent hav udgør tilførslerne fra land en mindre del af næringsstofftilførslen, og derfor er ændringerne her små. Fjordene er dog stadig de mest eutrofierede blandt de marine områder.

I 2000 resulterede en kombination af usædvanlige klimatiske forhold og stor udvaskning af næringsstoffer de foregående år i iltsvind i de åbne indre danske farvande af et omfang som ikke er set siden 1980'erne. Derimod var iltf forholdene i fjorde og lavvandede kystområder generelt gode fordi vinden her var tilstrækkelig til at skabe hyppig omrøring.

Der har været en negativ udvikling for dybdegrænsen for ålegræs på trods af, at en positiv udvikling var ventet p.gr.a. reduktionen i fosforindholdet og algemængden i fjordene.

Fosfortilførslen er reduceret kraftigt siden 1988 som følge af spildevandsrensning, mens tilførslen af kvælstof til de marine områder har været moderat faldende som følge af mindsket udvaskning fra dyrkede arealer og spildevandsrensning.

Fjordsedimenter indeholder puljer af fosfor og kvælstof, og i sommermånederne hvor koncentrationen af fosfor og kvælstof i vandet er lav, kan algeproduktionen derfor stimuleres ved frigivelse af fosfor og kvælstof fra sedimenterne. Denne næringsstofftilførsel har været betydelig i sommeren 2000.

Samlet vurdering

Der er siden 1989 generelt sket forbedringer i vandmiljøet gennem reduktioner i udledningerne af organisk stof og næringsstoffer. Der kan ses tydelige forbedringer i miljøtilstanden som konsekvens heraf, men overvågningsresultaterne viser også, at langt de fleste vandløb, søer og marine områder stadig ikke opfylder de fastsatte målsætninger. Det vil kræve yderligere reduktioner i belastningen, hvis målsætningen generelt skal kunne opfyldes i søer og marine områder, og for mange vandløb vil det kræve forbedrede fysiske forhold.

Der er fortsat høje kvælstofkoncentrationer i grundvandet og mange fund af miljøfremmede stoffer, herunder pesticider og nedbrydningsprodukter.

1. Indledning

1.1 Rapportens indhold

Denne rapport "Vandmiljø 2001. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning" sammenfatter resultaterne fra 2000 af Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet 1998-2003, sædvanligvis omtalt som NOVA-2003 (*Miljøstyrelsen, 2000*).

"Vandmiljø 2001. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning" giver de faglige konklusioner vedrørende status for påvirkning af og tilstanden i grundvand, vandløb og kildebække, søer, atmosfæren og havet. Rapporten sammenfatter udviklingen i udledninger af næringsstoffer og miljøfremmede stoffer fra punktkilder og diffuse kilder og transporten til og i vandmiljøet. Desuden redegøres for udviklingen i miljøkvaliteten i vandmiljøet i relation til ændringer i påvirkningerne. Endelig ses på atmosfærisk nedfald og udvikling i koncentrationen af forskellige stoffer i atmosfæren.

Rapporten er udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) i samarbejde med Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) og Miljøstyrelsen på baggrund af rapporter fra syv fagdatacentre: *Bøgestrand (red.) (2001)*, *Ellermann et al. (2001)*, *Grant et al. (2001)*, *GEUS (2001)*, *Henriksen (red.) (2001)*, *Jensen et al. (2001)* samt *Miljøstyrelsen (2001)*.

Rapporterne er baseret på data indsamlet af amterne samt Københavns og Frederiksberg Kommuner. De fleste data er også rapporteret i regionale rapporter, som indgår ved udarbejdelse af fagdatacentrenes rapporter.

Formålet med sammenfatningen er først og fremmest at orientere Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg om resultaterne af årets overvågning og om effekterne af de reguleringer og investeringer der bl.a. fremgår af beretningen om Vandmiljøplanen fra 1987. Endvidere vil sammenfatningen give et nationalt overblik til de medarbejdere i de statslige og amtslige institutioner der har bidraget til gennemførelse af overvågningsprogrammet, eller som arbejder med forvaltningen af vandmiljøet. Endelig vil offentligheden, interesseorganisationerne kunne få centrale informationer om vandmiljøets tilstand og udvikling.

1.2 NOVA-2003 Organisering og indhold

Amterne udfører hovedparten af overvågningen. DMU forestår målinger på de ekstensive havstationer, måling og beregning af det atmosfæriske nedfald og driver et net af 27 nationale stationer med tidsserier tilbage til 1920'erne til bestemmelse af vandføringen i vandløb.

Med henblik på at sikre den overordnede koordinering af programmet og lette kommunikationen mellem de deltagende institutioner er der etableret et Aftaleudvalg, der træffer beslutninger om eventuelle ændringer og tilpasninger af programmet.

Til drift og rapportering af de syv fagområder og til udmøntning af Aftaleudvalgets beslutninger findes et fagdatacenter for hvert område. Fagdatacentrene er placeret hos henholdsvis DMU, GEUS og i Miljøstyrelsen.

For hvert område er der en styringsgruppe (dog en fælles styringsgruppe for atmosfærisk nedfald og marine områder) med repræsentation fra amterne, fagdatacentret for området og evt. andre sektorforskningsinstitutioner og en eller flere administrative styrelser fra Miljø- og Energiministeriet. Styringsgrupperne arrangerer fagmøder, evaluerer programmets udførelse og rapporteringer, betjener Aftaleudvalget vedrørende faglige spørgsmål og refererer i øvrigt hertil.

I det følgende beskrives kort indholdet af de enkelte delprogrammer som oversigtligt er sammenfattet i tabel 1.1.

I grundvandet overvåges stofindhold, bl.a. pesticider og andre miljøfremmede stoffer samt grundvandsstand og indvundne vandmængder. Hydrologiske modeller udarbejdes for enkelte overvågningsområder.

Udledningerne fra renseanlæg, særskilte industrielle udledere, regnbetingede udledninger, ferskvandsdambrug, husspildevand fra ikke-kloakerede områder samt fra ferskvand- og saltvandsbaserede dambrug bestemmes. Ved renseanlæg og særskilte industrielle udledere analyseres bl.a. for næringsstoffer og organisk stof og ved udvalgte renseanlæg for en række miljøfremmede stoffer og tungmetaller.

Tabel 1.1 Oversigt over undersøgte parametre i de forskellige delprogrammer under NOVA-2003. I programbeskrivelsen for NOVA-2003 findes oversigt over hvilke stoffer, der analyseres for (Miljøstyrelsen, 2000). *Kemiske analyser er i søer og marine områder udført på både vand- og sediment.

Undersøgte parametre	Søer	Vandløb	Grundvand	Landovervågning gv gy va dr jv	Punktkilder	Marin	Atmosfære
Oplandsbeskrivelser	x	x	x	x			
Oplandsanalyser	x	x		x			
Fysiske parametre: - ilt og temperatur	x	x	x	x	x	x	
- vandmængder	x	x	x	x x	x	x	x
- stofmængder	x	x	x	x x	x	x	x
- alder, jordfysik			x				
Kemiske parametre*: - næringsstoffer	x	x	x	x x x x	x	x	x
- org. stof, andre param.	x	x	x	x x x	x	x	
- forsurende stoffer			x				x
- miljøfremmede stoffer	x	x	x	x x	x	x	
- tungmetaller	x	x	x	x x	x	x	x
- pesticider			x	x x x x	x		
Biologiske undersøgelser: - planteplankton	x					x	
- dyreplankton	x					x	
- fiskeyngel	x						
- fisk	x	x					
- vegetation	x	x				x	
- smådyr		x		x		x	

gv = grundvand; gy = gylle; va = vandløb; dr = dræn, jv=jordvand

Landovervågningen omfatter 5 overvågningsoplande med detaljerede beskrivelser af dyrkningspraksis, fysisk-kemiske målinger i rodzonen, kemiske analyser af grundvandet og i gylle samt biologiske undersøgelser i vandløbene. Endvidere udvikles vand- og stoftransportmodeller for en række oplande i samarbejde med vandløbsprogrammet. Derudover omfatter landovervågningen en række andre oplande med et varierende og midre omfattende program.

Undersøgelserne af søerne omfatter et intensivt program for 31 søer med oplandsbeskrivelser, analyser af næringsstoffer, miljøfremmede stoffer og tungmetaller, analyser af næringsstofforholdene i bunden samt biologisk struktur (plante- og dyreplankton, fisk, planter). I et ekstensivt program indgår et større antal søer i en treårig turnus.

Vandløbene undersøges for kemisk sammensætning, afstrømningsforhold og transport af næringsstoffer og organiske stoffer og i nogle udvalgte vandløb miljøfremmede stoffer og tungmetaller. Den samlede stoftilførsel til marine kystafsnit opgøres. Smådyrssamfundene undersøges for fastlæggelse af vandløbets kvalitet. På udvalgte steder undersøges fiskebestand og vegetation. Koblet til landovervågningen gennemføres

oplandsanalyser til bl.a. at bestemme transportveje for næringsstoffer.

Tilførslen af kvælstofforbindelser, svovl og tungmetaller via luften bestemmes dels ved målinger på nedfaldet ved 10 målestationer fordelt over hele landet og dels ved modelberegninger.

De marine områder undersøges for kemiske forhold i vandet i fjorde og i åbne marine områder, i sedimenter på bunden og i organismerne. Forekomst og sammensætning af bunddyr og alger og højere planter fastlægges, og mængden af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i fisk og muslinger undersøges. Makroalgevegetationen overvåges ved 8 stenrev. Iltforholdene måles for at kortlægge iltsvind. Vand- og stofudskiftning i fjorde og vand- og næringsstoftransporter i de åbne farvande beregnes ved modeller og tal for landbaseret tilførsel. Intensive undersøgelser foregår i 6 typefjorde, 16 havstationer og ved 6 automatiske målebøjer. Herudover overvåges 32 repræsentative fjord- og kystområder samt 26 ekstensive havstationer i de indre danske farvande og 50 i Nordsøen og Kattegat.

Yderligere oplysninger om NOVA-2003 kan findes på programmets hjemmeside på web-adressen <http://OVS.dmu.dk>. Her findes en samlet pro-

grambeskrivelse og links til de institutioner, der indgår i samarbejdet omkring overvågningen af det danske vandmiljø.

1.3 Temarapport om fosfor

Sideløbende med dette års rapporter er der udarbejdet en temarapport om fosfor. Temarapporten giver et samlet overblik over de opnåede resultater vedrørende fosfor i jord og vand fra NOVA programmets start i 1989 og frem til 2000 (*Kronvang 2001*).

[Tom side]

2. Klima og vandmængder

2.1 Klimaet

Vejret i 2000 var ved sammenligning med normalen som helhed usædvanligt varmt med et mindre overskud af nedbør og et normalt antal solskinstimer (tabel 2.1).

Temperaturforhold

Middeltemperaturen på 9,2 °C var 1,5 °C over normalen (1961-90) og dermed det næsthøjeste, der er målt siden DMI startede målinger i 1874. Samtidig var middeltemperaturen 0,7 °C over gennemsnittet for overvågningsperioden 1989-2000. Månederne januar til og med maj og september til og med december var varmere end normalen, mens juni, juli og august var lidt koldere end normalen. 10 af de 12 overvågningsår har været varmere end normalen, og gennemsnittet for 1989-2000 har været væsentligt over normalen (0,8 °C). Det er især vintertemperaturen (december til og med marts) der med et gennemsnit på 2,6 °C mod normalen på 0,9 °C har været usædvanlig høj.

Nedbørsforhold

Efter to meget nedbørsrige år havde 2000 med 768 mm nedbør kun 56 mm eller 8% over normalen. Nedbøren var relativt jævnt fordelt over året, hvor februar, marts, oktober og november var noget vådere end normalt, mens juli og august var noget

tørre end normalt. De 12 overvågningsår har været 13 mm vådere end normalen (tabel 2.1).

Sol og vind

Antal solskinstimer var med 1710 timer kun 9 timer højere end normalen (tabel 2.1). Middelvindhastigheden ved kyststationer var med 5,6 m/s lidt under normalen på 5,8 m/s. Efterårperioden var præget af usædvanlige vindforhold med overvejende sydøstenvind i september og efterfølgende sydsvestenvind indtil december.

2.2 Ferskvandsafstrømning

Ferskvandsafstrømningen

Den samlede ferskvandsafstrømning fra Danmark var i 2000 ca. 16,4 milliarder m³ svarende til 382 mm (tabel 2.1). Årets afstrømning var hermed ca. 16% over middelfafstrømningen for perioden 1971 – 2000 der er på 328 mm. Afstrømningen var samtidig 19% over midlen for 1989-2000. Til sammenligning var nedbøren i 2000 kun 8% over normalen hvilket skyldes at noget af de store nedbørsmængder der faldt i 1999, først er nået frem til vandløbene og videre til havet i løbet af 2000. Der har derfor været en reduktion af grundvandsmagasinerne i 2000. Det var specielt i vintermånederne januar til og med marts at afstrømningen var noget større end normalt. Endvidere var afstrømningen høj i november 2000.

Tabel 2.1 Årsmiddel for temperatur, nedbør, beregnet potentiel vandbalance (korrigeret nedbør minus beregnet potentiel fordampning) samt ferskvandsafstrømningen. Vinterværdier er middel for perioden fra december til marts. Normaler er for 1961-90, for afstrømning dog 1971-2000. Kilder: Bøgestrand (red.) (2001) og Cappelen og Jørgensen (2001).

Periode	Temperatur		Nedbør		Vandbalance		Afstrømning	
	År °C	Vinter °C	År mm	Vinter mm	Potentiel mm	År mm	År 10 ⁶ m ³	vinter mm
1989	9,2	4,7	581	210	131	252	10800	133
1990	9,3	4,7	812	271	420	322	13900	151
1991	8,2	2,1	654	197	317	296	12700	154
1992	9,0	3,5	706	208	280	294	12600	129
1993	7,6	2,4	758	199	413	325	14000	155
1994	8,7	1,8	880	360	524	455	19600	259
1995	8,2	2,8	652	337	245	363	15600	246
1996	6,8	-1,6	505	70	129	190	8200	68
1997	8,5	1,4	622	153	244	207	8900	104
1998	8,2	3,5	860	243	561	362	15600	136
1999	8,9	2,1	905	277	585	427	18400	204
2000	9,2	3,2	768	331	427	382	16400	226
1989-2000	8,5	2,6	725	238	356	323	13800	164
1961-90	7,7	0,9	712	207	336	326	14000	159

Afstrømningsforholdene udviser ligesom nedbøren en stor geografisk variation i 2000 med en pæn overensstemmelse mellem ferskvandsafstrømningen og (netto)nedbør, idet grundvandsmagasinerne i et vist omfang påvirker disse mønstre. Fra oplandene til farvandsområderne Sydlige Bælthav, Østersøen og Øresund var ferskvandsafstrømninger fra under 200 og op til 250 mm, mens afstrømningen til Nordsøen var mellem 400 og op til 600 mm.

Nedbørsforholdene var i 2000 relativt normale. I 1998 og ikke mindst 1999 har nedbøren været usædvanlig høj, og der er sket en opbygning af grundvandsmagasinerne. I 2000 har ferskvandsafstrømningen været større end nedbøren i sig selv kan forklare, og der er derfor sket en reduktion af grundvandsmagasinerne. Dette vil andet lige bevirke lavere næringsstofkoncentrationer i vandløbene. Samtidigt har et varmt forår og mildt efterår med ekstrem sen nattefrost betinget en meget lang vækstsæson, således at der har været gode muligheder for planterne at optage næringsstoffer. Det må derfor forventes, at klimaet trods relativ stor ferskvandsafstrømning har betinget en relativ beskeden tilførsel af næringsstoffer i forhold til de nedbørsmængder, der faldt i 2000.

Vandbalance

Der er overordnet en god sammenhæng mellem nedbør og afstrømning (figur 2.1). Afstrømningen reagerer dog med en vis forsinkelse i forhold til nedbøren, da en del af nedbøren siver ned i jorden og til primære og sekundære grundvandsmagasiner før den når til vandløb. I tørre år vil afstrømningen ofte være større end nedbøren kan forklare, idet der så tæres på grundvandsmagasinerne som f.eks. i 1989 og 1995 (tabel 2.1 og figur 2.1). I våde år vil en del af nedbøren gå til at fylde grundvandsmagasinerne, og afstrømningen bliver lavere end forventet som f.eks. i 1990 og 1998 (tabel 2.1 og figur 2.1). Under og efter tørre år ses et fald i grundvandskoten, mens der i og efter våde år sker en stigning.

De forskellige dele af det hydrologiske kredsløb er vist i figur 2.2 opdelt for Jylland og for Øerne. Det

kan antages at der ikke har været væsentlige ændringer i grundvandsmagasinerne i den lange periode vandbalancen er bestemt for. Vandbalancen viser at afstrømningen kun er 215 mm på Øerne mod 395 mm i Jylland grundet lavere nedbør og lidt højere fordampning. Dette betyder samtidig at man lettere påvirker afstrømningsforholdene i vandløb på Øerne end i Jylland. Det er også typisk på Sjælland, at der om sommeren optræder udtørrende vandløb, især hvor der også sker en betydende vandindvinding.

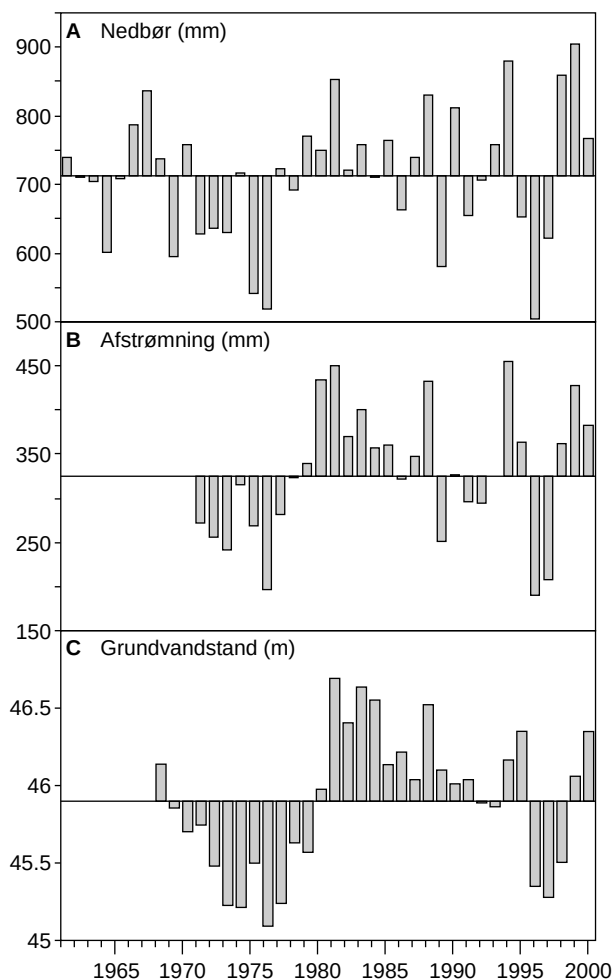


Fig. 2.1 Årsmiddelnedbør (A), samlede afstrømning fra Danmark (B) og årsmiddelgrundvandskoten ved Karup (C) for perioden 1961-2000 vist i forhold til gennemsnit for perioden 1961-90 (A), 1971-90 (B) og 1968-90 (C). Kilder: Bøgestrand (red.) (2001), Cappelen & Jørgensen (2001) samt GEUS (2001).

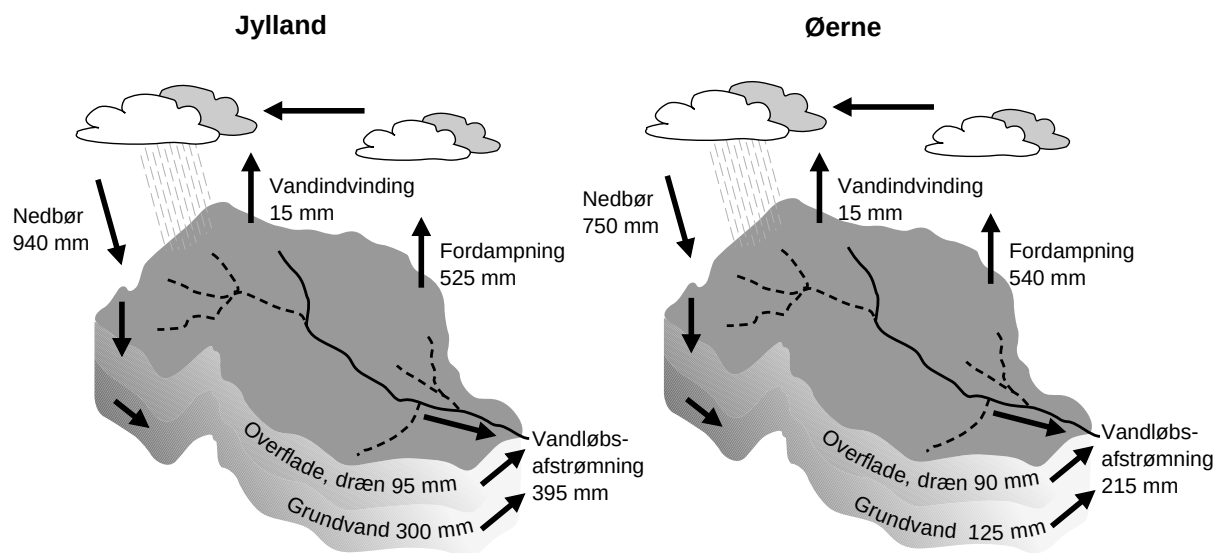


Fig.2.2 Det hydrologiske kredsløb med værdier for vandbalancen for perioden 1971-2000 opdelt på henholdsvis Jylland og Øerne. De enkelte led er opgjort uafhængig. Nedbøren er korregeret til jordoverfladen. Modificeret efter Ovesen et al (2000).

[Tom side]

3. Tilførsel af kvælstof, fosfor og organisk stof til vandmiljøet

Kilderne til forurening af vandområder med næringssalte og organisk stof er dels punktkilder, hvor udledningen sker i et bestemt punkt, og dels de diffuse kilder, hvor tilførslen sker fra et landareal eller fra luften. Størstedelen af punktkildebidragene er konkret målt, mens de diffuse bidrag er opgjort på baggrund af både målinger og beregninger.

3.1 Punktkilder

De samlede udledninger fra punktkilder opgøres hvert år i forbindelse med denne rapportering. Opgørelser viser, at der siden 1989 er sket en markant reduktion i de samlede udledninger fra punktkilder. Den samlede reduktion for alle punktkilder er på 68% for kvælstofs vedkommende, 83% for fosfor og 79% for organisk stof målt som BI_5 .

Den samlede reduktion i udledningen af kvælstof og fosfor er hovedsageligt opnået gennem reduktioner i udledningerne fra særskilte industrielle udledere og renseanlæg. Dog er udledningen af fosfor fra den spredte bebyggelse og udledningen fra fiskeopdræt anlæg også faldet væsentligt.

Trods de markante reduktioner i udledningerne for renseanlæg og særskilte industrielle udledere domineres den samlede udledning til vandområderne af kvælstof og fosfor for punktkilder på landsplan fortsat af udledningerne fra renseanlæggene. Renseanlæggene bidrager med ca. 50% af den samlede udledning af fosfor og kvælstof for punktkilder. For organisk stof er industriens udledning den største kilde med lidt over 40%.

3.1.1 Renseanlæg

Måling af udledningen fra renseanlæg sker dels gennem den egenkontrol som kommunerne foretager og dels gennem amternes tilsyn. Oftest er

udledningen fra et renseanlæg opgjort på baggrund af 12 døgnmålinger pr. år.

Koncentreringen af rensningen af byspildevand på færre anlæg er fortsat i 2000, hvor der var i alt 1363 renseanlæg for mere end 30 PE (tabel 3.1).

Tabel 3.1 Renseanlæggenes størrelsesfordeling i 2000. Kilde: Miljøstyrelsen (2001).

Anlægs-kapacitet	Antal rense-anlæg	Belastning i % af belastning på alle anlæg
> 30 PE	1363	100%
> 500 PE	689	99%
> 2.000 PE	452	98%
> 5.000 PE	273	93%
> 15.000 PE	130	83%
> 50.000 PE	61	68%
> 100.000 PE	27	47%

Tilførslen af organisk stof og næringssalte til renseanlæggene er målt på lidt over halvdelen af anlæggene. Gennemsnitsværdierne for stofkoncentrationer i tilløbene til disse anlæg er brugt til beregning af den samlede belastning på renseanlæg i 2000 (tabel 3.2).

Renseanlæggene renser ikke kun spildevandet fra husholdninger, men også en meget stor del af udledningerne fra industrier. På landsplan udgør industribelastningen således 42% af den samlede stoftilførsel til renseanlæggene. Generelt er industriandelen størst ved renseanlæg, der tilføres spildevand fra mere end 50.000 PE. Gennemsnittet for disse anlæg er ca. 50%.

De samlede udledninger fra renseanlæggene afspejler, at der sker en biologisk rensning af og fosforfjernelse fra næsten al spildevandet. Biologisk kvælstoffjernelse sker på lidt færre anlæg, men dog stadig for langt det meste af spildevandet idet ca. 90% renses på anlæg omfattet af nationale krav om kvælstoffjernelse.

Tabel 3.2 Data for BI_5 , total kvælstof og total fosfor i tilløbet til renseanlæggene (768 mio m^3) i 2000. Kilde: Miljøstyrelsen (2001).

Stofnavn	Gennemsnits-koncentration mg/l	PE belastning g/PE * d	Antal anlæg	Stofmængde t/år
BI_5 (mod. og umod)	175	(~60)	887	134.000
COD	420	142	690	323.000
Total kvælstof	36	14,2	799	27.600
Total fosfor	8,0	2,9	803	6.140

De udledte stofmængder, rensegrader på anlæggene og reduktion i forhold til forholdene før Vandmiljøplanens vedtagelse, dvs. midt i firserne, fremgår af tabel 3.3.

De samlede udledninger fra renseanlæggene er noget mindre end de samlede rammer i de udledningstilladelser der gælder for de enkelte renseanlæg. Knap 10% af anlæggene har i 2000 ikke kunnet overholde ét eller flere af de fastsatte udlederkrav. Der er sket en stadig forbedring af kravoverholdelsen gennem 1990'erne fra 39%, der ikke overholdt alle krav i 1989 til de 9,5% i 2000.

3.1.2 Regnbetingede udløb

De regnbetingede udledninger beregnes typisk ud fra kloakoplandene i kommunernes spildevandsplaner og nedbørsstatistik. I separatkloakerede områder beregnes stofindholdet oftest ud fra erfaringstal for stofindhold (tot. N = 2 mg/l, tot. P = 0,5 mg/l, COD = 50 mg/l). I fælleskloakerede områder anvendes enten erfaringstal eller modelberegnete værdier. Opgørelse af de regnbetingede udledninger er betydeligt mere usikker end opgørelsen af udledninger fra renseanlæg og industri.

Vandmængderne i overløbene udgør en meget lille del af den samlede spildevandsmængde, typisk 1-2%.

I fig. 3.1 er stofudledningerne via overløbene sammenlignet med udledningerne fra renseanlæggene. Det ses at overløbene udgør en væsentlig andel sammenlignet med udledningen fra renseanlægget.

For henholdsvis fosfor og organisk stof (målt som COD) svarer stofudledningen til ca. 20% af stofudledningen fra renseanlæggene, mens stofudledningen af kvælstof svarer til ca. 10%. Der er en betydelig regional variation i opgørelsen. I Roskilde Amt er NPO-udledninger fra overløbene omkring 1% af udledningen af renset spildevand. I amter som Storstrøm, Ringkjøbing og Viborg svarer overløbenes stofudledning af fosfor og COD derimod til 30-40% af udledningerne fra renseanlæg, og stofudledningen af kvælstof svarer til 15-20% af udledningen fra renseanlæg.

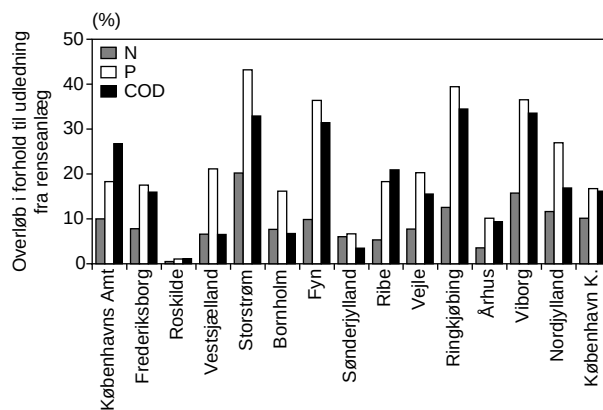


Fig. 3.1 Udledning af kvælstof (N), fosfor (P) og organisk stof (COD) via regnvands-overløb angivet som % af udledning for renseanlæg > 5.000 PE, amtsvis fordeling. Kilde: Miljøstyrelsen (2001).

