



Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser

Vandmiljø 2000

Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Faglig rapport fra DMU, nr. 337



Miljøstyrelsen
Miljø- og Energiministeriet



Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser

Vandmiljø 2000

Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Faglig rapport fra DMU, nr. 337
2000

Lars M. Svendsen
Lilian van der Bijl
Susanne Boutrup
Torben Moth Iversen
Overvågningssektionen

Thomas Ellermann
Mads F. Hoovmand
Afdeling for Atmosfærisk Miljø

Jens Bøgestrand
Ruth Grant
Afdeling for Vandløbsøkologi

Jørgen Hansen
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 2000	
Undertitel:	Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning.	
Forfattere:	L.M. Svendsen ¹ , L.v.d. Bijl ¹ , S. Boutrup ¹ , T.M. Iversen ¹ , T. Ellermann ² , M.F. Hovmand ² , J. Bøgestrand ³ , R. Grant ³ , J. Hansen ⁴ , J.P. Jensen ⁵ , J. Stockmarr ⁶ , K.D. Laursen ⁷ .	
Afdelinger:	¹ Overvågningssektionen, ² Afdeling for Atmosfærisk Miljø, ³ Afdeling for Vandløbs-økologi, 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. 337	
Udgiver:	Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser©	
URL:	http://www.dmu.dk	
Udgivelsestidspunkt:	December 2000	
Layout: Tegninger/fotos:	Karin Balle Madsen Grafisk Værksted, Silkeborg	
Bedes citeret:	Svendsen, L.M., Bijl, L.v.b., Boutrup, S., Iversen, T.M., Ellermann, T., Hovmand, M.F., Bøgestrand, J., Grant, R., Hansen, J., Jensen, J.P., Stockmarr, J. & Laursen, K.D. (2000). Vandmiljø 2000. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning. 64 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 337.	
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.	
Frie emneord:	Vandmiljøplanen, miljøtilstand, grundvand, vandløb, kilder, søer, havet, atmosfærisk nedfald, spildevand, udledninger, landbrug, kvælstof, fosfor, pesticider, tungmetaller, miljøfremmede stoffer, iltsvind.	
Redaktionen afsluttet:	November 2000	
ISBN:	87-7772-580-8	
ISSN (trykt):	0905-815X	
ISSN (elektronisk):	1600-0048	
Papirkvalitet: Tryk:	Cyclus Print Silkeborg Bogtryk EMAS registreret nr. DK-S-0084	
Sideantal: Oplag:	64 600	
Pris:	kr. 75,- (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 Vejløsvej 25 DK-8600 Silkeborg Tlf.: 89 20 14 00 Fax: 89 20 14 14	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

1 Indledning 5

- 1.1 Rapportens indhold og opbygning 5
- 1.2 NOVA-2003 Organisering og indhold 6

2 Klima og vandmængder 9

- 2.1 Klimaet 9
- 2.2 Ferskvandsafstrømning 10
- 2.3 Vandbalance 10

3 Kilder til og udledninger af kvælstof, fosfor og organisk stof til vandmiljøet 13

- 3.1 Indledning 13
- 3.2 Punktkilder 13
 - 3.2.1 Rensanlæg i 1999 13
 - 3.2.2 Særskilte industrielle udledere i 1999 14
 - 3.2.3 Regnbetingede udledninger i 1999 14
 - 3.2.4 Ferskvandsdambrug i 1999 15
 - 3.2.5 Spredt bebyggelse i 1999 15
 - 3.2.6 Saltvandsbaseret fiskeopdræt i 1999 16
 - 3.2.7 Samlede udledning fra punktkilder i 1999 16
 - 3.2.8 Udvikling i udledninger fra punktkilder 17
- 3.3 Kvantificering af diffuse kilder 18
 - 3.3.1 Indledning 18
 - 3.3.2 Atmosfærisk deposition 18
 - 3.3.3 Tab af næringsstoffer fra rodzonen og dræn på dyrkede arealer 19
 - 3.3.4 Naturlig baggrundsbidrag 21
- 3.4 Stoftilførsler til ferskvand og til havet samt kilder hertil 22
 - 3.4.1 Indledning 22
 - 3.4.2 Stoftilførsel til søer 22
 - 3.4.3 Stoftilførsler til ferskvand i landovervågningsoplandene 23
 - 3.4.4 Stoftilførsler til marine områder i 1999 24
 - 3.4.5 Udvikling i stoftilførslen til marine kystafsnit og kilder 25

4 Vandmiljøets tilstand og udvikling 27

- 4.1 Grundvand 27
 - 4.1.1 Vandindvinding 27
 - 4.1.2 Grundvandsovervågningen 27
 - 4.1.3 Nitrat og fosfor 28
- 4.2 Søer 30
 - 4.2.1 Fysisk karakteristik af søer 30
 - 4.2.2 Tilbageholdelse af kvælstof og fosfor 30
 - 4.2.3 Vandkemiske forhold, status og udvikling 31
 - 4.2.4 Biologisk struktur 32
 - 4.2.5 Reaktioner på faldende fosforkoncentrationer 33
 - 4.2.6 Tilstand og målsætning 34
- 4.3 Vandløb og kildebække 34

4.3.1	Karakteristik af danske vandløb	34
4.3.2	Koncentration af fosfor og kvælstof status og udvikling	34
4.3.3	Miljøtilstanden i vandløb	37
4.4	Marine områder	38
4.4.1	Hydrografiske forhold	38
4.4.2	Iltforhold	38
4.4.3	Næringsstofkoncentrationer, status og udvikling	39
4.4.4	Planteplankton	40
4.4.5	Bundvegetation	41
4.4.6	Bundfauna	42
4.4.7	Overordnet udvikling i havmiljøet	43

5 Tungmetaller og miljøfremmede stoffer 45

5.1	Tungmetaller og uorganiske sporstoffer	45
5.1.1	Punktkilder	46
5.1.2	Atmosfæren	46
5.1.3	Muslinger og fisk	47
5.1.4	Vandløb	47
5.1.5	Grundvand	48
5.2	Miljøfremmede stoffer	49
5.2.1	Punktkilder	49
5.2.2	Havvand	49
5.2.3	Muslinger, fisk og snegle	49
5.2.4	Grundvand	51
5.2.5	Pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvand	52
5.3	Sammenfatning	54

6 Sammenfatning 55

6.1	Udledninger til vandmiljøet	55
6.2	Tungmetaller og miljøfremmede stoffer	57
6.3	Tilstand og udvikling	57

7 Hvor kan der læses mere? 61

1 Indledning

1.1 Rapportens indhold og opbygning

Denne rapport "Vandmiljø 2000. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning" sammenfatter resultaterne fra 1999 af Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet 1998-2003, sædvanligvis omtalt som NOVA-2003 (*Miljøstyrelsen, 2000b*).

Overordnet indhold

"Vandmiljø 2000. 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 de syv fagdatacentre (*Bøgestrand (red.) (2000), Ellermann et al. (2000), Grant et al. (2000), GEUS (2000), Hansen et al. (2000), Jensen et al. (2000) samt Miljøstyrelsen (2000c)*).

Fagdatacentre

Fagdatacentrene har ansvaret for overvågningsprogrammets gennemførelse indenfor følgende fagområder:

- Grundvand (GEUS)
- Punktkilder (Miljøstyrelsen)
- Landovervågning (DMU)
- Søer (DMU)
- Vandløb (DMU)
- Atmosfærisk nedfald (DMU)
- Marine områder (DMU)

Hvor kommer data fra?

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 denne sammenfatning

Formålet med sammenfatningen er først og fremmest at orientere om resultaterne af årets overvågning til Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg 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.

Der udarbejdes af Miljøstyrelsen og Skov- og Naturstyrelsen en politisk administrativ redegørelse (*Miljøstyrelsen, 2000a*).

Opbygningen af denne sammenfatning

Rapporten er opbygget om tre hovedelementer:

- Et kapitel (3) der sammenfatter tilførsler og udviklingen til vandmiljøet af kvælstof, fosfor og organisk stof fra forskellige kilder, herunder forskellige leveringsveje fra kilde til vandmiljøet. I kapitlet er inkluderet udvaskning af næringsstoffer fra rodzonen, og hvad der påvirker denne
- Et kapitel (4) som sammenfatter vandmiljøets tilstand og udvikling, herunder relaterer påvirkninger og miljøtilstanden. Fokus er på koncentration af kvælstof og fosfor og på biologiske forhold i vandmiljøet
- Et kapitel (5) der opsummerer de resultater, der findes vedrørende tungmetaller og miljøfremmede stoffer i vandmiljøet. Der er både resultater vedrørende udledninger, koncentrationsniveauer og påvirkninger på biologiske komponenter.

Der indledes med en kort beskrivelse af klima og afstrømningsforholdene i 1999 (kapitel 2), og der er en sammenfatning med de centrale resultater af vandmiljøovervågningen i 1999 (kapitel 6).

1.2 NOVA-2003 Organisering og indhold

Overvågningsprogrammets organisering

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 fagdage, evaluerer programmets udførelse og rapporteringer, betjener Aftaleudvalget vedrørende faglige spørgsmål og refererer i øvrigt hertil.

Overvågningsprogrammets indhold

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

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, 2000b*). *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
- stofmængder	x	x	x		x	x	x
- alder, jordfysik			x				
Kemiske parametre*:							
- næringsstoffer	x	x	x	x	x	x	x
- org. stof, andre param.	x	x	x		x	x	
- forsurende stoffer							x
- miljøfremmede stoffer	x	x	x	x	x	x	
- tungmetaller	x	x	x		x	x	x
- pesticider			x	x	x		
Biologiske undersøgelser:							
- plantep plankton	x					x	
- dyreplankton	x					x	
- fiskeyngel	x						
- fisk	x	x					
- vegetation	x	x				x	
- smådyr		x				x	
-							

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

Grundvand

Grundvandet undersøges for stofindhold, herunder pesticider og andre miljøfremmede stoffer samt for grundvandsstand og indvundne mængder. Der udarbejdes endvidere hydrologiske modeller for enkelte overvågningsområder.

Punktkilder

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

Landovervågning

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, som indgår i varierende omfang.

Søer

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). Derudover indgår et ekstensivt program i et større antal søer i en treårig turnus.

Vandløb

Vandløbene undersøges generelt for kemisk sammensætning, afstrømningsforhold og transport af næringsstoffer og organiske stoffer samt i nogle udvalgte vandløb miljøfremmede stoffer og tungmetaller. Den samlede stoftilførsel til marine kystafsnit opgøres. Der gennemføres undersøgelser af smådyrssamfund for fastlæggelse af vandløbets kvalitet og på udvalgte lokaliteter undersøges fiskebestand og vegetation. I samarbejde med landovervågningen gennemføres oplandsanalyser til bl.a. at bestemme transportveje.

Atmosfærisk nedfald

Der foretages målinger af kvælstofforbindelser, svovl og tungmetaller og nedfaldet beregnes ved hjælp af modelberegninger for de danske farvands- og landområder.

Marine områder

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 miljøfremmede stoffer og tungmetaller i fisk og muslinger undersøges også. Iltforholdene måles for at kortlægge iltsvind. Ved hjælp af modeller og tal for landbaseret tilførsel beregnes vand og stofudskiftning i fjorde og vand-og næringsstoftransporter i de åbne farvande. Intensive undersøgelser foregår i 6 fjorde (typefjorde), 16 havstationer og ved 6 automatiske målebøjer. Herudover er udvalgt 32 repræsentative fjord- og kystområder og en række ekstensive stationer i de danske farvande. Skov- og Naturstyrelsen overvåger makroalgevegetation ved 8 stenrev. Denne overvågning er overtaget af DMU fra 2000.

Mere information om NOVA-2003

Yderligere oplysninger om NOVA-2003 kan findes på programmets hjemmeside på web-adressen <http://NOVA.dmu.dk>. Her findes en samlet programbeskrivelse og links til de institutioner, der indgår i samarbejdet omkring overvågningen af det danske vandmiljø.

2 Klima og vandmængder

2.1 Klimaet

Varmt, vådt og solrigt

Vejret i 1999 var som helhed både meget varmt, meget solrigt og usædvanlig vådt (tabel 2.1). Denne kombination er ikke tidligere forekommet i en sådan grad. Middelttemperaturen på 8,9 °C var 1,2 °C over normalen (1961-90) og 0,5 °C over gennemsnittet for overvågningsperioden 1989-99. Alle måneder på nær juni var varmere end normalt. De 11 overvågningsår har været 0,7 °C varmere end normalen.

Nedbørsforhold

Med 905 mm på landsplan blev 1999 det vådeste år, siden DMI startede målingerne i 1874, hvilket er 193 mm over normalen. Nedbøren var over normalen de fleste måneder i 1999. Kun i november var nedbøren væsentligt under normalen. I Nord- og Nordvestjylland og de centrale dele af Syd- og Sydvestjylland faldt der i 1999 mellem 1000 og 1200 mm, mens der over Storebæltsregionen og i Østersøområdet kun faldt 600-700 mm.

Sol og vind

Solen skinnede 1905 timer i 1999 mod normalt 1670 timer (1971-90). Vindhastigheden var med 5,5 m s⁻¹ som middel for 1999 ved kyststationerne noget under normalen på 6,6 m s⁻¹ trods århundredets orkan i december 1999.

Tabel 2.1 Årsmiddel for temperatur, nedbør, beregnet potentiel vandbalance (korrigeret nedbør minus beregnet potentiel fordampning) samt ferskvandsafstrømningen. Vinterværdier er middel for perioden fra fx december til marts. Kilde: *Bøgestrand (red.) (2000)* og *Danmarks Meteorologiske Institut*.

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
1989-99	8,4	2,5	721	229	350	318	13600	158
1961-90	7,7	0,9	712	207	336	326	14000	159

^{*} normalen er her 1971-90.

2.2 Ferskvandsafstrømning

Ferskvandsafstrømningen i 1999

Den samlede ferskvandsafstrømning fra Danmark var i 1999 ca. 18.400 millioner m³ svarende til 427 mm (tabel 2.1). Årets afstrømning var hermed ca. 31% over middelfstrømningen for perioden 1971 – 1999, der er på 326 mm. Afstrømningen var samtidig 34% over midlen for 1989-99. Til sammenligning var nedbøren i 1999 27% over normalen og 26% over midlen for 1989-99. Det var specielt vintermånederne januar og marts men især december, hvor afstrømningen ligesom nedbøren var særdeles stor.

Geografiske forskelle

Afstrømningsforholdene udviser ligesom nedbøren en stor geografisk variation i 1999, idet der generelt en rimelig overensstemmelse mellem ferskvandsafstrømningen og (netto)nedbør. Grundvandsmagasinerne påvirker dog også disse mønstre. Fra oplandene til farvandsområderne i det Sydlige Bælthav, Østersøen og Øresund var ferskvandsafstrømninger kun ca. 200-250 mm, mens afstrømningen til farvandsområderne i Nordsøen var mellem 500 og 600 mm.

Klimaet i 1999 har givet potentiale for stor diffus stoftilførsel til vandmiljøet

De store nedbørsmængder har betinget en stor udvaskning fra dyrkede arealer og givet potentiale for en del jord- og brinkerrosion, som tilsammen har medført en relativ høj diffus tilførsel af kvælstof og fosfor til vandmiljøet i 1999. Afstrømningen i slutningen af 1999 har givet et potentiale for en relativ stor diffus tilførsel af vand og næringsstoffer til vandmiljøet i denne periode og et stykke ind i 2000. Orkanen i december 1999 bevirkede en fuldstændig omrøring af vandsøjlen i de fleste marine områder.

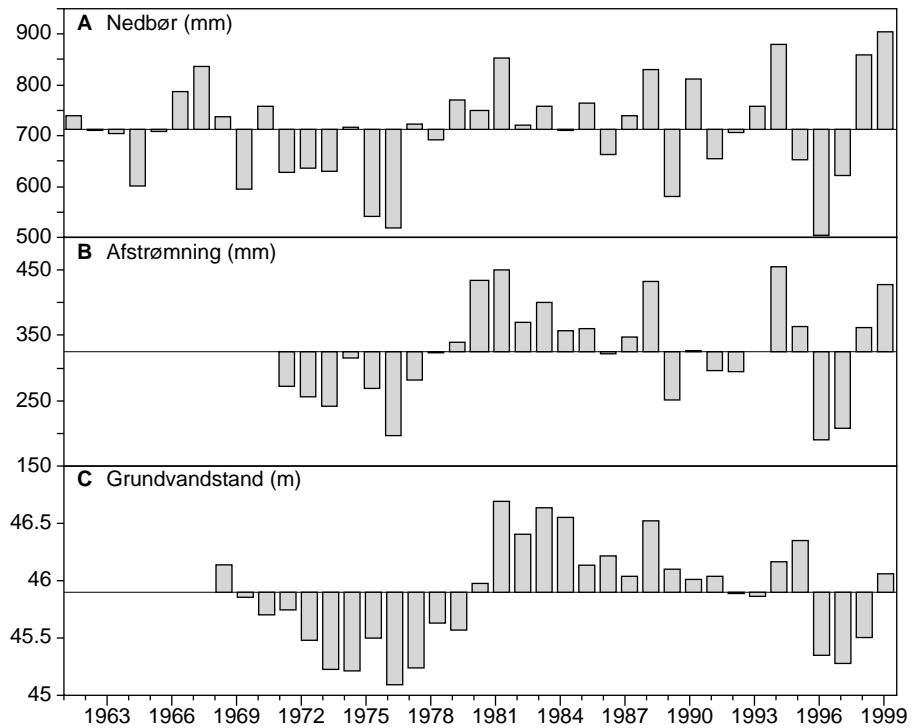
2.3 Vandbalance

Sammenhæng mellem nedbør, afstrømning og grundvandskoter

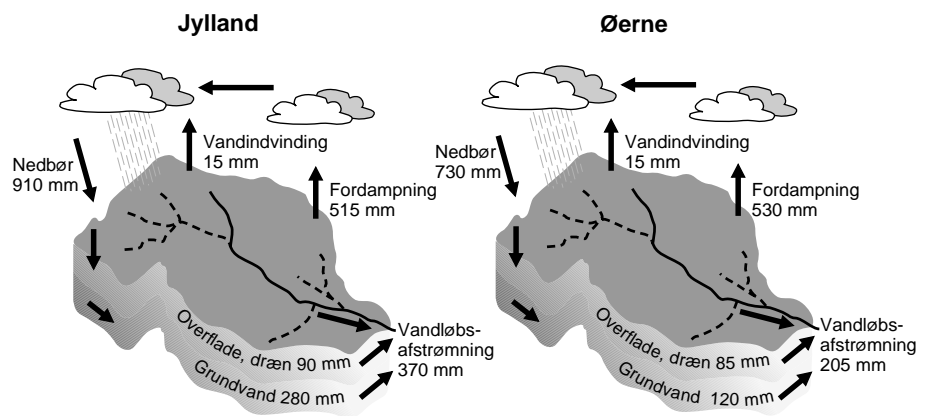
Der er overordnet en god sammenhæng mellem nedbør og afstrømning (figur 2.1). Afstrømningen reagerer dog med en vis forsinkelse i forhold til nedbøren, da en del af nedbøren siver ned i jorden og til primære og sekundære grundvandsmagasiner før det når til vandløb. I tørre år vil afstrømningen ofte være større end nedbøren berettiger til, 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.

Det hydrologiske kredsløb

De forskellige dele af de hydrologiske kredsløb er vist i figur 2.2 opdelt for Jylland og for Øerne. For den lange periode vandbalancen er bestemt for kan det antages, at der ikke har været væsentlige ændringer i grundvandsmagasinerne. Vandbalancen viser, at afstrømningen kun er 205 mm på Øerne mod 370 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 udtørende vandløb, især hvor der også sker en betydende vandindvindning.



Figur 2.1 Årsmiddelnedbør (A), samlede afstrømning fra Danmark (B) og årsmiddelgrundvandskoten ved Karup (C) for perioden 1961-1999 vist i forhold til gennemsnit for perioden 1961-90 (A), 1971-90 (B) og 1968-90 (C). Kilder: Bøgestrand (red.) (2000), Danmarks Meteorologiske Institut samt GEUS (2000.)



Figur 2.2 Det hydrologiske kredsløb med værdier for vandbalancen for perioden 1971-98 opdelt på henholdsvis Jylland og Øerne. De enkelte led er opgjort uafhængig. Nedbøren er korrigeret til jordoverfladen. Kilde: Ovesen et al. (2000).

[Tom side]

3 Kilder til og udledninger af kvælstof, fosfor og organisk stof til vandmiljøet

3.1 Indledning

Kildetyper

Kilder for tilførsel af næringsstoffer, organisk stof, tungmetaller og miljøfremmede stoffer til vand- og luftmiljøet opdeles i punkt- og diffuse kilder. De behandlede punktkilder omfatter udledninger fra:

- rensningsanlæg
- særskilte industrielle udledere
- dambrug
- regnbetingede anlæg
- spredt bebyggelse
- saltvandsbaseret fiskeopdræt

Diffuse kilder omfatter udledninger fra:

- dyrkede arealer
- udyrkede arealer
- atmosfærisk deposition

Kapitlets indhold

I dette kapitel gives en oversigt over udledning fra punktkilder i 1999 og udviklingen i udledningerne fra disse samt tekniske oplysninger om kilderne. Der redegøres for tab fra dyrkede arealer og oplysninger vedrørende landbrugspraksis. Endvidere opgøres hvor meget kvælstof og fosfor der tilføres søer, vandløb samt marine kystafsnit. Udledninger af organisk stof er som regel målt som biologisk iltforbrug over 5 dage (BI_5), der er et mål for omsætteligt organisk stof.

3.2 Punktkilder

3.2.1 Rensanlæg i 1999

Antal anlæg

I 1999 var der 1.147 kommunale og 262 private renselanlæg. De 277 af de kommunale anlæg er omfattet af Vandmiljøplanens krav om vidtgående fjernelse af næringsstoffer og organisk stof. Disse anlæg behandler 90% af spildevand til renselanlæg. Der har været en udvikling mod færre men større anlæg, og i 1999 behandlede de 25 største anlæg næsten halvdelen af spildevandsmængden (tabel 3.1).