Årsagen til at særligt mængden af fosfor og COD i overløbene er stor i forhold til mængden der udledes med renset spildevand, er at rensegraden for fosfor og COD i renseanlæg i dag er høj.

De regnbetingede udledninger er således generelt af moderat forureningsmæssig betydning, men får naturligvis stigende relativ betydning i takt med perfektionering af spildevandsrensning. De største forureningspåvirkninger ses, hvor spildevandet er blevet afskåret, så at de regnbetingede udledninger er blevet den dominerende forureningskilde, f.eks. til vandløb og søer i byområder.

3.1.3 Bebyggelse i det åbne land

Betegnelsen "bebyggelse i det åbne land" dækker hovedsageligt over følgende bebyggelseskategorier:

- sommerhuse
- kolonihaver
- spredt bebyggelse
- landsbyer (ikke kloakerede)

Bebyggelse i det åbne land omtales ofte som "spredt bebyggelse", og begrebet vil derfor i nærværende rapport dække alle fire kategorier i betegnelsen "bebyggelse i det åbne land".

Tabel 3.3 Udledning af organisk stof og næringssalte fra renseanlæg i 2000. Kilde: Miljøstyrelsen (2001).

DK renseanlæg 2000 768 mio. m ³	Udledt stofmængde t/år	Rensegrad %	Reduktion fra 1980'erne %
Bl ₅	3.300	98	94
Total kvælstof	4.650	83	77
Total fosfor	540	91	91

Udledningerne af spildevand i det åbne land er beregnet på et varierende videngrundlag, fra et konkret kendskab til renseforanstaltninger og udledning fra den enkelte ejendom til et skøn over antallet af ejendomme i et opland.

Udledningerne fra spredt bebyggelse foregår stort set udelukkende til ferske vandområder hvor disse udledninger bidrager med 15% af kvælstofbelastningen med spildevand, og omkring 30% af belastningen med organisk stof og fosfor. Udledninger fra spredt bebyggelse er en væsentlig medvirkende årsag til manglende målsætningsopfyldelse i mange vandområder i Danmark, specielt i de mindre vandløb og søer. En vurdering af betydningen af denne forureningskilde for et konkret vandområde forudsætter en konkret opgørelse af det aktuelle bidrag.

De samlede udledninger fra spredt bebyggelse (tabel 3.6) er dog så store, at de for fosfor og organisk stof spiller en rolle for det samlede forureningsbidrag til vore vandområder.

3.1.4 Særskilte industrielle udledninger

Særskilte industrielle udledninger omfatter industrier der udleder direkte til vandløb, søer eller havet. Opgørelsen for særskilte industrielle udledere omfatter i 2000 162 virksomheder, hvoraf 33 virksomheder er omfattet af Vandmiljøplanen. I forhold til de samlede udledninger fra punktkilder bidrager industrielle udledere med 40% af det organiske stof, mens bidraget af fosfor og kvælstof er under 10%. Udledningen af organisk stof fra særskilte industrielle udledere er reduceret med ca. 84% siden 1989, mens kvælstofudledningen er reduceret med 85%. Fosforudledningen er for alle særskilte industrielle udledere under ét reduceret med godt 95% siden 1989. En væsentlig del af reduktionen er opnået ved, at virksomheder er blevet tilsluttet offentlige renseanlæg, samt eventuelt en forbedring af rensningen på virksomheder som udleder særskilt.

Udviklingen i udledning af organisk stof og næringssalte er vist på fig. 3.2.

Organisk stof – BI_5 og COD

Mængden af organisk stof udledt fra særskilte industrielle udledere udgjorde i 2000 ifølge amternes indberetning ca. 4.900 t BI_5 , henholdsvis ca. 9.700 t COD. Heraf udgjorde udledningen fra udledere omfattet af Vandmiljøplanen ca. 4.800 t BI_5 , henholdsvis ca. 8.900 t COD.

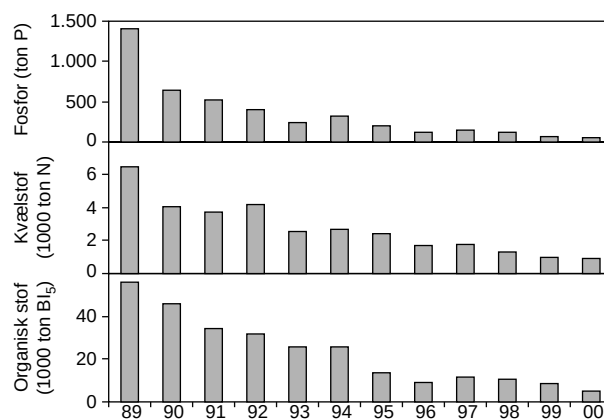


Fig. 3.2 Udvikling i udledningen af organisk stof (BI_5 og COD), kvælstof og fosfor fra særskilte industrielle udledere. Kilde: Miljøstyrelsen (2001).

De største udledere af organisk stof var i 2000 sukkerindustrien med 59% af BI_5 -udledningen og 47% af COD-udledningen, fiskemelindustrien og den øvrige fiskeindustri med 31% af BI_5 -udledningen og 17% af COD-udledningen samt medicinalindustrien med 3% af BI_5 -udledningen og 12% af COD-udledningen.

Med årene 1994 og 1997-98 som undtagelser har den samlede udledning været faldende gennem hele perioden med en samlet reduktion fra 1989 til 2000 på 93%.

Kvælstof og fosfor

Udledningen af næringssalte fra særskilte industrielle udledere udgjorde i 2000 902 t kvælstof og 59 t fosfor.

Kvælstofudledningen på 902 t fordelte sig med 823 t fra udledere omfattet af Vandmiljøplanen og 79 t fra øvrige udledere. De største udledere af kvælstof er fortsat fiskemelindustrien og den øvrige fiskeindustri der i 2000 tilsammen tegnede sig for 44% af den samlede kvælstofudledning. Den samlede udledning faldt med 37% alene fra 1989 til 1990 og har generelt været faldende også i årene derefter. Den samlede reduktion siden 1989 er på 86%.

Fosforudledningen på 59 t fordelte sig med 51 t fra udledere omfattet af Vandmiljøplanen og 8 t fra øvrige udledere. Også hvad angår fosfor er fiskemelindustrien og den øvrige fiskeindustri de største udledere, i 2000 med 39% af den samlede udledning. Der skete en meget kraftig reduktion fra 1989 til 1990, og ellers er det generelle billede en løbende reduktion i udledningen gennem hele perioden. Den samlede reduktion siden 1989 udgør 96%.

3.1.5 Ferskvandsdambrug

Dambrugenes udledning af organisk stof, fosfor og kvælstof stammer først og fremmest fra fiskenes ekskrementer og foderspild.

Belastningen med organisk stof målt som BI_5 , fosfor og kvælstof er med udgangspunkt i foderforbruget og produktionen på hvert dambrug opgjort som teoretisk beregnede udledninger (tabel 3.4).

Den samlede udledning fra ferskvandsdambrug er faldet markant i perioden fra 1989 frem til 2000. Dambrugene udleder udelukkende til ferske vandområder, og belastningen fra dambrugene bidrager med 10% af fosforbelastningen, 20% af kvælstofbelastningen og 30% af den organiske stofbelastning fra punktkilder til ferskvand.

Tabel 3.4 Produktion og de beregnede stofudledninger fra de 387 dambrug i Danmark i 2000. Kilde: Miljøstyrelsen (2001).

Foderforbrug	31.031 t
Produktion af fisk	32.851 t
Udledning af BI_5	3.414 t
Udledning af kvælstof	1.195 t
Udledning af fosfor	91 t

3.1.6 Saltvandsbaseret fiskeopdræt

Udledningen fra havbrug er siden slutningen af 80'erne reduceret markant for fosfors vedkommende. Den samlede udledning af kvælstof og fosfor fra havbrug og saltvandsdambrug har gennem de senere år ligget stabilt på lidt under 300 t kvælstof og 30-35 t fosfor. De år til år variationer, der forekommer, skyldes at produktionsforholdene - og dermed også udledningerne - til en vis grad er styret af meteorologiske forhold, primært vandtemperaturen. I forhold til spildevandsudledningerne direkte til marine områder udgør belastningen fra saltvandsbaseret fiskeopdræt omkring 10% af den samlede belastning.

Set i det store perspektiv har udledningerne fra saltvandsbaseret fiskeopdræt dog en mindre betydning for vandmiljøet, idet det kun er omkring 1% af den samlede kvælstof og fosfortilførsel til de danske havområder fra land.

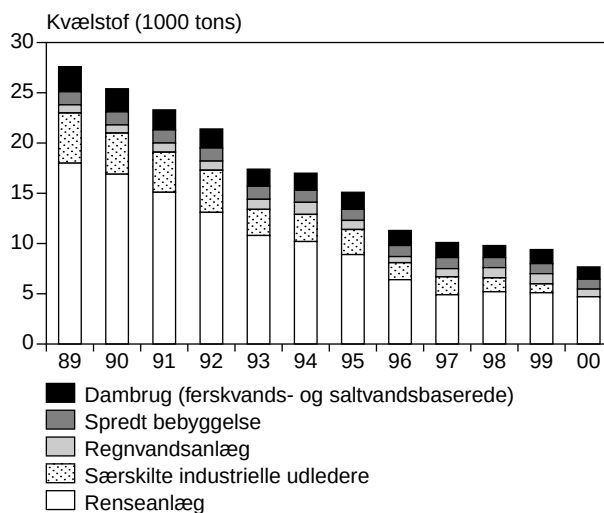


Fig. 3.3 Udledningen af kvælstof fra punktkilderne i periode fra 1989 til 2000. Kilde: Miljøstyrelsen (2001).

3.1.7 Samlet udledning fra punktkilder i 2000

De samlede udledninger fra punktkilder i 2000 er opgjort i tabel 3.5.

Tabel 3.5 Spildevandsudledninger fra punktkilder i 2000. Kilde: Miljøstyrelsen (2001).

Punktkilder 2000	t/år		
	N	P	BI_5
Rensningsanlæg	4.654	543	3.304
Særskilte industrielle udledere	902	59	4.918
Regnvandsanlæg	761	193	2.201
Ferskvandsdambrug	1.195	91	3.414
Spredt bebyggelse	981	223	3.870
Saltvandsbaseret fiskeopdræt	326	36	1.842
I alt	8.819	1.145	19.549

Udledningerne fra renseanlæggene er fortsat den største kilde, for så vidt angår fosfor og kvælstof. Industriudledninger er små, mens udledninger fra bebyggelse i det åbne og regnvandsbetingede udløb giver væsentlige fosforbidrag. For organisk stof (BI_5) er udledningerne af samme størrelsesorden.

3.1.8 Udvikling i udledning fra punktkilder

Der er i det seneste årti sket en stadig reduktion i udledningen af organisk stof og næringssalte især for byspildevand og industriudledninger. De opnåede reduktioner skal desuden ses i lyset af at der forud for 1989 var etableret biologisk rensning og fosforfjernelse for en betydelig del af spildevandsudledningerne til ferske vande.

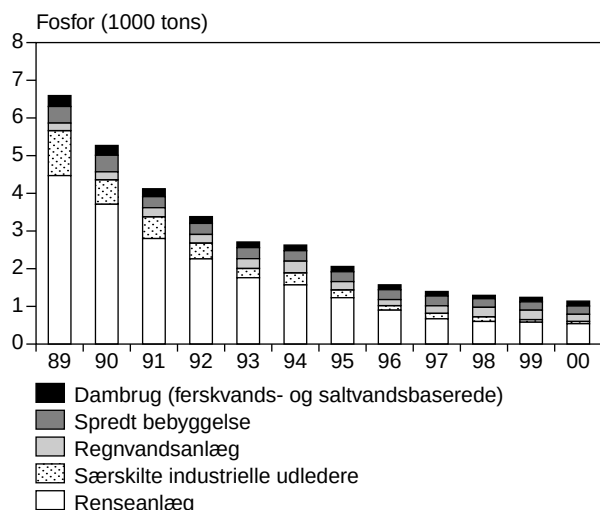


Fig. 3.4 Udledningen af fosfor fra punktkilderne i periode fra 1989 til 2000. Kilde: *Miljøstyrelsen (2001)*.

Den samlede reduktion i udledningen af kvælstof på 72% er hovedsageligt opnået gennem reduktioner i udledningerne fra industri og renselanlæg. Udledningen er faldet fra ca. 27.600 t i 1989 til ca. 8.800 t i 2000 (fig. 3.3).

Den samlede udledning af fosfor fra punktkilder er faldet fra ca. 6.600 t i 1989 til ca. 1.140 t i 2000. Den samlede reduktion på 83% er hovedsageligt opnået gennem reduktioner i udledningerne fra industri og renselanlæg, dog er udledningen fra den spredte bebyggelse og udledningen fra fiskeopdræt anlæg også faldet (fig. 3.4).

Udledningen af organisk stof fra punktkilder er faldet fra ca. 93.700 t i 1989 til ca. 19.550 i 2000. Den samlede reduktion på 74% er hovedsageligt sket ved reduktioner i udledningen fra industrier og renselanlæg.

3.2 Diffuse næringssaltkilder

De vigtigste diffuse næringssaltkilder for vandområderne er den atmosfæriske deposition af kvælstofnæringssalte på de marine områder og udvaskningen primært til ferskvand af kvælstof- og fosforforbindelser som følge af dyrkningen af jorden.

Selv i naturtilstand uden menneskelig påvirkning vil der ske en vis udvaskning af næringssalte fra jorden til overfladevand og en vis deposition af kvælstofforbindelser fra luften. Disse bidrag er de

såkaldte baggrundsbidrag som i et så gennemkultiveret land som Danmark er vanskelige at bestemme og skille ud fra de øvrige diffuse kilder.

3.2.1 Atmosfærisk deposition

Kvælstof

For 2000 viser modelberegningerne, at den samlede kvælstofdeposition til de danske farvande, fjorde, vige og bugte varierer fra 0,9 til 1,9 t N/km² med et gennemsnit på omkring 1,3 t N/km² (fig. 3.5). Dette giver en samlet kvælstofdeposition til de danske farvandsområder på 140.000 t N, hvilket er den største kvælstofdeposition, som hidtil er blevet rapporteret og ca. 20% højere end rapporteret for 1999 (Ellermann et al. 2001). For begge år viser de nyeste beregninger en tydeligt højere deposition til de danske farvande end hidtil rapporteret.

Forøgelsen i forhold til de tidligere år skyldes, at en ny og bedre beregningsmodel er taget i anvendelse. Det har givet bedre overensstemmelse mellem modelberegninger og målinger. Den højere deposition i 2000 sammenlignet med 1999 skyldes også en større nedbørsmængde, især over Nordsøen samt højere kvælstofkoncentration i nedbøren.

Depositionen er størst over land eller tæt ved land, hvor der er et væsentligt bidrag fra lokale kilder, bl. a. ammoniakfordampning fra husdyrhold. Depositionen over land kan ikke aflæses af fig. 3.5. Depositionen her er mellem 1,3 og 2,7 t N/km² pr. år med den højeste deposition i Jylland og lavest i den østlige del af landet. Den naturlige baggrundstilførsel fra atmosfæren er estimeret til ca. 1/10 af det nuværende atmosfærebidrag svarende til ca. 0,1-0,2 t N/km² pr. år (Alteveg, 1998). I alt er atmosfærebidraget over land (incl. de ferske vande) opgjort til 92.000 t i 2000. Det samlede atmosfærebidrag fra luften til dansk land og vand bliver derfor på 230.000 t i 2000.

Fosfor

Det er estimeret, at den totale fosfordeposition på de indre danske farvande (31.500 km²) er på højst 255 t i 2000. Denne deposition på ca. 8 kg P/km² pr. år kan dog ikke bruges til at estimere fosfordeposition på søer og fjorde, da der her kan være et dominerende lokalt bidrag, f.eks. fra jordfygning.

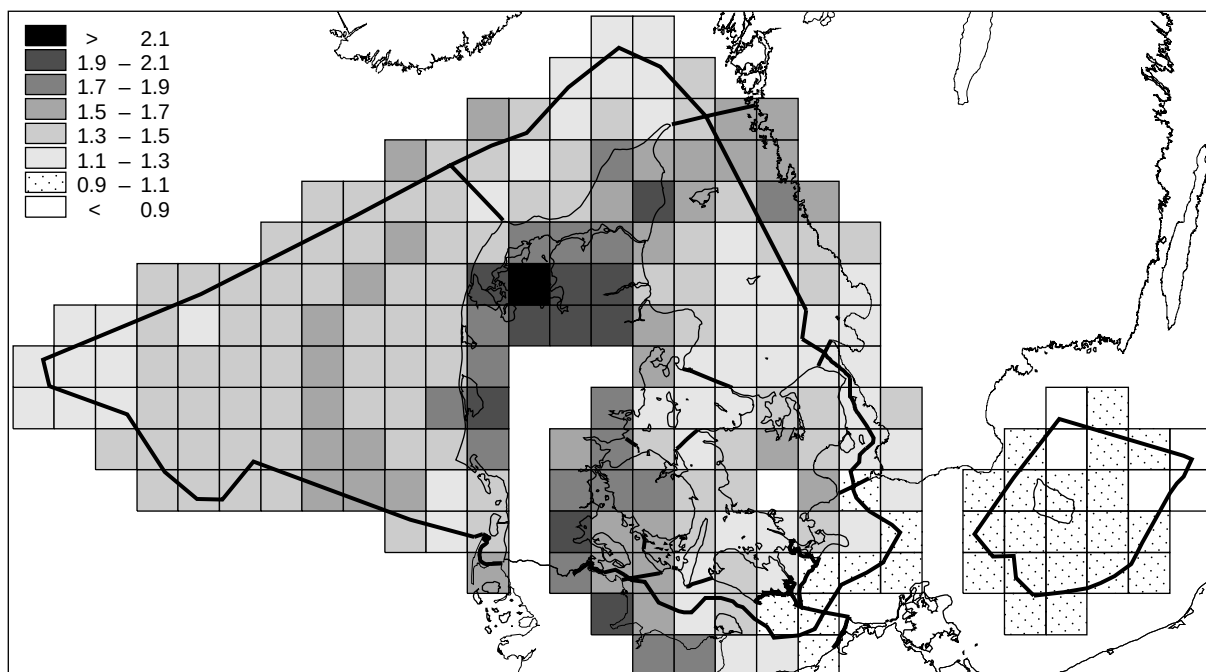


Fig. 3.5 Den totale deposition (tør+våd) af kvælstofforbindelser til havområder beregnet for 2000. Depositionen i t N/km² pr. år gælder kun for vandoverflader. Kilde: Ellermann et al (2001).

3.2.2 Naturligt baggrundsbidrag fra land

Det naturlige baggrundsbidrag er det tab af f.eks. kvælstof og fosfor som ville forekomme, hvis der ikke var nogen påvirkning fra menneskelig aktivitet i oplandet. Dette bestemmes ved målinger i små vandløbsoplande med meget lav dyrkningsintensitet og uden punktkilder, de såkaldte naturoplande.

I tabel 3.6 er vist medianværdier af måleresultaterne i vandløb i de 9 naturoplande fra NOVA programmet. De målte koncentrationer adskiller sig ikke fra tidligere års målinger, men arealbidraget er større på grund af den megen nedbør og relativt høje vandafstrømning.

Tabel 3.6 Kvælstof og fosforudvaskning fra naturarealer til vandløb i 2000. De angivne koncentrationer er vandføringsvægtede medianværdier. Kilde: Bøgestrand (red) (2001).

Målinger fra 9 naturoplande	Koncentration (mg/l)	Arealkoefficient (kg/ha pr. år)
Total N	1,23	2,52
Nitrat-N	0,77	1,39
Ammonium-N	0,03	0,05
Total P	0,044	0,072
Ortho-P	0,021	0,028

3.2.3 Næringssalte fra dyrkede arealer

Næringssaltbidraget fra dyrkede arealer måles og beregnes dels i de såkaldte landovervågningsoplande og dels ved de almindelige vandløbsmålestationer i landbrugsområder, hvor stoftransporten ud af oplandet måles. I landovervågningsoplandene sammenholdes den aktuelle landbrugsdrift med målingerne af næringssaltudvaskningen til grundvand og overfladevand for at kunne opstille årsagssammenhænge herimellem.

Gødningsforbrug i Danmark

Den forbedrede landbrugspraksis har ført til et markant fald i handelsgødningsforbruget på landsplan. Data fra Danmarks Statistik viser at handelsgødningsforbruget af kvælstof er faldet fra 395.000 t N i 1990 til 246.000 t N i 2000. Ligeledes er mængden af kvælstof tilført med husdyrgødningen faldet fra ca. 244.000 til 220.000 t N i samme periode. Mængden af kvælstof fjernet fra markerne med høstede afgrøder har varieret i perioden afhængig af årets høst. Samlet set er nettotilførslen (kvælstofoverskuddet på markerne) herved reduceret fra 332.000 t N i 1990 til 195.000 t N i 2000 (fig. 3.6). Tages i betragtning at også landbrugsarealet er faldet i nævnte periode fra 2,77 mio ha til 2,65 mio ha, udgør reduktionen i kvælstofoverskud pr. arealenhed dyrket jord 38%.

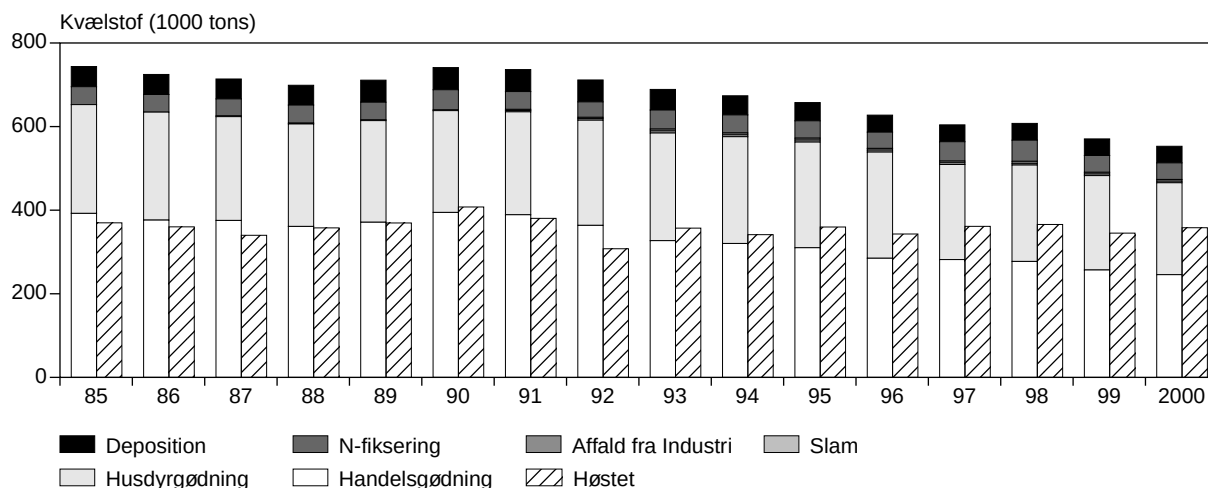


Fig. 3.6 Udviklingen i tildelt kvælstof og høstet kvælstof for hele landbrugsarealet i Danmark i perioden 1985 til 2000. Kilde: Grant et al (2001).

Fosfor – gødsningforbrug for hele landet og praksis i oplandene

Vandmiljøplanernes krav med hensyn til fosfor i landbruget antages at være opfyldt med stop for de direkte udledninger fra gårdene. Der er ingen krav i forhold til fosforgødsning eller udvaskning fra marker. På landsplan er der sket en reduktion i forbrug af fosfor med handelsgødning fra 1990 til 2000, men samtidig har der været en stigning den fosformængde som er tilført med husdyrgødningen (fig. 3.7). Der har i hele perioden været en betydelig nettotilførsel af fosfor. I 2000 var den ca. 25.000 t fosfor.

Kvælstof- og fosforbalance følger husdyrtæthed

Data fra landovervågningsoplandene viser at der er stor forskel på nettotilførslen af fosfor afhængig af brugstype og husdyrtæthed. På planteavlsbrug er der en lille negativ balance, mens nettotilførslen på husdyrbrugene stiger med stigende husdyrtæthed (tabel 3.7).

Tabel 3.7 Fosforbalancer for landbrugsjord på ejendomme med forskellig dyretæthed. Kilde: Grant et al (2001).

(kg P/ha)	Dyretæthed (DE/ha)			
	0	0-1,0	1,0-1,7	> 1,7
Handelsgødning	11,6	4,9	2,5	2,4
Husdyrgødning ¹⁾	4,6	16,4	27,6	32,1
Høstet	18,4	18,8	17,8	20,5
Total tilført.-høstet	-2,2	2,5	12,3	14,0

¹⁾ Husdyrgødning incl. udbinding.

Nettotilførsel af fosfor medfører en ophobning af fosfor i jorden. I landovervågningsprogrammet er der i 1999/2000 udtaget i alt ca. 1400 jordprøver til bestemmelse af fosfortal (Pt). Fosfortallet er et mål for den plantetilgængelige fosformængde i jorden.

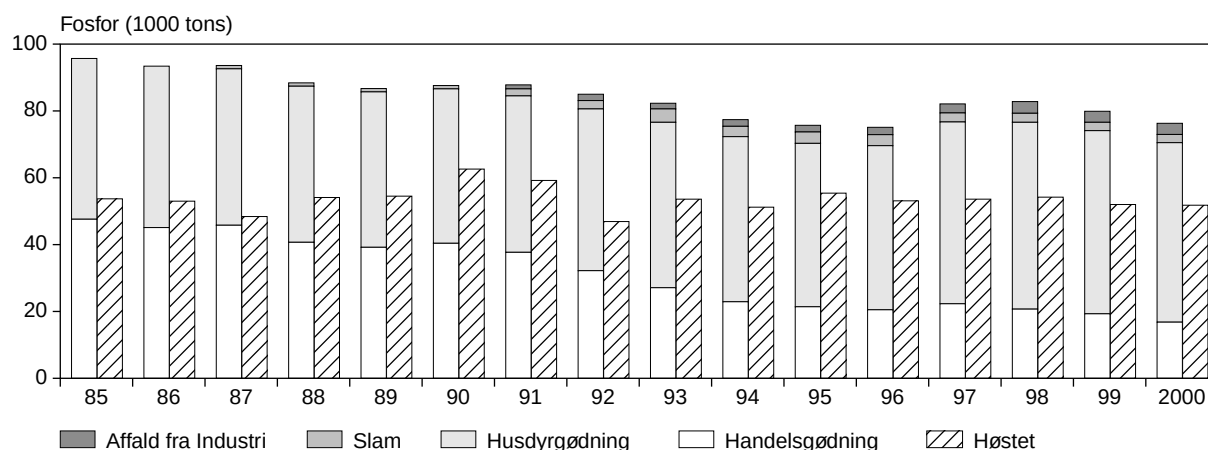


Fig. 3.7 Udviklingen i tildelt fosfor og høstet fosfor for hele landbrugs arealet i Danmark i perioden 1985 til 2000. Kilde: Grant et al (2001).

Knap 50% af jordene i oplandene har højere fosfortal (Pt > 4) end nødvendigt for at give optimal plantevækst. Fortsat overskudsproduktion af fosfor på husdyrbrugene vil føre til stadigt stigende fosforindhold i jorden og dermed potentielt et øget tab af fosfor fra de dyrkede arealer enten gennem overfladeerosion eller gennem dræn.

I fig. 3.8 er vist variationen i fosforstatus for de undersøgte jorder i 5 landovervågningsoplande. Fosfortal på naturarealer som aldrig er tilført gødning, vil være ca. 1,5.

Også kvælstofbalancen følger husdyrtætheden (tabel 3.8). Forskellene mellem de forskellige brugstyper er dog mindre end for fosfor, bl.a. fordi der er sat begrænsninger for kvælstoftilførslen i Danmark, og fordi der naturligt vil være langt større tab i jorden af kvælstof (denitrifikation og udvaskning) end af fosfor.

Tabel 3.8 Kvælstofbalancer for landbrugsjord på ejendomme med forskellig dyretæthed. Kilde: Grant et al (2001).

(kg N/ ha)	Dyretæthed (DE/ha)			
	0	0-1,0	1,0-1,7	> 1,7
Handelsgødning	117	99	68	69
Husdyrgødning	19	56	110	143
Høstet	114	119	122	145
Total tilført.-høstet	41	69	105	115

Driftsændringer

Ud over gødningsforbrug og dyretæthed påvirkes næringssaltbidragene fra landbrug af driftens tilrettelæggelse og afgrødevalg. Vigtige faktorer til reduktion af kvælstofudvaskning er den øgede forårsudbringning af husdyrgødning og etablering af efterafgrøder til opsamling af mineraliseret kvælstof i efterårsperioden.