Tabel 3.1 Størrelsesfordeling af renselanlæg og hvor stor en andel af den samlede andel af belastningen, der er på forskellige størrelsesklasser. Således har anlæg >100.000 PE 44% af belastning, anlæg >50.000 PE 63% af belastningen. Kilde: *Miljøstyrelsen (2000c)*.

Anlægskapacitet	Antal renselanlæg	Belastning i % af belastning på alle anlæg
> 30 PE	1409	100%
> 500 PE	708	99%
> 2.000 PE	461	97%
> 5.000 PE	273	92%
> 15.000 PE	130	82%
> 50.000 PE	60	63%
> 100.000 PE	25	44%

<i>Anlægstyper</i>	I 1999 var 274 anlæg indrettet med den mest omfattende rensning, dvs. med mekanisk og biologisk rensning, nitrifikation og denitrifikation samt fosforfjernelse. Disse anlæg behandlede 85% af den samlede spildevandsmængde. I 1989 var der tilsvarende kun 59 anlæg af denne type, som behandlede 10% af den samlede spildevandsmængde. De private anlæg er små mekaniske eller biologiske anlæg, der behandler under 2% af den samlede spildevandsmængde.
<i>Kapacitet</i>	Den samlede kapacitet var i 1999 12 millioner PE, opgjort som renselanlæggenes kapacitet til at fjerne organisk stof (1 PE er 60 g BI ₅ pr. døgn). Belastningen til alle anlæg var i 1999 i alt 8,1 millioner PE.
<i>Tilførte vandmængder</i>	Den totale vandmængde, der er tilført renselanlæggene i 1999 fra husholdninger, industri, regnvand og indsivningsvand, er beregnet til 825 millioner m ³ . Størrelsen er påvirket af nedbørsmængderne og har derfor været relativt høj i 1999. Baseret på oplysninger fra 755 anlæg skønner <i>Miljøstyrelsen (2000c)</i> , at den samlede indsivning til kloaknettet i 1999 var 29% af den samlede spildevandsmængde til renselanlæg.
<i>Udledninger fra renselanlæg i 1999</i>	De samlede udledninger fra renselanlæg til ferskvand og direkte til marine kystafsnit i 1999 var 825 millioner m ³ spildevand indeholdende 5.104 tons kvælstof, 581 tons fosfor og 3.508 tons BI ₅ . Renseeffektiviteten var i 1999 over 90% for fosfor og organisk stof og godt 80% for kvælstof for anlæg med den mest omfattende rensning.

3.2.2 Særskilte industrielle udledere i 1999

<i>Antal særskilte udledere</i>	Amterne har for 1999 indberettet om 150 virksomheder med udledninger til søer, vandløb eller marine kystafsnit. De 100 af virksomhederne har udledt kvælstof, fosfor og/eller organisk stof, de 58 tungmetaller og/eller miljøfremmede stoffer. 38 af disse er omfattet af Vandmiljøplanens krav om nedbringelse af næringsstoffudledninger. Der er endnu nogle af disse virksomheder, der udleder urensset spildevand. Der opgøres ikke for virksomheder, der udleder mindre end 30 PE.
---------------------------------	--

<i>Udledninger i 1999 fra særskilte industrielle udledere</i>	I 1999 udledte de særskilte industrielle udledere ca. 65 millioner m ³ spildevand. De samlede udledninger med spildevand var i 1999 863 tons kvælstof, 69 tons fosfor og 9.528 tons BI ₅ . Mellem 75 og 90% af udledningerne i 1999 stammer fra virksomheder omfattet af Vandmiljøplanens krav. 41% af de samlede kvælstof- og fosforudledninger stammer fra fiskeindustrien.
---	---

3.2.3 Regnbetingede udledninger i 1999

<i>Hvad er regnbetingede udledninger?</i>	Regnbetingede udløb omfatter alle udledninger til vandmiljøet fra tagarealer, vejarealer, stier og pladser, der er tilsluttet et kloaknet. Udledningerne opdeles i separate udledninger af overfladevand og overløb fra fælleskloakerede områder, som er en blanding af overfladevand og spildevand.
---	--

<i>Opgørelsesmetoder</i>	Udledninger fra de separate regnvandsudløb opgøres typisk ud fra generelle erfaringsværdier udmeldt af Miljøstyrelsen i 1990 på 2 mg l ⁻¹ kvælstof, 0,5 mg l ⁻¹ fosfor og 50 mg l ⁻¹ COD (et mål for organisk stof målt ved et iltforbrugende stof). For fælleskloakerede overløb er opgørelserne forbedret gennem 1990'erne i forbindelse med revision af spildevandsplaner, digitalisering af kloaksystemet m.v., men der anvendes dog meget forskellige opgørelsesmetoder.
<i>Antal anlæg</i>	Der var i 1999 i alt 12.232 regnvandsanlæg, heraf 5.021 fællessystemer og 9.211 udløb af separat overfladevand. Af det samlede antal anlæg var de 2.901 med bassin, der reducerer overløbsmængderne til vandmiljøet. Det samlede areal, der leder vand til anlæggene, udgjorde knap 240.000 ha, hvoraf godt 70.000 ha var befæstede arealer. Der var i 1999 bassiner på udledninger fra 37% af de fælleskloakerede befæstede arealer og på 35% af det samlede separatkloakerede befæstede areal, men der er store regionale variationer.
<i>Udledninger fra regnvandsbetingede anlæg i 1999</i>	Nedbøren spiller naturligvis en afgørende rolle for udledningerne fra regnbetingede anlæg, og med den rekord store nedbør i 1999 var udledningerne også høje, ca. 20% højere end for et normal år. Der blev udledt 249 millioner m ³ vand med tilhørende 975 tons kvælstof, 251 tons fosfor og 2.839 tons BI ₅ . Typisk udgør spildevandsbelastningen fra overløb kun 1-4% af den samlede spildevandsbelastning fra rensanlæg for kvælstof, fosfor og organisk stof, men vandmængdens andel er ca. dobbelt så stor.
<i>Antal dambrug og placering af disse</i>	3.2.4 Ferskvandsdambrug i 1999 Ferskvandsdambrug (uden ålebrug) producerer primært regnbueørred. Samtlige ferskvandsdambrug ligger ved jyske vandløb og 75% af produktionen sker i Ringkjøbing, Ribe, Vejle og Nordjyllands Amter. Amterne har rapporteret om 406 dambrug i 1999 hvoraf 381 var i drift. I 1989 var der 510 registrerede dambrug.
<i>Foderforbrug og produktion</i>	Dambrug er sammenlignet med andre virksomheder relativt små og 70% må anvende mindre end 100 tons foder pr. år. Kun 6% af dambrugene må anvende over 200 tons foder pr. år. 65% af den samlede produktion kommer fra dambrug med en årlig tilladt foderkvote på over 100 tons. Der blev i 1999 produceret 32.703 tons fisk (vådvægt) og anvendt 31.055 tons foder. Det betyder, at foderkoefficienten (antal kg produceret fisk pr. kg anvendt foder) har været 0,95.
<i>Udledninger fra ferskvandsdambrug i 1999</i>	Udledninger fra dambrug beregnes teoretisk ud fra anvendt foder og fiskeproduktionen. De er for 1999 opgjort til 1.127 tons kvælstof, 83 tons fosfor og 3.056 tons BI ₅ .
<i>Hvad er spredt bebyggelse?</i>	3.2.5 Spredt bebyggelse i 1999 Bebyggelse i det åbne land omfatter udledninger på mindre end 30 PE og omfatter sommerhuse, kolonihaver, fritliggende ejendomme, små landsbyer m.v. Der var i 1999 348.000 enheder, hvoraf fritliggende ejendomme udgjorde 59%, sommerhuse 31% og landsbyer 7%.
<i>Opgørelsesmetoder</i>	Der anvendes 3 vidensniveauer ved opgørelse af udledninger fra spredt bebyggelse (<i>Miljøstyrelsen (2000c)</i>). Opgørelserne er løbende

blevet forbedret siden 1989 mod det bedste vidensniveau om spredt bebyggelse.

Rensetyper

Fordelt på rensetyper har 37% nedsivning med dræn, 12% nedsivning uden dræn, 7% regnes som værende uden udledning og 44% øvrige med udledning. Ejendomme med minirenselanlæg og rodzoneanlæg udgør i alt ca. 1% af ejendommene.

Samlede udledninger fra spredt bebyggelse i 1999

Udledninger fra spredt bebyggelse er i et vist omfang påvirket af nedbørs mængderne. De samlede udledninger fra spredt bebyggelse var i 1999 12 mill. m³ spildevand, 971 tons kvælstof, 221 tons fosfor og 3.813 tons organiske stof.

Havbrug og saltvandsdambrug

3.2.6 Saltvandsbaseret fiskeopdræt i 1999

Saltvandsbaseret fiskeopdræt omfatter både havbrug og saltvandsdambrug og producerer primært regnbueørred. Havbrug er "opdrætsanlæg bestående af netbure, trådkasser eller lignende placeret i marine vandområder, og hvis drift forudsætter anvendelse af foder". Saltvandsdambrug er "opdrætsanlæg placeret på land med indtag af saltvand, herunder kølevand fra kraftværker og lignende, og hvis drift forudsætter anvendelse af foder".

Antal virksomheder

Der var i 1999 13 saltvandsdambrug og 25 havbrug. Havbrugene findes hovedsageligt i de indre danske farvande. Hovedparten af saltvandsdambrugene ligger ved kysten i Ringkjøbing Amt, resten er i Viborg Amt og Vestsjællands Amt.

Udledninger fra saltvandsbaseret fiskeopdræt i 1999

Udledningerne til havet fra saltvandsbaseret fiskeopdræt i 1999 var 301 tons kvælstof, 35 tons fosfor og 1.616 tons BI₅.

Spildevandsudledninger til ferskvand og direkte spildevandsudledninger

3.2.7 Samlede udledning fra punktkilder i 1999

De samlede udledninger fra punktkilder til vandmiljøet var i 1999 9.371 tons kvælstof, 1.238 tons fosfor og 24.336 tons BI₅ (tabel 3.2). 60% af de samlede spildevandsudledninger af kvælstof blev udledt til ferskvand. Tilsvarende blev 61% af fosfor- og 44% af BI₅-udledningerne fra punktkilder udledt til ferskvand.

Betydning af de enkelte punktkilder

For både kvælstof og fosfor var udledninger fra renselanlæg den største punktkilde til såvel ferskvand som til marine kystafsnit. Til ferskvand var fosforudledninger fra spredt bebyggelse dog en næsten lige så stor punktkilde med 29% af udledningerne. For BI₅ var udledninger fra spredt bebyggelse (35%) den største kilde, mens udledninger fra dambrug (28%) og regnbetingede udledninger (20%) ligeledes var betydende kilder. Særskilte industrielle udledninger var den største BI₅ punktkilde til marine kystafsnit i 1999 med 70% af den samlede belastning. Havbrug udgjorde 11% af BI₅ punktkildeudledninger til marine kystafsnit i 1999. Dambrug og havbrug er således betydende kilder i de områder de befinder sig i.

I afsnit 3.4 sammenlignes udledninger fra punktkilder med udledninger fra andre kilder.

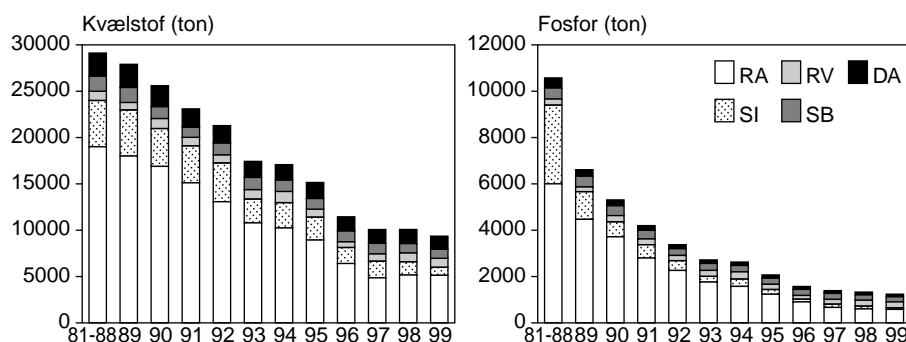
Tabel 3.2 Spildevandsudledninger fra punktkilder i 1999. Kilde: *Miljøstyrelsen (2000c)*.

Tons	Ferskvand			Marin			I alt		
	N	P	BI ₅	N	P	BI ₅	N	P	BI ₅
Rensningsanlæg	2.705	258	1.682	2.429	324	1.826	5.134	581	3.508
Særskilte industrielle udledere	38	3	47	825	66	9.481	863	69	9.528
Regnvandsanlæg	752	195	2.169	223	56	670	975	251	2.839
Ferskvandsdambrug	1.127	83	3.032	-	-	-	1.127	83	3.032
Spredt bebyggelse	966	220	3.795	5	1	8	971	221	3.813
Saltvandsbaseret fiskeopdræt	-	-	-	301	35	1.616	301	33	1.616
I alt	5.588	759	10.725	3.783	482	13.601	9.371	1.238	24.336

Markant reduktion i udledningerne fra renseanlæg og særskilte industrielle udledere

3.2.8 Udvikling i udledninger fra punktkilder

Siden 1989 har der været en reduktion i udledningerne fra punktkilder under et på 66% for kvælstof, 81% for fosfor og 74% for organisk stof målt som BI₅ (figur 3.1). Disse reduktioner er for kvælstof og fosfor primært sket ved markante reduktioner i udledninger fra renseanlæg og særskilte industrielle udledere grundet en kraftig renseindsats. Udledningerne med kvælstof, fosfor og organisk stof fra renseanlæg er reduceret med henholdsvis 74%, 90% og 94%. De tilsvarende tal for særskilte industrielle udledere er 85%, 95% og 84%. Reduktionsmålene i Vandmiljøplan I for udledninger fra renseanlæg og særskilte industrielle udledere har været opfyldt siden 1996-97.



Figur 3.1 Årlige udledninger fra punktkilder som sum af udledninger til ferskvand og direkte udledninger. RA=renseanlæg, SI=særskilte industrielle udledere, RV=regnvandsanlæg, SB=spredt bebyggelse DA=Dambrug (ferskvands- og saltvandsbaserede). Kilder: *Miljøstyrelsen (1999b)*; *Bøgestrand (red.) (2000)* og *Miljøstyrelsen (2000c)*.

Spredt bebyggelse og dambrug

Udledninger fra spredt bebyggelse er faldet fra 1989 til 1999. For fosfors vedkommende skyldes det anvendelse af fosfatfrit vaskepulver. De samlede udledninger fra ferskvandsdambrug er faldet markant siden slutningen af 1980'erne med henholdsvis 49%, 59% og 55% for kvælstof, fosfor og BI₅. Udledninger fra havbrug er faldet for fosfor siden slutningen af 1980'erne, men har for kvælstof og fosfor ligget ret stabilt de senere år.

3.3 Kvantificering af diffuse kilder

3.3.1 Indledning

Dette afsnit behandler diffuse kilder og transportveje for næringsstoffer. Endvidere sammenfattes hovedresultaterne fra overvågningen i landovervågningsoplandene, som er nogle mindre vandløbsoplande, hvor landbrugets dyrkningspraksis, kvælstof- og fosforbalancer samt tab fra rodzonen og dræn har været fulgt i nogle år. En del af tabet af f.eks. kvælstof fra rodzonen vil nå ned til grundvandet og på sigt til vandløb, mens en anden del via dræn, makroporeflow og den umættede zone i øvrigt vil nå ret hurtigt ud til vandløb. Rodzonetabet i landovervågningsoplandene relateres til landbrugspraksis og anvendes til dels at vurdere effekten af ændringer heri og dels at vurdere, hvor langt man er nået i forhold landbrugets reduktionsmålsætninger i Vandmiljøplanerne. Endvidere relateres rodzone- og dræntab af kvælstof og fosfor til vandløbstransporter i oplandene i afsnit 3.4.3.

3.3.2 Atmosfærisk deposition

Den atmosfæriske deposition (nedfald) er bestemt ud fra data fra 8 målestationer, meteorologiske data, emissionsopgørelser og modellering (Ellermann *et al.*, 2000).

Målinger og modelberegninger ved depositionsopgørelser

Kvælstofsdepositionen i 1999

Kvælstofdepositionen til danske fjorde, vige og bugter blev for 1999 beregnet til i gennemsnit 11 kg ha^{-1} . Kvælstofdepositionen er størst over land med over 20 kg ha^{-1} i områder af Jylland med mange husdyr, og lavest med 9 kg ha^{-1} i Skagerrak og i den vestlige del af Nordsøen (Ellermann *et al.*, 2000). Overordnet set aftager depositionen fra syd mod nord og er lav over havet langt fra kysterne. Den samlede kvælstofdeposition i 1999 til de danske farvandsområder (97.700 km^2) er beregnet til 120.000 tons og for danske landområder (43.100 km^2) 90.000 tons. Den samlede deposition på 210.000 tons svarer nogenlunde til den samlede estimerede emission i 1998 på 160.000 tons.

Kilder til kvælstofdepositionen

Kvælstofdepositionen til danske farvande stammer ligeligt fra landbrug (ca. 40%) og forbrændingsprocesser (ca. 60%). Kildesammensætningen afhænger dog af lokale forhold. Således udgør landbrugs-kilder godt 50% af depositionen til Limfjorden og til Kattegat, mens diverse forbrændingsprocesser er kilde til resten. Af den samlede deposition til de danske farvande bidrager danske kilder med 28% til Kattegat og 9% til Nordsøen, og med mere end 40% til kystnære arealer. I gennemsnit udgør det danske bidrag omkring 15% af den atmosfæriske kvælstoftilførsel til de danske farvande.

Sæsonvariationer i våddepositionen

For de fleste kvælstofforbindelser er sæsonvariationen relateret til variationen i emissioner, fysisk og kemisk omdannelse og transport i atmosfæren samt sæsonvariationer i nedbørsmængden. For nitrat har der i perioden 1989-99 ikke været tydelig sæsonvariation, men depositionen følger variationer i nedbøren. Depositionen af ammoniak følger i højere grad ammoniakkoncentrationen i atmosfæren, som er højest i sommerhalvåret.

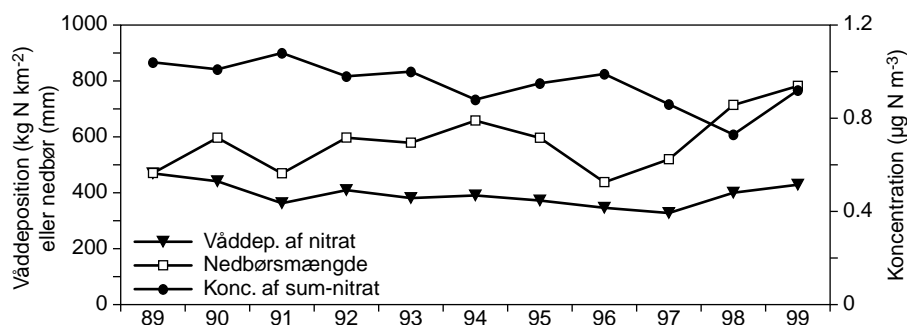
Stor usikkerhed på kvælstofdepositionen

Som tidligere skønnes usikkerheden på de modelberegnete kvælstofdepositioner at ligge på 30-40% for de åbne farvande og 40-60% for

kystnære farvande. Usikkerheden for årsdepositionen over land skønnes at være op til en faktor 2. Den anvendte forbedrede model vurderes at have givet en væsentlig forbedring af resultaterne, men et års resultater er for spinkelt et grundlag til at vurdere om den bedre overensstemmelse mellem målinger og beregninger for 1999 er tilfældig.

Udviklingstendens for deposition af kvælstof

Våddepositionen af nitrat (og ammonium) er bl.a. afhængig af nedbørmængden, og udviser derfor store år til år variationer (figur 3.2). Den udgjorde ca. 80% af den samlede kvælstofdeposition i 1999. Der har været et fald i kvælstofdepositionen, som dog ikke er signifikant.



Figur 3.2 Sum nitratkoncentration, våddeposition af nitrat og årlig nedbørmængde som årligt gennemsnit for målestation på Anholt. Kilde: Ellermann et al. (2000).

Fosfordepositionen

Fosfordepositionen er primært bundet til partikler. Tilførslen til de indre danske farvande vurderes maksimalt at have været 255 tons i 1999 svarende til 0,08 kg/ha.

Svovl

Svovl findes i atmosfæren primært som svovldioxid og partikulært bundet svovl. Tørdepositionen af svovlforbindelser er faldet markant i perioden med 70-90% for svovldioxid og 46-73% for partikulært bundet svovl. Tilsvarende er der et markant fald i våddepositionen af sulfat på 33-51%. En stor del af svovldioxid og den partikulært bundne svovl langtransporteres til Danmark fra nordlige dele af det Europæiske kontinent. Faldet i svovldepositionen skyldes således reduktion i svovlemissionen i både Danmark og det øvrige Europa bl.a. grundet bedre røggasrensning.

3.3.3 Tab af næringsstoffer fra rodzonen og dræn på dyrkede arealer

3.3.3.1 Landovervågningsoplandene

Oplandenes repræsentativitet

Landovervågningsoplandene er udvalgt med henblik på at repræsentere landsgennemsnittet bedst muligt med hensyn til jordbund, klima, størrelsesfordeling, husdyrtæthed, bedrifttypesammensætning og afgrødefordeling. Oplandene vil dog nødvendigvis adskille sig fra landsgennemsnittet på enkelte punkter. Oplandene vurderes at være repræsentative for landet hvad angår landbrugspraksis for de enkelte bedriftstyper (Grant et al., 2000).