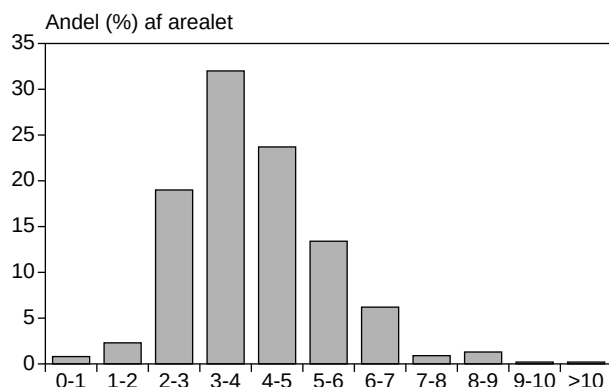


Fig. 3.8 Fordeling af fosfortal i fem LOOP oplande, hvor oplandene vægter ens, 1999. Kilde: Grant et al (2001).

Kvælstofudvaskning fra markerne

I landovervågningsprogrammet (Grant et al 2001) måles kvælstofkoncentrationerne i rodzonen på 18 stationsmarker i 3 lerjordsoplande og på 14 stationsmarker i 2 sandjordsoplande. Der er store årstidsvariationer afhængig af de klimatiske forhold. Stationerne repræsenterer det dyrkede areal uden brak og vedvarende græs. En analyse af udviklingstendenser som delvis tager højde for disse variationer, viser et statistisk signifikant fald i de vandføringsvægtede kvælstofkoncentrationer. I gennemsnit er faldet på 43%. Spredningen på tallene er imidlertid meget stor, og med 95% sandsynlighed er reduktionen i udvaskningen mellem 23% og 58%.

Kvælstofudvaskning fra hele det dyrkede areal i landovervågningsoplandene er desuden modelberegnet på baggrund af data fra interviewundersøgelse og ved normal klima. Her er det fundet at der vil være et fald i kvælstofudvaskning på 32% i perioden fra 1990 til 2000 (fig. 3.9) når de iværksatte tiltag er slået fuldt igennem.

I vandløbene i landovervågningsoplandene er der fundet en reduktion i de vandføringsvægtede kvælstofkoncentrationer på ca. 20%. Tilsvarende er der i samme periode i et større antal landbrugsdominerede oplande, i alt 63 oplande, under ferskvandsovervågningen fundet et fald på 22% (Grant et al 2001, Bøgestrand (red.) 2001).

Kvælstofudvaskninger er mindsket

Sammenfattende kan det konkluderes, at der er sket en markant reduktion (på 20-60% siden 1990) i den kvælstofmængde, som udvaskes fra rodzonen i de dyrkede arealer til grundvand, dræn eller vandløb. Målingerne passer godt med modelberegninger, som giver en 32% reduktion i samme

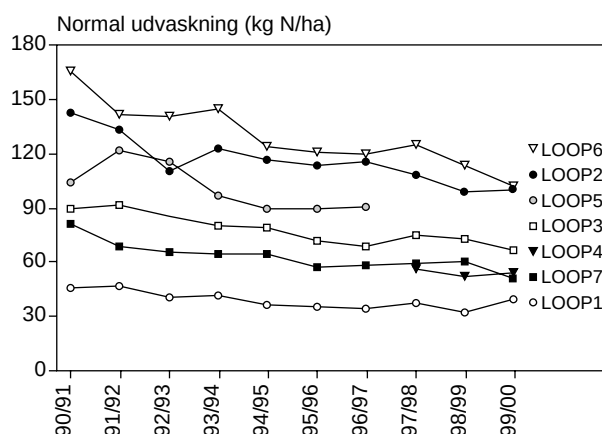


Fig. 3.9 Modelberegnet udvaskning ved normal-klima for 7 overvågningsoplande for driftsårene 1990/1991 - 1999/2000. Kilde: Grant et al (2001).

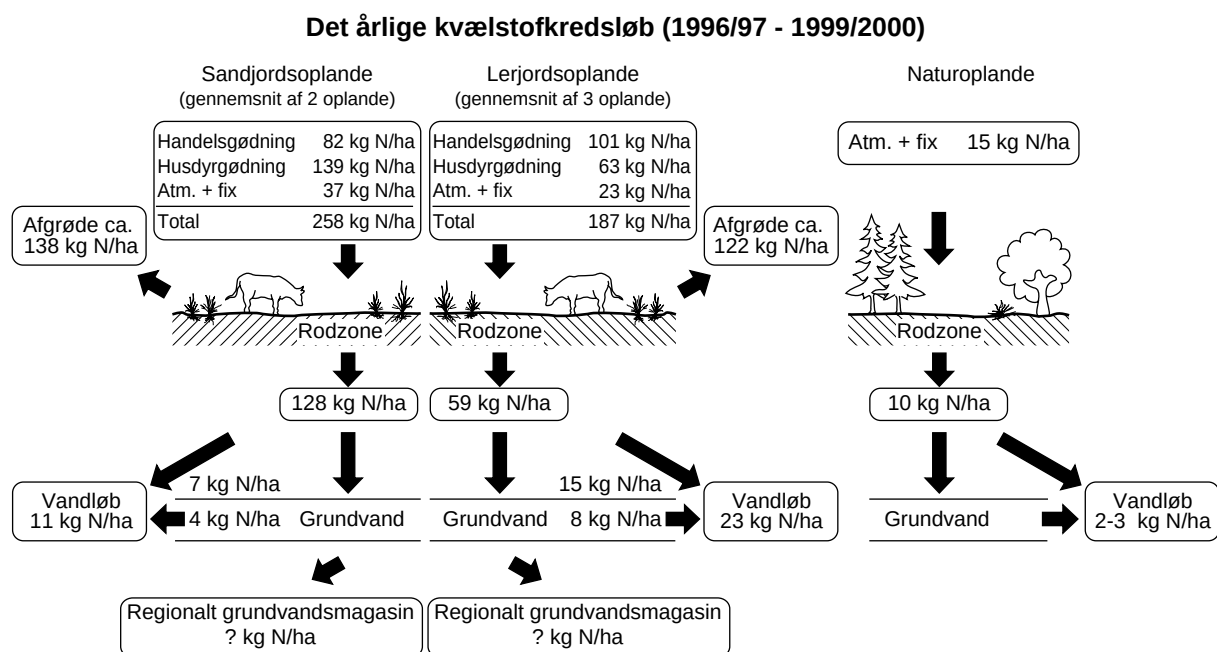


Fig. 3.10 Skematisering af kvælstofkredsløbet i henholdsvis dyrkede lerjords- og sandjordsoplande samt for naturoplande for årene 1996/97-1999/00. Bemærk at vandløbstransport i landbrugsoplandene er korrigeret for naturarealer og spildevandsudledning, dvs. transporten repræsenterer det dyrkede areal incl. spredt bebyggelse. Kilde: Grant et al (2001).

periode. I vandløb i landbrugsoplande er den målte reduktion i kvælstoftransport mindre (22%). Dette skyldes en forsinkelse i effekten fordi den del af vandløbsvandet, som har været en tur omkring et grundvandsmagasin vil være en del år undervejs fra rodzone til vandløb.

Kvælstofkredsløb på dyrkede arealer og naturarealer

Kvælstofkredsløbet for de seneste 4 år, 1996/97-1999/00, er skitseret i fig. 3.10. Den årlige kvælstofudvaskning fra rodzonen, 59 kg N/ha på lerjorde og 128 kg N/ha på sandjorde, svarer stort set til nettotilførslerne af kvælstof til markerne. Udvasningen er væsentlig større fra sandjordene end fra lerjordene. Til trods herfor er kvælstoftransporterne i vandløbene væsentlig højere i lerjordsoplandene (23 kg N/ha) end i sandjordsoplandene (11 kg N/ha). Dette skyldes at vandafstrømningen på lerjordene sker gennem de øvre jordlag bl.a. gennem dræn, mens vandafstrømningen på sandjordene fortrinsvis sker gennem de dybere jordlag, hvor det eventuelt har passeret redoxzonen og således har været udsat for betydelig nitratreduktion.

Fra naturarealer er den årlige kvælstofudvaskning ca. 10 kg N/ha og transporten til vandløb 2-3 kg N/ha (fig. 3.10).

3.3 Næringssalttilførsel til ferske og marine vandområder

Dette afsnit er opdelt i 3 dele, som beskriver næringssalttilførslen til henholdsvis søer, vandløb og marine områder.

3.3.1 Tilførsel til søerne i overvågningsprogrammet

I langt de fleste søer er det vigtigste tiltag til at mindske forureningspåvirkningen at mindske den kulturbetingede fosfortilførsel så meget som muligt. De hidtidige tiltag har været at afskære spildevand, at fjerne fosfor fra spildevand og at stoppe udledning af møddingsvand m.v. Det har været nødvendigt at rense spildevand også fra landsbyer og spredt bebyggelse for at opfylde målsætninger for søernes kvalitet.

Den totale fosfortilførsel er mindsket

Den samlede fosfortilførsel til de 27 overvågnings-søer i perioden 1990-2000 er mindsket betydeligt fra ca. 5 til ca. 2 t/år (fig 3.11). Det er ikke ensbetydende med at der er sket markante ændringer i fosfortilførslen til de fleste søer. Det store fald i fig. 3.11 afspejler at der er sket en meget stor reduktion i fosfortilførsel til nogle enkelte, men stærkt spildevandsbelastede søer, mens der i de fleste søer kun er sket et moderat fald eller ingen ændring.

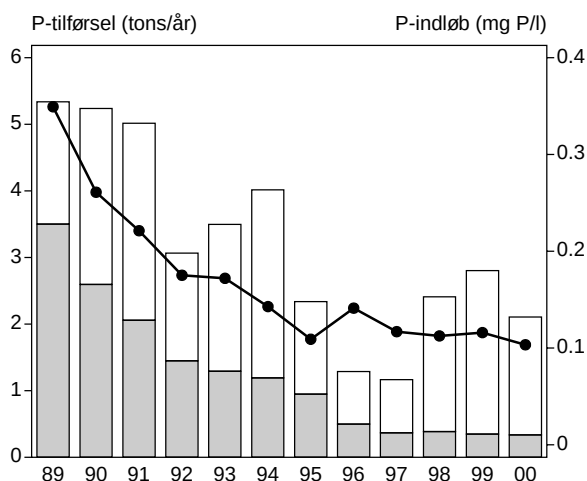


Fig. 3.11 Udviklingen i middelværdien for fosfortilførslen til overvågningssøerne, samt den vandføringsvægtede indløbskoncentration 1989-2000. P-tilførsel angivet ved søjer (grå = punktkilder, hvid = diffus). Linien angiver indløbskoncentrationen af fosfor. Kilde: Jensen et al (2001).

Siden overvågningsprogrammets iværksættelse i 1989 er årsmiddelværdien for koncentrationen af totalfosfor i søerne næsten halveret fra 0,204 mg P/l i 1989 til 0,107 mg P/l i 2000, mens medianværdien for fosfortilførsel er kun faldet lidt.

Kvælstof

Tilførslen af kvælstof til søerne er også reduceret om end mindre end fosfortilførslen. Tilsvarende er der også sket et fald i kvælstofkoncentrationen i søvandet, den er reduceret signifikant i 12 af de 27 søer.

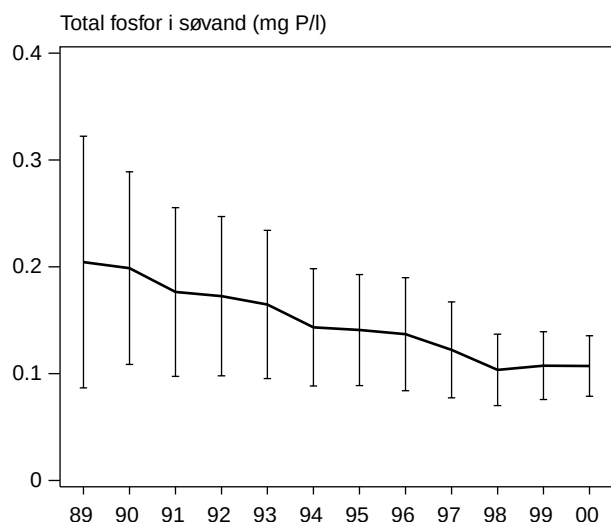


Fig. 3.12 Udviklingen i søvandets indhold af total fosfor fra 1989 til 2000. Linien angiver middelværdien. Kilde: Jensen et al (2001).

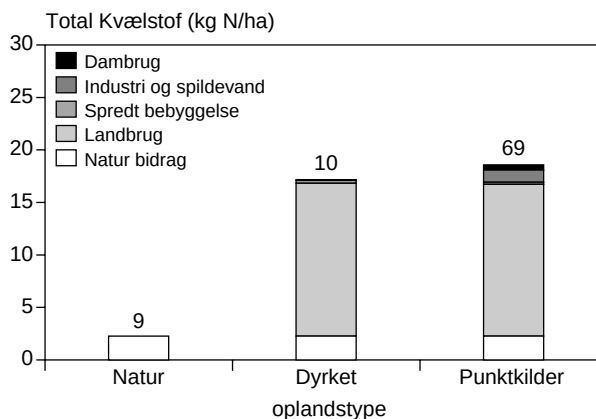


Fig. 3.13 Kilder til total kvælstoftransport i vandløb i 3 forskellige oplandstyper i 2000. Over søjlerne er angivet antallet af stationer i de enkelte kategorier. Kilde: Bøgestrand (red) (2001).

3.3.2 Tilførsel og transport af næringssalte og organisk stof i vandløb

Kvælstof

Hovedparten af den kulturbetingede transport af kvælstof hidrører fra landbrugets dyrkning af jorden (fig. 3.13). Bortset fra naturvandløbene udgør landbrugets andel langt over halvdelen af transporten. Betydningen af punktkilder er væsentligt mindre, selv i de vandløb der er klassificeret som spildevandsbelastede.

Ved analyse af udviklingstendenser bruges vandføringsvægtede koncentrationer. Der har siden 1989 været en faldende tendens i både de dyrkede oplande og i oplande med punktkilder (fig 3.14). Det lave niveau omkring 1995-96 og det tilsvarende høje niveau i 1998 skyldes blandt andet at vandføringsvægtningen ikke fuldstændig kan eliminere nedbørsafhængige år til år variationer.

Fig. 3.14 viser den faldende tendens for kvælstofindhold i vandløb i dyrkede oplande og i vandløb med punktkilder. Faldet er signifikant og den vandføringskorrigerede kvælstoftransport i vandløb i dyrkede oplande er i gennemsnit mindsket med 22% siden 1990.

Fosfor

Landbruget var i 2000 den vigtigste kilde til fosfortransporten både i dyrkede oplande og i oplande med punktkilder (fig. 3.15). Spildevandsudledningerne udgjorde tidligere den væsentligste andel af fosfortransporten i oplandene med punktkilder, men er på grund af forbedret spildevandsrensning ikke længere den dominerende kilde. De samlede udledninger fra punktkilder er dog stadig betydelige, og navnlig i de dyrkede oplande udgør udledninger fra den spredte bebyggelse en betragtelig del (20%) af fosfortransporten.

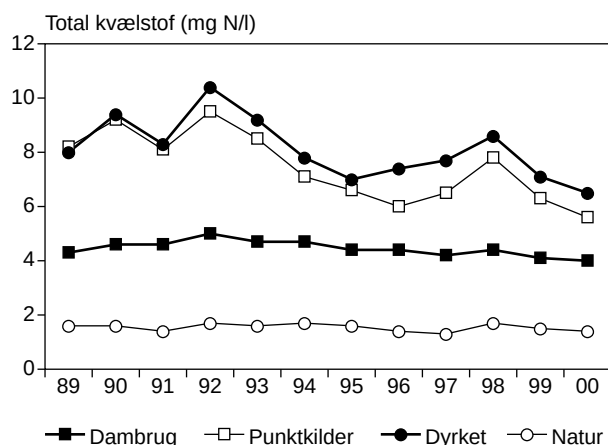


Fig. 3.14 Udvikling i vandføringsvægtet koncentration af total kvælstof som gennemsnit i vandløb i hver af de 4 oplandstyper efter 1991-typeinddelingen. Kilde: Bøgestrand (red) (2001).

Koncentrationen af total fosfor i 2000 ligger på samme niveau som de seneste par år i alle de 4 oplandstyper (fig. 3.16). I de første år fra 1989 var der dog væsentligt højere gennemsnitlige koncentrationer i de punktkildebelastede vandløb, men de forureningsbegrænsende tiltag har i vidt omfang været sat i værk inden 1989 og det deraf følgende fald i koncentrationer er tydeligst i den første halvdel af 1990'erne.

Koncentrationen i naturvandløb og i vandløb i dyrkede oplande viser ikke nogen tydelig ændring siden 1989, og varierer kun lidt fra år til år.

Udvikling i transport af kvælstof og fosfor

Den samlede årlige transport af kvælstof og fosfor gennem de danske vandløb (fig 3.17) udviser store år til år variationer korreleret med nedbør og afstrømning. Der er tydeligt at spildevandsbidraget er mindsket, især for fosfor. Det er også tydeligt at

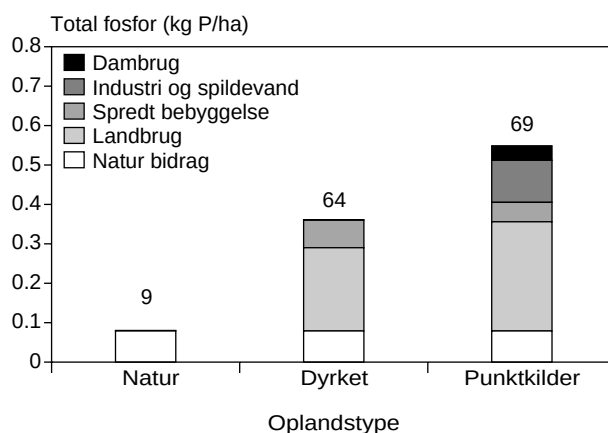


Fig. 3.15 Kilder til fosfortransport i vandløb i 3 forskellige oplandstyper i 2000. Over søjlerne er angivet antal af stationer i de enkelt kategorier. Kilde: Bøgestrand (red) (2001).

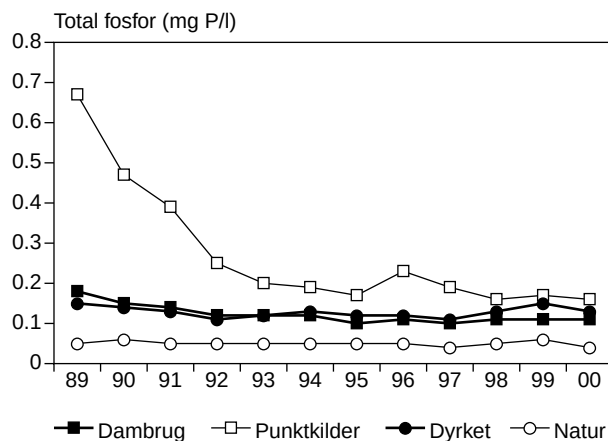


Fig. 3.16 Udvikling i vandføringsvægtet koncentration af total fosfor i vandløbene som gennemsnit for hver af de 4 oplandstyper efter 1991-typeinddelingen. Kilde: Bøgestrand (red) (2001).

landbrugsbidraget af fosfor varierer stærkt fra år til år med tendens til meget høje fosforbidrag i våde år, formentlig på grund af overfladeafstrømning og erosion.

Næringssalttransport afhænger af vejret

Tilførsel af kvælstof og fosfor fra de dyrkede arealer afhænger stærkt af afstrømningen fra arealerne. Der er en nøje sammenhæng mellem den diffuse

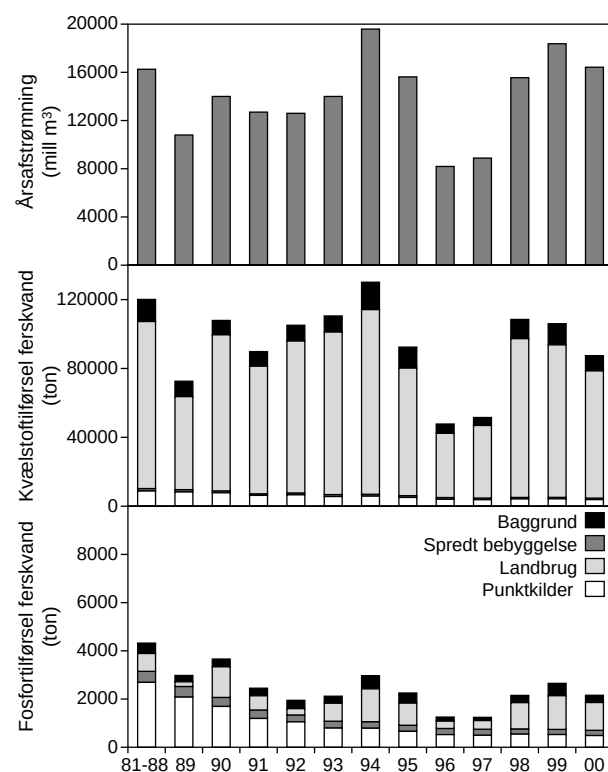


Fig. 3.17 Tilførslen til ferskvand (dvs. inklusiv retenti-on) af kvælstof og fosfor opdelt i baggrundstilførslen, tilførslen fra dyrkede arealer, tilførslen fra spredt bebyggelse og tilførslen fra punktkilder. Kilde: Bøgestrand (red) (2001).

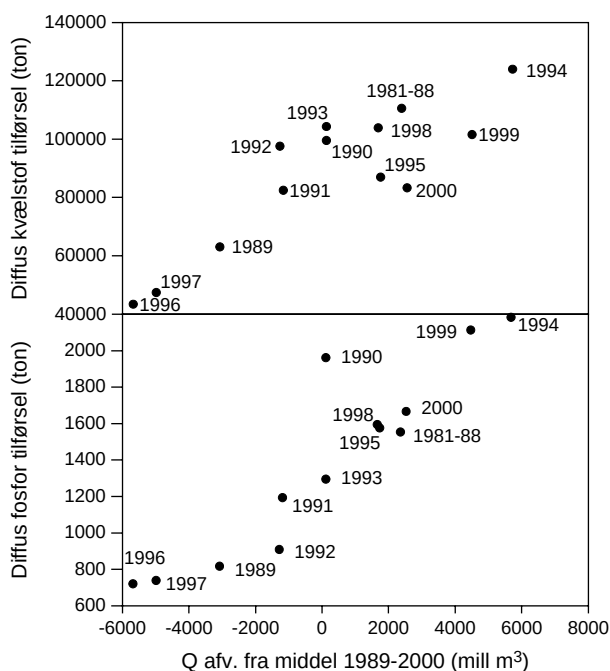


Fig. 3.18 Den diffuse tilførsel (dvs. tilførsel fra baggrund, dyrkede arealer og spredt bebyggelse) af kvælstof og fosfor som funktion af ferskvandsafstrømningen (Q). Denne er angivet som den absolutte afvigelse fra gennemsnittet af ferskvandsafstrømningen i 1989-2000. Kilde: Bøgestrand (red) (2001).

tilførsel af kvælstof og fosfor og ferskvandsafstrømningen (fig 3.18). Tilførslen af fosfor fra det åbne land vil øges med øget nedbør gennem dræntilførsler og overfladisk afstrømning samt via jordvand (opløst fosfor). En øget nedbør vil alt andet lige også øge udvaskningen af nitrat og dermed tilførslen af kvælstof til ferskvand.

Sammenhængen mellem den samlede diffuse årlige tilførsel af kvælstof til ferskvand (DN angivet i t) og ferskvandsafstrømningen (Q angivet i millioner m³) i perioden 1981-88 til 2000 kan beskrives ved:

$$DN = 2,1942 \cdot Q^{1.1084} \quad R^2=0,83 \text{ (P<0,1\%)}$$

Sammenhængen mellem den samlede diffuse årlige tilførsel af fosfor til ferskvand (DP angivet i t) og ferskvandsafstrømningen (Q) i perioden 1981-88 til 2000 kan beskrives ved:

$$DP = 0,0024 \cdot Q^{1.3876} \quad R^2 = 0,87 \text{ (P<1\%)}$$

De fundne relationer giver en god beskrivelse af den diffuse tilførsel af henholdsvis kvælstof og fosfor (henholdsvis 83% og 87% af variationen kan forklares ud fra de opstillede sammenhænge), men kan dog ikke tage højde for, at der for fosfor kan ske en deponering af partikelbundet fosfor i afstrømningsfattige år, som kan føres ud til overfladevand i efterfølgende afstrømningsrige år.

Funktionssammenhængen viser, at den diffuse afstrømning af fosfor øges relativt mere end den tilsvarende forøgelse af ferskvandsafstrømningen. For kvælstof sker der det, at der ved høje ferskvandsafstrømninger sker en relativ mindre forøgelse af diffus kvælstofudvaskning, da de kvælstofdepoter, der kan udvaskes, vil blive udtømte. Funktionen tager dog ikke højde for at der kan være sket et signifikant fald i kvælstoftransporten, hvilket synes at være tilfældet for 1999 og 2000-tallene.

3.3.3 Tilførsel af næringssalte og organisk stof til marine områder fra dansk land

Stoftilførsel i 2000

Tilførslen af næringssalte via vandløb og direkte spildevandsudledninger til de marine kystafsnit fremgår af tabel 3.9. For alle 3 stoffer gælder, at tilførslen var væsentligt mindre end i 1999, hvor tilførslerne også var meget store pga. en stor vandafstrømning.

Spildevandsudledninger til ferskvand af kvælstof, fosfor og BI₅ er for 2000 opgjort til lidt mindre end i 1999. I de senere år (fra omkring 1996) har der kun været et mindre fald i spildevandsudledningerne til ferskvand, og der er således en tendens til, at det betydelige fald, der er sket i begyndelsen af 1990'erne er næsten stagneret (fig. 3.19). De direkte spildevandsudledninger til de marine kystafsnit (inklusiv udledninger fra spredt bebyggelse) er til gengæld fortsat faldet fra 1999 til 2000 for både kvælstof, fosfor og organisk stof, henholdsvis 18%, 17% og 21%. Dermed fortsætter den faldende belastning fra direkte spildevandsudledninger.

For første gang siden overvågningsprogrammets start i 1989 kan der nu ses et statistisk signifikant fald i den samlede kvælstoftilførsel til danske havområder. Faldet anslås til knap 30% siden 1990. Punktkilder til ferskvand udgjorde i 2000 ca. 5% af den samlede kvælstoftilførsel med ferskvand til marine kystafsnit. De tilsvarende tal er 23% for fosfor og 25% for BI₅. De diffuse kilder (dvs. afstrømningen fra åbent land og spredt bebyggelse) udgjorde i 2000 92% af den samlede kvælstoftilførsel med ferskvand til marine kystafsnit. For fosfor har andelen været 65% og for BI₅ 60%. De diffuse kilder vil være relativt størst i år med en stor ferskvandsafstrømning.

Udvikling i næringssalttilførsel

Da den diffuse afstrømning er langt den største kilde til kvælstoftilførslen til marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger, vil den være tæt korreleret til ferskvandsafstrømningen. For fosfor udgør den diffuse afstrømning nu også hovedkilden til den tilførsel.

Tabel 3.9 Tilførslen af kvælstof, fosfor og BI_5 via vandløb og direkte udledninger (eksklusiv havbrug) til marine kystafsnit i 2000 (tallene er afrundede). Kilder: *Miljøstyrelsen (2001)* og *Bøgestrand (red) (2001)*.

	Kvælstof t	Fosfor t	BI_5 t
<i>Baggrundsbidrag</i>	8.500	290	7.700
<i>Dyrkningsbidrag</i>	73.700	1.150	9.200
<i>Spredt bebyggelse</i>	1.000	220	3.800
<i>Punktkilder til ferskvand</i>	4.300	490	6.900
<i>Tilbageholdelse i ferskvand</i>	-7.700	-30	-
Afstrømning til havet via vandløb	79.800	2.120	27.600
Spildevand direkte til havet	3.200	390	7.300
Total til havet (excl. atmosfærisk bidrag)	83.100	2.520	35.000

Betydningen af den diffuse fosfortilførsel er steget i takt med den forbedrede spildevandsrensning.

Den store renseindsats overfor spildevand er meget tydelig, idet de samlede spildevandsudledninger af fosfor er faldet fra ca. 9.000 t i 1981-88 til ca. 1.100 t i 2000 svarende til en 88% reduktion. Tilsvarende er de samlede spildevandsudledninger af kvælstof faldet fra ca. 28.000 t i perioden 1981-88 til ca. 8.800 t i 2000, dvs. med ca. 70%.