<i>Udvikling i kvælstofforbrug og gødskningspraksis for hele landet 1985-1999</i>	3.3.3.2 Udviklingen i gødningsforbrug for hele landet	<p>Det samlede forbrug af kvælstofgødning har været faldende fra omkring 1990. Dette er især udtalt for handelsgødning, som er faldet fra 392.000 tons N i 1985 til 257.000 tons N i 1999. Kvælstof udbragt med husdyrgødning (uden udbinding) er også faldet, men knap så meget (ca. 16.000 tons N). Den samlede kvælstoftilførsel til de dyrkede arealer er faldet med 24% fra 606.000 tons N i 1985 til 463.000 tons N i 1999.</p>
<i>Kvælstofbalancer for landbrugsjord i Danmark, 1985-1999</i>		<p>Den totale kvælstoftilførsel til landbrugsjord i Danmark omfattende handelsgødning, husdyrgødning samt kvælstof tilført ved bælgplanters fiksering og atmosfærisk deposition er faldet fra 744.000 tons N i 1985 til 572.000 tons N i 1999. Kvælstof fjernet med afgrøderne har varieret mellem 308.000 og 408.000 tons N. Kvælstofoverskuddet er således faldet fra 374.000 tons N i 1985 til 227.000 tons N i 1999. Set over hele perioden udgjorde faldet 37%. I 1999 overgødskes der på ca. 20% af arealet, men overgødsningens størrelse er aftaget betydeligt.</p>
<i>Antal husdyr</i>		<p>Antallet af husdyr i Danmark, regnet i dyreenheder, har været nogenlunde konstant siden 1990. Fordelingen mellem kvæg og svin er dog ændret, således at svin nu udgør 49% af dyreenhederne og kvæg kun 46%.</p>
<i>Fosforbalancer for landbrugsjord i Danmark, 1985 - 1999</i>		<p>Tilførsel af fosfor med handelsgødning pr. arealenhed landbrugsjord i Danmark faldt fra 47.600 tons P i 1985 til 19.300 tons P i 1999, mens tilførsel med husdyrgødning steg fra 48.200 tons P til 54.700 tons P i samme periode. Stigningen i fosfortilførsel med husdyrgødningen kan delvis tilskrives en opjustering af husdyrgødningsnormerne i 1997. Fosfor fjernet med afgrøderne har varieret mellem 46.900 tons P og 62.600 tons P. Fosforoverskuddet til landbrugsjord er således faldet fra ca. 42.500 tons P til 29.000 tons P i perioden fra 1985 til 1999.</p>
<i>Udvikling i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene 1990 - 1999</i>	3.3.3.3 Udvikling i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene	<p>Grønne marker udgør 70% af det dyrkede areal. Heraf udgør græs inklusiv brak, vinterraps og korn med udlæg 41%, vinterkorn 41% og rodfrugter, majs, halmnedmuldning og juletræer 18%. Kun førstnævnte gruppe samt rodfrugter (roer) kan forventes at optage betydelige kvælstofmængder i efterårs- og vintermånederne. I 1999 står 85% af dyreenhederne på ejendomme med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet. Andelen af forårs-/sommerudbringningen steg 31%-point fra 1990 til 1999, dette inkluderer et fald på 5%-point fra 1997 til 1999.</p>
<i>Kvælstof tilførsel i landovervågningsoplandene 1990 - 1999</i>		<p>Fra 1990 til 1998 blev handelsgødningsforbruget reduceret, således at udnyttelsen af husdyrgødningen steg 42%-point, men i 1999 faldt udnyttelsen primært på grund af normsænkningen. Husdyrgødningen fordeles bedre i perioden 1994-1999 end tidligere, idet især brugen af slæbeslanger er blevet mere udbredt. Ca. 14% af ejendommene, som anvendte husdyrgødning i 1999, opfyldte ikke minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødning; de havde et jordtilliggende på ca. 15% af det dyrkede areal. Hvis udnyttelsen af husdyrgødningen skal øges, må handelsgødningsforbruget sænkes yderligere.</p>

3.3.3.4 Næringsstofudvaskning fra stationsmarkerne

Undersøgelse af næringsstofudvaskning fra rodzonen er udført på 18 stationsmarker i 3 lerjordsoplande og på 14 stationsmarker i 2 sandjordsoplande (indtil 1998 dog yderligere 8 stationer i et tredje sandjordsopland). Undersøgelsen dækker 10 hydrologiske år.

Kvælstofudvaskning fra rodzonen

Som gennemsnit for måleperioden udgjorde udvaskningen af kvælstof fra rodzonen $73 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ for 3 lerjordsoplande og $133 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ for 1 sandjordsopland (se figur 3.4 i afsnit 3.4.3.2). Der har været betydelig variation i udvaskningen, som er nedbørsafhængig (se figur 4.4 i kapitel 4).

Kvælstofkoncentrationer i jordvandet

En statistisk analyse for perioden 1990/91-1998/99 har vist fald i de målte kvælstofkoncentrationer i jordvandet som et gennemsnit for grupper af stationer. Det begrænsede antal stationer og usikkerhed med hensyn til klimapåvirkning giver en meget stor usikkerhed på størrelsen af reduktionen.

Fosforudvaskning fra rodzonen

Udvaskning af fosfor fra rodzonen har været lav i gennemsnit $0,065 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ i den 10-årige måleperiode. Ved 1/6 af stationerne har den dog været betydeligt højere end gennemsnittet.

Fosfortab i dræn

Fosfortab gennem dræn, som udgjorde 66% af udvaskningen fra rodzonen, var i gennemsnit $0,043 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Cirka halvdelen af tabet var som opløst orthofosfat.

Drænvandsundersøgelser i to lerjordsoplande har vist, at nitratudvaskningen gennem dræn udgjorde ca. 43% af udvaskningen fra rodzonen.

3.3.3.5 Modelberegning af kvælstofudvaskningen fra rodzonen

Kvælstofudvaskningen fra rodzonen vil falde

Med en empirisk model er der gennemført beregninger af udvaskningen fra rodzonen i landovervågningsoplandene. Modellen vurderes at afspejle forskelle mellem ler- og sandjorde samt forskelle i landbrugspraksis. Beregninger på aktuel dyrkningspraksis i perioden 1990/1991 til 1998/1999 viser, at kvælstofudvaskningen fra det dyrkede areal i oplandene som helhed vil reduceres med ca. 28% i løbet af en årrække.

3.3.4 Naturlig baggrundsbidrag

Hvad er det naturlige baggrundsbidrag?

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.

Naturlige baggrundsbidrag af kvælstof og fosfor i 1999

De store nedbørsmængder i 1999 gav en relativ høj baggrundstilførsel på i gennemsnit $3,3 \text{ kg N ha}^{-1}$ og $0,130 \text{ kg P ha}^{-1}$. I perioden 1989-98 har de tilsvarende tilførsler varieret mellem $1,3\text{-}4,3 \text{ kg N ha}^{-1}$ og $0,034\text{-}0,136 \text{ kg P ha}^{-1}$.

3.4 Stoftilførsler til ferskvand og til havet samt kilder hertil

3.4.1 Indledning

I dette afsnit findes oplysninger om kvælstof-, fosfor- og organisk stoftilførsler til ferskvand og til havet og udviklingen samt kilderne hertil. I stoftilførsler til havet er der taget højde for den atmosfæriske deposition på havet.

3.4.2 Stoftilførsel til søer

Grundet det rekord nedbørsrige år 1999 var vandtilførslen til søerne betydeligt højere end normalt, hvilket gav lave opholdstider. Tilførslen af kvælstof og fosfor var større i 1999 end i 1998 og for fosfor større end gennemsnittet af 1994-98 (tabel 3.3).

Kilder

Tilførslen fra dyrkede arealer og det naturlige baggrundsbidrag har for både kvælstof (78%) som fosfor (73%) været den største kilde til overvågningssøerne i 1999. Punktkildebidraget var beskedent og den spredte bebyggelse som største punktkilde står for 4% af kvælstof og 17% af fosfor tilførslen. Renseindsats overfor spildevandsudledninger fra rensningsanlæg og særskilte industrielle udledere har medført at bidraget herfra er faldet fra ca. 22% i 1989 til ca. 3% i 1999 for både kvælstof og fosfor.

Tabel 3.3 Oversigt over opholdstider, hydraulisk belastning, indløbskoncentration af kvælstof og fosfor og tilførsel af kvælstof og fosfor for 16 søer i overvågningsperioden 1989-1999. Modificeret efter Jensen *et al.* (2000). Gns. = gennemsnit.

		Gns.	25 %	Median	75 %
Opholdstid (T_w)	1989-93	0,707	0,064	0,241	1,006
	1994-98	0,903	0,084	0,248	1,520
	1999	0,465	0,046	0,190	0,609
Vandtilførsel (q_s)	1989-93	18,1	4,6	15,4	23,4
	1994-98	18,8	5,3	16,8	23,3
	1999	22,9	7,2	21,6	29,9
Indløbskoncentration (mg N l^{-1})	1989-93	7,98	5,93	8,27	10,77
	1994-98	6,28	4,92	6,52	7,88
	1999	5,84	4,48	6,19	7,54
Tilførsel af kvælstof ($\text{mg N m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)	1989-93	400	165	406	551
	1994-98	349	147	350	520
	1999	401	167	345	580
Indløbskoncentration (mg P l^{-1})	1989-93	0,239	0,107	0,137	0,211
	1994-98	0,120	0,089	0,112	0,138
	1999	0,123	0,092	0,105	0,127
Tilførsel af fosfor ($\text{mg P m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)	1989-93	12,0	2,5	6,7	11,2
	1994-98	7,0	2,5	7,1	10,7
	1999	9,7	3,1	7,1	11,8

Atmosfærisk deposition

Den atmosfæriske deposition spiller en vigtig rolle, hvor søoverfladen er stor i forhold til det samlede opland. Der er anvendt 15 kg N og 0,1 kg P ha^{-1} ved beregning af størrelsen af den atmosfæriske de-

position. Tallene for atmosfærisk deposition over søer er dog usikre. Det beregnes, at den atmosfærisk deposition i 1999 i gennemsnit udgjorde 16% af kvælstof- og 7% af fosfortilførslen til overvågnings søerne.

3.4.3 Stoffilførsler til ferskvand i landovervågningsoplandene

3.4.3.1 Stoftransport i vandløb i landovervågningsoplandene

Stor afstrømning i 1998/99

Afstrømningen var stor i 1998/99 sammenlignet med gennemsnittet for de forudgående 9 år.

Ny hydrologisk model viser at mere vand stammer fra umættet zone

En opsplitning af vandløbshydrograferne for 5 af landovervågningsoplandene viser, at en stor del af afstrømningen til vandløb sker via overfladenær afstrømning især i de lerede oplande fremfor via grundvand. Den overfladenære og hurtige afstrømningskomponent i de lerede oplande beregnes til at udgøre 40-57% og i et sandet oplande 43% af den samlede afstrømning til vandløbene.

Mere end dobbelt så stort et kvælstoftab fra lerede end fra sandede oplande

Den totale kvælstoftilførsel til vandløbene fra dyrkede arealer har i gennemsnit i undersøgelsesperioden ligget på 25,9 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i lerjordsoplandene, og på 11,3 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i sandjordsoplandene. Til sammenligning er kvælstoftabet fra naturarealer i undersøgelsesperioden på 1,3-4,3 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

Samme fosfortab fra lerede og sandede oplande

Det totale tab af fosfor fra dyrkede arealer til vandløb, beregnet på baggrund af normal prøvetagning, har i måleperioden ligget på gennemsnitligt 0,36 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Der var ingen entydig forskel mellem lerjords- og sandjordsoplandene. Til sammenligning er tabet af fosfor fra naturoplande i samme periode på 0,03-0,14 kg P ha⁻¹ år⁻¹.

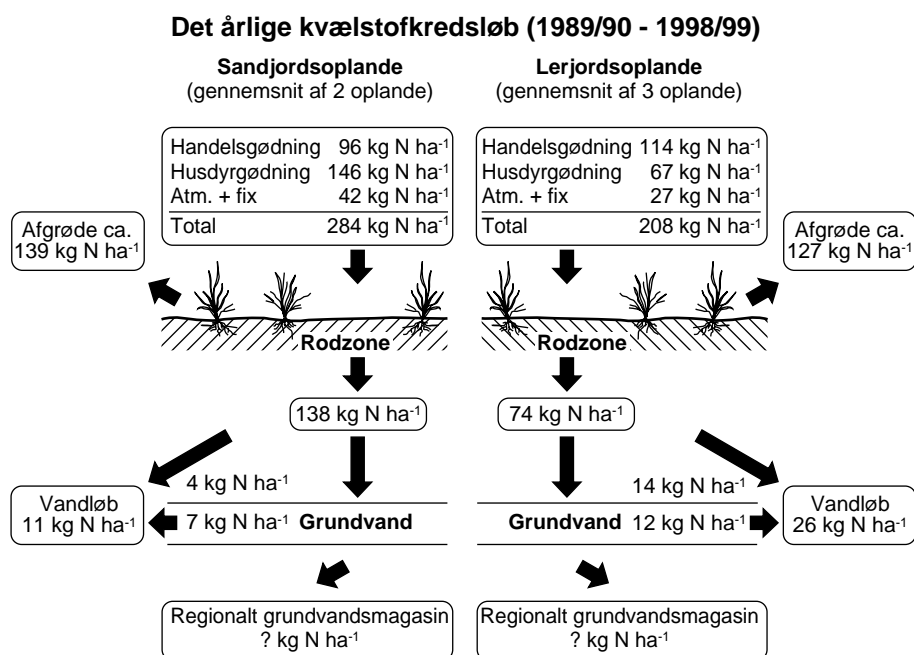
Fosfortabet er tidligere blevet undervurderet

Intensive målinger af fosfortransporten i 1998/99 i vandløbene i landovervågningsoplandene viser, at fosfortabet i den periode har været ca. 20% større, end det kan opgøres med den normale stikprøvetagning.

3.4.3.2 Kvælstoftransport i det hydrologiske kredsløb i oplandene

Stor andel af udvasket kvælstof når ud til vandløb i lerjordsoplande

På baggrund af målinger og beregninger er kvælstoftransporten i 3 lerjordsoplande og 2 sandjordsoplande for de 10 hydrologiske år 1989/90 - 1998/1999 opstillet (figur 3.3). I lerjordsoplandene er der en årlig nettotilførsel til markerne på ca. 81 kg N ha⁻¹. Udvasningen fra rodzonen er målt til ca. 74 kg N ha⁻¹, heraf er ca. 35% nået ud til vandløbene. I sandjordsoplandene er den årlige nettotilførsel til jorden ca. 145 kg N ha⁻¹. Udvasningen fra rodzonen er målt til ca. 138 kg N ha⁻¹ heraf er ca. 8% nået ud til vandløbene, dvs. der foregår en opbygning af kvælstofpuljen i jorden.



Figur 3.3 Skematisering af kvælstofkredsløbet for henholdsvis lerjords- og sandjordsoplande for årene 1989/90 –1998/99. Kilde: Grant et al. (2000).

3.4.4 Stoffilførsler til marine områder i 1999

Den samlede tilførsel af kvælstof, fosfor og organisk stof til ferskvand var i 1999 106.000 tons kvælstof, 2.650 tons fosfor og 33.000 tons BI₅, når der tages højde for retention i ferskvand af kvælstof og fosfor. Både kvælstof- og fosfortilførslen var relativt høje grundet den store afstrømning i vandløbene.

Stoffilførslen til marine kystafsnit består af tilførsler via vandløb, der kan opdeles i et diffust bidrag fra det åbne land inklusiv spredt bebyggelse og direkte udledninger til havet inklusiv saltvandsbaserede dambrug og havbrug. Den var 101.500 tons kvælstof, 3.060 tons fosfor og 46.600 tons BI₅ i 1999. Ved at tillægge den atmosfæriske deposition fås den samlede tilførsel til danske farvande (der ses bort fra tilførsler fra tilgrænsende farvande, biologisk fiksering m.v.). Den var i 1999 221.500 tons kvælstof og 3.800 tons fosfor og mere end 46.600 tons BI₅ (tabel 3.4).

Tabel 3.4 Stoffilførsel til havet via danske vandløb, direkte danske udledninger og atmosfærisk deposition på danske farvande i 1999. I den diffuse afstrømning indgår udledninger fra spredt bebyggelse. Efter Bøgestrand (red.) (2000), Miljøstyrelsen (2000c) og Ellermann et al. (2000).

	Kvælstof tons	Fosfor tons	BI ₅ tons
Via vandløb			
- diffus afstrømning	93.100	2.050	26.100
- punktkilder (eksl. spredt bebyggelse)	4.600	540	6.900
Via vandløb i alt	97.700	2.590	33.000
Direkte udledninger incl. havbrug/saltvandsdambrug	3.800	470	13.600
I alt til marine kystafsnit	101.500	3.060	46.600
Atmosfærisk deposition på havet ⁽¹⁾	120.000	750	ej kendt

(1) For fosfor groft overslag.

Stoffilførsler til vandløb og kilder

Stoffilførsler til havet

Tilførselsveje og kilder for kvælstof og fosfor

Man kan ikke direkte sammenligne den atmosfæriske deposition på danske farvande med de landbaserede danske tilførsler til marine kystafsnit, da kun 15% af den atmosfæriske deposition på havet stammer fra danske kilder. Herudover tilføres der næringsstoffer til danske farvande fra nabofarvande, og der sker også kvælstoffiksering. Omvendt sker der en deposition på andre landes territorier af en del af det kvælstof, der emitteres fra Danmark. Atmosfærisk deposition er den vigtigste transportvej for kvælstof til de åbne danske farvande.

Transportveje og kilder for næringsstoffer til marine kystafsnit

For tilførslen til danske marine kystafsnit er den atmosfæriske deposition på ferskvand inkluderet i den diffuse afstrømning (tabel 3.4). 96% af kvælstoftilførslen til marine kystafsnit i 1999 kom via vandløb. De tilsvarende tal for fosfor og organisk stof var henholdsvis 85% og 71%. Tilførslen fra dyrkede arealer var den mest betydende kilde for tilførsel af kvælstof (81%) og fosfor (45%) til marine kystafsnit. Tilførsler fra punktkilder udgjorde 8% af kvælstof, og 38% af fosfortilførslerne. Den resterende del af kvælstof- (11%) og af fosfortilførslerne (17%) er naturligt baggrundsbidrag, hvori også indgår atmosfærisk deposition.

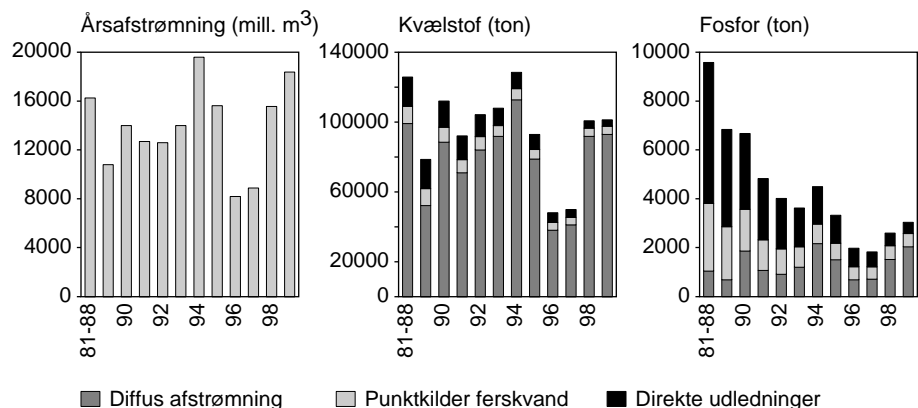
Diffuse tilførsel med betydende kilde til ferskvand

For kvælstoftilførslen til vandløb og søer udgjorde tilførslen fra dyrkede arealer i 1999 84%, det naturlige baggrundsbidrag 11%, mens spildevandsudledninger stod for resten (5%). De tilsvarende tal for fosfor er henholdsvis 53%, 19% og 28%. I et vådt år som 1999 vil stoftilførslen fra dyrkede arealer være højere end i tørre år, dette er særlig udtalt for fosfor. Med henholdsvis 7 og 8% af fosfortilførslen i 1999 udgør regnbetingede udledninger og udledninger fra spredt bebyggelse to ikke ubetydelige kilder til ferskvand.

3.4.5 Udvikling i stoftilførslen til marine kystafsnit og kilder

Den diffuse kvælstof- og fosfortilførsel er nært knyttet til afstrømningen

Tilførslen af kvælstof til marine kystafsnit i perioden 1989-1999 er positivt korreleret med ferskvandsafstrømningen, mens den tilsvarende fosfortilførsel har været jævnt faldende gennem perioden, dog med en tendens til større tilførsler i afstrømningsrige år (figur 3.4).



Figur 3.4 Årlig ferskvandsafstrømningen samt årlig kvælstof og fosfortilførsel til marine kystafsnit i Danmark. Kilde: Bøgestrand (red.) (2000).

Det skyldes, at den diffuse tilførsel af både kvælstof og fosfor vil være højere i våde end i tørre år. For at få den samlede tilførsel til danske farvande af kvælstof skal der til kvælstoftallene i figur 3.4 lægges de i tabel 3.5 angivne tal for den beregnede atmosfæriske kvælstofdeposition plus tilførsel fra andre farvandsområder, kvælstoffiksering m.v.

Tabel 3.5 Den beregnede totale kvælstofdeposition til danske farvande i perioden 1989 til 1998. Enhed er i tons kvælstof. Kilde: Ellermann et al. (2000).

Navn	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Alle danske farvande	93.000	105.000	93.000	90.000	77.000	90.000	79.000	85.000	96.000	105.000	120.000

Spildevandsudledningerne er markant reduceret

Som tidligere omtalt har der været en markant, signifikant reduktion i udledningerne fra punktkilder under et (afsnit 3.2.7). Tilsvarende har der været en reduktion i spildevandsudledninger til ferskvand på henholdsvis 51% for kvælstof og 76% for fosfor. Det har medført, at den relative betydning af de diffuse kilder er steget, og siden 1998 har de været den mest betydende fosforkilde. For kvælstof har de diffuse kilder relativt fået endnu større betydning.

Signifikant fald i kvælstof- og fosfortilførslerne til danske kystvande kan tilskrives fald i spildevandsudledningerne

Der har været et signifikant fald i de samlede tilførsler af både kvælstof og fosfor til marine kystafsnit og til næsten alle farvandsområder. Hvis der alene analyseres på tilførslen fra diffuse kilder inklusiv udledninger fra den spredte bebyggelse, så har der været et ikke signifikant fald for kvælstof til 8 hovedfarvandsområder og signifikant fald til Lillebælt. Der er i gennemsnit sket en ikke signifikant stigning i den diffuse fosfortilførsel. Faldet i tilførslerne kan derfor forklares ved den forbedrede spildevandsrensning.