I fig. 3.19 er spildevandsudledningerne omregnet til en årlig vandføringsvægtet koncentration ved at dividere spildevandsudledningerne med middelferskvandsafstrømningen i perioden 1989-2000 for at normalisere de beregnede koncentrationer.

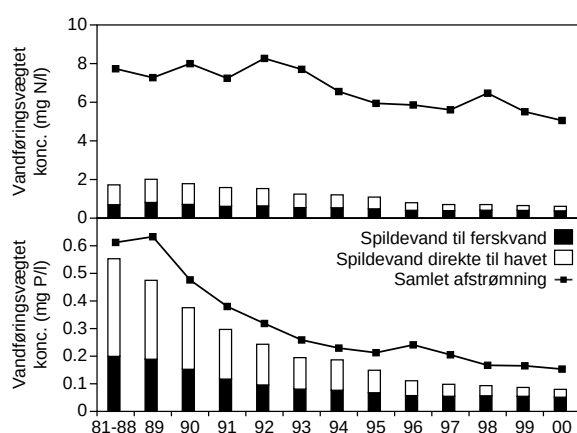


Fig. 3.19 Vandføringsvægtede koncentrationer i den samlede målte tilførsel via vandløb og direkte spildevandsudledninger af kvælstof og fosfor. Endvidere vises den beregnede vandføringsvægtede koncentration som spildevand til ferskvand og som direkte spildevandsudledninger bidrager med af den samlede vandføringsvægtede koncentration. Kilde: *Bøgestrand (red) (2001)*.

Endvidere er den samlede tilførsel af kvælstof og fosfor til de marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger omregnet til vandføringsvægtede koncentrationer (beregnet som årets tilførsel divideret med årets ferskvandsafstrømning). Heraf fremgår at faldet i den vandføringsvægtede fosforkoncentration i den samlede afstrømning alene kan forklares af de reducerede spildevandsudledninger, mens det tilsvarende fald i den vandføringsvægtede kvælstofkoncentration hovedsageligt kan forklares fra de reducerede spildevandsudledninger.

Hovedkilden for kvælstoftilførslen til ferskvand (dvs. hvor der er taget højde for retention) er bidraget fra de dyrkede arealer (figur 3.17) der har bidraget med 74-86% af tilførslerne i perioden 1989-2000.

Baggrundsbidraget (beregnet ud fra de arealkoefficienter, der findes fra målinger i naturoplandene) har udgjort 8-12% af tilførslerne, medens spildevandets andel har været faldende gennem perioden fra 13% i 1989 til kun 6% i 1999 og 7% i 2000.

For fosfortilførslen til ferskvand har udledningerne fra punktkilder tidligere været den største kilde, men fra i 1989 at have udgjort 70% af belastningen udgjorde den kun 23% i 2000. Tilførsel fra spredt bebyggelse har udgjort ca. 10% i 2000, og har ellers ligget mellem 10 og 20% af tilførslen til ferskvand i perioden siden 1989. Betydningen af spildevand er mindre i mere afstrømningsrige år, hvor den diffuse tilførsel vil stige.

[Tom side]

4. Vandmiljøets tilstand og udvikling

4.1 Grundvand

Grundvandsovervågning blev oprindeligt iværksat som en konsekvens af vedtagelsen af Vandmiljøplanen i 1987, med det hovedformål at registrere grundvandets belastning med kvælstof og fosfor samt vurdere virkningerne af ændringer i næringsstofbelastningen som Vandmiljøplanens tiltag ville medføre. Endvidere har grundvandsovervågningen til formål generelt at følge udviklingen i grundvandsressourcens kvalitet og størrelse, for også i fremtiden at kunne sikre Danmarks befolkning drikkevand af god kvalitet. Endelig er det et formål at beskrive kvaliteten af det vand der udgør basistilstrømningen til de danske ferske vande. Grundvandskvaliteten måles i NOVA programmet i 67 grundvandsovervågningsområder (GRUMO) nogenlunde jævnt fordelt over landet samt i 5 landovervågningsoplande (LOOP), hvor der også

foretages registreringer af jordbundsforhold og dyrkningsforhold i oplandet (fig. 4.1). Herudover omfatter rapporteringen resultaterne af vandværkernes boringskontrol. Overvågningen omfatter i alt

- 1114 indtag i GRUMO
- 100 indtag i LOOP
- 7938 indtag i vandværksboringer

Grundvandskvaliteten varierer kun langsomt sammenlignet med vandkvaliteten i søer, vandløb og havet. Prøvetagningsfrekvensen er derfor lav, oftest 0,3-4 prøver pr. år fra det enkelte indtag.

4.1.1 Nitrat i grundvand

Der er i perioden 1990-2000 ikke fundet nitrat i 61% af overvågningsboringer i hovedgrundmagasinerne, dvs. boringer sat i de grundvandsmagasiner der normalt indvindes vand fra. Der er i samme periode ikke fundet nitrat i 68% af vandværkernes forsyningsboringer.



Fig. 4.1 Grundvandsovervågningsområder og Landovervågningsoplande. Kilde: GEUS (2001).

16% af overvågningsboringerne indeholder mere nitrat end grænseværdien for drikkevand på 50 mg/l. Tilsvarende indeholder 2% af vandforsyningsboringerne nitratkoncentrationer over 50 mg/l. Det lavere tal for vandforsyningsboringer skyldes, at mange vandforsyningsboringer med højt nitratindhold er blevet lukket.

I nogle vandforsyningsboringer sker der også en opblanding af grundvandet i selve boringen på grund af flere indtag af grundvand fra forskellige dybder. Endelig er vandforsyningsboringer gennemsnitligt lidt dybere end overvågningsboringer.

Nitratfronten

Der er i 1998-1999 etableret 4 redoxboringer i 4 grundvandsovervågningsområder, hver med mellem 15 og 23 indtag i forskellige dybder ned til ca. 45 m under terræn. Boringerne ligger fordelt med en boring i hvert af amterne Storstrøm, Ribe, Århus og Nordjylland. Formålet med boringerne er at få mere detaljerede oplysninger om nitratfrontens bevægelser i forskellige områder af Danmark og i forskellige geologiske scenarier. Der er sket visse ændringer i grundvandets nitratindhold, men det skyldes tilsyneladende variationer i grundvandets trykforhold, således at der sker forskydninger af nitratfronten både op og ned. Data fra de første analyserunder fra disse multifilterboringer viser veludviklede og veldefinerede redoxzoner på 10-15 meter ned gennem lagsøjlen.

Den generelle vurdering af nitratindholdet i grundvandet er fortsat, at der endnu ikke på nuværende tidspunkt kan konstateres nogen væsentlig ændringer som følge af Vandmiljøplanens tiltag, fordi det meste af det grundvand der anvendes til vandforsyning, helt generelt er dannet før 1987. Nitratkoncentrationen er generelt lav på øerne, mens de høje værdier ses i Jylland.

Nitratindhold afhænger af geologien

GRUMO er hovedsagelig almindelige landbrugsområder. Der kan derfor ikke ud fra GRUMO resultaterne opstilles relationer mellem nitratindhold og arealanvendelse. Derimod viser resultaterne, at grundvand med højt redoxpotentiale (oxisk sv.t. iltholdigt) generelt har et højere nitratindhold end grundvand fra forekomster med lavt redox potentiale (anoxisk sv.t. iltfattigt) (fig. 4.2)

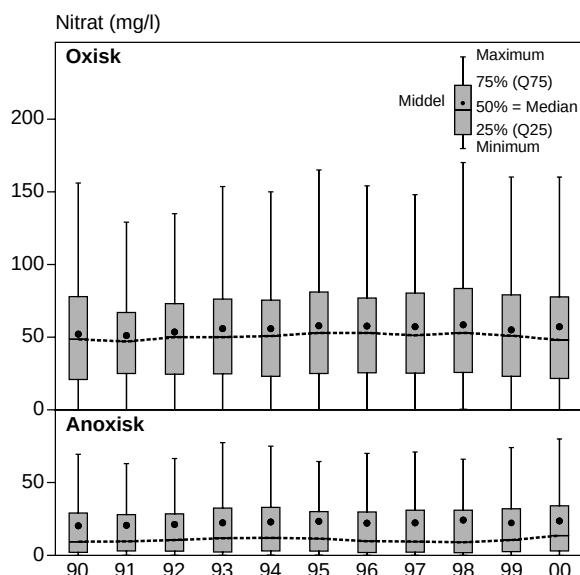


Fig. 4.2 Nitratudviklingen i perioden 1990-2000 baseret på data fra alle aktive indtag med et nitratindhold større end 1 mg/l for hele perioden. Redoxzonerne er: oxisk (iltholdigt) og anoxisk (iltfattigt). Kilde: GEUS (2001).

Grundvandet i landovervågningsoplandene er det yngste vand som overvåges. Nitratindholdet i dette grundvand, fordelt på sand- og lerjordsområder er vist som et box-diagram i fig. 4.3 sammen med vinternedbøren. Da det er den relative variation som er interessant og ikke mængden af nedbøren, er det valgt at benytte nedbørsdata for Københavnsområdet (DMI, 2001). Der er kun medtaget nitratdata fra grundvandsprøver indsamlet i 4. og 1. kvartal. Af box-diagrammer i fig. 4.3 fremgår det at der er stor spredning i nitratdata for vinterperioden, hvor sandjordsområderne har et højere nitratindhold i grundvandet end lerjordsområderne.

Sammenlignes medianværdierne for nitrat med kurven for vinternedbøren ses en tydelig sammenhæng, således at den første høje vinternedbør giver et højt nitratindhold i det nydannede grundvand, fordi der efter en tør periode er ophobet et kvælstofoverskud i jorden (fig. 4.3). De næste år med høj nedbør resulterer i et fald i nitratindholdet, fordi der nu ikke er et bidrag fra tidligere mineralisering i jorden.

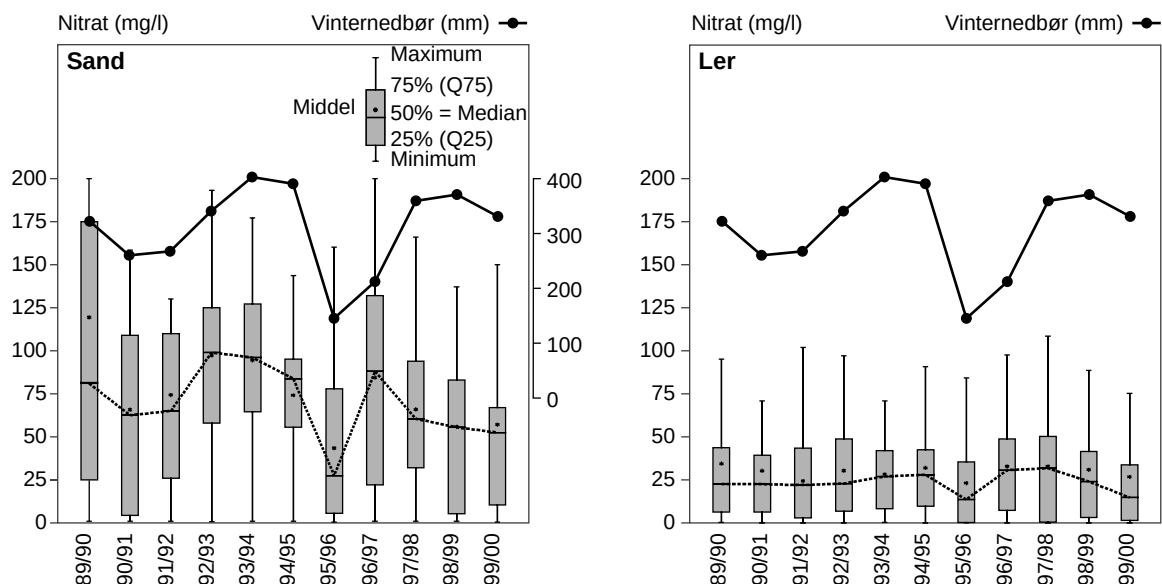


Fig. 4.3 Nitrat i grundvand landovervågningsoplandene, LOOP fordelt på sand- og lerjordsområder, sammenlignet med vintervedbøren (øverste kurve) Kun nitratdata fra kvartalerne 4 og 1 er medtaget. Kilde: GEUS (2001).

I GRUMO og i vandværksboringer er der ingen generelle udviklingstendenser for nitratindhold siden overvågningsprogrammets start i 1989. Derimod kan det eftervises at nitratindholdet i grundvandet afhænger af hvornår grundvandet er dannet. Dette tidspunkt er (fig. 4.4) bestemt ud fra en datering ud fra CFC ("freon") indholdet i grundvandet. Nitratindholdet er sammenlignet med den samtidige landbrugsproduktion i Danmark udtrykt ved handelsgødningforbruget i kg N/ha år. Medianværdien (50% fraktilen) for nitra-

tindholdet stiger langsomt frem til sidst i 60-erne, hvorpå der relativt hurtigt sker en kraftig stigning fra ca. 15 mg/l til ca. 40 mg/l. Resten af perioden svinger nitratindholdets medianværdi lige under 50 mg/l.

Der er altså i efterkrigsperioden i Danmark en sammenhæng mellem nitratindholdet i det grundvand, som dannes, og intensiteten af den samtidige landbrugsproduktion.

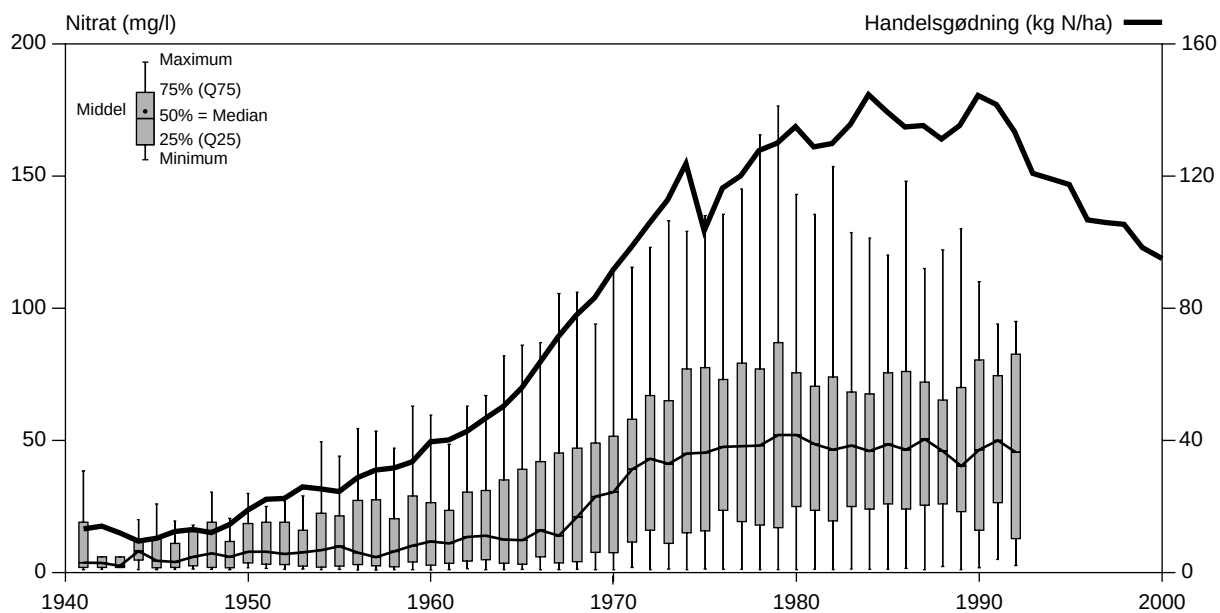


Fig. 4.4 Box-diagram med nitrat i GRUMO-indtag hvor data er korregeret ud fra CFC-dateringerne sammenlignet med forbrug af handelsgødning i kg N/ha. Kun indtag med mere end 1 mg/l nitrat indgår i beregningerne. Kilder: GEUS (2001) og Plantedirektoratet (2001).

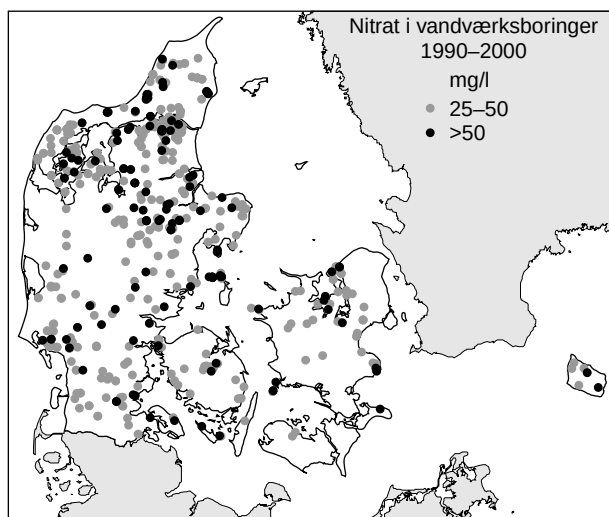


Fig. 4.5 Nitratkoncentrationen i vandværksboringer baseret på samtlige analyser fra perioden 1990-2000. Kun boringer med mere end 25 mg/l nitrat er medtaget. Kilde: GEUS (2001).

Nitrat i vandværksboringer

Højt nitratinhold over 25 mg/l optræder mest i det såkaldte "Nitrat-bælte" der strækker sig fra det nordøstlige Århus Amt ind i Viborg og Nordjyllands amter (fig. 4.5). Høje nitratinhold i disse områder skyldes at vandet fra rodzonen hurtigt siver gennem de sandede jorder uden væsentlig denitrifikation. Grundvand der indvindes til drikkevand i områder med dårlig beskyttelse af grundvandsmagasinet som ved Ålborg, på Mors og omkring Roskilde Fjord har også et højt nitratinhold.

4.1.2 Grundvandsressourcen

Grundvandmodeller og hydrologiske modeller, herunder Den Nationale Vandressourcemodel (DK-modellen) og et antal regionale og lokale modeller bruges nu i stigende omfang til få et billede af grundvandsdannelsen i forskellige dele af landet. Grundvandspejleprogrammet benyttes til at få et billede af naturligt betingede og antropogene variationer i grundvandsressourcen. Endelig indberettes den årlige vandindvinding til Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) én gang om året. Disse tre faktorer vil i fremtiden være vigtige værktøjer til vurdering og beskyttelse af grundvandsressourcen.

Efter et par regnrige år er grundvandsstanden nu atter normal. Samtidig har våde forsomre i 1998 og 1999 medført at vandindvindingen til markvanding har været den laveste i mange år.

Vandindvinding

Den samlede grundvandsindvinding i Danmark var i 2000 på 710 millioner m³ og indvindingen af overfladevand var 16 millioner m³. Fordelingen

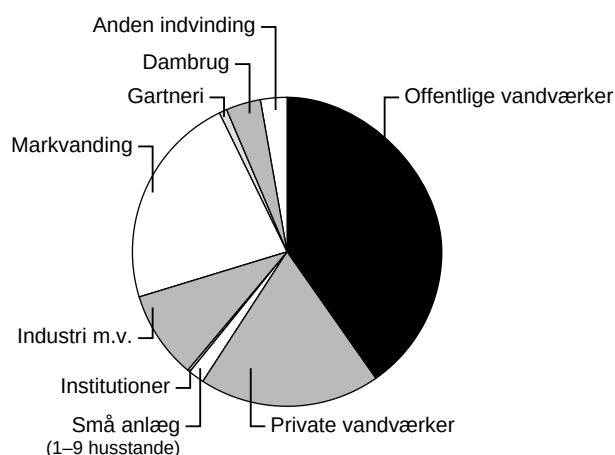


Fig. 4.6 Indvundne grundvandsmængder i Danmark i 2000 fordelt på 9 forbrugskategorier. Kilde: GEUS (2001).

mellem de forskellige forbrugskategorier for det indvundne vand er vist i fig. 4.6.

Vandværkerne oppumper størstedelen af det indvundne grundvand. Den samlede vandindvinding på almene vandværker udgjorde i 2000 420 millioner m³ mod 640 millioner m³ i 1989, et fald på næsten 35%. Faldet synes at være stagneret i 2000. Også markvanding udgør en væsentlig andel med knap ¼ af den indvundne mængde. Indvindingen til markvanding var i 2000 på 192 millioner m³ mod 453 millioner m³ i 1992, hvor den var højest.

4.2 Søer

I alt 31 søer indgår i det landsdækkende Overvågningsprogram. Søerne er udvalgt så de er repræsentative for de større danske søer, og spænder fra helt rene, klarvandede søer til søer der er stærkt forurenet som følge af eksisterende eller tidligere tiders spildevandsudledninger. Ud over 27 ferskvandssøer er også 4 brakvandssøer med i overvågningsprogrammet (fig. 4.7).

I gennemsnit er der for disse søer i perioden 1989-2000 sket en forbedring af tilstanden i op mod halvdelen af søerne og en forværring i kun et fåtal. Medianværdier og ændring i perioden er angivet i tabel 4.1 samt illustreret i fig. 3.11 og 3.12.

4.2.1 Vandkemi

Fosfor

I overensstemmelse med faldet i indløbs- og afløbskoncentrationen viser de tidsvægtede værdier af fosforindholdet i søvandet for året som helhed også en faldende tendens gennem de 12 år (fig. 4.8). Således er årsgennemsnittet for totalfosfor

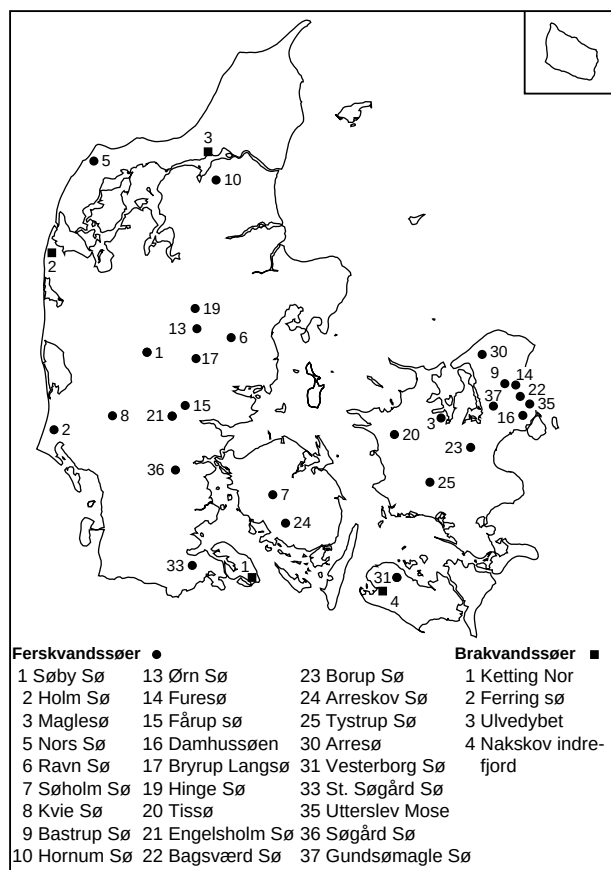


Fig. 4.7 Geografisk placering af de intensive overvågningssøer. Kilde: Miljøstyrelsen (2000).

reduceret fra 0,176 mg P/l i perioden 1989-94 til 0,107 mg P/l i 2000 og opløst fosfat fra 0,072 til 0,034 mg P/l. Både års- og sommermiddelværdier af totalfosfor og opløst fosfat i overvågningssøerne er reduceret med hhv. knap 40% og godt 50% siden overvågningsprogrammets start i 1989.

Tabel 4.1 Medianværdier for kvalitetstparametre for overvågningssøerne i 2000 og udvikling i perioden 1989-2000. Kilde: Jensen et al (2001).

Parameter	Median	Forbedret	Forværret
P-indløbskonc. (mg P/l)	0,091	14	1
P-søkoncentration (mg P/l)	0,093	19	1
P-tilbageholdelse (%)	2	3	2
N-indløbskonc. (mg N/l)	4,4	13	0
N-søkoncentration (mg N/l)	1,7	12	0
N-tilbageholdelse (%)	44	2	1
Sigtdybde (m)	1,4	10	3
Klorofyl a (µg/l)	35,5	10	1
Planteplankton (mm ³ /l)	4,9	7	3
Blågrønalger (%)	23	6	5
Dyreplankton (mg tv/l)	0,57	3	7
Dyreplanktons græsning (%/d)	24	8	3

Kvælstof

Koncentrationen af totalkvælstof i søernes til- og afløb har vist faldende tendens i hele overvågningsperioden, men der er dog tydelige nedbørsafhængige år til år variationer (fig. 4.8). Gennemsnitskoncentrationen af totalkvælstof i til- og afløb er i 2000 reduceret med hhv. 28 og 18% i forhold til perioden 1989-94.

Sigtdybde og klorofyl

Det generelt reducerede fosforniveau i søerne siden overvågningen af vandmiljøet startede i 1989 har resulteret i en øget sigtdybde og et faldende klorofyl-indhold (fig. 4.8). Årsmiddelsigtdybden er øget fra 1,65 m i perioden 1989-94 til 1,83 m i 2000, mens sommermiddelsigtdybden er øget fra 1,43 til 1,61 m.

Planteplankton

De dominerede planteplankton grupper er som i tidligere år blågrønalger, kiselalger samt grønalger, og den gennemsnitlige sommerbiomasse af blågrønalger og kiselalger er fortsat faldende. Dette gælder især blågrønalgerne, hvis median-sommerbiomasse i 2000 er faldet hele 90% sammenlignet med sommermedianen for perioden 1989-1994 og 80% sammenlignet med 1995-2000. Grønalgerne derimod har i 2000 en gennemsnitlig sommerbiomasse svarende til perioden 1989-1994.

Som det mest tydelige eksempel på generelle ændringer er vist udviklingen i blågrønalger i overvågningssøerne i fig 4.9.

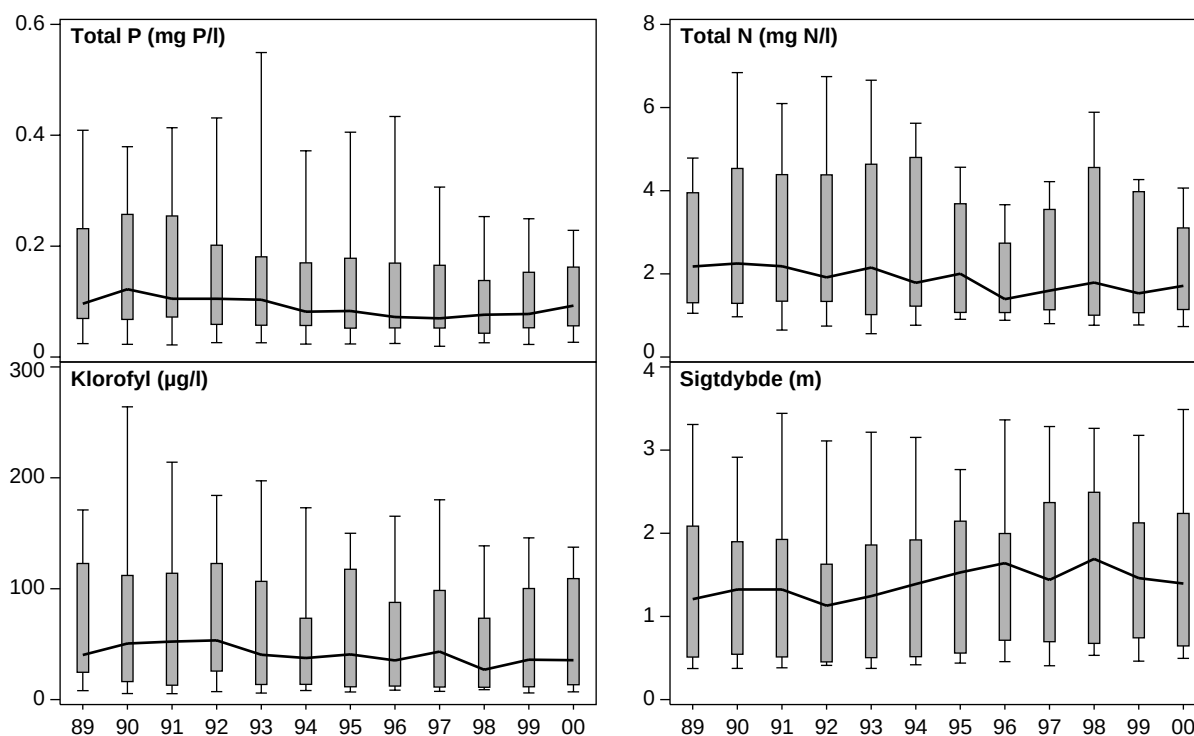


Fig. 4.8 Udvikling i årsgennemsnit af total fosfor og kvælstof samt sommergennemsnit (1/5 – 1/10) af klorofyl og sigtdybde i overvågningssøerne. Kilde: Jensen et al (2001).