Der går mange år før effekten af ændret landbrugspraksis fuldt ud slår igennem

Der er altså en tendens til, at de reduktioner i rodzoneudvaskningen af kvælstof, som der er beregnet i landovervågningsoplandene, nu så småt kan erkendes i de diffuse tilførsler til de marine kystafsnit. Der vil gå mange år før den fulde effekt af ændret dyrkningspraksis slår igennem på kvælstoftilførslerne til havet, og år til år variationen grundet klimatiske forhold vil derfor i lang tid overstige en reduktion i det generelle niveau for kvælstoftilførsler.

Diffuse fosfortilførsel

Den diffuse fosfortilførsel har trods reduktion i udledninger fra spredt bebyggelse ikke vist tegn på fald, snarere tværtimod. Det er dog for usikkert at vurdere, om der er tale om klimatisk betingede variationer, eller der reelt er tendens til øget fosfortilførsel fra dyrkede arealer.

4 Vandmiljøets tilstand og udvikling

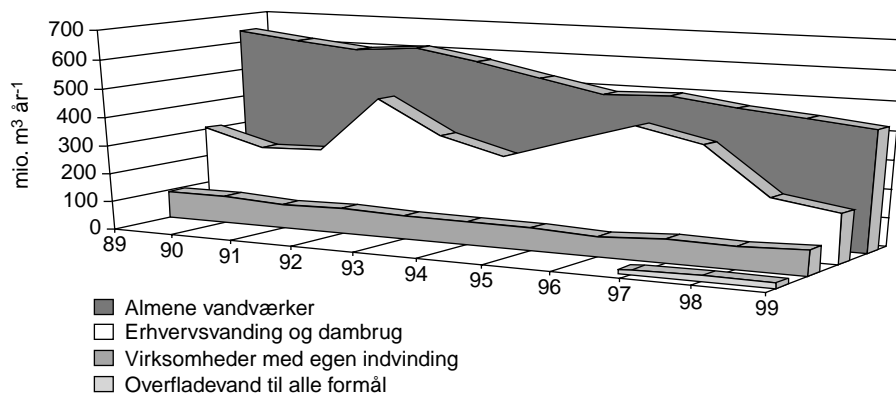
4.1 Grundvand

4.1.1 Vandindvinding

Vandindvindingen i Danmark er altovervejende baseret på grundvand, idet mere end 99% af vandet hentes fra grundvandsmagasinerne, og kun to steder anvendes der en beskedne mængde overfladevand til vandforsyning. Drikkevandsforsyningen er som udgangspunkt decentral med almene vandforsyninger. Derudover findes en række lokale vandforsyninger til erhvervsvanding (dvs. markvanding, gartnerier og dambrug) og til andre formål (industri, institutioner, forsyninger af et mindre antal husstande og afværgepumpninger).

Der blev i 1999 indvundet 683 millioner m³ grundvand i Danmark. Den våde sommer i 1999 har betydet, at indvindingen til markvanding og gartneri i 1999 er faldet med 16% i forhold til 1998, der havde det hidtil laveste forbrug i perioden 1989-1998 (figur 4.1).

Vandværkernes indvindinger er faldet med 34% i perioden 1989-1999. Virksomhedsindvindingen er steget med 9% i samme periode. Grundvandssænkninger og afværgepumpninger tegner sig for knap en femtedel af virksomhedsindvindingen. Der foreligger ingen opgørelser over indvindingen af overfladevand før 1997.



Figur 4.1 Vandindvindingen i Danmark i 1989-1999 (mio. m³ år⁻¹) fordelt på indvindingskategorier, baseret på indberetninger til GEUS samt oplysninger i amternes overvågningsrapporter. Kilde: GEUS (2000).

4.1.2 Grundvandsovervågningen

Nogenlunde jævnt fordelt over landet findes 67 grundvandsovervågningsområder, suppleret med ca. 17 overvågningsfiltre fordelt i hovedgrundvandsmagasinet, øvre sekundære grundvandsmagasiner og i én indvindingsboring. Endvidere indgår data fra vandværkernes boringskontrol.

Status

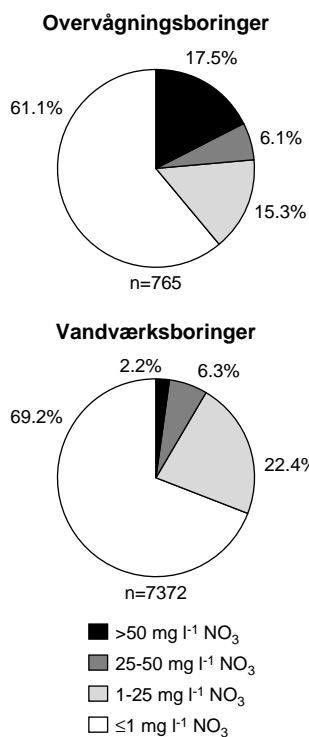
Tabel 4.1 Vandindvinding, udvikling 1989-1999 Kilde: GEUS (2000)

Kategori	mio. m ³
Vandværker	421
Erhvervsvanding	174
Industri mv.	88
Grundvand i alt	683
Overfladevand	18

Indvundet i alt 701

Udvikling

Målestationerne



Figur 4.2 Nitratindhold (mg l⁻¹) i liniemoniterende filtre i grundvandsovervågningen (øverst) og vandværksboringer (nederst). Medianværdi for 1993-99. Kilde: GEUS (2000).

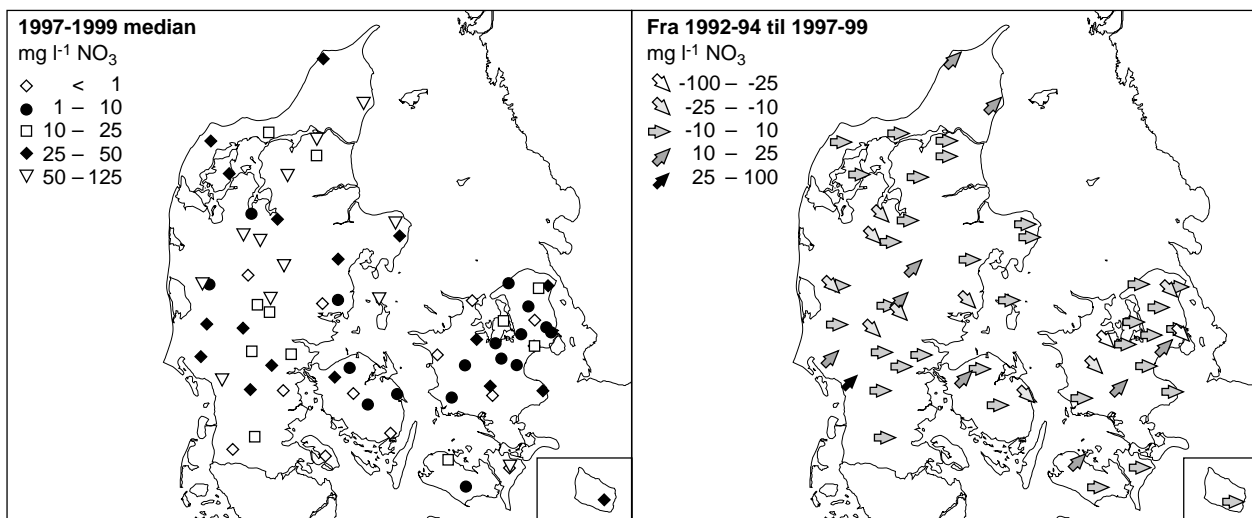
Grundvandsovervågningen omfatter ca. 1.040 filtre, der er egnede til analyse for grundvandets hovedbestanddele. Hovedparten er desuden egnede til analyse af uorganiske sporstoffer, pesticider og andre organiske mikroforureninger. Ca. 100 filtre i grundvandet i de fem landovervågningsoplande er bl.a. til overvågning af kvaliteten af det nydannede overfladenære grundvand.

I 1997-98 blev der gennemført aldersbestemmelse af grundvandet i 790 filtre, hvor tidligere undersøgelser havde vist, at vandet var ungt. Konklusionen på dateringerne var, at kun 10% af grundvandet i overvågningsområderne er dannet efter Vandmiljøplanens vedtagelse. Det vil sige, at planens mål med hensyn til reduktion af kvælstofudvaskningen til grundvandet kun i begrænset omfang kan forventes at vise sig i de indtil nu opnåede overvågningsresultater.

4.1.3 Nitrat og fosfor

Nitratkoncentrationerne lå i 1999 på niveau med 1998. Data for perioden 1989-1999 viser, at 61% af overvågningsfiltrene og 69% af vandværksboringerne ikke indeholder nitrat. I overvågningsområderne indeholder ca. 24% af overvågningsfiltrene mere nitrat end den vejledende værdi for drikkevand på 25 mg l⁻¹, heraf indeholder 17% over grænseværdien på 50 mg l⁻¹ (figur 4.2). Kun 8% af vandværksboringerne har et nitratindhold over 25 mg l⁻¹, og 2% har over 50 mg l⁻¹ (figur 4.2.). Dette skyldes, at mange vandværksboringer med højt nitratindhold er blevet lukket.

Nitratkoncentrationerne er lave på øerne, mens de høje værdier over 25 mg l⁻¹ især ses i Jylland (figur 4.3).

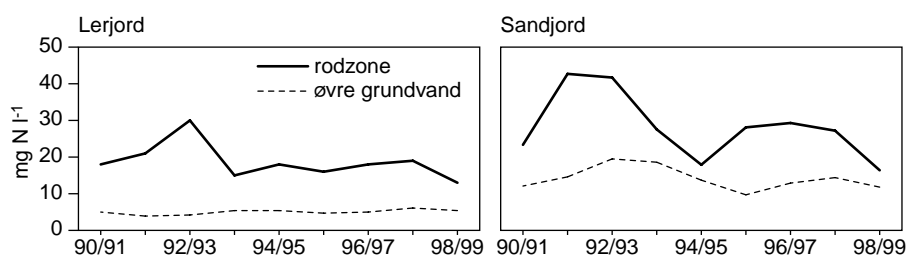


Figur 4.3 Nitratindholdet i 1997-1999 (til venstre) samt nitratudviklingen fra 1992-1994 til 1997-1999 (til højre) i grundvandsovervågningsområder med koncentrationer på over 1 mg nitrat l⁻¹ (medianværdier). Kilde: GEUS (2000).

I det øverste og mest terrænnære grundvand kan ændringer i grundvandets indhold af bl.a. nitrat være forårsaget af variationer over året i grundvandsspejlet. Det er således vanskeligt at afgøre, hvornår et mindre fald i nitratkoncentrationen kan tilskrives formindsket ud-

vaskning fra landbrugsjorde, og hvornår det skyldes variationer i grundvandsspejlets beliggenhed og deraf følgende ændringer i grundvandets strømningsbaner. Den generelle vurdering af nitratindholdet i grundvandet er fortsat, at der på landsplan ikke ses nogen signifikant effekt af Vandmiljøplanen, da hovedparten af vandet, der måles på, er ældre end Vandmiljøplanens vedtagelse.

I landovervågningsoplandene viser undersøgelserne, at det øvre grundvands indhold af nitrat fortsat er højt. Det gennemsnitlige kvælstofindhold i 1999 var i de sandede oplande ca. 12 mg N l⁻¹ (svarende til 50 mg nitrat l⁻¹) og i de lerede oplande ca. 5 mg N l⁻¹. I 1999 var nitratindholdet i grundvandet lavere end i 1997 og 1998. Trods betydelige år til år variationer er der sket et fald i udvaskningen fra rodzonen siden 1990/91. På sandjord kan år til år variationer i udvaskning fra rodzonen genfindes i det øvre grundvand (figur 4.4). Dette er ikke tilfældet på lerjord.



Figur 4.4 Udvikling i vandføringsvægtede kvælstofkoncentrationer i rodzonevandet (ca. 1 m under terræn) samt i det øvre grundvand mellem 1,5 og 5 m under terræn i hhv. 3 lerjords- og 2 sandjordsoplande i landovervågningen, 1990/91-1998/99. Kilde: Grant et al. (2000).

For overvågningsperioden som helhed ses ingen generel tendens til fald eller stigning i nitratkoncentrationen i det allerøverste grundvand.

Fosfor - status

I 109 ud af 657 filtre i overvågningsområderne er der i 1999 målt over 0,15 mg fosfor pr. liter, hvilket er grænseværdien for drikkevand. I vandværksboringerne er fosforindholdet over grænseværdien i ca. 20% af i alt 1608 boringer. De høje fosforindhold kan ofte henføres til boringer, hvor vandet har været i kontakt med marine aflejringer, der er rige på fosfor.

Fosforindholdet har ingen betydning for forbrugeren, da fosfor normalt fjernes ved almindelig vandbehandling på vandværkerne. Men det kan muligvis være et problem for små vandforsyningsanlæg uden nogen form for vandbehandling.

Fosfor - udvikling

Trods lokale variationer i grundvandets fosforindhold gennem overvågningsperioden 1990-1999 er vurderingen fortsat, at der ikke er sket væsentlig ændring i grundvandets fosforindhold, da dette primært er geologisk betinget.

4.2 Søer

4.2.1 Fysisk karakteristik af søer

Overvågningssøerne

I Danmark findes omkring 120.000 søer større end 100 m². Kun 2762 af søerne er større end 10.000 m². I alt 31 søer indgår i overvågningsprogrammet. Søerne er udvalgt, så de er repræsentative for danske søer og spænder fra rene, klarvandede søer til søer, der er stærkt forurenede som følge af eksisterende udledninger eller tidligere tiders spildevandsudledninger. Fire af søerne er brakvandssøer.

Arealmæssigt dækker søerne mellem 0,1 km² og 39,9 km² med et gennemsnit på 3 km². Middeldybderne varierer mellem 0,6 m og 16,5 m med et gennemsnit på 3,6 m. Der indgår såvel søer i naturområder med ringe stoftilførsel som søer med overvejende diffus stoftilførsel fra landbruget og spredt bebyggelse samt søer med stor punktkildebelastning.

4.2.2 Tilbageholdelse af kvælstof og fosfor

Vandtilførslerne i 1999 var væsentligt højere end normalt, jf. afsnit 3.4 tabel 3.3, hvilket betød, at søernes opholdstider var kortere end i de fleste af måleårene.

Kvælstoftilbageholdelse

Den relative kvælstoftilbageholdelse i søerne falder med faldende opholdstid. Uafhængigt af ændringerne i de hydrologiske forhold er kvælstoftilbageholdelsen steget i nogle af overvågningssøerne efter at søerne er blevet klarvandede som følge af ændringer i fiskebestanden. I halvdelen af søerne var kvælstoftilbageholdelsen i 1999 større end 26%. Gennemsnittet for den absolutte kvælstoftilbageholdelse var 111 mg N m² dag⁻¹ svarende til 405 kg N ha⁻¹ år⁻¹ (tabel 4.2).

Fosfortilbageholdelse

Fosfortilbageholdelsen i overvågningssøerne er ikke så tæt korreleret til opholdstiden i søerne og var i 1999 mindre end 8% i halvdelen af søerne. Omkring en tredjedel af søerne havde en negativ fosforbalance, dvs. at de afgav mere fosfor end de modtog, som følge af frigørelse af fosfor fra søbunden efter at belastningen er reduceret.

Tabel 4.2 Tilbageholdelsen af kvælstof og fosfor i 1999 angivet som årsgennemsnit. Efter Jensen et al. (2000).

		Gnsn.	25 %	Median	75 %
Tilbageholdelse (mg Nm ⁻² dag ⁻¹)	1989-93	122	60	113	164
	1994-98	98	35	81	129
	1999	111	50	93	160
Tilbageholdelse (%)	1989-93	32,6	19,4	31,3	41,5
	1994-98	31,2	16,5	27,4	43,9
	1999	30,1	14,8	25,5	45,8
Tilbageholdelse (mg P m ⁻² dag ⁻¹)	1989-93	1,7	-0,2	0,6	2,3
	1994-98	0,4	-0,3	0,5	1,8
	1999	2,3	-0,2	0,6	1,5
Tilbageholdelse (%)	1989-93	7,7	-5,4	7,6	16,6
	1994-98	9,1	-4,1	14,9	23,7
	1999	12,0	-5,9	8,1	23,9

4.2.3 Vandkemiske forhold, status og udvikling

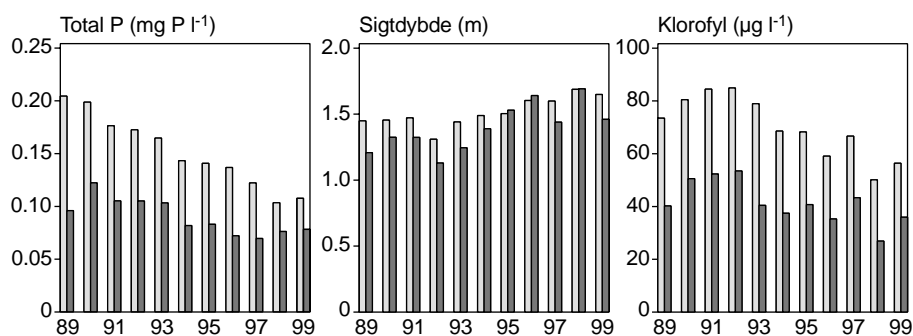
Årsmiddelværdien af totalfosfor var på $0,11 \text{ mg P l}^{-1}$, hvilken næsten er en halvering i forhold til 1989, hvor værdien var $0,20 \text{ mg l}^{-1}$. Faldet har været størst i de mest næringsrige og spildevandsbelastede søer. I 19 af de 27 ferske overvågningssøer kan der nu konstateres et signifikant fald, mens koncentrationen er steget i blot en enkelt sø (figur 4.5).

Der er registreret et fald på ca. 20% i den årsgennemsnitlige koncentration af totalkvælstof fra perioden 1989-93 til $2,3 \text{ mg l}^{-1}$ i 1999. Størst fald ses i de søer, som tegner sig for de højeste koncentrationer. I 7 af de 27 søer er reduktionen signifikant. Medianværdien er reduceret fra $2,1$ til $1,5 \text{ mg N l}^{-1}$ i perioden. Sommergennemsnittet er procentvis reduceret i samme omfang som årsgennemsnittet.

Reduktionerne i næringssaltkoncentrationerne er en følge af, at indløbskoncentrationerne som gennemsnit er reduceret (tabel 3.3). Reduktionerne slår stærkest igennem for kvælstof, da fosforfrigivelse fra bunden til vandfasen i et vist omfang modsvarer reduktionen i indløbskoncentrationerne.

Brakvandssøer

Brakvandssøerne havde alle høje næringsstofkoncentrationer. Koncentrationen af totalfosfor er således over $0,1 \text{ mg P l}^{-1}$ og totalkvælstof mellem 1 og 4 mg N l^{-1} . Da undersøgelserne af de 4 brakvandssøer først påbegyndtes i 1998, foreligger endnu ingen vurdering af udviklingen.



Figur 4.5 Udviklingen i gennemsnits- (lys grå) og medianværdier (mørk grå) for 27 ferske overvågningssøer, 1989-1999. A: Totalfosfor i søvand (mg P/l), årsværdier. B: Sigtdybde (m), sommerværdier. C: Klorofyl ($\mu\text{g l}^{-1}$), sommerværdier. Kilde: Jensen et al. (2000).

Klorofyl og sigtdybde

Lysets gennemtrængning i vandet bremses dels af vandet selv og dels af de partikler, der svæver i vandet. Sigtdybden svarer til den vanddybde, hvor der er ca. 10% tilbage af lyset i vandoverfladen. Vandets indhold af klorofyl stiger med stigende indhold af planteplankton, hvilket fører til svækkelse af lyset og dermed fald i sigtdybden.

Den årsgennemsnitlige sigtdybde er i perioden 1989 til 1999 steget med ca. 25 cm til 1,9 m, hvilket især skyldes en forøgelse i sigtdybden i de mest klare søer. Dette modsvarer af en halvering i klorofyl for denne gruppe. En reduktion i klorofyl i de mest uklare søer afspejles ikke i en tilsvarende forøgelse af sigtdybden. Medianværdierne er stort set uændrede.

I sommerhalvåret er sigtdybden steget med 20 cm i de 25% af søerne, der er mest uklare. I de 25% mest klarvandede søer er sigtdybden steget med ca. 30 cm. Dette modsvares af fald i koncentrationen af klorofyl. Også her er medianværdien for sigtdybden stort set uændret, mens gennemsnitssigtdybden er steget.

4.2.4 Biologisk struktur

Plantep plankton

I 7 ud af 27 søer er der sket et signifikant fald i biomassen af planteplankton, mens den er steget i 3 søer. Sommermiddelt af totalbiomassen er reduceret fra $15,2 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$ i 1989-93 til $9,4 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$ i 1999, mens sommermedianen ikke er reduceret væsentligt.

Den relative sammensætning af planteplanktonet har ændret sig i mange søer, blandt andet er procenten af blågrønalger steget i 4 søer, mens den er faldet i 8 søer. Rentvandsgruppen gulalger er gået væsentlig frem i mange søer. Furealgenes gennemsnitlige biomasse er i perioden 1989-93 til 1999 øget væsentligt.

Table 4.3 Miljøtilstanden i 1999 i overvågningssøerne illustreret ved udvalgte nøgleparametre, angivet som gennemsnits værdi for sommeren (1/5-1/10). Efter Jensen *et al.* (2000).

Parameter	n	Gns	25 %	Median	75 %
Plantep plankton ($\text{mm}^3 \text{ l}^{-1}$)	27	9,4	3,0	8,4	14,4
Blågrønalger (%)	27	20,5	1,1	11,3	35,2
Dyreplankton (mg tv l^{-1})	27	0,73	0,35	0,45	1,07
Dyreplanktons græsning ($\% \text{ d}^{-1}$)	27	30,3	14,4	26,7	36,0

Dyreplankton

Den gennemsnitlige totale biomasse er faldet med $0,10 \text{ mg}$ tørvægt l^{-1} , og medianværdien af biomassen af dyreplankton er faldet fra $0,69$ til $0,45 \text{ mg}$ tørvægt l^{-1} i perioden 1989-93 til 1999. Der ses en reduktion i biomassen af små cladoceer og hjuldyr, og især er maximumsforekomsterne af calanoide vandlopper, de små og store cladoceer og dafnier gået tilbage. Den gennemsnitlige biomasse af dafnier er derimod øget især pga. stigning i de 25% af søerne med størst forekomster.