Denitrifikation i søerne

Kvælstoftilbageholdelse i søerne sker hovedsageligt ved denitrifikation af nitrat til frit kvælstof der afgasser til atmosfæren. Dette er en vigtig proces fordi den mindsker indholdet af nitrat i søen og tilførslen af nitrat til nedstrøms liggende vandområder. Kvælstoftilbageholdelsen var i 2000 ca. 30-35% af den tilførte mængde med de højeste procentvise tilbageholdelser i søer med lange opholdstider (fig. 4.10).

Undervandsplanterne har generelt været i fremgang fra undersøgelsen af disse startede i 1993 indtil 1999. I 1999 reduceredes dækningsgraden i mange søer. Denne tendens vendte igen i 2000, og dækningsgraden er steget svagt. I 6 søer har der været signifikante ændringer i tendensen i forhold til i 1999. Dette viser at tendensen i øjeblikket er meget følsom over for det seneste års resultater, hvilket især tilskrives den kortere tidsserie for denne variabel.

4.2.2 Undervandsplanter

Siden 1993 er undervandsplanternes udbredelse blevet undersøgt én gang årligt i 14 af de 27 overvågningssøer.

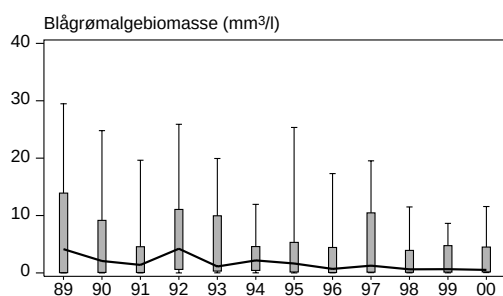


Fig. 4.9 Udviklingen i sommergennemsnit af blågrønmålgæbiomassen (mm^3/l) i NOVA-søerne. Kilde: Jensen et al (2001).

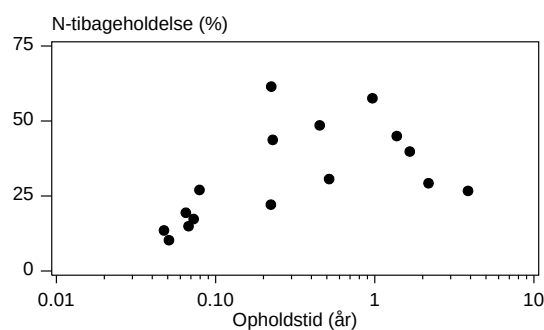


Fig. 4.10 Sammenhængen mellem kvælstoftilbageholdelse og vandets opholdstid for de 16 søer, hvor der har kunnet beregnes en N-massebalance. Kilde: Jensen et al (2001).

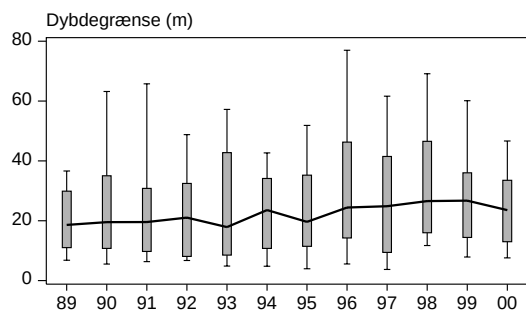


Fig. 4.11 Udviklingen i den maksimale dybdegrænse for undervandsplanter i søerne med undervandsplanteundersøgelser. Kilde: Jensen et al (2001).

Der er betydelige år til år variationer i hvor stor en del af søbunden der er bevoxet med undervandsplanter. Derimod har der ikke været megen udvikling gennem perioden i vegetationens dybdegrænse i de søer, hvor der er lavet vegetationsundersøgelser, men der er stor variation fra sø til sø i vegetationens dybdeudbredelse (fig. 4.11).

4.2.3 Fisk

Tværgående analyser af data fra overvågningssøerne indikerer en aftagende biomasse af fisk og en større andel af rovfisk i de søer, hvor miljøtilstanden er forbedret i måleperioden. En sådan ændring er forventelig som et resultat af mindsket eutrofieringsgrad.

4.2.4 Brakvandssøer

Danmark har et stort antal naturlige og kulturskabte brakvandssøer, som også dækker et betydeligt areal. På trods af dette har brakvandssøer hidtil ikke været undersøgt i særlig høj grad. I NOVA 2003 indgår 4 brakvandssøer: Ketting Nor (Sønderjyllands Amt), Ferring Sø (Ringkøbing Amt), Ulvedybet (Nordjyllands Amt) og Nakskov Indrefjord (Storstrøms amt). På grund af det endnu ret beskedne datamateriale gives der her kun en kort oversigt over miljøtilstanden i de 4 brakvandssøer.

Næringsstofniveauerne er forholdsvis høje i alle fire brakvandssøer, total fosforkoncentrationen er således over 0,1 mg P/l, og total kvælstofkoncentrationen er mellem 1 og 4 mg N/l.

Sigtdybden er derfor lav (< 1 m) og klorofylindholdet højt. Mængden af suspenderet stof (SS) er også høj i søerne. Mængden er specielt høj i Ferring Sø (ca. 100 mg SS/l), hvilket skyldes at mængden af suspenderet stof ikke alene er bestemt af planteplankton, men i høj grad også øges på grund af ophviling af sediment. Ferring Sø er meget vindpåvirkelig som følge af beliggenheden tæt på Vesterhavet og den lave vanddybde.

Undervandsvegetationen i brakvandssøerne er forskellig fra den tilsvarende vegetation i ferskvandssøerne med forekomst af bl.a. Almindelig havgræs, Langstillet havgræs, Krølhårstang, Søsalat og Tramrørhinde.

4.2.5 Enkelte søer

Tilstand og udvikling i den enkelte sø afhænger af de naturgivne forhold i den enkelte sø og af de konkrete ændringer i påvirkningsfaktorerne, først og fremmest næringssalttilførslerne til søen. Der er derfor ingen generel sammenhæng mellem udviklingen i de enkelte søer. Tilstanden i den enkelte sø må nødvendigvis forklares ud fra hver sin historie. Som en opsummerende oversigt er der i tabel 4.2 for hver enkelt sø angivet udviklingen i udvalgte kvalitetsparametre for søerne.

Samlet set er miljøtilstanden i overvågningssøerne forbedret fra 1989 til 2000 især på grund af reduktioner i fosfortilførslen. Forbedringer i miljøtilstanden er registreret især for de vandkemiske parametre (bl.a. fosforkoncentration og sigtdybde) og også i den biologiske struktur (især planteplankton). Reduktionen i fosfortilførslen til søerne skyldes regionale og lokale tiltag til forbedring af spildevandsrensningen. Den diffuse fosfortilførsel fra dyrkede arealer er ikke reduceret igennem perioden og er således den væsentligste kilde til den dårlige tilstand. Som situationen er i dag, har de hidtidige forbedringer i miljøtilstanden ikke været tilstrækkelige til, at søernes kvalitetsmålsætninger generelt har kunnet opfyldes, idet kun 7 af de 31 søer opfylder målsætningen. Den fulde effekt af reduceret fosfortilførsel opnås dog ofte først med årtiers forsinkelse. Forsinkelse af effekten skyldes at søsedimenterne indholder en pulje af fosfor hvorfra der langsomt sker en frigivelse.

Tabel 4.2 Udviklingen i indholdet af totalfosfor (total-P) og totalkvælstof (total-N) i indløb og søvand samt udviklingen i overvågningssøernes sigtdybde og indhold af klorofyl fra 1989 til 2000. -/--/---/----/+ /++ /+++ /++++ svarer til reduktion/forøgelse på hhv. 10, 5, 1 og 0,1% signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring. Kilde: Jensen et al (2001).

Sø	Årsmiddel		Årsmiddel		Sommermiddel	
	Indløb Total P	Søvand Total-P	Indløb Total-N	Søvand Total-N	Klorofyl	Sigtdybde
Søby Sø	---	+	--	0	0	--
Holm Sø	----	0	0	0	0	0
Maglesø	0	--	0	0	0	0
Nors Sø	0	0	0	0	0	0
Ravn Sø	---	----	--	0	0	0
Søholm Sø	++	--	0	0	0	0
Kvie Sø	-	0	0	0	-	0
Bastrup Sø	0	----	---	----	---	+++
Hornum Sø	0	0	0	0	0	0
Ørn Sø	---	----	--	---	--	--
Furesøen	--	---	---	----	0	+++
Fårup Sø	0	---	0	0	-	+++
Damhussøen	-	----	0	0	0	0
Bryrup Langsø	---	----	0	0	0	0
Hinge Sø	0	0	--	----	0	0
Tissø	----	0	-	0	0	++
Engelsholm Sø	0	----	0	----	---	+++
Bagsværd Sø	0	----	0	0	0	+
Borup Sø	0	---	0	--	-	0
Arreskov Sø	--	--	--	---	0	+++
Tystrup Sø	----	---	---	---	++++	-
Arresø	----	----	----	---	0	0
Vesterborg Sø	0	----	0	0	---	++++
St. Søgård Sø	0	---	---	--	---	++
Utterslev Mose	----	0	----	--	0	0
Søgård Sø	0	----	0	0	--	++
Gundsømagle Sø	----	----	---	--	0	0

4.3 Vandløb

Målingerne i vandløbene falder i to grupper: undersøgelser af de vandløbsøkologiske forhold inkl. smådyr, fisk, planter og de fysiske forhold og målinger af stofkoncentrationer og vandføring bl.a. til beregning af stoftransporten i vandløb samt af de samlede stoftilførsler via vandløb til marine kystafsnit. De registrerede økologiske forhold relateres også til de vandkemiske målinger.

Vandkemi

Der indgår 231 målestationer i vandløb og 58 kilder i NOVA (fig. 4.12). Måleprogrammet omfatter vandføring samt en række fysiske og kemiske parametre. Næringsstofferne kvælstof og fosfor samt organisk stof er vigtige elementer. Desuden tilvejebringes en række oplandsrelaterede informationer omfattende oplandsafgrænsning, arealanvendelse, jordtype, spildevandsudledninger, dyrkningspraksis m.m.

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 biologisk kvalitetsbedømmelse ud fra Dansk VandløbsFauna Indeks (DVFI) for at få et landsdækkende billede af vandløbenes tilstand.

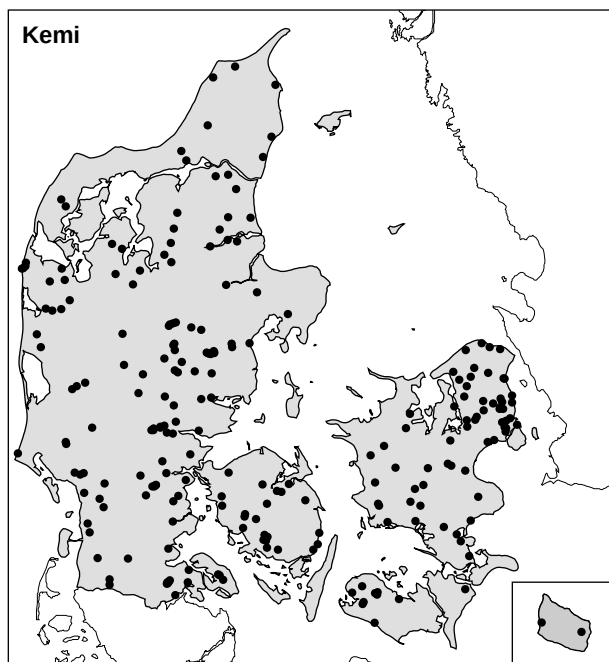


Fig. 4.12 Kort over prøvetagningsstationer i vandløb. Kilde: Bøgestrand (red) (2001).

Den vigtigste vurdering af vandløbskvaliteten sker ved undersøgelse af smådyrsfaunaens sammensætning.

4.3.1 Koncentration af fosfor og kvælstof

I kapitel 3 er udviklingen i næringssaltkoncentrationer i vandløb i sammenhæng med stoftilførslerne til vandløb beskrevet (fig 3.14 og 3.16).

Her anføres derfor kun en tabellarisk oversigt over kvælstof og fosforkoncentrationer i vandløb i de forskellige hovedoplandstyper.

Af tabel 4.3 fremgår at vandløb i de dyrkede oplande har ca. 5 gange så høje nitratkoncentrationer og ca. 3 gange så høje fosfatkoncentrationer som vandløb i naturoplande. For nitrats vedkommende skyldes hele denne forskel dyrkningen af jorden, mens forskellen i fosfatindhold skyldes både dyrkning af jorden og udledning af spildevand fra spredt bebyggelse. Tallene i tabel 4.3 er gennemsnitværdier.

Oplande med væsentlige spildevandsudledninger (punktkilder) er også typisk landbrugsområder. Her er fosfatindholdet yderligere øget i forhold til landbrugsoplandene som følge af det udledte spildevand. Derimod er indholdet af kvælstofforbindelser på samme niveau som i de dyrkede oplande.

Den mest markante konklusion vedrørende næringssalte i danske vandløb i 2000 er at der nu er konstateret et signifikant fald i kvælstofafstrømning fra dyrkede arealer og dermed også et fald i kvælstofindholdet i vandløb i dyrkede områder. I perioden 1990 til 2000 er faldet på ca. 22% i disse vandløb.

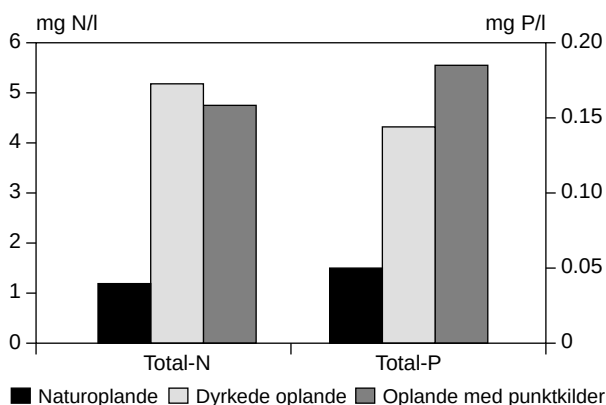


Fig. 4.13 Boxplot diagram visende ovennævnte tal som søjler samt 50% og 90% grænser. Modifieret efter Bøgestrand (red) (2001).

Tabel 4.3 Årsgennemsnit for tidsvægtet koncentration af kvælstof- og fosforforbindelser i vandløb i 2000. Kilde: Bøgestrand (red) (2001).

N og P 2000	Naturoplande	Dyrkede oplande	Oplande med punktkilder (spildevand)
Antal st. N/P	9/9	101/64	69/69
Total kvælstof mg/l	1,19	5,18	4,75
Nitrat-N mg/l	0,75	4,48	4,02
Ammonium-N mg/l	0,03	0,11	0,16
Total fosfor mg/l	0,050	0,144	0,185
Orthofosfat-P mg/l	0,023	0,071	0,102

4.3.2 Miljøtilstanden i vandløb

Resultaterne af undersøgelserne af smådyr i 2000 ved 1047 vandløbsstationer er at den dominerende tilstand var faunaklasse 4 som forekom på knapt 41% af stationerne (fig. 4.14). Faunaklasse 4 svarer til en moderat påvirket fauna hvor hovedparten af de mere krævende smådyrsarter enten mangler eller er meget fåtallige. Vandløb, der er upåvirkede eller svagt påvirkede (faunaklasserne 5, 6 og 7), forekom på godt 40% af stationerne, mens vandløb der er kraftigt eller meget kraftigt påvirkede (faunaklasserne 1, 2 og 3), udgjorde næsten 19%.

Forskelle mellem landsdelene

Miljøtilstanden er generelt bedre i vandløb i Jylland og på Fyn end på de øvrige øer (fig. 4.15).

Forskellene mellem landsdelene har ikke kunnet forklares ud fra bundforholdene i vandløbene. De mest sandsynlige årsager til forskellene er, at vandføringerne er lave i sommerhalvåret øst for Storebælt på grund af lav nettonedbør og stor vandindvinding. At den dominerende jordtype her er ler, medfører også stor årstidsvariation i vandføring og dermed en særlig lille vandføring og i

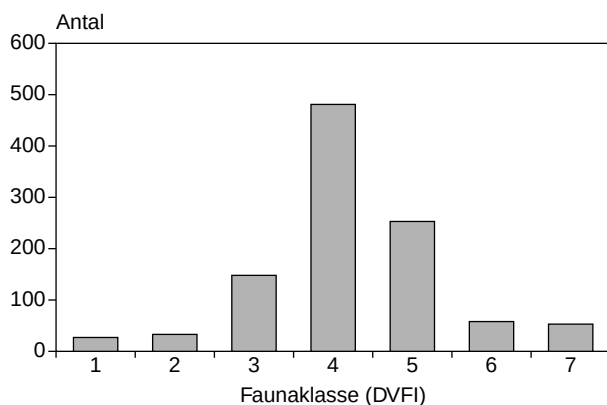


Fig. 4.14 Biologisk vandløbskvalitet (Dansk Vandløbs-Fauna Index) på 1047 stationer i 2000. Kilde: Bøgestrand (red) (2001).

nogle tilfælde udtørring af vandløb om sommeren. Samtidig er befolkningstætheden i spredt bebyggelse generelt størst øst for Storebælt og fortynding af udledt spildevand mindre.

Målsætningsopfyldelse

Vurderet ud fra DVFI var vandløbenes kvalitetsmålsætninger opfyldt ved 44% af stationerne i 2000. I 1999 var målsætningen opfyldt ved 39% af stationerne.

Årsagerne til at over halvdelen af vandløbene ikke opfylder målsætningen er at ikke alle de tiltag der skal til, er gennemført og måske endda ikke er beskrevet i forbindelse med amternes fastsættelse af målsætningen.

Fysiske ændringer betinget af vandløbsvedligeholdelse, spærringer og tidligere tiders reguleringer (udretninger og uddybninger) er de vigtigste årsager til at den økologiske tilstand i de fleste

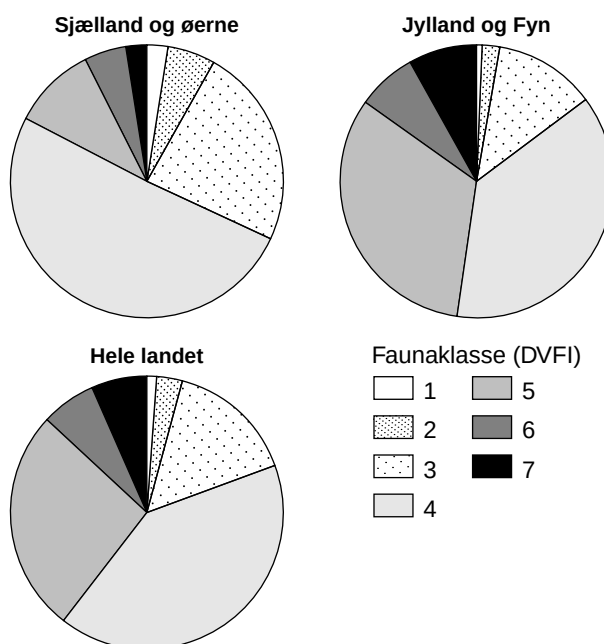


Fig. 4.15 Geografisk fordeling af DVFI i 2000. Kilde: Bøgestrand (red) (2001).

vandløb er langt dårligere end den ville have været under upåvirkede forhold. Herudover forurenes især de små vandløb af organiske stoffer udledt med spildevand, bl.a. fra spredt bebyggelse. Andre væsentlige forureningspåvirkninger er erosionsbetinget tilførsel af jord, tilførsel af organiske stoffer fra regnvandsoverløb fra byer og udledninger fra dambrug. Også organiske miljøfremmede stoffer synes at påvirke mange vandløb der modtager meget spildevand.

4.3.3 Økologiske sammenhænge i vandløb

De udvidede biologiske undersøgelser foretages i 80 mindre vandløb. Undersøgelserne udføres i 1998, 2000 og 2003 (Skriver et al 1999). Formålet med undersøgelserne er at belyse og dokumentere årsagerne til en generelt dårligere miljøtilstand i disse vandløb sammenlignet med danske vandløb som helhed.

Smådyr

Smådyrfaunaen der blev indsamlet forår og sommer udgjordes af i alt 421 forskellige grupper af dyr på de 80 stationer. Gammarus, Pisidium, Dicranota, Tubificidae, Micropsectra, Prodiamesa, Glossisiphonia og Limnephilidae forekom hyppigst, og blev fundet i 80-96% af vandløbene.

Fisk

Der er i 2000 registreret i alt 17 arter af fisk samt bæklampret fra de 80 vandløb. Ørred var klart den hyppigst forekommende art, idet den blev registreret fra 61 vandløb. Derudover forekom 3-pigget hundestejle, ål, 9-pigget hundestejle og bæklampret i 20-33 af vandløbene. De øvrige arter blev kun registreret i 1-8 af vandløbene.

Ørreden der var den klart hyppigste art i de 80 vandløb, havde meget forskellige indvidtætheder. Antallet af individer varierede fra <1 til 919 pr. 100 m². Enkelte vandløbslokaliteter skilte sig klart ud med meget store tætheder. På 22 vandløbslokaliteter var der en tæthed på ≥ 50 ørred pr. 100 m², mens 15 lokaliteter havde mindre end 10 ørred pr. 100 m². Den mediane tæthed for de 61 lokaliteter med ørreder var 30 individer pr. 100 m².

Betydningen af de fysiske og kemiske faktorer for smådyrfaunaen og fiskene

De fysiske og kemiske forholds betydning for smådyrene og fiskene er blevet nærmere analyseret. Ved disse analyser er det fundet at smådyrfaunaens kvalitet og forekomsten af ørred er negativt korreleret til ammoniumindholdet i vandet og positivt korreleret til bundindexet på vandløbsstrækningen. Bundindexet er et udtryk for vandløbsbundens fysiske heterogenitet. Mudderbund har det laveste index, mens sten og grusbund har det højeste index. Som eksempel er der i fig. 4.16 vist sammenhænge mellem forekomst af ørred (antal pr. m vandløb) og vandet ammoniumindhold og vandløbets bundindex.

Hvordan kan miljøtilstanden forbedres i de mindre vandløb?

Analysen af de fysisk-kemiske parametre i relation til de biologiske forhold viser betydningen af en god vandkvalitet og betydningen af et varieret bundsubstrat for både smådyrfaunaen og for ørred.

Vandløbene blev oprindeligt udvalgt ud fra et kriterium om at der ikke måtte være punktkilder i form af spildevandsudløb fra renseanlæg eller dambrug.

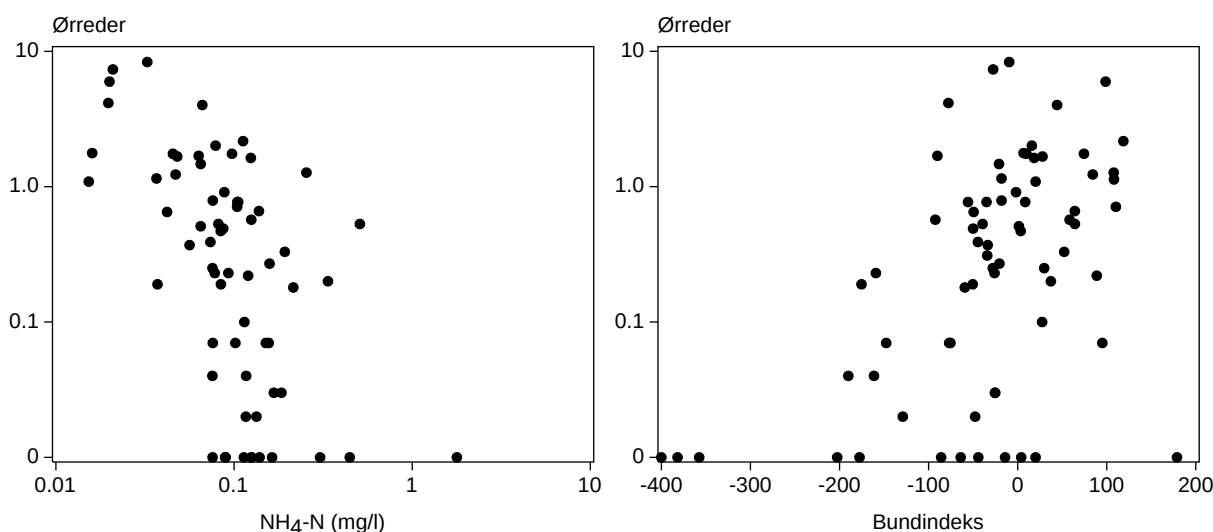


Fig. 4.16 Forekomsten af ørred (antal/m vandløb) i relation til det gennemsnitlige indhold af ammonium-N og Bundindex. Kilde: Bøgestrand (red) (2001).

Især indholdet af ammonium-N viser at vandløbene i praksis er spildevandspåvirkede. Påvirkning af de miljømæssige forhold på grund af dårlig vandkvalitet kan derfor kun være forårsaget af udledning fra den spredte bebyggelse eller regnvandsbetingede udledninger. Forbedring af de miljømæssige forhold kan i sådanne tilfælde opnås ved behandling af spildevandet ved etablering af f.eks. sandfilter, minirensanlæg eller nedsivning. Herved mindskes tilførslen af organisk stof og ammonium til vandløb. Der er iværksat tiltag for at reducere udledningerne fra den spredte bebyggelse og de regnbetingede udledninger.

Den anden faktor der forårsager en dårlig miljøkvalitet, er vandløbenes fysiske forhold med ringe variation som følge af grødeskæring og tidligere tiders regulering. Reguleringer der typisk er foretaget i perioden 1870-1970, har de fleste steder indflydelse på de fysiske og miljømæssige forhold i vandløbene.

En forbedret miljøkvalitet på alle biologiske niveauer forudsætter derfor at vandløbene i højere grad fremover får lov til at passe sig selv. Dette kan ske ved at vandløbsvedligeholdelse udelades. I de offentlige vandløb kræver dette en ændring af de nuværende regulativer.

De største naturforbedringer vil opnås, hvis der skabes store sammenhængende udyrkede områder

i ådalene således at der ikke fremover opstår interessekonflikter som følge af at intensivt dyrkede landbrugsarealer, ekstensiverede områder og egentlige naturområder ligger som et kludetæppe i vore ådale. I ådale/vandløb der ønskes genskabt som naturområder, vil det være en forudsætning, at regulativerne i de offentlige vandløb ændres så vi får det naturlige afstrømningsmønster med de naturbetingede forløb af vandløb og periodiske oversvømmelser.

Egentlige restaureringer kan overvejes i visse vandløb, men ophør af vandløbsvedligeholdelse vil de fleste steder kunne give store miljømæssige forbedringer. Tiden og naturens egne kræfter vil genskabe varierede og mere naturlige forhold i nogle af vandløbene.

4.4 Marine områder

Overvågning i kystområder og på forskellige stationer i de åbne farvande (jvnf. kap 1) er koncentreret om følgende 4 overordnede elementer: fysiske og kemiske forhold i vandsøjlen, fysiske og kemiske forhold i sedimenter, hydrografi og massebalance samt biologiske forhold. Af fig. 4.17 kan det ses hvor de forskellige områder og stationer er placeret.

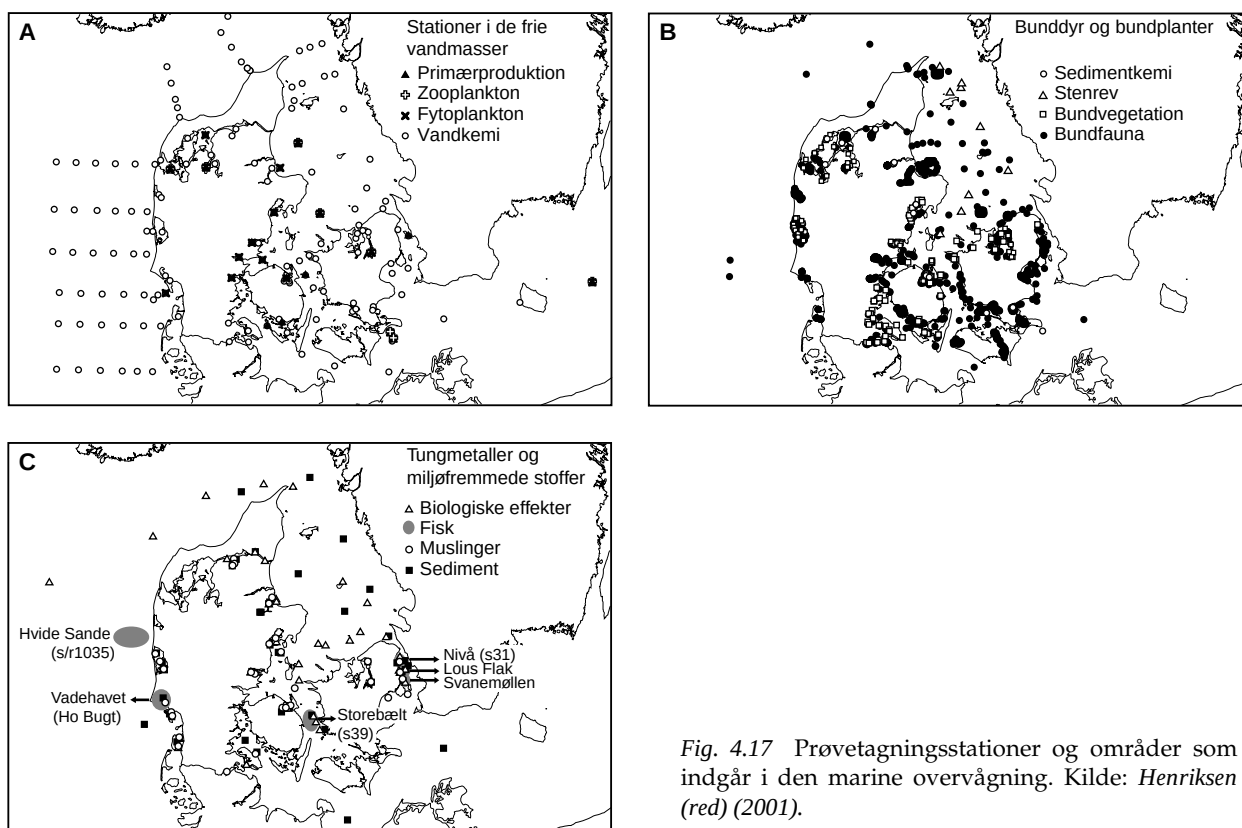


Fig. 4.17 Prøvetagningsstationer og områder som indgår i den marine overvågning. Kilde: Henriksen (red) (2001).

4.4.1 Næringssalte i fjorde og havområder

Generelt er koncentrationen af næringssalte i vandet langt højere i fjordene end i de åbne farvande, fordi der til fjordene er de største tilførsler af næringssalte med vandløb og spildevand i forhold til vandskiftet.

Da fjordene er stærkest påvirkede af tilførsler fra land, er det også her at resultaterne af indsatsen mod næringssalttilførsel viser sig tydeligst.

Udvikling i kvælstofindhold

Der var i løbet af 1990'erne betydelige år til år variationer i indholdet af uorganisk kvælstof i vandet. Dette afspejler i høj grad de nedbørsbetingede variationer i tilførslen som beskrevet i kap. 3.

Siden 1989 er der sket et signifikant fald i både den diffuse og den samlede tilførsel af kvælstof fra land til de marine områder (fig. 3.17). I perioden 1989-97 var der en stærk sammenhæng mellem afstrømning og kvælstofkoncentrationerne i vandet, men efter 1997 har kvælstofkoncentrationerne været markant lavere end forventet ud fra afstrømningen. Afstrømningskorrigerede næringsstofkoncentrationer viser, at der siden 1989 er sket et gradvist fald i koncentrationen af uorganisk kvælstof i åbne havområder, mens koncentrationen i fjorde og kystnære områder har været meget konstant, indtil den fra 1998 faldt markant.

Eksporten af total kvælstof fra de kystnære områder til de åbne farvande er tæt koblet til tilførslerne til fjordene og dermed til afstrømningen (fig. 3.18). Når eksporten af total kvælstof til de åbne farvande vurderes på baggrund af afstrømningskorrigerede værdier har den været forholdsvis konstant siden 1989, men med tendens til en svag reduktion i perioden 1997-2000.

Udvikling i fosforindhold

Mens kvælstofindholdet kun er mindsket beskedent i fjorde og det åbne hav i 1990'erne, er der sket en mere drastisk reduktion i fosforindholdet som følge af fosforfjernelse fra spildevand.

Af fig. 4.18 ses, at det gennemsnitlige fosforindhold i fjordene er mere end halveret i perioden 1989 – 2000 for opløst uorganisk fosfor og knap halveret for total fosfor. I de åbne havområder er der også sket en betydelig reduktion, omtrent en halvering, af indholdet af opløst uorganisk fosfor.

Ud over reduktionen i udledningen fra punktkilderne afhænger fosforkoncentrationen i de marine områder også af den frigivelse af fosfor der sker fra de oplobede puljer især i fjord- og søsedimenter.

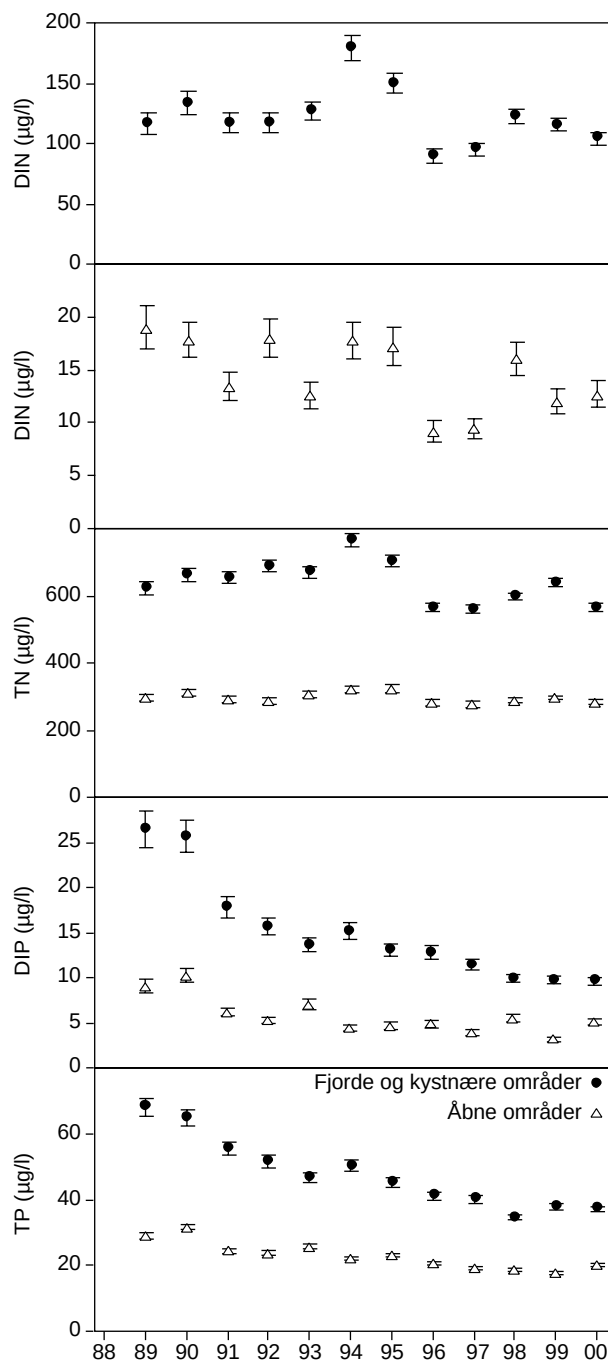


Fig. 4.18 Årsmiddelkoncentrationer af uorganisk kvælstof (DIN), total kvælstof (TN), uorganisk fosfat (DIP) og total fosfor (TP). Middelkoncentrationerne er afbildet med angivelse af 95% konfidensgrænser. For DIN er fjorde og kystnære områder afbildet adskilt fra havområder og med forskellige akser. Kilde: Henriksen (red) (2001)

Derfor vil den fulde virkning af mindskede fosfortilførsler oftest først opnås efter adskillige års forløb. I modsætning hertil synes reduktioner i kvælstoftilførsel at kunne give miljømæssige forbedringer samme år som reduktionen er sket, sådan som det er set i de tørre år 1996-97.

Den interne næringssaltbelastning

Observationer af næringsstoffluxe betragtet på tværs af landet fra Roskilde Fjord i øst til Ringkøbing Fjord i vest viser at der i løbet af sommeren 2000 (juni-august) blev afgivet kvælstof fra fjordbunden til bundvandet på 14 ud af 17 stationer (fig. 4.19). På knap halvdelen af stationerne var der på årsbasis i 2000 tale om en nettofrigivelse af kvælstof fra fjordbunden til vandfasen og på disse stationer var det særligt fluxen af kvælstof i sommermånederne, der havde betydning for årets totale nettoflux. Bortset fra tre stationer var der også for fosfors vedkommende tale om en nettofrigivelse i sommermånederne (fig. 4.20), og i denne periode blev > 75% af året samlede fosformængde som en gennemsnitsbetragtning, frigivet til vandfasen.

Netop i sommermånederne er koncentrationen af kvælstof og fosfor i vandet lav. Fjordenes algevækst (primærproduktionen) er derfor betinget af en stadig strøm af næringsstoffer til vandsøjlen fra land (vandløb o.l.), atmosfæren, tilgrænsende farvande eller ved stofomsætning i vandsøjlen eller fjordbunden. Den totale næringsstofftilførsel fra land (den eksterne tilførsel) udgjorde juni, juli og august 2000 ca. 10% af den årlige tilførsel. En relativ lav ekstern næringsstofftilførsel i sommerperioden betyder derfor at frigivelse af kvælstof og fos-

for ved stofomsætningen i fjordbunden (den interne tilførsel) netop på denne tid af året kan stimulere primærproduktionen i fjordene.

Set over hele året sker der dog en betydelig tilbageholdelse af kvælstof i vore fjorde, først og fremmest ved denitrifikation af nitrat til atmosfærisk kvælstof. Dette mindsker kvælstoftilførslen fra land til de åbne marine områder.

På længere sigt (når fosforfrigivelsen i fjordene kommer i ligevægt med de lavere tilførsler fra land) vil der på årsbasis også ske en netto tilbageholdelse af fosfor i fjordene, idet en del af tilførslerne permanent indbygges i fjordenes bundsedynter.

Den interne og eksterne tilførsel af kvælstof og fosfor for perioden juni-august 2000 er vist i tabel 4.4 for typeområderne Roskilde Fjord, Odense Fjord, Horsens Fjord og Ringkøbing Fjord opgjort som den totale tilførsel til hele fjorden. Det ses at både fosfor- og kvælstoffluxen fra fjordbunden i sommeren 2000 var af meget stor betydning for næringsstofftilførslen til fjorden. I denne periode kom nemlig mellem 36% og 93% af fjordenes fosfortilførsel fra sedimentet, mens den interne tilførsel for kvælstofs vedkommende som gennemsnit var lavere (10%-78%).

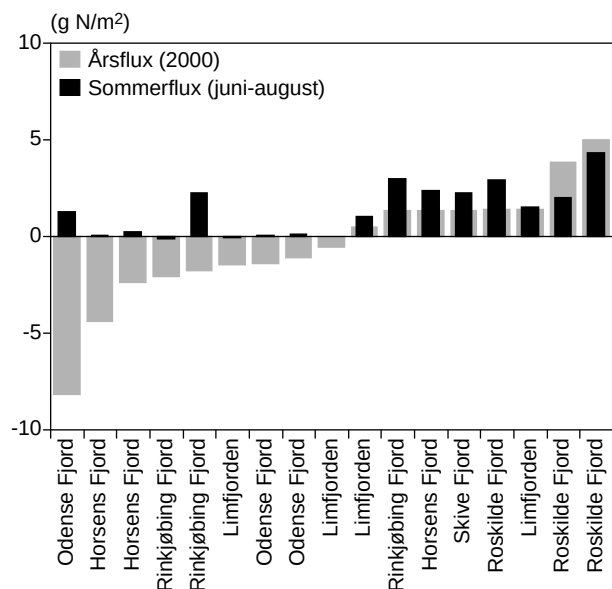


Fig. 4.19 Den interne kvælstoftilførsel 2000 på de 17 stationer i typeområderne vist for hele året (årsflux) og for 3 måneders perioden juni, juli og august (sommerflux). I nogle fjorde findes der flere stationer. Positive værdier angiver nettofrigivelse og negative angiver optag. Kilde: Henriksen (red) (2001).

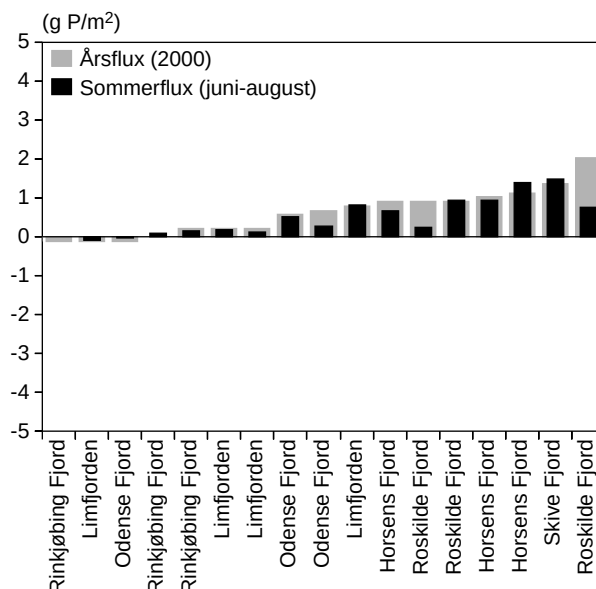


Fig. 4.20 Den interne fosfortilførsel 2000 på de 17 stationer i typeområderne vist for hele året (årsflux) og for 3 mdr. perioden juni, juli og august (sommerflux). I nogle fjorde findes der flere stationer. Positive værdier angiver nettofrigivelse og negative angiver optag. Kilde: Henriksen (red) (2001).

Tabel 4.4 Intern vs. ekstern kvælstof (N) og fosfor (P) tilførsel til typefjordene for perioden juni-august 2000. Kilde: Henriksen (red) (2001).

	Intern t N	Ekstern t N	Total t N	Intern/total %	Intern t P	Ekstern t P	Total t P	Intern/total %
Roskilde	387,1	107,8	494,9	78%	81,7	8,3	90,0	91%
Odense	17,3	152,6	169,9	10%	7,2	6,5	13,7	53%
Horsens	39,7	108,0	147,7	27%	43,1	3,2	46,3	93%
Ringkøbing	263,8	884,8	1.148,7	23%	10,3	18,4	28,7	36%

4.4.2 Algemængde, primærproduktion og sigtdybde

Algemængde målt ved klorofylindholdet

Klorofylkoncentration i fjordene, udtrykt ved en fælles indekssværdi for alle fjorde, er faldet tydeligt siden starten af 1980'erne (fig. 4.21). Udviklingen er vanskelig at kvantificere på grund af store år til år variationer, men klorofylindholdet synes mindsket ca. 25% i forhold til i 1980'erne.

Også i de åbne havområder er der stor år til år variationer i klorofylniveauer og her er ændringerne i perioden så små i forhold til variationerne, at der ikke kan påvises systematisk ændring i niveauet.

Algeproduktion

Indekset for primærproduktionen pr. m² i fjordene er faldet markant siden 1980. For 1990'erne lå niveauet væsentligt under 1980'erne og der synes fortsat at være en faldende tendens. Faldet i primærproduktion må tolkes som en effekt af den forbedrede fosforrensning, som etableredes på renseanlæg i løbet af 1980'erne og 1990'erne (fig 4.22).

I havområderne er indekset for primærproduktion også faldet (der er sket metodeændring i 1998), men mindre end i fjordene. Der synes altså at være sket en væsentlig større reduktion i primærproduktion end i klorofylindholdet, hvilket kan tolkes som en større grad af næringssaltbegrænsning i de åbne havområder.

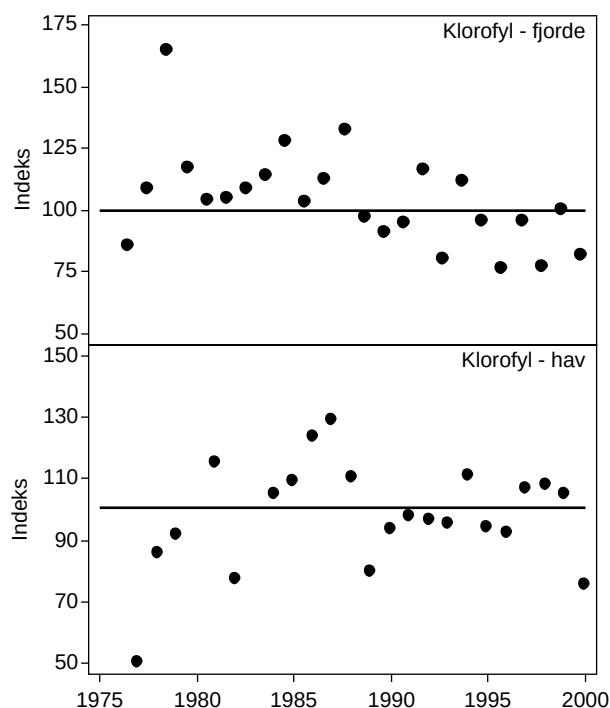


Fig. 4.21 Udviklingen i klorofylkoncentration i fjorde og på åbne havstationer i indre farvande (observerede værdier). Klorofylkoncentrationen (marts til oktober) er beskrevet ved et indeks, der tager højde for niveauforskelle imellem stationerne. Indeks=100 sv.t. at årets middelværdi er lig middelværdien for alle år. Kilde: Henriksen (red) (2001).

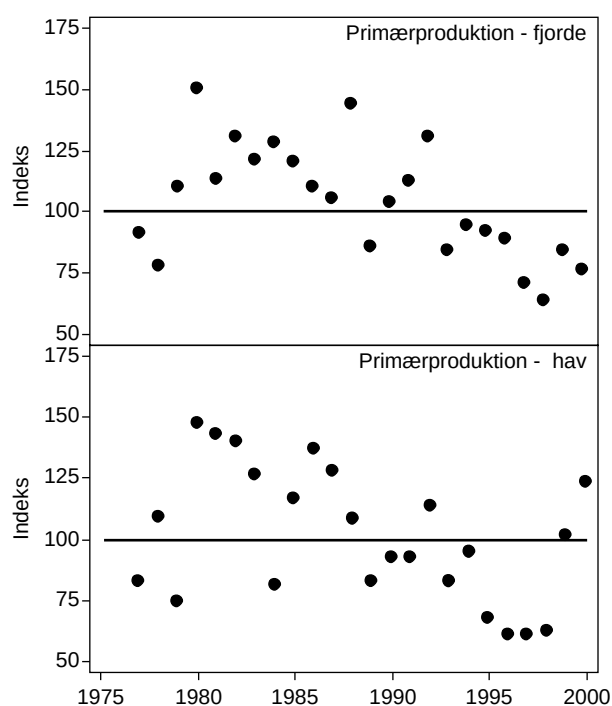


Fig. 4.22 Udviklingen i årlig primærproduktion pr. m² i fjorde og på åbne havstationer i indre farvande (observerede værdier). Primærproduktionen er beskrevet ved et indeks, der tager højde for niveauforskelle imellem stationerne. Indeks=100 sv.t. at årets middelværdi er lig middelværdien for alle år. Kilde: Henriksen (red) (2001).

Sigtdybde

Sigtdybden i fjordene er steget markant siden 1985, hvor de laveste værdier blev observeret. Variationen i perioden var på 30%, fra en indekssværdi på 85 i 1985 til et indeks på 115 i 1996 (fig. 4.23). Årsagen til faldet må tilskrives reduktionen i tilførslerne af fosfor til fjordene i perioden fra sidst i 80'erne til først i 90'erne.

I de åbne havområder har der tilsyneladende også været en stigning i sigtdybden, men år til år variationerne er større i forhold til den registrerede tendens. De bedste sigtdybdeforhold er fundet i 1990'erne og falder sammen med klorofylindholdet der var lavere i denne periode end i 1980'erne.

Kiselalger og føde for bunddyr

Kiselalger udgør en væsentlig del af planteplanktonet i de marine områder. Deres kraftige vækst og efterfølgende udsynkning fra overfladevandet om foråret betyder at næringsstoffer fjernes fra overfladevandet, og i en længere periode bindes i det sedimenterede materiale på bunden. Her omsættes de langsomt og tjener som et stabilt fødegrundlag for bunddyrene. Biomassen af kiselalger faldt i fjordene og de kystnære områder fra 1986 og frem til 1990. Herefter har biomassen varieret omkring et forholdsvis konstant niveau. Derimod er biomassen af kiselalger i de åbne havområder faldet signifikant fra 1980 til 2000.

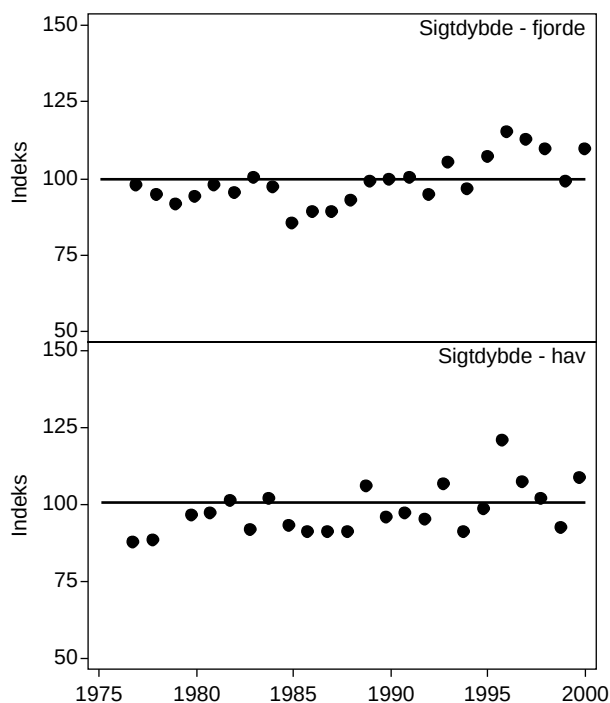


Fig. 4.23 Udviklingen i sigtdybde i fjorde og på åbne havstationer i indre farvande (observerede værdier). Sigtdybden (marts til oktober) er beskrevet ved et indeks, der tager højde for niveauforskelle imellem stationerne. Indeks=100 sv.t. at årets middelværdi er lig middelværdien for alle år. Kilde: Henriksen (red) (2001).

Kulstofbiomasse af planteplankton

Planteplanktonets samlede kulstofbiomasse adskilte sig i 2000 på flere punkter fra de foregående år. I alle undersøgte områder undtaget Rømhø Dyb og Kolding Fjord var mønstret en overvægt af måneder, hvor biomassen i 2000 var lavere end i de foregående år. En generel tendens var, at højere biomasser blev fundet i maj (specielt for stationerne ved den jyske vestkyst) og i september. Maj måned var præget af østenvind, og langs den jyske vestkyst har opstrømning af næringsrigt bundvand muligvis bidraget til de højere biomasser. I september kan iltsvindet i de indre farvande have bidraget til frigivelse af næringsstoffer fra bunden og dermed stimuleret væksten af planteplankton.

4.4.3 Iltsvind

I de indre farvande var der i sensommeren og efteråret usædvanligt udbredte og langvarige iltsvind med døde bunddyr og fisk i flere områder. Årsagen til de voldsomme iltsvind var en kombination af usædvanlige klimatiske forhold der førte til en forstærket lagdeling af vandmasserne, og stor udvaskning af kvælstof fra land i 1998, 1999 og begyndelsen af 2000. Vinden var dog tilstrækkelig til regelmæssigt at opblande og ilte de lavvandede fjorde, hvor der kun var kortvarige iltsvind.

4.4.4 Ålegræs

Ålegræsbestandene viste i 2000 fremgang i enkelte områder og tilbagegang i andre. Den mest bemærkelsesværdige ændring var et drastisk fald i bestanden i Augustenborg Fjord og en længerevarig tilbagegang for bestandene i Limfjorden. Der var en tendens til reduktion af ålegræssets dybdegrænse i de indre dele af fjordene i perioden 1989-2000. Dækningsgraden faldt signifikant i dybden 0-1 meter i inderfjordene og på de åbne kyster i samme periode.

Udviklingen gennem 1990'erne viser en generel negativ udvikling i dybdegrænsen for ålegræssets udbredelse i perioden 1988-2000. Årsagen til denne udvikling er ikke kendt. En mere positiv udvikling parallelt med reduktion i fosforindhold og algemængde i fjordene kunne have været ventet.

4.4.5 Bundfauna

Bundfaunaen har i de åbne indre farvande vist svingninger i både individtæthed og biomasse siden begyndelsen af 1980'erne. De mest markante ændringer var i individtætheden der var højest i starten af 1980'erne og midt 1990'erne. Siden midten af 1990'erne er der set et fald i individtætheden.

Om dette fald i tæthed af bunddyr hænger sammen med tendensen til en mindsket planktonalgeproduktion kan ikke afgøres ud fra de hidtige resultater.

4.4.6 Opfyldelse af målsætning

For de fleste marine områder findes der ikke præcise kriterier for den målsatte natur- og miljøtilstand. Den generelle målsætning er dog at der skal være et upåvirket eller højst svagt kulturpåvirket dyre- og planteliv i de marine områder.

Vurderingen af om målsætningerne er opfyldt, er foretaget af amterne for kystvandene og af DMU for de åbne havområder. Den generelle vurdering er at kvalitetsmålsætningen er opfyldt for Karrebæksminde Bugt og Dybsø Fjord, og de åbne dele af Nordsøen og Skagerak. Målsætningerne er delvis opfyldt i det nordlige Kattegat og i de kystnære dele af Skagerak samt i Karrebæk Fjord.

I de øvrige marine områder omkring Danmark vurderes målsætningen ikke at være opfyldt.

[Tom side]

5. Tungmetaller og miljøfremmede stoffer

Overvågningen af tungmetaller og miljøfremmede stoffer har i 2000 været mere omfattende end de foregående år. Undersøgelserne har som tidligere år omfattet grundvand, marine områder og atmosfæren. Dette års undersøgelser omfatter også miljøfremmede stoffer i vandløb og dræn samt spildevand. Dette giver mulighed for at foretage sammenligninger af forekomsten af enkelte stoffer forskellige steder i det vandige miljø, omend vurderingerne skal tages med det forbehold at de fleste kun bygger på et eller et par års resultater. Det er fortsat kun for grundvand, marine områder og atmosfæren at der foreligger resultater fra en årække således det er muligt at foretage en vurdering af den tidlige udvikling.

Det er i tabel 5.1 anført hvor der i 2000 er undersøgt for de enkelte stofgrupper. Det er i de fleste tilfælde forskellige stoffer der indgår i undersøgelse af de vandige matricer og marint sediment og biota, idet undersøgelser af marint sediment og biota primært omfatter stoffer som opkoncentreres og som er langsomt nedbrydelige. Disse stoffer indgår sjældent i undersøgelser af vandige matricer.

5.1 Tungmetaller og andre uorganiske sporstoffer

Tungmetaller og andre uorganiske sporstoffer er naturligt forekommende i dansk grundvand. Dog skyldes forekomster af uorganiske sporstoffer nær grænseværdierne for drikkevand ofte menneskelig påvirkning, enten i form af forurening, vandspejls-sænkning eller anden påvirkning. På tilsvarende måde er tungmetallerne i en vis udstrækning naturligt forekommende i vandløb og marine områder, men de fleste forekomster skyldes menneskelig påvirkning. Udløb fra renseanlæg indeholder den rest af spildevandets indhold af tungmetaller, som ikke er blevet indbygget i slammet på renseanlægget

Der er undersøgt for de samme otte tungmetaller i fem store vandløb og spildevand, mens grundvand i overvågningsområder og ved vandværkerne er undersøgt for et større antal tungmetaller og uorganiske sporstoffer (21 i alt).

5.1.1 Tungmetaller i grundvand

Medianværdierne af metalkoncentrationerne i grundvand er i alle tilfælde lavere end grænseværdierne for drikkevand (tabel 5.2). Grænseværdierne for arsen, nikkel, zink og aluminium i drikkevand (Miljø- og Energiministeriet 2001) overskrides i nogle tilfælde i et mindre antal borer.

Tabel 5.1 Oversigt over hvor der i 2000 er foretaget undersøgelser af tungmetaller og miljøfremmede stoffer. Kilde: Miljøstyrelsen (2000).