I brakvandssøer domineres biomassen af dyreplankton helt af calanoide vandlopper og hjuldyr, mens andelen af cladoceer er lav.

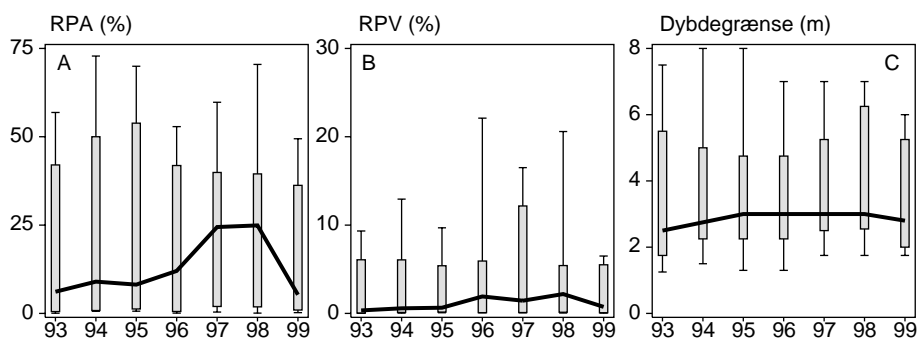
I overvågningssøerne ligger det gennemsnitlige antal hjuldyr i dyreplanktonet om sommeren mellem 1600 og 3500 individer pr. liter svarende til typisk mellem 70 og 80% af det samlede dyreplankton, mens de typisk udgør mellem 5 og 15% af den samlede dyreplanktonbiomasse i den enkelte sø om sommeren.

Dyreplanktonets græsningsevne

Betragtet under et er der tegn på, at dyreplanktonets kapacitet til at nedgræsse planteplankton er øget i overvågningssøerne. Denne fjernelse af planteplankton er med til at forbedre sigtdybden. Beregninger viser, at både sommerværdierne for det gennemsnitlige græsningstryk og især medianen er steget fra perioden 1989-93 til 1999, sidstnævnte fra $19,1$ til $26,7 \%$ dag^{-1} som følge af en forøgelse i de 25% af søerne med lavest græsningstryk.

Undervandsplanter

Undervandsplanterne har generelt været i fremgang i perioden 1989-1998, men reduceredes markant i 1999 i 6 ud af de 14 søer, hvor undersøgelserne blev foretaget (figur 4.6). Medianen af dækningsgraden var således kun 5% i 1999 mod 21% i 1993-1998. Ændringerne i dybdeudbredelse var derimod ikke så tydelige. Årsagerne til tilbagegangen er ikke entydige, men en del kan dog tilskrives forringede lysforhold for de etablerede bestande pga. af formindsket sigtdybde ligesom højere vandstand i nogle søer kan være en medvirkende faktor.



Figur 4.6 Udviklingen af undervandsplanterne i de 14 søer, 1993-99. A: Relative plantedækkede areal (RPA, %). B: Relative plantefyldte volumen (RPV, %). C: Maksimal dybdegrænse (m). Kilde: Jensen *et al.* (2000).

Fiskeyngelundersøgelser

Undersøgelserne viser, at aborre og skalle er langt de almindeligste arter både vægtmæssigt og i antal. De blev fundet i næsten alle søerne, og desuden var der hork i omkring 1/3 af søerne. I mange søer har der i forhold til 1998 været mere aborre yngel både absolut og i forhold til skalle yngel.

Ynglens længdefordeling antyder, at aborrens ynglesucces generelt har været større i 1999 end i 1998, mens det modsatte gør sig gældende for skalle. Dette stemmer overens med, at temperaturen har været høj i forsommeren 1999, hvilket favoriserer den tidligt gydende aborre.

Aborre ynglen er som skallen planktonædende, men i modsætning til denne bliver aborren rov fisk, når den når en vis størrelse. Hvis omstændighederne er gunstige, og aborrens store ynglesucces fører til en stor bestand af rovlevende aborrer, vil disse potentielt kunne være medvirkende til at regulere de planktonædende skaller. Herved vil bestanden af dyreplankton blive større og planteplanktonet blive nedgræsset af dyreplanktonet.

4.2.5 Reaktioner på faldende fosforkoncentrationer

Ferskvandssøer

Ved analyse af det hidtidige udviklingsforløb ses et mønster i søernes reaktion på reducerede fosforkoncentrationer. I de mest næringsrige søer sker der umiddelbart et fald i mængden af planteplankton pga. færre tilgængelige næringsstoffer. I de mindre næringsrige søer sker der ligeledes et fald i planteplankton, som her både kan tilskrives færre tilgængelige næringsstoffer og øget græsning. Det sidste er betinget af ændringer i fiskebestanden i retning af flere rov fisk og færre planktonspisende fisk.

Brakvandssøer

Planteplanktonet i brakvandssøerne er alene styret af næringsstofniveauet, da fisk og krebsdyr gør så stort indhug på dyreplanktonet, at dyreplanktonet er ude af stand til at regulere mængden af planteplankton. Biomassen af dyreplankton i brakvandssøerne er lavere end ved tilsvarende fosforkoncentrationer i ferskvandssøerne.

Udvikling

4.2.6 Tilstand og målsætning

Samlet set er miljøtilstanden i overvågningsøerne forbedret fra 1989 til 1999 især pga. reduktioner i tilførslen af fosfor som følge af forbedret spildevandsrensning, jf. kapitel 3. Forbedringerne har især kunnet registreres for de fysiske/kemiske parametre (bl.a. sigtddybde og fosforkoncentration) men også i den biologiske struktur (især planteplankton).

Manglende målopfyldelse

Trods forbedringerne opfylder hovedparten af de 31 overvågningsøer imidlertid ikke de af amterne fastsatte målsætninger til kvalitet. Således var målsætningen kun opfyldt for 7 af søerne i 1999. For at opnå en god miljøtilstand i de søer, der ikke opfylder målsætningerne, er det nødvendigt at reducere fosfortilførslerne yderligere.

4.3 Vandløb og kildebække

Tabel 4.4 Danske vandløbs omtrentlige udstrækning. Kilde: Windolf et al. (1997).

Vandløbsbredde, m	Udstrækning, km
>0-2,5	48.000
2,5-8,0	14.500
>8,0	1.500
Total	64.000

4.3.1 Karakteristik af danske vandløb

Der er ca. 64.000 km vandløb i Danmark. Vandløbene har gennem de seneste 100 år undergået en lang række forandringer. Vandindvinning har mange steder resulteret i en reduktion i vandføringen. Vandløb er blevet rørlagt, udrettet, uddybet og gjort bredere med henblik på at forbedre dyrkningen af de tilstødende arealer. Endvidere vedligeholdes vandløbene i en kunstig tilstand ved grødeskæring og fjernelse af sand- og mudderaflejringer i vandløbene. Mange vandløb er desuden påvirket af spildevand fra renseanlæg, dambrug, bebyggelser udenfor kloakerede oplande og udledninger ved overløb fra kloaksystemet i tilfælde af store regnhændelser.

Målestationerne

Hovedparten af vandløbene er under 2,5 m i bredden (tabel 4.4). Vandløbene, der overvåges i NOVA programmet, er udvalgt således, at de er repræsentative for de danske vandløb, både hvad angår størrelse og den generelle miljømæssige tilstand.

Der er udlagt 231 målestationer i vandløb og 58 i kildebække til vandkemiske undersøgelser og 1053 stationer til biologiske undersøgelser. Stationerne repræsenterer 6 oplandstyper omfattende naturoplande, to dyrkningspåvirkede oplandstyper, bebyggede oplande samt punktkildepåvirkede og dambrugspåvirkede vandløb.

Kvælstof

4.3.2 Koncentration af fosfor og kvælstof status og udvikling

I lighed med tidligere år var koncentrationen af totalkvælstof i 1999 højest i vandløb, der afvander dyrkede oplande. Koncentrationen i disse er 4-5 gange højere end i vandløb i naturoplande (tabel 4.5).

Tabel 4.5 Gennemsnitlig årsmiddelkoncentration, arealkoefficient og vandføringsvægtet koncentration af kvælstof fra tre forskellige typeoplande i 1999. Kilde: Bøgestrand (red.). (2000).

Kvælstof 1999		Naturoplande	Dyrkede oplande	Oplande m. punktkilder
Antal stationer		9	92	78
Årsmiddelkoncentration				
Total N	mg N l ⁻¹	1,24	5,82	4,95
NO ₃ -N	mg N l ⁻¹	0,74	5,00	4,13
NH ₄ -N	mg N l ⁻¹	0,03	0,12	0,16
Vandføringsvægtet koncentration				
Total N	mg N l ⁻¹	1,49	6,90	5,81
NO ₃ -N	mg N l ⁻¹	0,96	6,01	5,04
NH ₄ -N	mg N l ⁻¹	0,03	0,13	0,17
Vandafstrømning mm		236	359	402
Oplandsstørrelse km ²		5,04	44,0	217

Udvikling

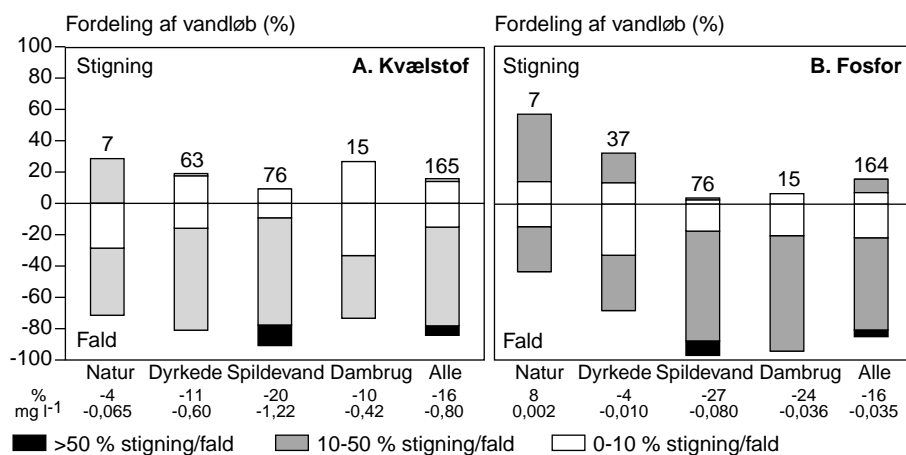
Kvælstofkoncentrationen er faldet i de fleste danske vandløb siden 1989, når der tages højde for variationer i vandføringen. Således beregnes et fald i 139 af 165 vandløb (figur 4.7 a). Faldet, der typisk er på 16% (median), er statistisk signifikant i 60 vandløb. Størst og mest sikkert er faldet i vandløb, der tidligere var spildevandsbelastede, men der er også svagt faldende tendens i kvælstoftransporten i mange vandløb, der afvander dyrkede oplande uden betydende spildevandsudledninger. I disse vandløb er der typisk sket et fald på ca. 13% (median), men faldet er kun signifikant i 27% af disse.

Landovervågningsoplandene

I to vandløb i landovervågningsoplandene er der sket et statistisk signifikant fald ($p < 0,05$) i kvælstoftabet siden 1989. I vandløbene i de andre tre oplande er der ingen signifikant udvikling. Der er i testen korrigeret for ændringer i afstrømning, men ikke for ændringer i jordens kvælstofpulje ved skift mellem våde og tørre år.

Kildebække

Nitrat-koncentrationerne i kildebække i dyrkede oplande har været svagt stigende siden 1989 med tegn på, at udviklingen er ved at vende i sidste halvdel af 1990'erne. I mange af de kilder, der i forvejen har et højt nitratindhold, er der dog stadig signifikante stigninger.



Figur 4.7 Procentuelle koncentrationsændringer 1989-1999 i alle vandløb med mindst 9 års data for 4 oplandstyper. A: Total-kvælstof. B: Total-fosfor. Vandløbene er underopdelt efter ændringens størrelse. Vandløb med hhv. koncentrationsstigninger og fald er hhv. over og under nullinien. Under figuren er ændringen angivet for hver vandløbstype som medianværdi i procent og som koncentration. Over søjlerne er angivet antallet af stationer i den enkelte kategori. Kilde: *Bøgestrand (red.)* (2000).

Fosfor

Koncentrationen af totalfosfor var i 1999, ligesom i tidligere år, højest i vandløb i oplande med punktkilder og dambrug fulgt af vandløb i dyrkede oplande. Koncentrationerne i disse er 2-3 gange højere end i vandløb i naturoplande.

Tabel 4.6 Gennemsnitlig årsmiddelkoncentration, arealkoefficient og vandføringsvægtet koncentration af fosfor fra forskellige typeoplande i 1999. Kilde: *Bøgestrand (red.)* (2000).

Fosfor 1999		Naturoplande	Dyrkede oplande	Oplande m. punktkilder
Antal stationer		9	62	78
Årsmiddelkoncentration				
Total P	mg P l ⁻¹	0,056	0,150	0,178
PO ₄ -P	mg P l ⁻¹	0,024	0,069	0,092
Vandføringsvægtet koncentration				
Total P	mg P l ⁻¹	0,055	0,143	0,165
PO ₄ -P	mg P l ⁻¹	0,023	0,058	0,076
Vandafstrømning mm		236,2	354,5	402,2
Oplandsstørrelse km ²		5,04	15,32	217,5

Udvikling

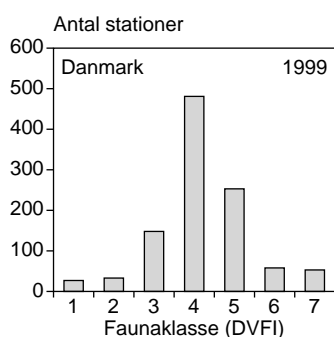
Der er sket markante fald i fosforkoncentration frem til 1999 i vandløb, der i 1989-91 var påvirkede af spildevandsudledninger fra rensningsanlæg og fra dambrugsudledninger (figur 4.7 b). I gennemsnit ses et fald på 27 %. I de fleste vandløb, der afvander dyrkede oplande uden betydende punktkilder, er der også en svagt faldende tendens i fosforkoncentration siden 1989, men tendensen er kun signifikant for få af vandløbene. Faldet kan forklares med faldende udledning af fos-

for fra spredt bebyggelse, idet der gennem perioden i stigende grad er anvendt mindre fosforholdige vaskemidler.

Vandløb med stigende fosforkoncentrationer afvander typisk sandjordsoplande og sand-lerjordsoplande og synes koncentreret bl.a. i det nordlige Jylland. Kun for ganske få af vandløbene kan beregnes signifikant stigende koncentrationer.

Kildebække

Mediankoncentrationen af fosfor i kilder og kildebække i naturoplande var $0,034 \text{ mg P l}^{-1}$ mod $0,056 \text{ mg P l}^{-1}$ i dyrkede oplande. Der er et svagt men ikke signifikant fald i koncentrationen af totalfosfor både i kilder med højt og lavt fosforindhold. Ligeledes ses et svagt men ikke signifikant fald i fosfat i kilder i dyrkede oplande undtagen for kilder med meget højt fosfatindhold.



Figur 4.8 Biologisk vandløbskvalitet (DVFI) på 1053 stationer i 1999 fordelt over hele landet. Kilde: Bøgestrand (red.). (2000).

4.3.3 Miljøtilstanden i vandløb

Til vurdering af vandløbskvaliteten gennemføres undersøgelser af smådyrsfaunaens sammensætning og antal, der opgøres efter en fastlagt metode, Dansk VandløbsFauna Indeks. Her opereres med 7 faunaklasser. Faunaklasserne 1, 2 og 3 tildeles vandløb, der er kraftigt eller meget kraftigt påvirkede, faunaklasse 4 svarer til en moderat påvirket fauna, mens faunaklasserne 5, 6 og 7 svarer til vandløb, der er upåvirkede eller svagt påvirkede.

Den dominerende tilstand i 1999 på 1053 vandløbslokaliteter var faunaklasse 4, som i alt forekom på knapt 46% af stationerne (figur 4.8). Her mangler enten hovedparten af de mere krævende smådyrarter, eller de er meget fåtallige. Faunaklasserne 5, 6 og 7 forekom på godt 34% af stationerne, mens faunaklasserne 1, 2 og 3 udgjorde næsten 20%.

Der er en tendens til, at større vandløb på over 5 meters bredde har en bedre tilstand end mindre brede vandløb. Faunaklasserne 1, 2 og 3 er fundet på 22% af stationerne i de mindre vandløb mod 8% i de større. Omvendt er faunaklasserne 5, 6 og 7 tilstede i 33% af de mindre vandløb mod 44% af de større.

Forskelle øst og vest for Storebælt

For Danmark som helhed kan der påvises en signifikant sammenhæng mellem faunaklasse og bundforholdene i vandløbene. Miljøtilstanden er imidlertid signifikant bedre i Jylland og på Fyn end i den øvrige del af landet. Faunaklasserne 5, 6 eller 7 udgør på Fyn og i Jylland i alt 42% af stationerne, mens faunaklasse 1, 2 og 3 udgør 13%. De tilsvarende værdier for Sjælland, Lolland og Falster er henholdsvis 15% og 38%. Forskellen har ikke kunnet forklares med forskelle i bundforhold. Vandløbene og vandføringerne er imidlertid mindre øst for Storebælt, hvilket betyder at eventuelle tilledninger opnår en mindre fortynding hér. Datagrundlaget for at vurdere betydningen af iltforbrugende stoffer, BI_5 , er utilstrækkeligt til at vurdere betydninger heraf.

Det vurderes, at muligheden for at faunaen, der lever øst for Storebælt kan sprede sig til tidligere forurenede lokaliteter er tilstede i tilstrækkelig grad til, at den biologiske vandløbskvalitet kunne være væsentlig bedre, end tilfældet er på nuværende tidspunkt.

Målsætningerne for vandkvaliteten var i 1999 kun opfyldt på 39% af overvågningsstationerne med størst målopfyldelse (76%) på de stationer, som amterne har givet en skærpet målsætning. Målopfyldelsen er på 37% af overvågningsstationerne i vandløb under 5 meters bredde og på 46% i større vandløb.

4.4 Marine områder

4.4.1 Hydrografiske forhold

En markant hydrologisk hændelse i 1999 var, at iltfattigt og næringsrigt vand fra Bælthavet blev presset så langt ind i de østjyske fjorde, at det der kom til at udgøre overfladevandet.

I de indre farvande var lagdelingen stærkere end normalt pga. det stille vejr, jf. afsnit 2.1. Vandskiftet i det nedre lag af Bælthavet og Kattegat blev dermed reduceret og opholdstiden forlænget. Desuden skete der en jævn udstrømning fra Østersøen over store dele af året. Til trods for den varme sommer i 1999 var bundvandet koldere end normalt, sandsynligvis fordi indstrømningen fra Skagerrak skete tidligere end sædvanligt og dermed var køligere end normalt.

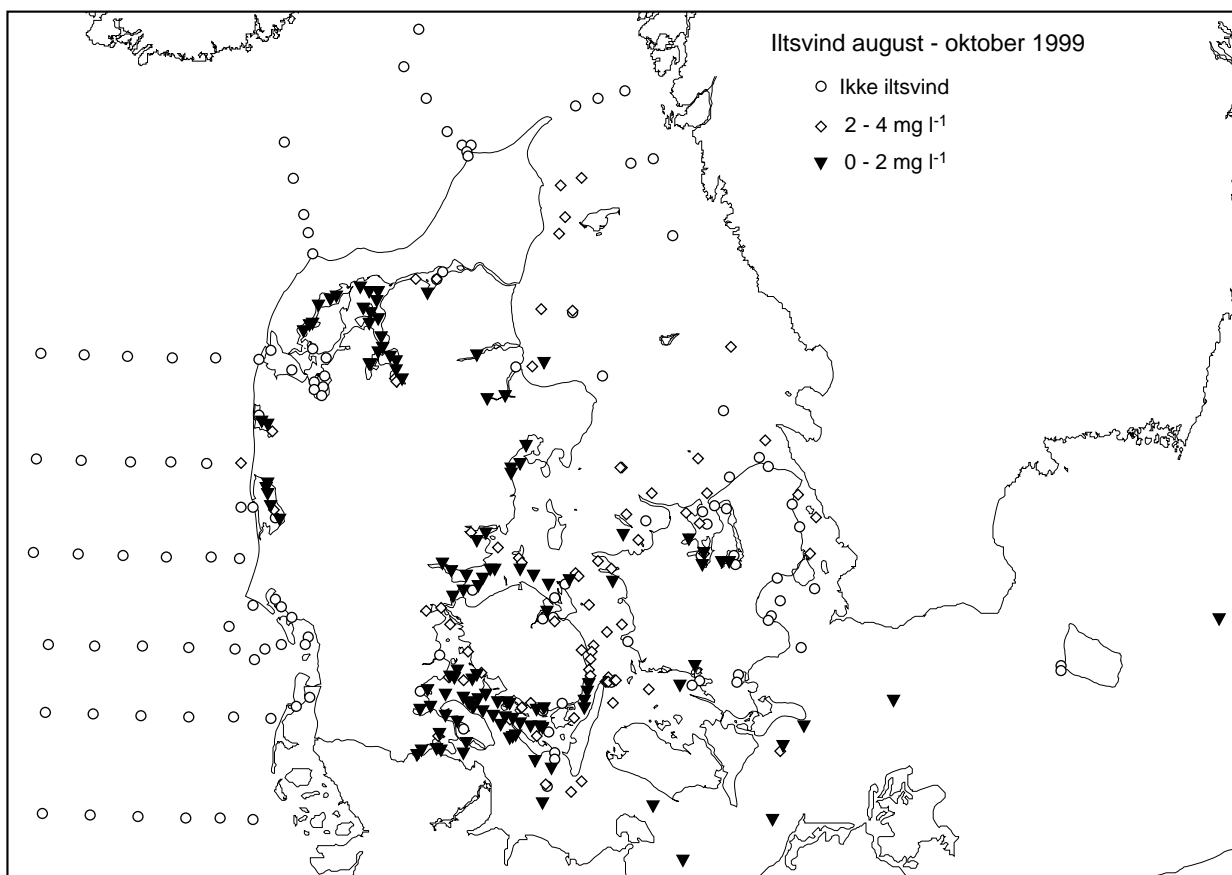
I de kystnære farvande og i tærskelfjordene var lagdelingen stærkere end normalt pga. stor varmeindstråling i overfladelaget og koldere bundvand end normalt.