	Grund- vand	Dræn- vand	Vand- løb	Spilde- vand	Hav- vand	Marin- biota	Marint sediment	Atmos- fære
Metaller	x		x	x		x	x	x
Pesticider	x	x	x	x	x			
Klorerede kulbrinter	x		x					
Aromatiske kulbrinter	x		x	x				
Phenoler	x		x	x			x	
Chlorphenoler	x		x	(x)				
PAH			x	x		x	x	
PCB				x		x	x	
Klorerede pesticider (DDT, HCH)			x	x		x	x	
Fosfor-triester				(x)				
Blødgørere	x		x	x			x	
Organotinforbindelser						x	x	
MTBE	x		x	(x)				
Anioniske detergenter	x		x	x				
Kationiske detergenter	x							

Tabel 5.2 Indhold af tungmetaller i spildevand, vandløb og grundvand sammenholdt med kvalitetskrav for overfladevand og grænseværdier for drikkevand. Kilder: Miljø- og Energiministeriet (2001), Bøgestrand (red) (2001), GEUS (2001), Grant et al (2001).

Enhed: µg/l	Udløb, rense- anlæg	Store vandløb	Grund- vandsover- vågning	Landover- vågning	Vandvær- ker	Kvalitetskrav Bek. nr . 921 (ferskvand)	Grænseværdi, drikkevand
	Middelværdi af fund	Median	Median	Median	Median		
Arsen	1,6	1,4	0,76	0,3	1,8	4	5
Bly	2,3	1,4	0,057	0,5	0,27	3,2	5
Cadmium	0,1	0,036	0,007	0,11	0,025	5,0	2
Chrom	1,5	0,65	0,1	0,2	0,5	10,0	20
Kobber	7	2,6	0,23	2,2	1	12,0	100
Kviksølv	0,1	0,026	0,0012		0,1	1,0	1
Nikkel	7,5	2,8	0,34	7	2	160	20
Zink	120	10	2,8	30	5	110	100

I grundvandsovervågningen er arsen, nikkel, zink og aluminium fundet i koncentrationen der overskrider grænseværdien for drikkevand i henholdsvis 16%, 6%, 5% og 15% af indtagene i overvågningsboringerne. De tilsvarende tal for vandværkernes boringskontrol er 18%, 3%, 5% og 23%.

Udover ovennævnte er stofferne antimon, barium, bor, bly, cyanid, cadmium, kobber og selen i enkelte tilfælde fundet i grundvandsovervågningen i koncentrationer over grænseværdien for drikkevand. Tilsvarende er der enkelte fund af bly, bor og kviksølv i vandværkernes boringskontrol.

Grundvand som har et indhold af uorganiske sporstoffer over grænseværdien for drikkevand, kan ikke umiddelbart anvendes til drikkevand, f.eks. i forbindelse med enkeltvandforsyning og

små fællesvandforsyninger uden vandbehandling. I større vandværker med vandbehandling må det antages, at de uorganiske sporstoffer i nogen grad tilbageholdes i okkerslammet i vandværkernes sandfiltre (Miljøstyrelsen, 1999). Således fjernes gennemsnitligt op mod halvdelen af grundvandets arsen-indhold. Modsat kan der konstateres et ikke uvæsentligt bidrag til drikkevandets indhold af bly, cadmium, chrom, kobber, nikkel og zink fra pumper, beholdere, prøvehaner m.v.

5.1.2 Tungmetaller i spildevand og vandløb

De metaller, der udledes i størst mængde fra renseanlæggene, findes tilsvarende i de højeste koncentrationer i vandløbene.

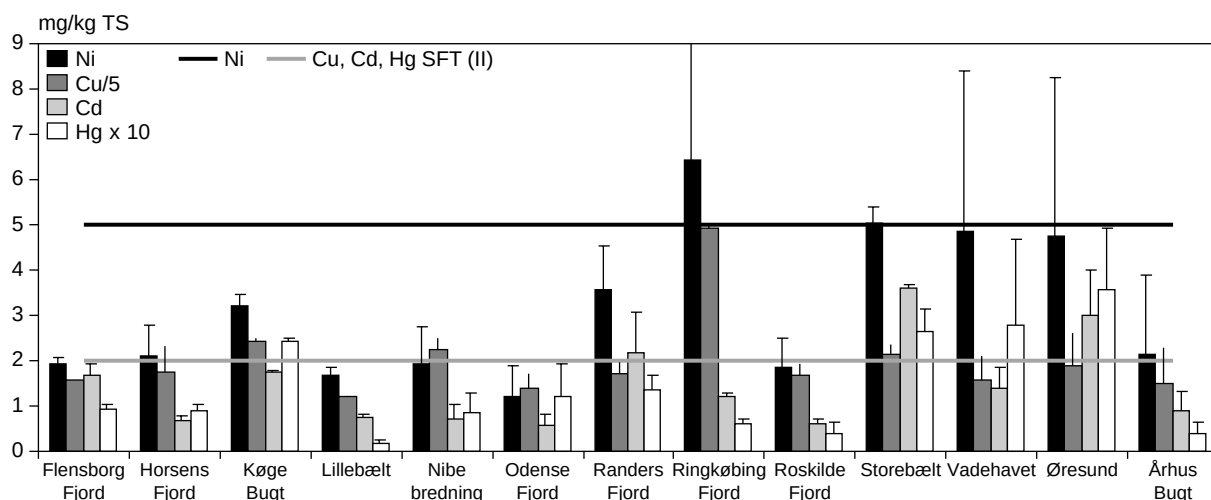


Fig. 5.1 Metalkoncentrationer i muslinger (gennemsnit og maksimum) med markering af grænsen for moderat forurening i SFT's klassificering (klasse II). Søjler over tilhørende linie-markering svarer til moderat forurenet. Kilde: Henriksen et al (2001).

Medianværdierne/gennemsnitsværdien af metal-koncentrationerne i vandløb og udløb fra rense-anlæg er for alle metaller lavere end kvalitetskravet i Bekendtgørelse nr. 921 (Miljø- og Energiministeriet 1996) (tabel 5.2). Kvalitetskravene er krav-værdier der som minimum skal være overholdt, når der meddeles tilladelse til udledning af de på-gældende stoffer til et vandområde.

I udløbet fra renseanlæg er der i enkelte tilfælde værdier over kvalitetskravet for arsen, bly og kobber (95% fraktilerne er højere end kvalitetskravene). I enkelte af de undersøgte store vandløb forekommer der overskridelse af foreslåede kvalitetskrav for kobber, krom og bly.

Der er stor spredning på spildevandets indhold af tungmetaller afhængigt af hvilke industrier mv. der er tilsluttet det enkelte anlæg.

5.1.3 Tungmetaller i marine områder

Sediment og biota (fisk og muslinger) fra marine områder er undersøgt for de samme tungmetaller som vandløb og udløb fra renseanlæg.

I biota (muslinger) er der fundet koncentrationer svarende til "ubetydelig til moderat forurenede" ved vurdering i forhold til et klassificeringssystem udarbejdet af det norske Statens Forureningstilsyn (SFT 1997) (fig. 5.1).

I sedimentet er der fundet koncentrationer svarende til "moderat forurenede" i de fleste områder og i enkelte områder "markant forurenede" med cadmium og kviksølv (fig. 5.2).

Det norske Statens Forureningstilsyns klassificeringssystem:

- (I) Ubetydelig til lidt forurenede (god)
- (II) Moderat forurenede (mindre god)
- (III) Markant forurenede (noget dårlig)
- (IV) Stærkt forurenede (dårlig)
- (V) Meget stærkt forurenede (meget dårlig)

5.1.4 Tungmetaller i atmosfæren

Undersøgelse af den atmosfæriske deposition omfatter de samme tungmetaller som undersøgelserne af marint sediment og biota samt i vandløb og udløb fra renseanlæggene (tabel 5.3).

Udviklingen i depositionen og i det atmosfæriske koncentrationsniveau har for perioden 1990 til 2000 været stadig faldende. Nedgangen i tungmetalniveauerne har været mellem en faktor to og en faktor fire, størst nedgang er der målt for stofferne bly, cadmium og krom (fig. 5.3).

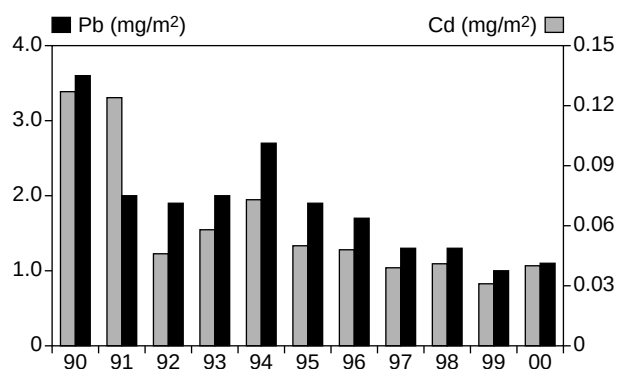


Fig. 5.3 Tidsudvikling i deposition over en 11 årig periode af bly og cadmium. Modifieret efter Ellermann *et al* (2001).

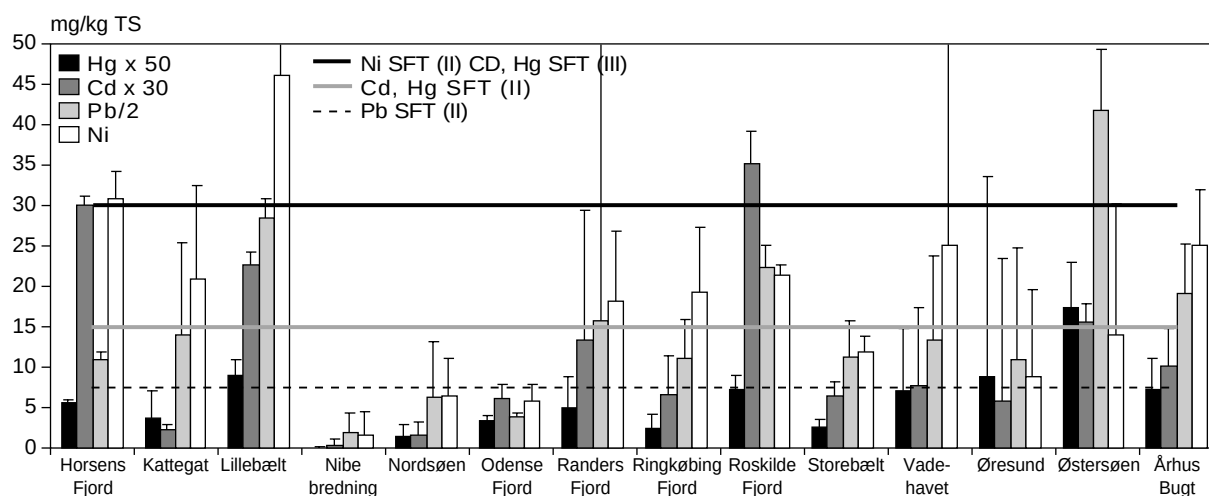


Fig. 5.2 Metal koncentrationer i sediment (gennemsnit og maksimum), med markering af grænsen for SFT's klassificering moderat (klasse II) og markant forurening (klasse III). Søjler over tilhørende linie-markering svarer til moderat eller markant forurenede. Kilde: Henriksen *et al* (2001).

Tabel 5.3 Depositionen estimeret ud fra målinger af bulk opsamlet våddeposition på 3 stationer i og ved de Indre Danske Farvande. Kilde: Ellermann et al (2001).

	Arsen	Bly	Cadmium	Kobber	Krom	Nikkel	Zink
Deposition (mg/m ² pr. år)	0,15	1,1	0,04	0,7	0,13	0,17	7,5

5.2 Pesticider

Undersøgelse af pesticider i drænvand, det overfladenære og dybereliggende grundvand samt vandløb i landbrugsoplande og store vandløb viser at det i vid udstrækning er de samme pesticider, der bliver fundet hyppigst.

Undersøgelserne af det dybereliggende grundvand omfatter grundvand i GRUMO og ved vandværkerne. Undersøgelserne i vandløb omfatter 25 vandløb i landbrugsoplande, hvor der er undersøgt for 48 pesticider, og fem store vandløb, hvor der er undersøgt for 66 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter. Drænvand og grundvand er undersøgt for de samme pesticider og nedbryd-

ningsprodukter som vandløbene i landbrugsoplande.

Blandt de hyppigst fundne pesticider eller nedbrydningsprodukter er der flere som har været forbudt i en årrække (tabel 5.4 og 5.5). Heriblandt er BAM, som er fundet hyppigst i både grundvand og vandløb, samt atrazin og dets nedbrydningsprodukter som ligeledes bliver fundet hyppigt. Stoffernes mediankoncentrationer i vandløb og grundvand er på samme niveau (fig. 5.4).

I vandløb er glyphosat (det aktive stof i RoundUp) og dets nedbrydningsprodukt AMPA ligeledes blandt de hyppigst fundne mens fundene af glyphosat i grundvand er enkeltstående tilfælde.

Tabel 5.4 Hyppigst fundne pesticider i vandløb, drænvand og grundvand. Pesticiderne er listet efter faldende hyppighed af fund. Kilde: Bøgestrand (red) (2001), Grant et al (2001) og GEUS (2001).

Vandløb	Drænvand	Overfladenært grundvand	Dybereliggende grundvand	
			Overvågning	Vandværker
BAM	Isoproturon	Desethyldeisopropyl-atrazin	BAM	BAM
AMPA	Desethyldeisopropyl-atrazin	Desethylatrazin	Desethylisopropylatrazin	Atrazin
Glyphosat	Desethylatrazin	Desisopropylatrazin	Desisopropylatrazin	Desethylatrazin
Trichloreddikesyre	Hydroxyatrazin	Bentazon	Desethylatrazin	Simazin
Terbutylazin	4-nitrophenol	Mechlorprop	Atrazin	Desisopropylatrazin
Isoproturon	DNOC	Metamitron	Bentazon	Mechlorprop
Diuron	Trichloreddikesyre	MCPA	Dichlorprop	Dichlorprop
Hydroxyatrazin	Pendimethalin	Isoproturon	Mechlorprop	Bentazon
Bentazon	Ioxynil	Dichlorprop	Hydroxyatrazin	Hexazinon
4-nitrophenol	AMPA	Atrazin	Simazin	MCPA

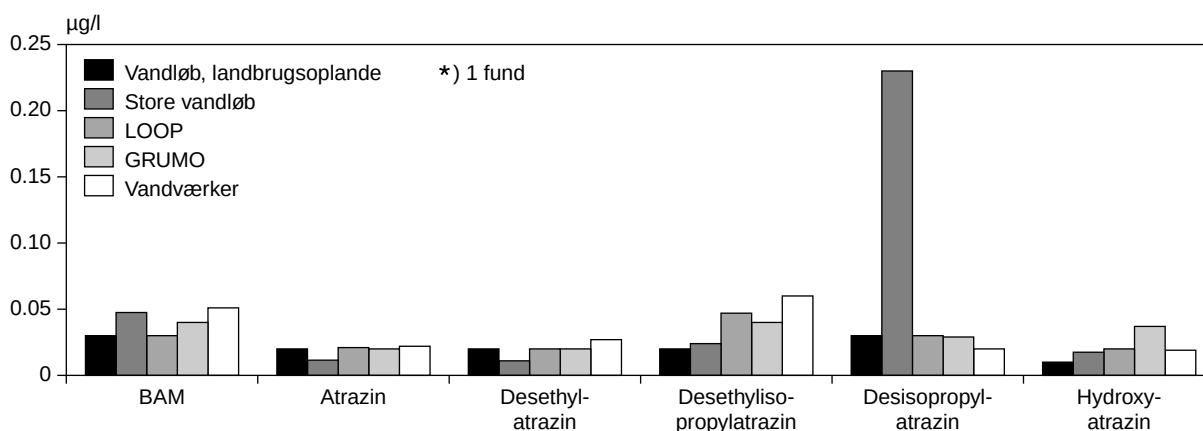


Fig. 5.4 Mediankoncentrationer af BAM og atrazin og dets nedbrydningsprodukter i vandløb og grundvand. Fund under detektionsgrænsen er ikke medtaget ved beregning af mediankoncentrationer.

5.2.1 Pesticider i grundvand

I grundvandsovervågningen er antallet af fundne pesticider og nedbrydningsprodukter det samme sidste år, og der ses et fald i antallet af boringsindtag med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i perioden 1998-2000 (fig. 5.5). Antallet af fund over grænseværdien er dog uændret fra 1999 til 2000.

Pesticiderne findes hyppigere i det overfladenære grundvand (Landovervågning) end i det dybere-liggende grundvand (GRUMO og vandværkersboringer), og overskridelse af grænseværdien for drikkevand (0,1 µg/l) forekommer ligeledes hyppigere i det overfladenære grundvand (tabel 5.6).

Langt hovedparten af de pesticidforurenede indtag i grundvandsovervågningen indvinder grundvand fra perioden efter 1945. Den relative andel af indtag med fund af pesticider over grænseværdien falder med stigende alder af grundvandet. Dette kan tolkes som at pesticiderne omsættes eller fortyndes under transporten gennem grundvandsmagasinerne, men det kan også skyldes mindre

brug af pesticider på det tidspunkt hvor det ældre grundvand er dannet.

I vandværksboringer er der især fundet mange pesticider og nedbrydningsprodukter ved de større byer, og der er tilsyneladende en overrepræsentation af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i lerede områder. Der er kun fundet få pesticider og nedbrydningsprodukter på de sandede jyske hedesletter og på den hævede havbund i Nordjylland.

Dette stemmer godt overens med sammenstilling af analysedata fra grundvandsovervågningen der viser, at i lerjordsområderne er en række pesticider og nedbrydningsprodukter tilsyneladende stabile i de iltfattige grundvandsmiljøer, og de kan hurtigt transporteres til disse grundvandsmiljøer ved preferentiel strømning gennem f.eks. sprækker. Desuden viser amternes analyser af vandløbsprøver, at der netop i de lerede og drænedede oplande findes mange pesticider og nedbrydningsprodukter. I modsætning hertil findes der i de sandede oplande, oftest kun triaziner og nedbrydningsprodukter samt BAM i vandløbene.

Tabel 5.6 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i perioden 1923-2000. Kilde: GEUS (2001).

Pesticider og nedbrydningsprodukter i 1993-2000	Fundne stoffer	Analyserede indtag	Indtag med fund		Indtag med fund over grænseværdien	
	Antal	Antal	Antal	%	Antal	%
Grundvandsovervågning	50	1.085	395	36,4	133	12,3
Landovervågning	36	122	74	60,7	25	20,5
Vandværkernes boringskontrol	53	6.105	1.609	26,4	588	9,6

% Pesticidfund i grundvandsovervågning 1990-2000

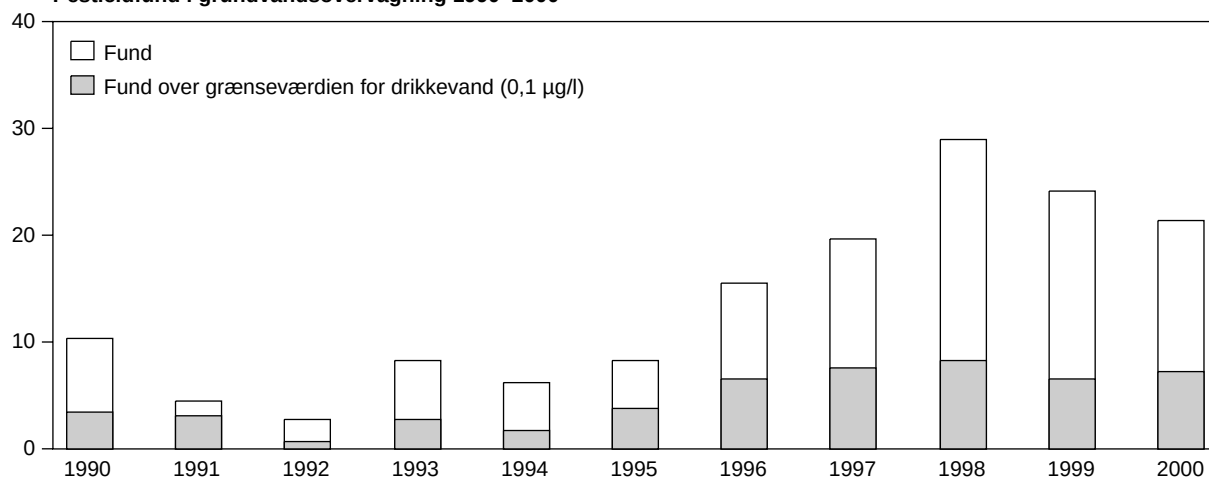


Fig. 5.5 Indtag med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter fra grundvandsovervågningen 1990-2000 i forhold til antal undersøgte indtag. Kilde: GEUS (2001).

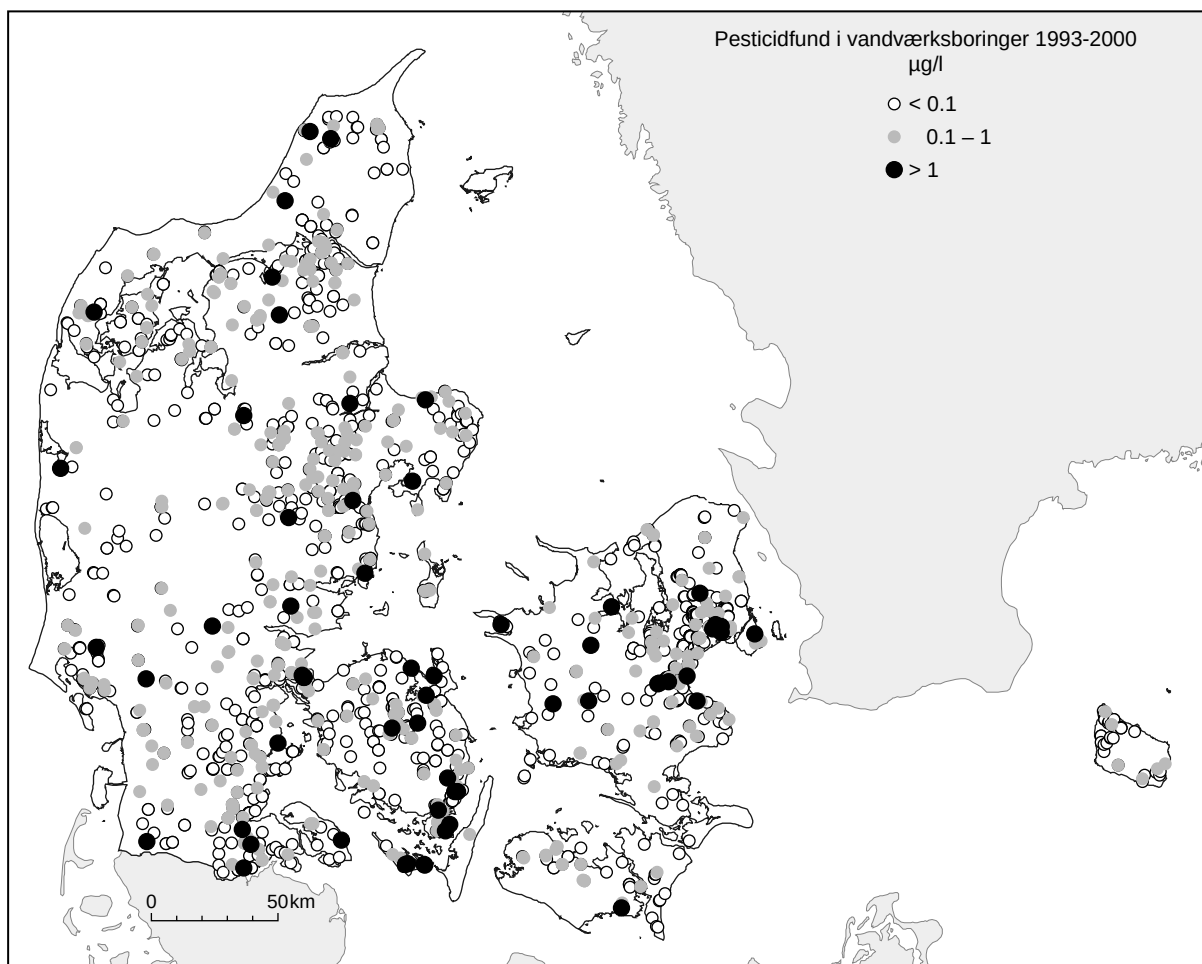


Fig. 5.6 Fund af pesticider og nedbrydnings-produkter i vandværksboringer 1993-2000. Der er kun medtaget koordinatsatte boringer: boringer med pesticidfund under 0,1 µg/l, mellem 0,1 og 1 µg/l og pesticidfund over 1µg/l. Kilde: GEUS (2001).

5.2.2 Pesticider i vandløb

I vandløbene er der fundet flest forskellige pesticider og de højeste sumkoncentrationer i sprøjte sæsonen om foråret og efteråret (2. og 4. kvartal) eller umiddelbart efter (fig. 5.7). Det kan skyldes, at der sker en tilførsel til vandløbene med vinddrift eller at der gennem jorden sker en udvaskning af pesticider, som tilføres vandløbene via dræn (fig. 5.8).

Der er fastsat kvalitetskrav for en række af de pesticider (16 pesticider) der er fundet i vandløbene. Simazin er i enkelt tilfælde fundet i højere koncentrationer end kvalitetskravet. De øvrige pesticider med kvalitetskrav er fundet i koncentrationer lavere end kvalitetskravene.

Med henblik på at vurdere om de fundne koncentrationer af pesticider i vandløb kan have en økologisk effekt er de fundne koncentrationer sammenlignet med et "miljø risiko indeks" (ERI) (Ludvigsen 2001). Ved vurdering af de fundne koncentrationer af metamitron, simazin, terbutylazin og isoproturon finder man at i 0,5-6% af de

udtagne prøver er koncentrationerne så høje at de kan have en miljømæssig effekt (ERI >1) (fig. 5.9).

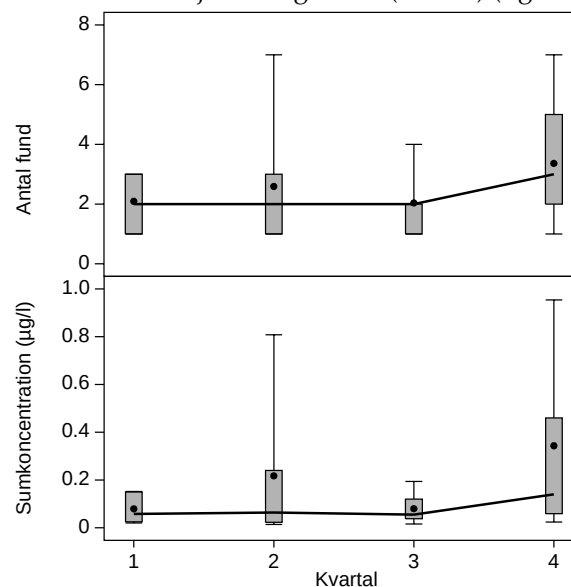


Fig. 5.7 Sammenhæng mellem årstid og fund af pesticider og den totale pesticidkoncentration. Antal fund af pesticider er opgjort for hver måned i fem vandløb i landbrugsoplande. Modificeret efter Bøgestrand (red) (2001).

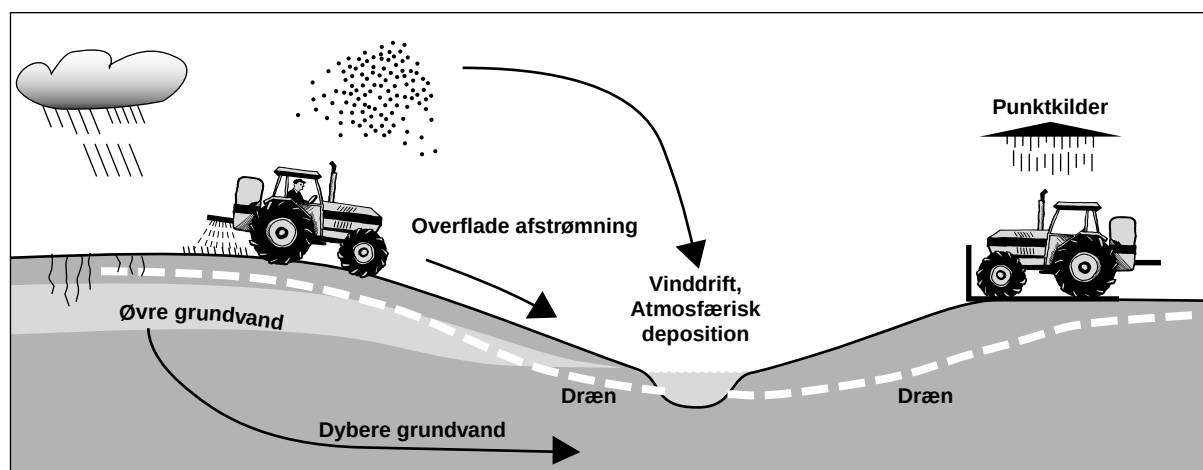


Fig. 5.8 Kilder og transportveje for pesticider. Kilde: Bøgestrand (red) (2001).