4.4.2 Iltforhold

På grund af den stærke lagdeling af vandsøjlen i 1999 blev transporten af ilt til bundvandet reduceret. Der udvikledes kraftige iltsvind (under 2 mg l^{-1}) i Bælthavet og Arkona Havet. I de kystnære områder opstod der i løbet af sensommeren udbredte iltsvind i de fynske farvande, i Limfjorden og i en lang række Sønderjyske og Østjyske fjorde (figur 4.9).

Generelt blev iltsvindene udløst af klimatiske og hydrografiske forhold. Derudover var iltsvindene i sig selv et resultat af et højt iltforbrug i bunden og bundvandet og dermed tegn på høj eutrofieringsgrad i områderne. I nogle tilfælde forårsagede iltsvindene, at dele af bundfaunaen døde.

Siden midten af 1970'erne og til begyndelserne af 1990'erne er der sket et signifikant fald i efterårets iltindhold i Kattegat, Øresund, Storebælt og det sydlige Bælthav. I perioden 1989-99 ses en signifikant stigning i minimums iltkoncentrationerne om foråret i Storebælt og Femern Bælt, men ingen generel udvikling i efterårets iltkoncentration. I de kystnære farvande har der ikke været nogen klar udvikling i iltforholdene.



Figur 4.9 Stationer i danske farvande, hvor der blev målt ilt, hvor der blev observeret iltsvind ($< 4 \text{ mg l}^{-1}$) eller kraftigt iltsvind ($< 2 \text{ mg l}^{-1}$) mindst én gang i løbet af månederne august-oktober.

4.4.3 Næringsstofkoncentrationer, status og udvikling

Fosfor

Koncentrationen af fosfat i fjerde og kystnære områder er tæt koblet til den mængde, der tilføres fra land. I 1999 var fosfatkoncentrationen i alle fjerde og kystnære stationer $10,4 \mu\text{g l}^{-1}$ og dermed på samme niveau som i 1998 og nåede ikke så højt et niveau, som kunne forventes på baggrund af den store ferskvandsafstrømning, jf. afsnit 3.5.2.

Årsmiddelkoncentrationen for totalfosfor i fjerde og kystnære vandområder var på $38 \mu\text{g l}^{-1}$ i 1999. Set over et længere tidsrum er der kraftige fald i totalfosfor og fosfat fra niveauer omkring henholdsvis 65-70 og 25-30 $\mu\text{g l}^{-1}$ i begyndelsen af overvågningsperioden ved at have stabiliseret sig omkring henholdsvis 10-12 og 25-40 $\mu\text{g l}^{-1}$ i fjerde og kystnære vandområder.

I de åbne farvande lå årsmiddelkoncentrationen af fosfat i 1999 på $3,5 \mu\text{g l}^{-1}$, hvilket er væsentlig lavere end niveauerne i begyndelsen af 1990'erne på 10-11 $\mu\text{g l}^{-1}$. Totalfosforkoncentrationen havde et niveau på $18,3 \mu\text{g l}^{-1}$ i 1999 mod 30-32 $\mu\text{g l}^{-1}$ i 1989-1990.

Kvælstof

I fjerde og kystnære farvande er koncentrationen af uorganisk kvælstof kraftigt korreleret til både afstrømning fra land og kvælstofbelastning. Koncentrationen af uorganisk kvælstof i 1999 var på 120

$\mu\text{g l}^{-1}$ og nåede ligesom i 1998 heller ikke helt op på de niveauer, som kunne forventes på baggrund af afstrømningen. Kun for Limfjorden viser udviklingen i perioden 1989-99 et signifikant fald i uorganisk kvælstof. Totalkvælstofkoncentrationen var i 1999 på $648 \mu\text{g l}^{-1}$.

I de åbne farvande var gennemsnitskoncentrationen af uorganisk kvælstof i 1999 på $13 \mu\text{g l}^{-1}$ og højere end de forgående år. Totalkvælstof var i gennemsnit på $298 \mu\text{g l}^{-1}$. Dermed har hverken uorganisk kvælstof eller totalkvælstof i Kattegat og i Bælthavet ændret sig markant i perioden 1974-99.

4.4.4 Planteplankton

Næringssaltbegrænsning

Koncentrationerne af næringsalte i fjordene var årsag til at planteplanktonets vækst var begrænset fra mellem 40 til ca. 200 dage i 1999. Der var stor indbyrdes variation i fjordene i varigheden af næringsaltbegrænsningen og i hvilket næringsalt, der var det begrænsende. Dog var fosfor begrænsende i lidt flere dage end kvælstof. Mønsteret svarer til tidligere.

I de åbne farvande var kvælstof det potentielt mest begrænsende næringsalt i 1999. Perioden med potentiel næringsaltbegrænsning var størst i Østersøen og Kattegat på 8 måneder, hvorimod den var på 6 måneder i Øresund og Bælthavet. Dette mønster svarer til tidligere år.

Mængden af planteplankton i 1999

De klimatiske forhold var gunstige for planteplanktonet. Den megen nedbør gav et stort tilskud af næringsalte og dermed et potentiale for opbygning af store biomasser. Specielt i sensommeren og efterårs månederne udvikledes der masseopblomstringer i en række Østjyske fjorde.

Målt som klorofyl var der generelt lidt mere planteplankton i vandet i 1999 end normalt i de åbne indre farvande. I de kystnære farvande lå niveauerne på det normale. I de kystnære og de åbne farvande var klorofylkoncentrationerne på henholdsvis 4 og $2,2 \mu\text{g l}^{-1}$ som årsmiddelværdi. For klorofyl i fjordene gælder, at år til år variationerne er positivt korreleret til koncentrationen af fosfor og kvælstof samt til lysindstrålingen. For perioden 1989-99 har klorofylniveauet i de kystnære områder været svagt men ikke signifikant faldende. Primærproduktionen, der er udtryk for planteplanktonets vækst, er derimod faldet signifikant.

Udvikling

I de åbne farvande har der ikke været nogen tydelig udvikling i klorofylniveauerne i de seneste 10-30 år. År til år variationerne kan delvist forklares ved kvælstofbelastningen, hvorimod der næsten ingen sammenhæng er til fosfor. Dette stemmer overens med, at algerne vokser primært er begrænset af kvælstof. Her er ingen tydelig sammenhæng mellem klorofyl og lysindstrålingen, hvilket hænger sammen med, at biomasserne på grund af næringsaltbegrænsning er væsentlig lavere og ikke giver anledning til selvskygning.

Direkte tællinger af planteplanktonbiomassen viser en faldende tendens for planteplanktonet i de åbne farvande igennem de sidste 10 år.

Artssammensætning

Sammensætningen af planteplanktonet adskilte sig ikke væsentligt fra de foregående år. Det mest bemærkelsesværdige var store forekomster af kiselalger af *Pseudo-nitzchia* slægten i efterårsmånederne. I forhold til slutningen af 1980'erne er dinoflagellaternes andel øget, mens nanoflagellaterne er blevet sjældnere. En sådan ændring i fytoplanktonets sammensætning kan have stor betydning for, hvorledes fytoplanktonet omsættes i det marine økosystem, herunder hvor stor en andel, der sedimenterer til bunden.

Masseopblomstring

De mest karakteristiske masseforekomster i 1999 var af kiselalgerne *Skeletonema costatum* og arter af *Pseudo-nitzchia* samt dinoflagellaterne *Prorocentrum minimum* og *Gymnodinium chlorophorum*.

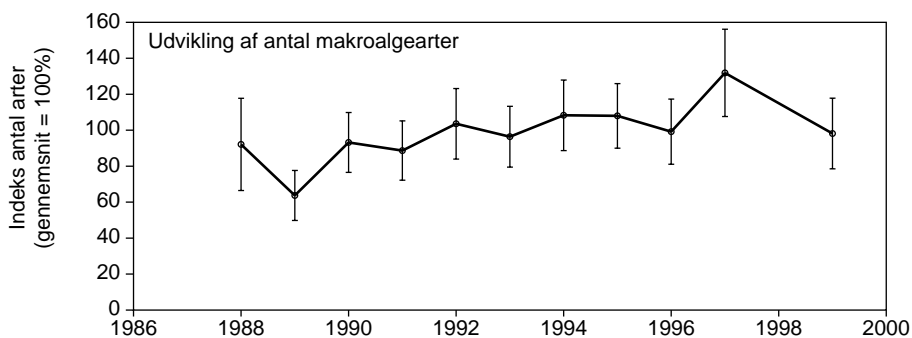
Giftige alger

Der foreligger ingen data om artssammensætningen af planteplankton i Østersøen i 1999. På samtlige øvrige havstationer blev der fundet potentielt giftige alger, men der blev ikke registreret toksiske effekter på andre organismer.

På Fanøs vestkyst ophørte al badning i godt en uge i juli pga. masseopblomstring af *Noctiluca* og *Phaeocystis*, og der blev på sydvestkysten observeret begyndende bunddyrsdød blandt specielt hjertemuslinger og sandorme. I Lillebælt fandtes *Dinophysis* i koncentrationer over grænseværdien for muslingefiskeri.

4.4.5 Bundvegetation

Vegetationen af makroalger og ålegræsser har ikke undergået nogen entydig udvikling igennem overvågningsperioden 1989-1999, hverken i indre eller ydre fjordområder eller langs de åbne kyster (figur 4.10).



Figur 4.10 Indeks for artsantallet af makroalger 1989-1999. Artsantallet i hvert dybdeinterval i hver fjord/kystområde er indekseret i forhold til artsantallet i området i 1999. Analysen inkluderer kun områder, hvor der er data fra mindst 5 år. Figuren viser gennemsnitligt indeks for 28 fjorde/kystområder. Usikkerhedsangivelse = SE. Kilde: Hansen et al. (2000).

Reduceret artsantal og dybdegrænse

Ålegræssets dybdegrænse og antallet af makroalgarter faldt i 1999. Til gengæld steg ålegræssets dækningsgrad, og mængden af eutrofieringsbetingede makroalger fortsatte det faldende forløb, der er set siden 1989. Faldet i ålegræssets dybdegrænse er i overensstemmelse med den større lyssvækkelse i vandsøjlen i 1999 sammenlignet med de tidligere 3 år grundet større vandtilførsel/næringsstofbelastning

fra land. Mens lysforholdene således var ringere på dybt vand, har de mange solskinstimer i 1999 sandsynligvis medført bedre lysforhold på lavt vand og kan dermed forklare en større dækningsgrad af ålegræs på lavt vand.

På stenrevene i de åbne havområder sås en tilsvarende effekt af den lavere sigtbarhed ved en ringe dybdeudbredelse af makroalger. I 1999 var dybdeudbredelsen i Kattegat således den laveste, der er observeret siden 1990.

Dominansforhold

Dominansforholdet mellem eutrofieringsbetingede makroalger og ikke eutrofieringsbetingede makroalger viste en positiv udvikling med en svag stigning, hvilket vil sige, at de eutrofieringsbetingede makroalger blev lidt sjældnere i 1999. Dækningsgraden af énårige makroalgearter har vist tendens til et fald gennem en række år, hvilket er en positiv udvikling som tyder på reduceret eutrofiering.

Variationerne i vegetationsforholdene i 1998 og 1999 i forhold til 1996 og 1997 kan for en stor del relateres til både tilførsel af næringssalte, der hæmmer, og til lysindstrålingen, der er gunstig for vegetationen. Meget store forekomster af søpindsvin udgør dog også en væsentlig begrænsende faktor for makroalgerne på de dybere dele af enkelte stenrev i det sydlige Kattegat og i Bælthavet.

4.4.6 Bundfauna

Biomasse og individtæthed

I de indre åbne danske farvande skete der en signifikant stigning i bundfaunaens individtæthed og biomasse fra henholdsvis 1500 individer m^{-2} og 168 g vådvægt m^{-2} i 1998 til 1800 individer m^{-2} og 332 g vådvægt m^{-2} i 1999. Årsagen var sandsynligvis forbedret fødetilgang for bundfaunaen. Niveauet er dog stadig lavere end i 1995, hvor bestanden nåede maksimal størrelse på 4869 individer per m^2 .

Artssammensætning

Der skete ingen markante ændringer i bundfaunaens artssammensætning 1999. Det sidste store skift i sammensætningen skete i overgangen mellem 80'erne og 90'erne, hvor gruppen af krebsdyr blev mere sjældne og børsteormene blev mere almindelige, og sammensætningen i 1999 lignede mest de øvrige år i halvfemserne.

Det er en positiv korrelation mellem tætheder og biomasse af bundfaunaen og næringssalttilførslen til de åbne havområder men med en forsinkelse på 2 år. Specielt de dyregrupper, som har den korteste levealder (hovedsageligt børsteorme og krebsdyr), udviser den stærkeste positive korrelation til eutrofieringsgraden.

I de kystnære områder var der tendens til en øget bundfaunabiomasse, men den var ikke signifikant. Udviklingen mellem 1998 og 1999 var langt mindre entydig i de kystnære områder end udviklingen i de åbne farvande. Der er store geografiske forskelle mellem bunddyrsamfundene i de enkelte kystnære områder i modsætning til forholdene i Kattegat-området, hvor faunaen er mere ensartet. Det skyldes, at de kystnære områder er mere forskellige med hensyn til fysisk-kemisk miljø end stationerne i det åbne hav.

Den generelle effekt af iltsvindene i sensommeren 1999 på bundfaunaen kendes ikke, da indsamlingen af bundfaunaprøver blev foretaget, før at iltsvindene blev udbredte. En eventuel effekt vil kunne vurderes i 2001.

4.4.7 Overordnet udvikling i havmiljøet

De klimatiske forhold i 1999 havde en række negative effekter på havmiljøet, og den bedring, der startede i 1996, blev i nogen udstrækning brudt i 1999. Set over hele overvågningsperioden 1989–1999 er der sket nogen bedring. Den mest markante ændring i eutrofieringstilstanden er faldet i fosfatkoncentrationen, som nu er ved at have stabiliseret sig. Især forbedret rensning på renseanlæggene har nedbragt de samlede fosforudledninger fra land.

I de kystnære områder har der været faldende planteplanktonproduktion, men forekomsten af udbredte algeopblomstringer og iltsvind viser, at det generelle eutrofieringsniveau stadig er højt.

Ingen af overvågningsstationerne opfyldte i 1999 de af amterne fastsatte målsætninger for kvaliteten. Med de nuværende tilførsler af især kvælstof og fosfor forventes der ikke væsentlige ændringer i havmiljøets tilstand i de kommende år. For at opnå yderligere forbedring af havmiljøet er det nødvendigt at nedbringe tilførslerne af næringsstoffer.

[Tom side]

5 Tungmetaller og miljøfremmede stoffer

Overvågning af tungmetaller og miljøfremmede stoffer indgår i 1999 i forskelligt omfang i de enkelte dele af NOVA-programmet.

Table 5.1 Oversigt over hvor der i 1999 har indgået overvågning af tungmetaller og miljøfremmede stoffer.

	Punktkilder		Atmosfære	Hav vand	Muslinger	Fisk	Vandløb	Grund vand
	Spildevand	Slam						
Tungmetaller	x	x	x		x	x	x	x
Uorganiske sporstoffer								x
PCB og chlorerede pesticider	x	x			x	x		
Dioxiner og furaner		x						
Organotinforbindelser					x			
PAH		x			x			
Aromatiske kulbrinter								x
Ethere (MTBE)								x
Chlorerede kulbrinter				x				x
Pentachlorphenol (PCP)				x				x
Phenoler og nonylphenoler		x						x
Blødgørere		x						x
Anioniske detergenter								x
LAS				x				
Alifatiske aminer								
Pesticider								x

Pesticider i grundvandet og tungmetaller i atmosfæren har været overvåget gennem en årrække, således det er muligt at foretage en vurdering af den tidlige udvikling. Ligeledes er tungmetalindholdet i fisk blevet undersøgt siden 1978. For den øvrige overvågning af tungmetaller og miljøfremmede stoffer er der kun få års resultater, og det er derfor endnu kun muligt at foretage en vurdering af stoffernes geografiske udbredelse.

5.1 Tungmetaller og uorganiske sporstoffer

Tungmetallerne findes naturligt i miljøet. På grund af menneskelig aktivitet spredes metallerne imidlertid, og via atmosfæren og fra punktkilder tilføres metallerne til jord og overfladevand.

5.1.1 Punktkilder

Spildevand

Tungmetalindholdet i spildevand er undersøgt på 19 udvalgte renseanlæg, hvilket svarer til ca. 25% af den samlede spildevandsmængde i Danmark. Spildevandets tungmetalindhold er af samme størrelsesorden som ved undersøgelser i 1994 og 1996 og på samme niveau eller lavere end i 1998.

Vandkvalitetskrav

Sammenlignes spildevandets tungmetalkoncentrationer med de kvalitetskrav, der skal være opfyldt for vandmiljøet, ligger udløbskoncentrationerne generelt på et lavere niveau end de fastsatte kvalitetskrav (tabel 5.2).

Slam

Indholdet af tungmetaller i spildevandsslam er estimeret ud fra målinger på 19 udvalgte renseanlæg. En sammenligning af resultaterne med resultater fra en undersøgelse i 1997 viser, at indholdet er på samme niveau, bortset fra cadmium og bly, hvor værdierne er lidt højere end i 1997.

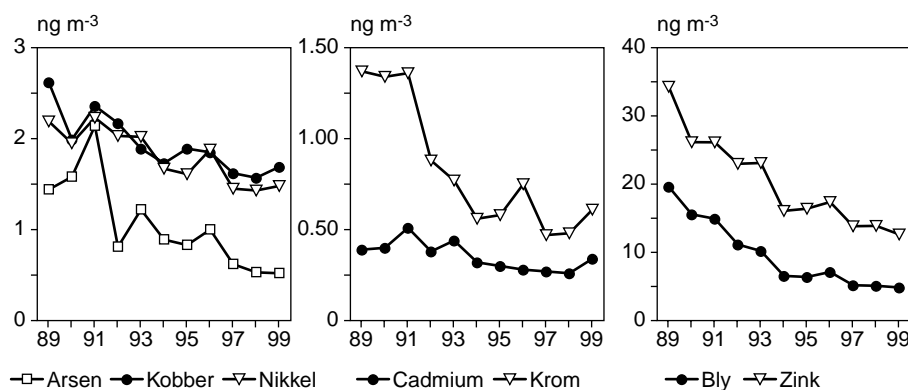
5.1.2 Atmosfæren

Indholdet af tungmetaller i den atmosfæriske deposition omfatter indholdet i nedbøren og indholdet i de partikler, der afsættes i tørre perioder.

Ved syv målestationer med overvågning af atmosfærisk deposition af tungmetaller ses der den samme udvikling i metalkoncentrationerne. Målestationerne er placeret i landdistrikter forskellige steder i landet, hvor der ikke foregår nogen "støvende" aktiviteter i nærheden. De højeste koncentrationer ses for alle metaller ved den station, der ligger tættest på Københavnsområdet.

Faldende metalindhold i atmosfæren

Atmosfærens indhold af tungmetaller har for perioden 1989 til 1999 været stadigt faldende. For bly er indholdet faldet omkring en faktor 4. Det skyldes primært, at der ikke længere tilsættes bly til benzin i Danmark og de omkringliggende lande. Også for krom og arsen har der været markant nedgang. Dette tilskrives en bedre røgrænsning på kulfyrede anlæg, nedlæggelse af mindre og ineffektive anlæg samt overgang til naturgasfyring.



Figur 5.1 Årgennemsnit af gennemsnitskoncentrationer målt ved forskellige baggrundsstationer i perioden 1989 – 1999. Modifieret efter Hovmand og Kemp (2000)

5.1.3 Muslinger og fisk

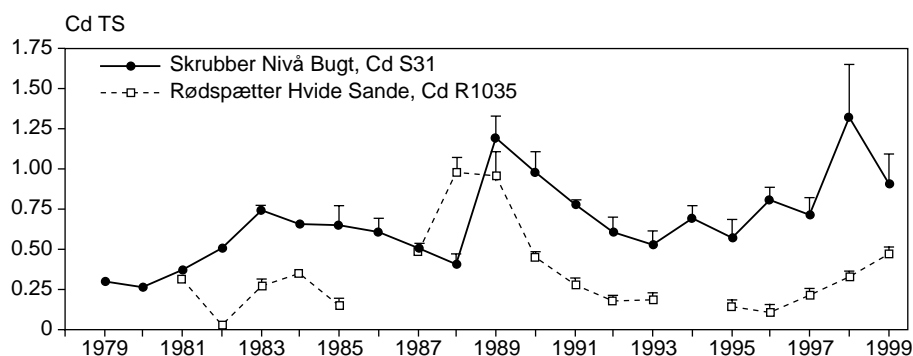
I hovedparten af de undersøgte områder er der i muslinger og fisk fundet tungmetaller i relativt lave koncentrationer, som ved vurdering i forhold til relevante reference- og baggrundskoncentrationer ikke har givet anledning til bekymring. Stedvist er der dog i dele af nogle indre fjorde, specielt med ringe vandudskiftning, fundet forhøjede koncentrationer af kviksølv, cadmium, zink og kobber, hvilket tyder på, at der er lokale punktkilder. Metallerne er fundet i muslingerne i koncentrationer listet efter stigende koncentration: kviksølv og bly (samme niveau), cadmium, nikkel, kobber og zink.

Muslinger

I Øresundsområdet er der relativt højt indhold af de fleste tungmetaller i muslinger uden, at der dog er tale om markant højere indhold end i de andre områder. De enkelte tungmetaller findes samtidig i tilsvarende høje koncentrationer i et eller flere forskellige områder.

Fisk

Tungmetalindholdet i fisk er generelt højere i Øresundsområdet end i Storebælt og ved Hvide Sande. Kviksølvindholdet i skrubber i Øresundsområdet har været faldende siden 1970'erne, mens cadmiumindholdet har været stigende siden 1993. Der er ikke nogen forklaring på det stigende cadmiumindhold, men det genfindes i svenske undersøgelser (*Naturvårdsverket*).