Tabel 5.5 Oplysninger om de pesticider, der er fundet hyppigst i vandløb og grundvand. Kilder: Miljøstyrelsen (1997) og www.mst.dk

Pesticid	Anvendelse	Anvendelsesperiode
4-nitrophenol	Nedbrydningsprodukt af parathion	
AMPA (aminomethylphosphonsyre)	Nedbrydningsprodukt af glyphosat, se dette	
Atrazin	Ukrudtsmiddel: majs, juletræer, udyrkede arealer	Anvendt siden 1960 og indtil forbudet i 1994. Efter 1992 kun tilladt på majsmarker
BAM	Nedbrydningsprodukt af dichlobenil og chlorthiamid, som har været anvendt på udyrkede arealer siden 1969 indtil forbudet i 1997	
Bentazon	Ukrudtsmiddel: korn, ærter	Anvendt siden 1974, fortsat tilladt
Desethylatrazin	Nedbrydningsprodukter af atrazin, se dette	
Desethyldeisopropylatrazin		
Desisopropylatrazin		
Hydroxyatrazin		
Dichlorprop	Ukrudtsmiddel: korn	Anvendt siden 1963, i dag tilladt til begrænset forårsanvendelse
Diuron	Ukrudtsmiddel: udyrkede arealer, plantager	Anvendt siden 1959, fortsat tilladt
DNOC	Ukrudtsmiddel: korn	Anvendt 1956 – 1987
Glyphosat	Ukrudtsmiddel: korn, udyrkede arealer, andet	Anvendt siden 1975, var det mest solgte ukrudtsmiddel i 2000
Hexacinon	Ukrudtsmiddel: juletræer, planteskoler, udyrkede arealer	Anvendt 1978 – 1994
Ioxynil	Ukrudtsmiddel: korn, løg/porre	Anvendt siden 1966, fortsat tilladt
Isoproturon	Ukrudtsmiddel: korn	Anvendt 1976 – 1999
MCPA	Ukrudtsmiddel: korn, ærter	Anvendt siden 1956, i dag tilladt til begrænset forårsanvendelse
Mechlorprop	Ukrudtsmiddel: korn, frøgræs	Anvendt siden 1959
Metamitron	Ukrudtsmiddel: roer	Anvendt siden 1977
Pendimethalin	Ukrudtsmiddel: korn, ærter, grøntsager	Anvendt siden 1981, fortsat tilladt
Simazin	Ukrudtsmiddel: planteskoler, udyrkede arealer, plantager	Anvendt siden 1957
TCA (trichloreddikesyre)	Ukrudtsmiddel: udenfor vækstsæson	Anvendt 1956 – 1990

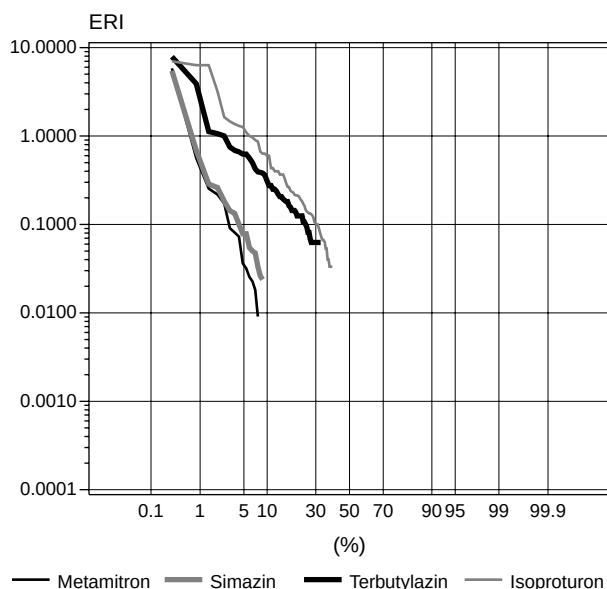


Fig. 5.9 Sandsynlighedsplot af koncentrationer af metatriton, simazin, terbutylazin og isoproturon, standardiseret med ERI (Environmental Risk Index). Kilde: Bøgestrand (red) (2001).

5.2.3 Pesticider i havvand

I havvand er der undersøgt for enkelte pesticider, heriblandt irgarol 1051, som bruges som pesticid i skibsmaling. I flere tilfælde er stoffet fundet i koncentrationer, som overskrider det af Miljøstyrelsen anbefalede kvalitetskriterium på 0,001 µg/l. Koncentrationerne af de øvrige pesticider (diuron, atrazin og simazin) i havvand var generelt lave.

5.2.4 Pesticider i spildevand

Undersøgelse af pesticider i spildevand omfatter chlorerede pesticider, som i dag alle forbudte. Ingen af pesticiderne er fundet i udløbsvand fra de undersøgte renselanlæg.

5.3 Andre organiske miljøfremmede stoffer

Spildevand, de store vandløb, grundvand og sediment og biota fra marine områder er under-

søgt for en række organiske miljøfremmede stoffer ud over pesticider.

5.3.1 Miljøfremmede stoffer i spildevand

Der er påvist indhold af nonylphenoler, bisphenol A og blødgøreren DEHP i spildevandsudløb fra renselanlæg (tabel 5.6). De øvrige stoffer/stofgrupper, som spildevandet er undersøgt for, er ikke fundet i nævneværdige koncentrationer eller med nævneværdige hyppighed i udløb.

5.3.2 Miljøfremmede stoffer i vandløb

En række miljøfremmede stoffer er fundet sporadisk i lave koncentrationer i de store vandløb. Trichlorethylen og LAS er de stoffer, der er fundet hyppigst med fund i henholdsvis 24 og 19% af de undersøgte prøver. Fundene af trichlorethylen er alle i det samme vandløb mens fundene af LAS fordeler sig på fire af de fem undersøgte store vandløb.

Blandt de tre stoffer, der er fundet i udløb fra renselanlæg er der i de store vandløb gjort enkelte fund af DEHP (i 5 ud af 59 prøver) og nonylphenoler (i 3 ud af 59 prøver), mens bisphenol A ikke indgår i vandløbsundersøgelserne (fig. 5.10).

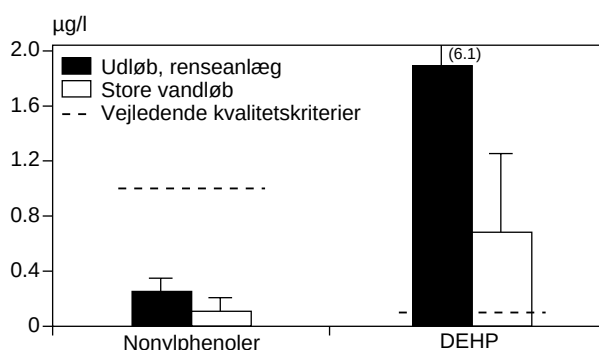


Fig. 5.10 Mediankoncentrationer af nonylphenoler (NP) og DEHP samt 95% fraktiler for spildevand og maks koncentrationer for vandløb. Modificeret efter Miljøstyrelsen (2001) og Bøgestrand (red) (2001).

Tabel 5.6 Middelværdi samt 5% og 95% fraktil af indholdet af nonylphenoler, bisphenol A og blødgøreren DEHP i spildevand målt i fire ugeblandprøver fra udløbet ved 31 renselanlæg. Kilder: Miljøstyrelsen (2001) og Bøgestrand (red) (2001).

Enhed: µg/l	Middelværdi	5% fraktil	95% fraktil	Forslag til vandkvalitetskriterier ¹⁾
Nonylphenoler	0,24	0,05	0,57	1
Bisphenol A	0,22	0,05	0,68	1
DEHP	1,88	0,25	6,08	0,1

¹⁾ Forslag til vandkvalitetskriterier. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 44, 1995

5.3.3 Miljøfremmede stoffer i grundvand

Grundvand er undersøgt for en række miljøfremmede stoffer siden 1993. Det betyder, at der i dag foreligger undersøgelser fra et stort antal overvågningsboringer og vandværksboringer. Fælles for de fleste fund er, at indholdet er under grænseværdien drikkevand.

De anioniske detergenter er den hyppigst fundne stofgruppe (tabel 5.7). Den metode der anvendes til analysen for anioniske detergenter er ikke en specifik analysemetode, og ikke samme metode som anvendes ved analyse af prøver fra vandløb og spildevand, hvorfor resultaterne derfor ikke kan sammenholdes. Der er ingen umiddelbare problemer med indholdet af anioniske detergenter i grundvandet i forhold til grænseværdien på 100 µg/l.

For stoffet MTBE er der i boringskontrollen i 2000 udført 178 analyser repræsenterende 132 indtag, hvoraf der 24 indtag med fund. 8 af de 24 indtag indeholder MTBE over grænseværdien for drikkevand på 5 µg/l. Samlet for perioden 1998-2000 er der 40 analyser fra 9 indtag med fund over 5 µg/l (4% af indtag med analyser). I grundvandsovervågningen er der i 2000 udført 149 analyser, men der er ingen fund. I perioden 1998-2000 er der kun ét fund (1,4 µg/l) i 178 analyser.

Blandt de phenoler, der er fundet i grundvandet, er nonylphenoler, som ligeledes er fundet i vandløb og spildevandsudløb. Nonylphenoler er fundet i enkelte af de undersøgte indtag ved grundvandsovervågningen og landovervågningen - henholdsvis 1% og 15%. Stoffet er ikke fundet i

vandværksboringer. I de tilfælde hvor der er fundet nonylphenoler i grundvand, vandløb og spildevand er det på samme koncentrationsniveau (medianværdier i intervallet 0,1 – 0,6 µg/l).

Det er ikke de samme blødgørere der er undersøgt for i grundvandet som i spildevand og vandløb.

5.3.4 Marine områder

De danske fjorde og indre farvande indeholder så høje koncentrationer af de miljøfremmede stoffer TBT (tributyltin) og PAH at der må forventes at forekomme effekter heraf. Ved vurdering i forhold til SFT-grænseværdierne (se kap. 5.1.3) er PAH-indholdet i sediment på stort set alle stationer højere end værdien svarende til moderat forurenede, og på flere stationer er indholdet højere end værdien svarende til markant forurenede mens indholdet i muslinger er på et lavere niveau vurderet i forhold til SFT-grænseværdierne (fig. 5.11 og 5.12).

For PCB er koncentrationen generelt mindre bekymrende, men dog stadig på niveauer, hvor det ikke kan udelukkes at det kan medføre effekter på miljøet.

Effekterne imposex og inersex (påvirkning af kønsorganerne) af TBT er stadig fundet udbredt i de undersøgte arter af havsnegle, først og fremmest omkring havneområder hvor TBT-niveauet forventes at være højest (fig. 5.13). For mere følsomme arter er der fundet effekter i de åbne farvande, selv i den åbne Nordsø.

Tabel 5.7 Hyppighed af fund af miljøfremmede stoffer i grundvand. Kilde: GEUS (2001).

	Grundvandsovervågning	Vandværksboringer	Landovervågning
Aromatiske kulbrinter	24,8%	11,5%	40,0%
Klorerede kulbrinter	14,2%	15,0%	i.p.
Phenoler	14,2%	6,5%	24,4%
Chlorphenoler	2,7%	0,6%	6,5%
Blødgørere: dibutylphthalat (DBP)	8,0%	i.a.	33,3%
Anioniske detergenter	85,8%	58%	45,0%
MTBE	0,6%	26%	i.a.

i.p.: ikke påvist, i.a.: ikke analyseret

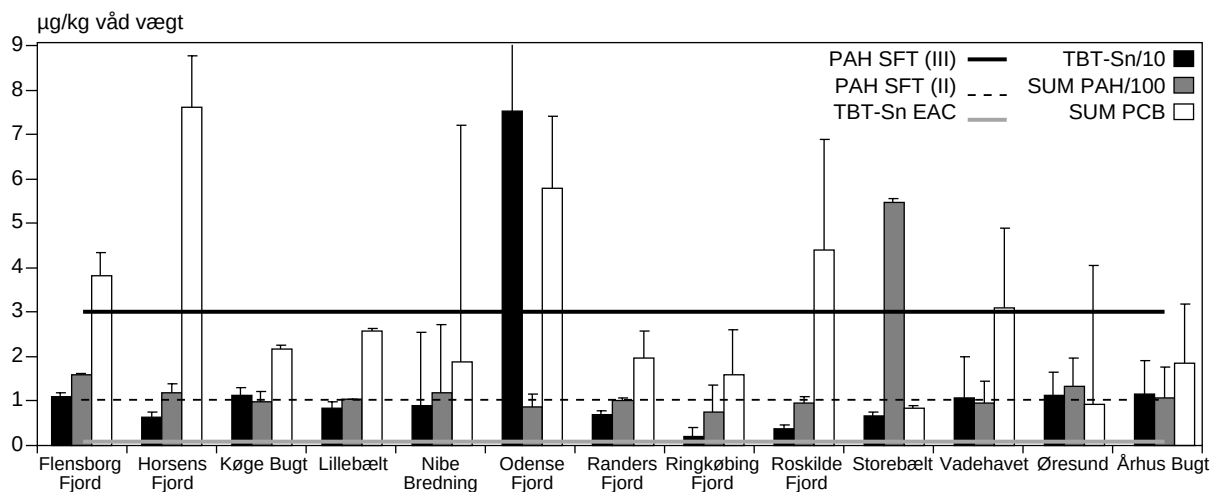


Fig. 5.11 Miljøfremmede stoffer i muslinger, sammenholdt med EAC- og SFT-grænseværdier. Bemærk at PAH og TBT er skaleret ned, at TBT i Odense Fjord er ude af skalaen, ligesom kun den øvre TBT EAC-grænse er indtegnet (nedre er 10 gange lavere = 1 µg/kg vådvægt). Kilde: Henriksen (red) (2001).

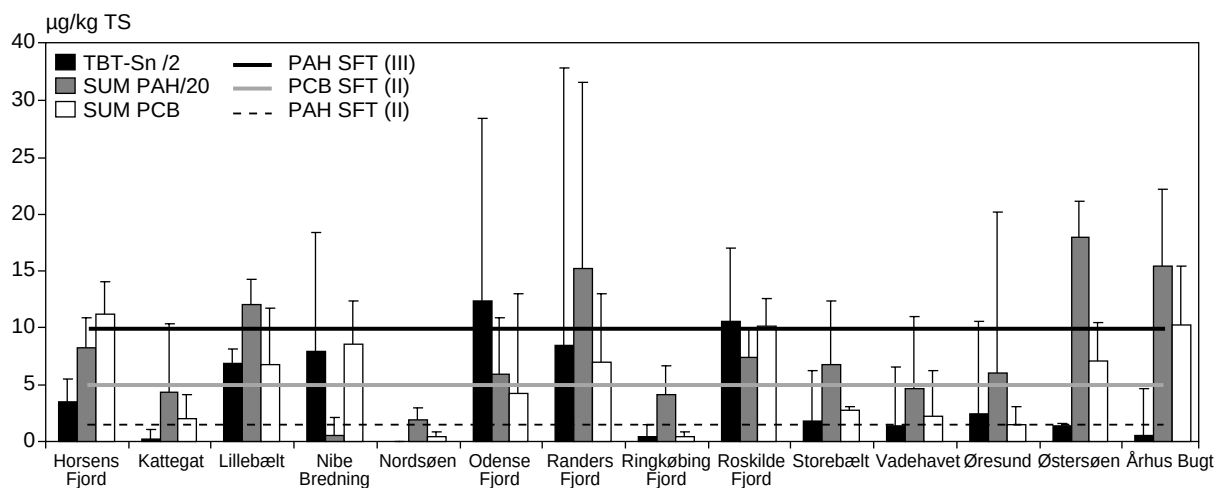


Fig. 5.12 Miljøfremmede stoffer og deres EAC- og SFT-grænseværdier i sediment. Bemærk at PAH og TBT er skaleret ned. For TBT er den øvre EAC-grænse, normaliseret til 3% TOC, indtegnet. For Σ PAH er angivet SFT-grænser for moderat (SFT (II)) og markant (SFT (III)) forurenet. Kilde: Henriksen (red) (2001).

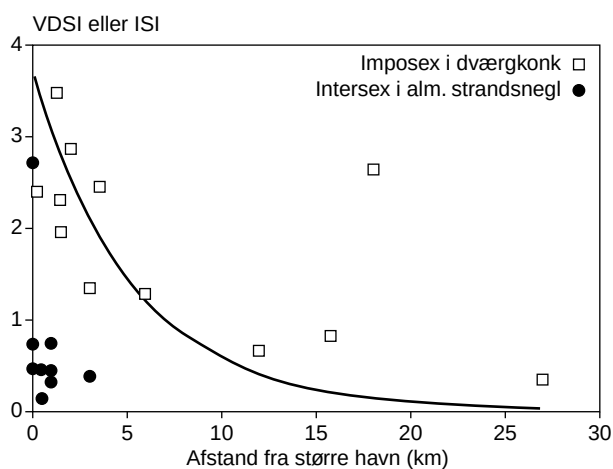


Fig. 5.13 Forekomsten af imposex (VDSI) i dværgkonk og intersex (ISI) i alm. strandsnegl i forhold til afstanden til nærmeste havn i forskellige kystnære områder i 2000 (data fra respektive amtsrapporter 2001). Kilde: Henriksen (red) (2001).

6. Hvor kan der læses mere?

Beskrivelse af de forskellige monitoringsaktiviteter, herunder det landsdækkende overvågningsprogram NOVA-2003 findes i:

- *Miljøstyrelsen (2000): NOVA-2003 Programbeskrivelse for det nationale program for overvågning af vandmiljøet 1998–2003. 397 s. Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 1*

Yderligere oplysninger om grundvandets kvalitet og mængde samt overvågning heraf kan findes i:

- *GEUS (2001): Grundvandsovervågning 2001 (elektronisk primo december 2001)*
- *Nilsson, B., Brüsch, W., Morthorst, J., Vosgerau, H., Abildtrup, H.C., Pedersen, D., Jensen, P. & Clausen, E.V. (2000): Undersøgelse af landovervågningsboringerne DGU nr. 165.295 – 165.297 i LOOP område 4, Lillebæk, Fyns Amt. – GEUS rapport 2000/47*
- *Miljøstyrelsen (1999): Fjernelse af metaller fra grundvand ved traditionel vandbehandling på danske vandværker. Vandfonden. – Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 17/1999*
- *Plantedirektoratet (2000): Danmarks forbrug af handelsgødning 1999/00. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri*
- *Laursen, E.V., Larsen, J., Rajakumar, K., Cappelen, J. & Schmith, T. (1999): Observed Daily Precipitation & Temperature from Six Danish Sites, 1874–1998. - Danish Meteorological Institute, Technical Report 99 (20), 17 pp.*

Yderligere oplysninger om de danske vandløb og søers tilstand kan findes i:

- *Bøgestrand, J. (red.) (2001): Vandløb og kilder 2000. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU nr.378 (elektronisk primo december 2001)*
- *Cappelen J. & Jørgensen B.V. (2001): Danmarks Klima 2000. Danmarks Meteorologiske Institut. 83 s. – Teknisk rapport 01-06*
- *Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Jørgensen, J.O., Paulsen, I., Laubel, A., Jensen, P.G., Pedersen, M. & Rasmussen, P. (2001): Landovervågningsoplande 2000. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU nr. 376 (elektronisk primo december 2001)*
- *Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Bjerring Olsen, R., Landkildehus, F., Lauridsen, T.L., Sortkjær, L. & Poulsen, A.M. (2001): Søer 2000. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU nr. 377 (elektronisk primo december 2001)*
- *Ludvigsen, G.H. (?): The agricultural environmental monitoring programme on pesticides in Norway*
- *Ovesen, N.B., Iversen, H.L., Larsen, S.E. Müller_Wohlfeil, D.-I. & Svendsen, L.M. Blicher, A.S. og Jensen, P.M. (2000): Afstrømningsforhold i danske vandløb. Danmarks Miljøundersøgelser. 238 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 340*
- *Skriver, J., Riis, T., Carl, J., Baatrup-Petersen, A., Friberg, N., Ernst, M.E., Frandsen, S.B., Sode, A. & Wiberg-Larsen, P. (1999): Biologisk overvågning i vandløb 1998-2003. Biologisk vandløbskvalitet (DVFI). Udvidet biologisk program. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 41 s. – Teknisk anvisning fra DMU nr. 16*
- *Windolf, J., Svendsen, L.M., Kronvang, B. Skriver, J., Ovesen, N.B., Larsen, S.E., Baatrup-Pedersen, A., Iversen, H.L., Erfurt, J., Müller-Wohlfeld, D. & Jensen, J.P. (1997): Ferske vandområder – vandløb og kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Danmarks Miljøundersøgelser. 112 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 112*

Yderligere oplysninger om de danske fjorde og havområders miljøtilstand kan findes i:

- *Henriksen, P.(red) (2001): Marine områder 2000 – Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. – Faglig rapport fra DMU nr. 375 (elektronisk primo december 2001)*
- *Naturvårdsverket. Svenske monitoringsdata 2000; www.nrm.se/mg/monitor.html*

Yderligere oplysninger om udledning fra punktkilder kan findes i:

- *Miljøstyrelsen (2001): Punktkilder 2000. Orientering fra miljøstyrelsen x/2000. (elektronisk primo december 2001)*

Yderligere oplysninger om den atmosfæriske deposition kan findes i:

- *Ellermann, T., Hertel, O., Hovmand, M.F., Kemp, K. & Skjøth, C.A. (2001): Atmosfærisk deposition 2000. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. – Faglig rapport fra DMU nr. 374 (elektronisk primo december 2001)*

- *Alteveg, M (1998):* Dynamics of Forest Soil Chemistry in Reports in ecological and environmental engineering 3:1998, 283pp

En beskrivelse af udvikling, status og perspektiver for fosfor på tværs af programmet findes i:

§ *Kronvang, B. (red) (2001):* Fosfor i jord og vand. Faglig rapport fra DMU. Under udarbejdelse.

En beskrivelse af lovgivning, vejledninger og anbefalinger i relation til vandmiljøet kan findes i:

- *Miljøministeriet (1988):* Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg nr. 515 af 29. august 1988
- *Miljø- og Energiministeriet (1996):* Bekendtgørelse om vandkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer eller havet nr. 921 af 8. oktober 1996
- *Miljø- og Energiministeriet (2001):* Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 871 af 21. september 2001
- *Miljøstyrelsen (1990):* Vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. - Vejledning fra Miljøstyrelsen 3/1990
- *Miljøstyrelsen (1995):* Water Quality Criteria for Selected Priority Substances. Working Report No. 44, 1995
- *Miljøstyrelsen (1997):* Boringskontrol på vandværker. - Vejledning fra Miljøstyrelsen 2/1997
- *OSPAR (1998):* Report of the Third OSPAR Workshop on Ecotoxicological Assessment Criteria (EAC), The Hague: 25-29 November 1996, Oslo and Paris Commissions, 1998
- *Statens Forureningstilsyn (SFT) (1997):* Klassificering av miljøkvalitet i fjorde o

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor 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 og Sekretariat
Forsknings- og Udviklingssektion
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Havmiljø
Afd. for Mikrobiel Økologi og Bioteknologi
Afd. for Miljøkemi
Afd. for Systemanalyse
Afd. for Arktisk Miljø

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

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

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

Afd. for Landskabsøkologi
Afd. for Kystzoneøkologi

Publikationer:

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

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

- Nr. 349: Flora and fauna in Roundup tolerant fodder beet fields. By Elmegaard, N. & Bruus Pedersen, M. 37 pp., 50,00 DKK.
- Nr. 350: Overvågning af fugle, sæler og planter 1999-2000 med resultater fra feltstationerne. Af Laursen, K. (red.). 103 s., 80,00 kr.
- Nr. 351: PSSD – Planning System for Sustainable Development. A Methodical Report. By Hansen, H.S (ed.) 110 pp. (electronic)
- Nr. 352: Naturkvalitet på stenrev. Hvilke indikatorer kan vi bruge? Af Dahl, K. et al. 128 s., 140,00 kr.
- Nr. 353: Ammoniakemission fra landbruget siden midten af 80'erne. Af Andersen, J.M. et al. 45 s., 50,00 kr.
- Nr. 354: Phthalates, Nonylphenols and LAS in Roskilde Wastewater Treatment Plant. Fate Modelling Based on Measured Concentrations in Wastewater and Sludge. By Fauser, P. et al. 103 pp., 75,00 DKK.
- Nr. 355: Veststadil Fjord før og efter vandstandshævning. Af Søndergaard, M. et al. 54 s. (elektronisk)
- Nr. 356: Landsdækkende optælling af vandfugle, vinteren 1999/2000. Af Pihl, S., Petersen, I.K., Hounisen, J.P. & Laubek, B. 46 s., 60,00 kr.
- Nr. 357: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual report for 1999. By Kemp, K. & Palmgren, F. 74 pp. (electronic)
- Nr. 358: Partikelfiltre på tunge køretøjer i Danmark. Luftkvalitets- og sundhedsvurdering. Af Palmgren, F. et al. (Foreløbig elektronisk udgave)
- Nr. 359: Forekomst af "afvigende" isbjørne i Østgrønland. En interviewundersøgelse 1999. Af Dietz, R., Sonne-Hansen, C., Born, E.W., Sandell, H.T. & Sandell, B. 50 s., 65,00 kr.
- Nr. 360: Theoretical Evaluation of the Sediment/Water Exchange Description in Generic Compartment Models (Simple Box). By Sørensen, P.B., Fauser, P., Carlsen, L. & Vikelsøe, J. 58 pp., 80,00 DKK.
- Nr. 361: Modelling Analysis of Sewage Sludge Amended Soil. By Sørensen, P., Carlsen, L., Vikelsøe, J. & Rasmussen, A.G. 38 pp., 75,00 DKK.
- Nr. 362: Aquatic Environment 2000. Status and Trends – Technical Summary. By Svendsen, L.M. et. al. 66 pp., 75,00 DDK.
- Nr. 363: Regulering på jagt af vandfugle i kystzonen. Forsøg med døgnregulering i Østvendssyssel. Af Bregnballe, T. et al. 104 s., 100,00 kr.
- Nr. 364: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 2000/2001 i Danmark. Wing Survey from the 2000/2001 Hunting Season in Denmark. Af Clausager, I. 53 s., 45,00 kr.
- Nr. 365: Habitat and Species Covered by the EEC Habitats Directive. A Preliminary Assessment of Distribution and Conservation Status in Denmark. By Pihl, S. et al. 121 pp. (electronic)
- Nr. 366: On the Fate of Xenobiotics. The Roskilde Region as Case Story. By Carlsen, L. et al. (in press)
- Nr. 367: Anskydning af vildt. Status for undersøgelser 2001. Af Noer, H. et al. 43 s., 60,00 kr.
- Nr. 368: The Ramsar Sites of Disko, West Greenland. A Survey in July 2001. By Egevang, C. & Boertmann, D. (in press)
- Nr. 369: Typeinddeling og kvalitetselementer for marine områder i Danmark. Af Nielsen, K., Sømod, B. & Christiansen, T. 105 s. (elektronisk).
- Nr. 370: Offshore Seabird Distributions during Summer and Autumn at West Greenland. Ship Based Surveys 1977 and 1992-2000. By Boertmann, D. & Mosbech, A. 57 pp. (electronic)
- Nr. 371: Control of Pesticides 2000. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T., Petersen, K.K. & Christoffersen, C. 28 pp., 50,00 DKK
- Nr. 372: Det lysåbne landskab. Af Ellemann, L., Ejrnæs, R., Reddersen, J. & Fredshavn, J. 110 s., 120,00 kr.
- Nr. 373: Analytical Chemical Control of Phthalates in Toys. Analytical Chemical Control of Chemical Substances and Products. By Rastogi, S.C. & Worsøe, I.M. (in press)
- Nr. 374: Atmosfærisk deposition 2000. NOVA 2003. Af Ellermann, T. et al. (elektronisk primo december 2001)
- Nr. 375: Marine områder 2000 – Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003. Af Henriksen, P. et al. (elektronisk primo december 2001)
- Nr. 376: Landovervågningsoplande 2000. NOVA 2003. Af Grant, R. et al. (elektronisk primo december 2001)
- Nr. 377: Søer 2000. NOVA 2003. Af Jensen, J.P. et al. (elektronisk primo december 2001)
- Nr. 378: Vandløb og kilder. NOVA 2000. Af Bøgestrand, J. (red.) (elektronisk primo december 2001)
- Nr. 379: Vandmiljø 2001. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Af Boutrup, S. et al. (i trykken)
- Nr. 380: Fosfor i jord og vand – udvikling, status og perspektiver. Kronvang, B. (red.) (i trykken)
- Nr. 381: Satellitsporing af kongeederfugl i Vestgrønland. Identifikation af raste- og overvintringsområder. Af Mosbech, A., Merkel, F., Flagstad, A. & Grøndahl, L. (i trykken)