Figur 5.2 Den årlige variation i koncentrationen af cadmium i fisk fra Øresund (skrubber) og Hvide Sande (rødspætter) målt i lever. Kilde: Hansen et al (2000).

5.1.4 Vandløb

Overvågningen af tungmetaller i vandløb omfatter tungmetallerne arsen, cadmium, krom, kobber, kviksølv, bly, nikkel og zink.

Tungmetallerne er fundet i vandløbene i følgende rækkefølge listet efter stigende koncentration: kviksølv, cadmium, bly, arsen, nikkel, kobber og zink. Hvis der alene ses på det metalindhold, der findes opløst i vandet, er koncentrationerne af arsen, kobber og nikkel højest.

Bly, kobber og zink

De højeste tungmetalkoncentrationer er generelt fundet i Gudenåen og Damhusåen. Indholdet af bly, kobber og zink i Gudenåen er på flere tidspunkter højere end vandkvalitetskravet, og blyindholdet i Damhusåen er ligeledes undertiden højere end vandkvalitetskravet (tabel 5.2).

De højeste tungmetalkoncentrationer bundet til partikler findes i Damhusåen, dog med undtagelse af krom, hvor den største partikelbundne koncentration findes i Odense Å. Blandt de partikulært bundne metaller ser arsen og zink ud til at have den største potentielle indvirkning på miljøet.

Tabel 5.2 Tungmetaller i vandløbsvand og udløb fra renselanlæg sammenholdt med danske kvalitetskrav. Kilde: *Bøgestrand (red.) (2000) og Miljøstyrelsen (2000c)*.

Enhed: $\mu\text{g l}^{-1}$	Vandløb (Interval for max. værdi i 4 vandløb)	Udløb fra renselanlæg middel +/- spredning	Vandkvalitetskrav ¹⁾ Danmark
Arsen	1,1-2,4	1,2 +/- 0,7	4
Cadmium	0,04-0,14	0,2 +/- 0,3	5
Krom	1,6-3,1	1,8 +/- 1,3	10
Kobber	2,9-49	7,2 +/- 8,7	12
Kviksølv	0,005-0,021	0,2 +/- 0,1	1
Bly	1,2-75	2,6 +/- 2,4	3,2
Nikkel	3,0-31	8,2 +/- 7,5	160
Zink	14-486	105 +/- 114	110

1) Bekendtgørelse nr. 921 om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer eller havet af 8. oktober 1996

5.1.5 Grundvand

En række tungmetaller og uorganiske sporstoffer indgår i grundvandsovervågningen. Ved vandværkernes kontrol af vandkvaliteten i borerne indgår nikkel, mens de øvrige tungmetaller og uorganiske sporstoffer kun er medtaget i begrænset omfang. Nogle tungmetaller indgår ligeledes i overvågningen af det øvre grundvand i landovervågningen.

Resultaterne fra landovervågningsoplandene viser, at indholdet af tungmetaller og sporstoffer generelt er højest i det øverste grundvand.

Nikkel og zink

I grundvandsovervågningen er nikkel og zink fundet i koncentrationer, der overskrider grænseværdien for drikkevand på henholdsvis 20 og 100 $\mu\text{g l}^{-1}$ i 5% af overvågningsfiltrene. De tilsvarende tal for vandværkernes boringskontrol er 3% og 7%. Begge stoffer formodes hovedsagelig at være frigivet fra sedimenterne som følge af sænkning af grundvandsspejlet.

Aluminium

Aluminium er fundet i koncentrationer over grænseværdien for drikkevand på 200 $\mu\text{g l}^{-1}$ i 9% af overvågningsfiltrene og i 22% i vandværkernes boringskontrol, hovedsagelig forklaret med lav pH i Vestjylland. Nogle af de høje værdier skyldes dog antagelig frigivelse fra bentonitholdige sedimenter.

Cadmium og selen

I grundvandsovervågningen er stofferne cadmium og selen i enkelte tilfælde fundet i koncentrationer over grænseværdien for drikkevand.

Det må antages at uorganiske sporstoffer i grundvandet i væsentlig grad tilbageholdes i okkerslammet ved vandværkernes vandbehandling, og derfor ikke findes i drikkevand fra vandværkerne (*Miljøstyrelsen (1999a)*).

5.2 Miljøfremmede stoffer

5.2.1 Punktkilder

PCB i spildevand

Polychlorerede biphenyler (PCB) er målt i spildevand og fundet i niveauer over detektionsgrænsen i enkelte tilløbsprøver, men ikke i udløb fra renseanlæg.

Slam

Slam fra renseanlæg er undersøgt for indhold af dioxiner og furaner samt PCB, PAH, alkylphenoler og blødgøreren DEHP. Der er i 1999 fundet indhold af de pågældende stoffer på samme niveau som der er fundet ved tidligere undersøgelser af stoffernes forekomst i slam.

Tabel 5.3 Indhold af de stoffer, der i Slambekendtgørelsen er fastsat afskæringsværdier for. Afskæringsværdierne skal være overholdt for at slammet må udbringes på landbrugsjord. Kilde: *Miljøstyrelsen (2000c)*.

Enhed: mg kg ⁻¹ TS	Gennemsnit for alle anlæg i 1999 ¹⁾	Gennemsnit for an- læg, hvorfra slam bliver udbragt på landbrugsjord	Afskærings- værdier ²⁾
PAH	7,5	1,6	6 (3)
Nonylphenol (+ethoxylater) (NPE)	25	8,2	50 (30)
DEHP	25,7	22,3	100 (50)
LAS	2425		2600 (1300)

¹⁾ 17 udvalgte renseanlæg, PAH dog kun 16 anlæg og LAS kun 6 anlæg

²⁾ Slambekendtgørelsen (Bekendtgørelse om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål nr. 823 af 16. september 1996). Værdierne udenfor parentes var gældende indtil 1. juli 2000, og værdierne i parentes efter 1. juli 2000.

5.2.2 Havvand

Overvågningen af miljøfremmede stoffer i havvand omfatter chlorerede kulbrinter, pentachlorphenol (PCP) og LAS. Der er ikke påvist indhold af chlorerede kulbrinter og PCP i havvand ved de to undersøgte stationer i Odense Fjord og Randers Fjord.

LAS

Der er påvist meget lavt indhold af LAS i havvand i Odense Fjord, mens stoffet ikke er påvist i Randers Fjord. Det vurderes, at LAS i de generelt lave koncentrationer sandsynligvis ikke har en negativ effekt i de undersøgte områder

5.2.3 Muslinger, fisk og snegle

De aromatiske chlorforbindelser PCB og chlorerede pesticider indgår i overvågningen af organismer, da stofferne fortsat er i cirkulation i

miljøet på trods af, at de generelt er forbudt i Danmark og den vestlige del af Europa.

PCB i muslinger

PCB er i flertallet af de undersøgte områder fundet i koncentrationer, der er højere end det vejledende økotoxikologiske vurderingskriterium for PCB, dvs. det kan ikke udelukkes, at der kan forekomme effekter på grund af PCB i miljøet (tabel 5.4).

Chlorerede pesticider i muslinger

De chlorerede pesticider er ved størsteparten af de undersøgte stationer fundet i muslinger i koncentrationer, der er lavere i 1999 end i 1998. Det er uklart, om det skyldes en nedgang af stoffernes forekomst i miljøet, eller om der er tale om forskelle i muslingernes kondition (størrelse og fedtindhold) i 1998 og 1999.

Aromatiske chlorforbindelser i fisk

I fisk findes de organiske aromatiske chlorforbindelser i højeste koncentrationer i Nivå Bugt og laveste i Storebælt og Hvide Sande. Fiskene i Hvide Sande har det laveste fedtindhold, og da stofferne opkoncentreres i fedtvævet, betyder dette, at indholdet af organiske aromatiske chlorforbindelser vurderet i forhold til fedtprocenten er højere i fisk i Hvide Sande end i Nivå Bugt.

PAH i muslinger

PAH-koncentrationen i muslinger er stedvist forhøjet i de indre dele af nogle fjorde, hvor der er ringe vandudskiftning og/eller store punktkildeudledninger. Det kan ikke udelukkes, at der kan opstå effekter på økosystemet på grund af enkelte PAH'er i disse områder. I de øvrige undersøgte områder er PAH-koncentrationen på niveau med, hvad der ses i ikke særligt forurenede havområder.

Tributyltin (TBT) i muslinger

Tributyltin (TBT) er overalt fundet i koncentrationer, der er højere end det vejledende økotoxikologiske vurderingskriterium for TBT (tabel 5.4). Man kan derfor forvente at se en effekt i samtlige undersøgte områder. De højeste koncentrationer af tributyltin (TBT) er fundet i muslinger i et område, som er karakteriseret ved meget skibstrafik og andre skibsrelaterede aktiviteter. Der er ligeledes forholdsvis høje TBT-koncentrationer i muslinger i områder med udledning fra spildevandsanlæg.

Tabel 5.4 Indhold af udvalgte miljøfremmede stoffer i forhold til vejledende økotoxikologiske vurderingskriterier. Kilde: *Hansen et al. (2000)*.

	Koncentration i muslinger	EACs ¹
PCB	1,1 – 10,2 µg kg ⁻¹ vådvægt	1 - 10 µg kg ⁻¹ vådvægt
Anthracen		1 - 10 µg kg ⁻¹ vådvægt
TBT-Sn	0,5 – 38 µg kg ⁻¹ vådvægt	0,08 – 0,8 µg kg ⁻¹ vådvægt

¹ OSLO-PARIS kommissionens vejledende økotoxikologiske vurderingskriterier (EAC)

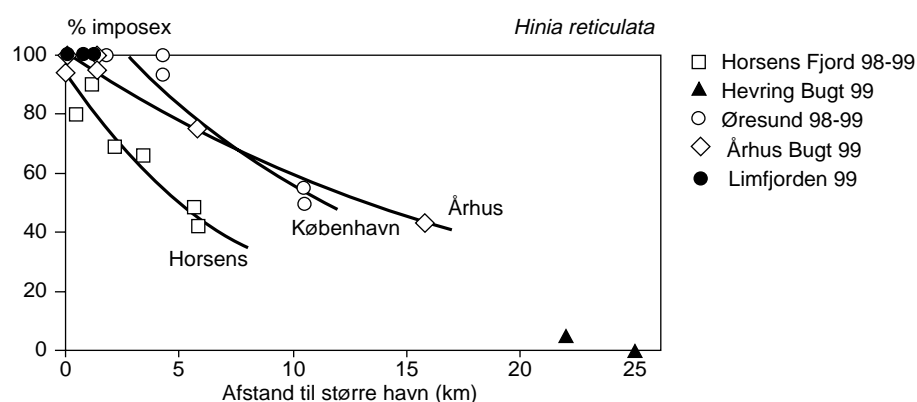
På de fleste lokaliteter er der i 1999 målt TBT-koncentrationer, der er lavere end i 1998. Samtidig er der i 1999 fundet højere indhold af TBT-nedbrydningsprodukterne dibutyltin (DBT) og monobutyltin (MBT) end i 1998. Det lavere indhold af TBT i 1999 kan tyde på, at indsatsen for at fjerne TBT-holdige produkter er begyndt at have en virkning. TBT er dog i 1999 fortsat fundet i muslingerne i højere kon-

*Imposex/intersex hos
havsnegle*

centrationer end nedbrydningsprodukterne, hvilket kunne indikere, at muslingerne indtil fornylig har været eksponeret med TBT.

TBT forårsager imposex/intersex hos havsnegle, og dette uddar sig i form af, at hunsnegle udvikler synlige hanlige køns karakterer.

Undersøgelserne af imposex hos havsnegle er udført på forskellige sneglearter, som har forskellig følsomhed overfor TBT. Hos den mest følsomme art (rødkonk) forekommer imposex i alle de undersøgte områder, hvor stort set alle undersøgte rødkonk i de indre danske farvande havde udviklet imposex, mens det var mindre udtalt i Skagerrak. Hos en mindre følsom art (dværgkonk) forekom imposex med en tydelig gradient væk fra større havneområder i Horsens Fjord, Limfjorden ved Aalborg, Øresund ved København og Århus Bugt (figur 5.3). Med enkelte undtagelser er resultaterne for imposex i 1999 de samme som i 1998.



Figur 5.3 Relation mellem imposex i dværgkonk (*Hinia reticulata*) og afstanden til nærmeste større havn i forskellige kystnære områder. Forekomsten af imposex er angivet som den procentvise andel af hunner med imposex. Hevring Bugt anses som referenceområde. Kilde: Hansen et al. (2000)

5.2.4 Grundvand

I grundvandet skelnes der mellem pesticider og andre organiske mikroforureninger. Pesticider og deres nedbrydningsprodukter omtales i grundvandssammenhænge som en gruppe for sig blandt de organiske mikroforureninger.

Grundvandet er undersøgt for organiske mikroforureninger (undtagen pesticider) siden 1989 med et stigende antal analyser pr. år og samtidig et stigende antal undersøgte filtre. Samtidig med stigningen i det årlige antal analyser har de årlige fund-procenter været stigende. I 1999 var der fund i 20% af de undersøgte filtre ved grundvandsovervågningen og i 23% af de undersøgte vandværksboringer.

*Chlorerede kulbrinter,
aromatiske kulbrinter og
phenol*

Blandt de hyppigst fundne organiske mikroforureninger er trichlor-methan (chloroform, chlorholdig kulbrinte) fundet i 9% af de undersøgte filtre, benzen (aromatisk kulbrinte) er fundet i 8% og phenol i 2% af de undersøgte filtre i grundvandsovervågningen. De tilsvarende fund i vandværksboringer er betydeligt lavere.

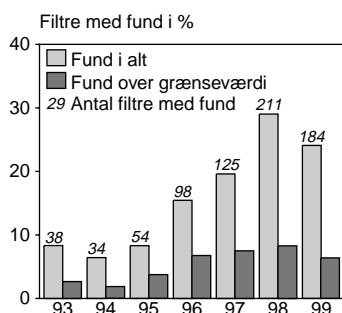
Methyl-tertiær-butylether (MTBE)

Etheren methyl-tertiær-butylether (MTBE) tilsættes benzin som erstatning for bly for at hæve oktantallet. Der er ved grundvandsovervågningen undersøgt for MTBE i 28 filtre med fund i ét filter. Ved vandværkerne er der analyseret 164 borer med fund i 17%. En stor del af fundene hidrører fra prøver, der er udtaget i forbindelse med forureningsundersøgelser. Mediankoncentrationen af fundene er 0,29 µg l⁻¹, hvor grænseværdien i drikkevand er 30 µg l⁻¹.

5.2.5 Pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvand

Grundvandsovervågningen har siden 1998 omfattet 45 pesticider og nedbrydningsprodukter. Pesticidundersøgelsernes omfang er steget kraftigt, idet der de første år efter 1989 kun indgik 8 pesticider. Da analysekvaliteten ved pesticidundersøgelserne de første år var forbundet med nogen usikkerhed, og fund, der ikke efterfølgende har kunnet genfindes, har begrænset interesse, omfatter evalueringen resultater fra 1993 og frem.

Hyppigheden af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter er mindre i vandværksboringer end i grundvandsovervågningen og landovervågningen (tabel 5.5).



Figur 5.4 Filtre med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter fra grundvandsovervågningen 1993-1999 i forhold til antal undersøgte filtre. Over søjlerne er vist antal filtre med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter. Kilde: GEUS (2000).

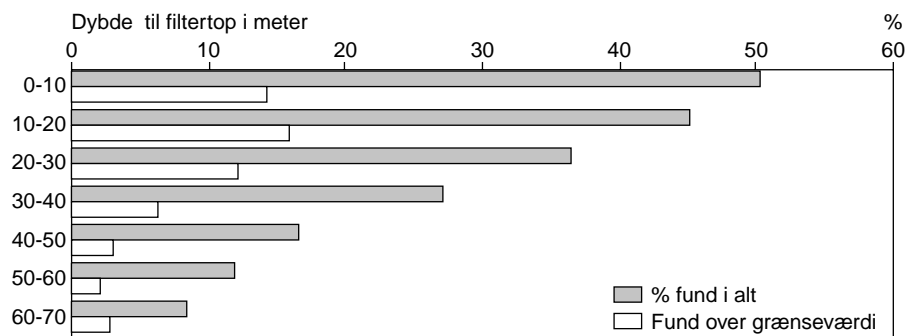
Pesticidfund i forhold til alder og dybde

Tabel 5.5 Fund af Pesticider og nedbrydningsprodukter i perioden 1993-1999
Kilde: GEUS (2000)

Pesticider og nedbrydningsprodukter i 1993-1999	Fundne stoffer	Analyserede filtre	Filtre med fund	Filtre med fund ≥ 0,1µg l ⁻¹		
	antal	antal	antal	%	antal	%
Grundvandsovervågning	50	1.061	371	35,0	114	10,7
Landovervågning	38	119	63	52,9	20	16,8
Vandværksboringer	46	5.774	1.396	24,2	509	8,8

I 1999 er der fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i 24% af de undersøgte filtre i grundvandsovervågningen og i 29% af de undersøgte vandforsyningsboringer. Overskridelse af grænseværdien for drikkevand er sket i henholdsvis 7% og 9% af filtrene/boringerne.

Antallet af fund af pesticider eller nedbrydningsprodukter er faldende, jo dybere vandprøverne er taget, og jo ældre vandet er. Der findes dog pesticider ned til 70 meters dybde og i enkelte tilfælde endda væsentligt dybere. Tilsvarende findes der pesticider i grundvand i alle aldersklasser tilbage til før 1950. I grundvandsovervågningen er omkring 50% af det grundvand, der er dannet indenfor de sidste 25 år, forurenet med pesticider. Den aftagende hyppighed af fund med stigende dybde til grundvandet kan tolkes som, at pesticiderne omsættes eller fortyndes under transporten gennem grundvandsmagasinerne, eller at pesticiderne endnu ikke er nået ned i det dybtliggende grundvand. Desuden var forbruget af pesticider og dermed belastningen mindre, da det dybtliggende grundvand blev dannet.



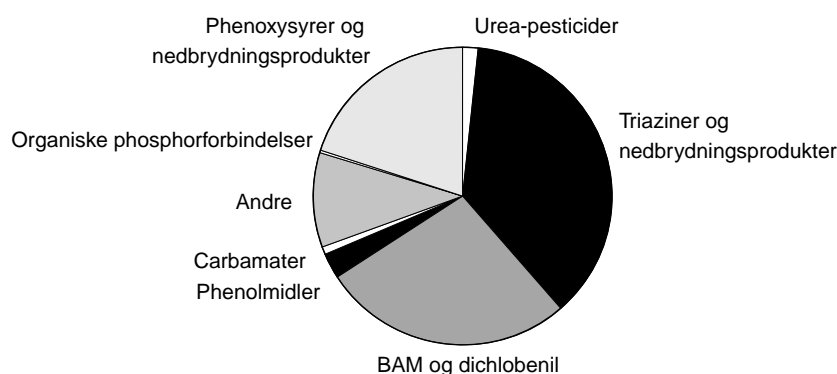
Figur 5.5 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i forskellige dybdeintervaller målt i meter under terræn for perioden 1993 – 1999, opgjort som filtre med fund og filtre med fund over grænseværdien for drikkevand på $0,1 \mu\text{g l}^{-1}$. Kilde: GEUS (2000).

BAM og dichlobenil

Nedbrydningsproduktet 2,6-dichlorbenzamid, kaldet BAM, og moderstoffet dichlobenil er de hyppigst fundne stoffer blandt pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandet. Dichlobenil er et totalherbicid, der har været brugt meget i bynære bebyggelser, langs veje og jernbaner og på gårdspladsen. BAM er fundet i 24% af vandværksboringerne og grænseværdien for drikkevand er overskredet i ca. 10% af de undersøgte borer.

Triaziner og nedbrydningsprodukter

Gruppen af triaziner og nedbrydningsprodukter er også fundet hyppigt i grundvandet, men med en lidt anden forekomst, idet disse stoffer er fundet meget hyppigt i landbrugsområder. I landovervågningsoplandene udgør triaziner og deres nedbrydningsprodukter næsten halvdelen af alle fundne pesticider og nedbrydningsprodukter.



Figur 5.6 Fordeling af filtre med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen i 1993 – 1999. Kilde: GEUS (2000).

Glyphosat og AMPA

Glyphosat og AMPA er fundet i enkelte filtre i grundvandsovervågningen men ikke i nogen af de undersøgte vandværksboringer. I landovervågningen er der ved næsten 200 analyser i 45 filtre fundet glyphosat og AMPA i 8 filtre. Ved en undersøgelse af årsagen til forekomsten af glyphosat og AMPA i en 5 meter dyb boring på Fyn er forklaringen ikke entydig. Forureningen kan skyldes utætheder i hætter over overvågningsboringerne, der ligger 60-70 cm under terræn. Det skønnes imidlertid, at der snarere er tale om en naturlig infiltration af pesticidforurenat vand gennem ormegange, rodkanaler, sprækker og måske sand ned til filtrene.

Fundne pesticider er forbudte

De pesticider, der er fundet hyppigt i grundvandet, er i dag forbudt eller stærkt reguleret af Miljøstyrelsen. Dette forhindrer imidlertid ikke, at pesticider og deres nedbrydningsprodukter stadig og i lang tid frem vil blive fundet i grundvandet.

I 1998 startede indberetning af pesticidforbruget i landovervågningsoplandene. Pesticidforbruget opgøres både som den solgte mængde aktivstof og som behandlingshyppighed. I 1999 havde det samlede pesticidesalg nået reduktionsmålet for 1997 i Pesticidhandlingsplanen.

5.3 Sammenfatning

Overvågningen af tungmetaller og miljøfremmede stoffer er endnu kun sket et begrænset omfang – bortset fra pesticider i grundvand og tungmetaller i atmosfæren - og vurderingsgrundlaget er derfor for de fleste stoffer meget spinkelt. De gennemførte undersøgelser giver dog indikationer på, hvilke koncentrationsniveauer stofferne findes på, samt hvor i miljøet stofferne kan findes.

Undersøgelserne i 1999 har vist, at vandkvalitetskravene for tungmetaller generelt er overholdt i såvel vandløbsvand som udløb fra renseanlæg (tabel 5.2).

Indholdet af tungmetaller i atmosfærisk deposition har for perioden 1989 – 1999 været stadigt faldende.

Blandt de organiske miljøfremmede stoffer adskiller tributyltin (TBT) sig fra de øvrige ved, at TBT-indholdet i muslinger i det marine miljø overalt er højere end det økotoksikologiske vurderingskriterium. Effekten af TBT er registreret hos snegle som misdannelser af kønsorganerne.

BAM, nedbrydningsprodukt af herbicidet dichlobenil, er - blandt pesticider og nedbrydningsprodukter - det stof, der er fundet hyppigst i grundvand. Stoffet er fundet i 24% af de undersøgte vandværksboringer, heraf 10% over grænseværdien for drikkevand, og i grundvandsovervågningsfiltre med tilsvarende hyppighed. Triaziner og nedbrydningsprodukter er ligeledes fundet i stort omfang i såvel vandværksboringer som overvågningsfiltre.

6 Sammenfatning

Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet 1998-2003 omfatter overvågning af udledninger, transporter og effekter af næringsstoffer, tungmetaller og miljøfremmede stoffer i de forskellige dele af vandmiljøet. Det nationale program startede i 1988/89 med hovedvægt på næringsstoffer.

“Vandmiljø 2000. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning” giver en faglig sammenfatning af overvågningsresultaterne.

6.1 Udledninger til vandmiljøet

Klimaet i 1999 var ugunstigt for søer og havet, da høje nedbørsmængder medførte stor tilførsel af kvælstof og fosfor fra diffuse kilder til vandmiljøet.

Udledning fra punktkilder

I 1999 blev der fra punktkilder udledt 9.371 tons kvælstof, 1.238 tons fosfor og 24.336 tons organisk stof (tabel 6.1).

Tabel 6.1 De samlede udledninger fra forskellige punktkilder til det danske vandmiljø i 1989 og 1999. BI₅ er et mål for organisk stof.

Tal i tons	kvælstof		fosfor		BI ₅	
	1989	1999	1989	1999	1989	1999
Rensningsanlæg	18.000	5.134	4.470	581	36.400	3.508
Særskilte industrier	4.978	863	1.125	69	43.722	9.528
Regnvandsanlæg	810	975	199	251	2.500	2.839
Ferskvandsdambrug	2.189	1.127	239	83	6.230	3.032
Spredt bebyggelse	1.280	971	440	221	4.850	3.813
Saltvandsbaseret fiskeopdræt	322	301	44	33	-	1.616
I alt	27.579	9.371	6.517	1.238	93.702	24.336

Punktkilderne udledte til ferskvand og direkte til marine kystvande. Udledningerne til ferskvand af kvælstof, fosfor og organisk stof udgjorde i 1999 henholdsvis 60%, 61% og 44% af de samlede punktkildeudledninger.

Siden 1989 har der været en reduktion i udledning fra punktkilder på 66% for kvælstof, 81% for fosfor og 74% for organisk stof og reduktionsmålene i Vandmiljøplan I er opfyldt for rensningsanlæg og særskilte industrielle udledninger.

Atmosfærisk tilførsel

Den atmosfæriske tilførsel af næringsstoffer til vandmiljøet stammer både fra udenlandske og danske emissioner til luften. Ca. 15% af depositionen til de danske farvande stammer fra danske kilder. Nær kysterne er den danske andelen størst. Den atmosfæriske kvælstofde-

position over dansk territorium er for 1999 beregnet til 210.000 tons, heraf er 120.000 nedfaldet over farvandene. Den atmosfæriske kvælstoftilførsel til danske farvande er af samme størrelsesorden som de landbaserede udledninger til danske kystvande.

Et groft estimat for søerne viser, at den atmosfæriske tilførsel udgør 16% af kvælstof- og 7% af fosforbelastningen.

Den atmosfæriske kvælstoftilførsel varierer med nedbøren. Der har været et fald siden 1989, men det er endnu ikke statistisk signifikant.

Udvaskning fra landbrugsjorden

Landbrugets samlede nettooverskud af næringsstoffer udgøres af forskellen mellem den tilførte mængde af især handelsgødning og husdyrfoder og den fraførte mængde i form af mælk, kød m.v. Nettooverskuddet udgør det potentielle tab til vand- og luftmiljøet.

På grund af ændret dyrkningspraksis og ændret husdyrproduktion er det samlede nettooverskud for kvælstof blevet reduceret med 37% siden 1985 og for fosfor med 32%.

I landovervågningen 1999 ses, at der overgødskes med kvælstof på ca. 20% af arealet, men overgødsningen er væsentligt reduceret i forhold til 1990/91. Ud fra dyrkningspraksis i oplandene er det beregnet at kvælstofudvaskningen fra markerne over en årrække vil falde med 28% i forhold til 1990/91, hvis dyrkningspraksis i 1999 fastholdes.

Trods betydelige år til år variationer er der set et fald i udvaskningen af kvælstof fra rodzonen siden 1990/91. På sandjord kan år til år variationer i udvaskningen fra rodzonen genfindes i det øvre grundvand. Det er ikke tilfældet på lerjord.

Landbrugsjorden tilførtes i 1999 netto 42.500 tons fosfor, hvilket er et fald på 32% i forhold til 1985. Planteavlsbrugene har en beskedent undergødsning, mens husdyrbrugenes overgødsning med fosfor stiger med stigende husdyrtæthed.

Samlede udledninger til vandmiljøet og kilder hertil

De samlede tilførsler til de danske kystvande via vandløb og udledninger fra punktkilder direkte til disse var i 1999 101.500 tons kvælstof, 3.060 tons fosfor og 46.600 tons organisk stof (målt som BI₅). Tilførslerne var relativt høje, da der var nedbørsrekord i 1999 og dermed høj afstrømning, som giver et stort diffust tab af næringsstoffer.

Siden slutningen af 1980'erne er der sket et signifikant fald i de samlede kvælstof- og fosfortilførsler til kystvandene, som kan tilskrives den forbedrede spildevandsrensning. Korrigeres for variationer i afstrømningen ses der på landsplan et beskedent fald i de diffuse kvælstoftilførsler. Omvendt har der på landsplan været en beskedent stigning i den diffuse fosfortilførsel.

Tilførsel af kvælstof og fosfor fra dyrkede arealer til vandløb og søer var i 1999 den dominerende kilde med henholdsvis 84% og 53% af de samlede tilførsler. Det naturlige baggrundsbidrag udgjorde 11% af kvælstoftilførslen og 19% af fosfortilførslen. Udledninger fra punkt-

kilder udgjorde derfor kun 5% af kvælstoftilførslen og 28% af fosfortilførslen. De diffuse kilder er derfor nu de dominerende kilder for tilførsel af både kvælstof og fosfor til vandmiljøet.

6.2 Tungmetaller og miljøfremmede stoffer

Overvågning af disse stoffer er siden 1998 blevet opprioriteret og indgår i forskelligt omfang i de forskellige dele af programmet.

Tungmetaller

Målingerne af tungmetaller i spildevand og vandløb har vist, at vandkvalitetskravene generelt er opfyldt. Indholdet af tungmetaller i atmosfæren har for perioden 1989–1999 været stadigt faldende. Således er indholdet af bly i perioden faldet med en faktor 4, hvilket primært skyldes at der ikke længere tilsættes bly til benzin. Indholdet af krom og arsen er også faldet markant grundet bedre røgrønsning på kulfyrede anlæg og overgang til naturgasfyring.

Pesticider

I grundvandet er BAM, som er et nedbrydningsprodukt af herbicidet dichlobenil, fundet i hver fjerde vandværksboring og overvågningsfilter. Det er det hyppigst fundne stof blandt pesticider og tungmetaller.

I 1993 blev der fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter heraf i knap 10% af overvågningsfiltrene, medens der i 1998 og 1999 var fund i ca. 25% af filtrene. I 1999 var der i forhold til 1998 en lille tilbagegang i antal fund, hvilket kunne indikere en stabilisering eller at udviklingen er vendt. Fundene over grænseværdien har været næsten konstant på ca. 7% i perioden 1996-99.

Miljøfremmede stoffer

Blandt de organiske miljøfremmede stoffer adskiller tributyltin (TBT) sig fra de øvrige ved at TBT-indholdet i muslinger i det marine miljø overalt er højere end det økotoksikologiske vurderingskriterium. Effekten af TBT er registreret hos snegle som misdannelser af kønsorganerne. TBT stammer især fra bundmaling på skibe.

6.3 Tilstand og udvikling

Grundvand

Den samlede vandindvinding er i perioden 1989-99 faldet, primært pga. et fald på 34% i de almene vandværkers indvinding. Aldersbestemmelser har vist at ca. 10% af grundvandet er under 10 år. Det betyder, at eventuelle effekter af Vandmiljøplanerne endnu ikke kan forventes at registreres i grundvandet. Der kan heller ikke for hverken kvælstof eller fosfor påvises ændringer i koncentrationen.

Kun 8% af vandværksboringerne havde i 1999 et nitratindhold over den vejledende værdi for drikkevand på 25 mg nitrat l⁻¹ og 2% over grænseværdien på 50 mg nitrat l⁻¹, idet boringer med højt nitratindhold er blevet lukket. I andre grundvandovervågningsfiltre havde 17% et nitratindhold over grænseværdien.

Søer

Der er siden 1989 sket næsten en halvering af overvågnings søernes fosforkoncentration, og faldet har været størst i de mest næringsrige søer. Tilsvarende er søerne blevet mere klarvandede og mængden af

alger er faldet. Der er ligeledes blevet flere undervandsplanter siden 1989, men i 1999 reduceredes mængden markant, den primære årsag er formodentlig dårligere lysforhold (sigtdybde) i søerne i 1999, men i nogle søer kan den højere vandstand også være en medvirkende faktor. På trods af forbedringerne opfylder kun 7 af de 31 overvågnings-søer den fastsatte målsætning. Målsætningen vil ikke kunne opfyldes uden at reducere fosfortilførslerne yderligere, og her er den diffuse fosfortilførsel den primære kilde.

Vandløb

Kvælstofkoncentrationen er faldet i de fleste danske vandløb siden 1989, når der tages højde for variationen i vandføringen. Faldet er tydeligst i de spildevandsbelastede vandløb, men der er også en faldende tendens i landbrugsvandløb. Også fosforkoncentrationen er faldet markant i vandløb med spildevandsudledninger.

Miljøtilstanden vurderes ud fra sammensætningen af bunddyrsfaunaen (Dansk VandløbsFauna Index). Miljøtilstanden er bedre i Jylland og på Fyn end på Sjælland, Lolland og Falster ligesom der er en tendens til at tilstanden er bedre i de større end i de små vandløb. Knap 40% af overvågningsvandløbene opfyldte i 1999 de fastsatte målsætninger. Målsætningsopfyldelsen var størst i vandløb med skærpet målsætning og den var mindre i små end i store vandløb. Det vil bl.a. kræve forbedrede fysiske forhold i en del vandløb, hvis målsætningsopfyldelsen skal opfyldes.

Marine områder

I de indre farvande var der i 1999 stærk lagdeling. Der var kraftige iltsvind i Bælthavet og Arkona Havet samt i flere kystnære områder. Iltsvindet er et resultat af høj næringsstofftilførsel og blev forstærket af de klimatiske og hydrografiske forhold i 1999.

Koncentrationen af kvælstof og fosfor i de kystnære områder er koblet til vandafstrømningen fra land. Fosforkoncentrationen er generelt faldet markant siden 1989 i takt med den forbedrede spildevandsrensning og de positive effekter, det har haft for havmiljøet synes at have stabiliseret sig. Derimod er kvælstofkoncentrationen kun faldet statistisk signifikant i Limfjorden og ikke i de øvrige kystnære områder og åbne farvande.

I fjordene var næringsstoffer begrænsende for planktonproduktionen i 40-200 dage. Der var store variationer mellem fjordene, men fosfor var lidt hyppigere begrænsende end kvælstof. I de åbne farvande var kvælstof det potentielt mest begrænsende næringsstof.

I de kystnære områder er algeproduktionen faldet siden 1989, medens vegetationen af makroalger og ålegræs ikke har udviklet sig entydigt. Det kan bl.a. skyldes at næringsstofftilførslerne i 1998 og 1999 har været relativt høje grundet store nedbørsmængder. I de åbne farvande har der ikke været nogen entydig udvikling i planktonalgemængden, medens dybdeudbredelsen af makroalger på stenrev i Kattegat var den laveste siden 1990.

Mængden af bunddyr i de indre farvande steg fra 1998 til 1999, formentlig pga. rigeligere føde. Samme tendens kan i mindre omfang genfindes i de kystnære områder, men der er store forskelle fra om-

råde til område. Ingen af de overvågede områder opfylder målsætningerne.

Med de nuværende koncentrationer af kvælstof og fosfor kan der ikke forventes væsentlige ændringer i havmiljøets tilstand i de kommende år. Yderligere forbedringer kræver, at tilførslen af især kvælstof nedsættes.

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. Der er fortsat høje kvælstofkoncentrationer i grundvandet og mange fund af miljøfarlige stoffer.

Det vil kræve yderligere reduktioner i belastningen, hvis målsætningen generelt skal kunne opfyldes i søer og marine områder, og for en del vandløb vil det kræve forbedrede fysiske forhold.

[Tom side]

7 Hvor kan der læses mere?

En politisk og administrativ status for indsatsen for et renere vandmiljø i Danmark findes i:

- *Miljøstyrelsen (2000a)*: Vandmiljø-2000. Status og perspektiver for et renere vandmiljø. 48 s. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, nr. 7/2000

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

- *Miljøstyrelsen (2000b)*: 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 (2000)*: Grundvandsovervågning 2000. 137 s. Særudgivelse
- *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 (1999a)*: Fjernelse af metaller fra grundvand ved traditionel vandbehandling på danske vandværker. Vandfonden. – Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 17/1999

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

- *Bøgestrand, J. (red.) (2000)*: Vandløb og kilder 1999. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 126 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 336
- *Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Bjerring Olsen, R., Landkildehus, F., Lauridsen, T.L., Sortkjær, L. & Poulsen, A.M. (2000)*: Søer 1999. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 108 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 335
- *Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Jørgensen, J.O., Kloppenborg-Skrumsager, B., Kronvang, B., Jensen, P.G., Pedersen, M. & Rasmussen, P. (2000)*: Landovervågningsoplande 1999. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 150 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 334
- *Ovesen, N.B., Iversen, H.L., Larsen, S.E. & Svendsen, L.M. (2000)*: Afstrømningsforhold i danske vandløb. Danmarks Miljøundersøgelser. – Faglig rapport fra DMU nr. x. I trykken
- *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.

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

- *Hansen, J. L.S., Pedersen, B., Carstensen, J., Conley, D., Christiansen, T., Dahl, K., Henriksen, P., Josefson, A., Larsen, M.M., Lisbjerg, D., Lundsgaard, C., Markager, S., Rasmussen, B., Strand, J., Ærtebjerg, G., Krause-Jensen, D., Laursen, J.S., Ellermann, T., Hertel, O., Skjøth, C.A., Ovesen, N.B., Svendsen, L.M. & Pritzl, G. (2000): Marine områder. Status over miljøtilstanden i 1999. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 230 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 333*
- *Naturvårdsverket. Svenske monitoringsdata 2000; www.nrm.se/mg/monitor.html.en*

Yderligere oplysninger om udledning fra punktkilder kan findes i:

- *Miljøstyrelsen (2000c): Punktkilder 1999. Orientering fra miljøstyrelsen x/2000. I trykken*
- *Miljøstyrelsen (1999b): Vandmiljø 1999. Status for vandmiljøet tilstand i Danmark. 128 s. – Redegørelse fra Miljøstyrelsen 1/1999*

Yderligere oplysninger om den atmosfæriske deposition kan findes i:

- *Hovmand, M.F. & Kemp, K. (2000): Tungmetalledfald i Danmark 1999. Danmarks Miljøundersøgelser. s. 30 – Faglig rapport fra DMU rapport nr. 331*
- *Ellermann, T., Hertel, O. & Skjøth, C.A. (2000): Atmosfærisk deposition 1999. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 120 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 332*

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*
- *Miljøstyrelsen (1990): Vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. - Vejledning fra Miljøstyrelsen 3/1990*
- *Miljøministeriet (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*
- *Miljøministeriet (1996): Bekendtgørelse om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål nr. 823 af 16. september 1996*
- *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*

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. 307: Cadmium Toxicity to Ringed Seals (*Phoca hispida*). An Epidemiological Study of possible Cadmium Induced Nephropathy and Osteodystrophy in Ringed Seals from Qaanaaq in Northwest Greenland. By Sonne-Hansen, C., Dietz, R., Leifsson, P.S., Hyldstrup, L. & Riget, F.F. (in press)
- Nr. 308: Økonomiske og miljømæssige konsekvenser af merkedordsordningerne i EU's landbrugsreform. Agenda 2000. Af Andersen, J.M., Bruun et al. 63 s., 75,00 kr.
- Nr. 309: Benzene from Traffic. Fuel Content and Air Concentrations. By Palmgren, F., Hansen, A.B., Berkowicz, R. & Skov, H. 42 pp., 60,00 DKK.
- Nr. 310: Hovedtræk af Danmarks Miljøforskning 1999. Nøgleindtryk fra Danmarks Miljøundersøgelers jubilæumskonference Dansk Miljøforskning. Af Secher, K. & Bjørnsen, P.K. 104 s., 100,00 kr.
- Nr. 311: Miljø- og naturmæssige konsekvenser af en ændret svineproduktion. Af Andersen, J.M., Asman, W.A.H., Hald, A.B., Münier, B. & Bruun, H.G. 104 s., 110,00 kr.
- Nr. 312: Effekt af døgnregulering af jagt på gæs. Af Madsen, J., Jørgensen, H.E. & Hansen, F. 64 s., 80,00 kr.
- Nr. 313: Tungmetalledfald i Danmark 1998. Af Hovmand, M. & Kemp, K. 26 s., 50,00 kr.
- Nr. 314: Virkemidler i pesticidpolitikken. Reduktion af pesticidanvendelsen på behandlede jordbrugsarealer. Af Hasler, B., Schou, J.S., Ørum, J.E. & Gårn Hansen, L. 71 s., 75,00 kr.
- Nr. 315: Ecological Effects of Allelopathic Plants – a Review. By Kruse, M., Strandberg, M. & Strandberg, B. 64 pp., 75,00 DKK.
- Nr. 316: Overvågning af trafikens bidrag til lokal luftforurening (TOV). Målinger og analyser udført af DMU. Af Hertel, O., Berkowicz, R., Palmgren, F., Kemp, K. & Egeløv, A. 28 s. (Findes kun i elektronisk udgave)
- Nr. 317: Overvågning af bæver *Castor fiber* efter reintroduktion på Klosterheden Statskovdistrikt 1999. Red. Berthelsen, J.P. 37 s., 40,00 kr.
- Nr. 318: Order Theoretical Tools in Environmental Sciences. Proceedings of the Second Workshop October 21st, 1999 in Roskilde, Denmark. By Sørensen, P.B. et al. 170 pp., 150,00 DKK.
- Nr. 319: Forbrug af økologiske fødevarer. Del 2: Modellering af efterspørgsel. Af Wier, M. & Smed, S. 184 s., 150,00 kr.
- Nr. 320: Transportvaner og kollektiv trafikforsyning. ALTRANS. Af Christensen, L. 154 s., 110,00 kr.
- Nr. 321: The DMU-ATMI THOR Air Pollution Forecast System. System Description. By Brandt, J., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Berkowicz, R., Kemp, K. & Palmgren, F. 60 pp., 80,00 DKK.
- Nr. 322: Bevaringsstatus for naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet. Af Pihl, S., Søgaard, B., Ejrnæs, R., Aude, E., Nielsen, K.E., Dahl, K. & Laursen, J.S. 219 s., 120,00 kr.
- Nr. 323: Tests af metoder til marine vegetationsundersøgelser. Af Krause-Jensen, D., Laursen, J.S., Middelboe, A.L., Dahl, K., Hansen, J. Larsen, S.E. 120 s., 140,00 kr.
- Nr. 324: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 1999/2000 i Danmark. Wing Survey from the Huntig Season 1999/2000 in Denmark. Af Clausager, I. 50 s., 45,00 kr.
- Nr. 325: Safety-Factors in Pesticide Risk Assessment. Differences in Species Sensitivity and Acute-Chronic Relations. By Elmegaard, N. & Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M. 57 pp., 50,00 DKK.
- Nr. 326: Integrering af landbrugsdata og pesticidmiljømodeller. Integrerede MiljøinformationsSystemer (IMIS). Af Schou, J.S., Andersen, J.M. & Sørensen, P.B. 61 s., 75,00 kr.
- Nr. 327: Konsekvenser af ny beregningsmetode for skorstenshøjder ved lugtemission. Af Løfstrøm, L. (Findes kun i elektronisk udgave)
- Nr. 328: Control of Pesticides 1999. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T., Petersen, K.K. & Christoffersen, C. 28 pp., 50,00 DKK.
- Nr. 329: Interkalibrering af metode til undersøgelser af bundvegetation i marine områder. Krause-Jensen, D., Laursen, J.S. & Larsen, S.E. (i trykken)
- Nr. 330: Digitale kort og administrative registre. Integration mellem administrative registre og miljø-/naturdata. Energi- og Miljøministeriets Areal Informations System. Af Hansen, H.S. & Skov-Petersen, H. (i trykken)
- Nr. 331: Tungmetalledfald i Danmark 1999. Af Hovmand, M.F. Kemp, K. (i trykken)
- Nr. 332: Atmosfærisk deposition 1999. NOVA 2003. Af Ellermann, T., Hertel, O. & Skjødt, C.A. (i trykken)
- Nr. 333: Marine områder – Status over miljøtilstanden i 1999. NOVA 2003. Hansen, J.L.S. et al. (i trykken)
- Nr. 334: Landovervågningsoplande 1999. NOVA 2003. Af Grant, R. et al. (i trykken)
- Nr. 335: Søer 1999. NOVA 2003. Af Jensen, J.P. et al. (i trykken)
- Nr. 336: Vandløb og kilder 1999. NOVA 2003. Af Bøgestrand J. (red.) (i trykken)
- Nr. 337: Vandmiljø 2000. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning. Af Svendsen, L.M. et al. (i trykken)