



Danmarks Miljøundersøgelser  
Miljøministeriet

# Vandmiljø 2004

Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

*Faglig rapport fra DMU, nr. 517*



Miljøstyrelsen  
Miljøministeriet

*[Tom side]*



**Danmarks Miljøundersøgelser**  
Miljøministeriet

---

# Vandmiljø 2004

Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

*Faglig rapport fra DMU, nr. 517*  
**2004**

*Jens Møller Andersen*

*Susanne Boutrup*

*Lars M. Svendsen*

*Jens Bøgestrand*

*Ruth Grant*

*Jens Peder Jensen*

*Thomas Ellermann*

*Gunni Ærtebjerg*

Danmarks Miljøundersøgelser

*Lisbeth Flindt Jørgensen*

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse

*Mette Wolstrup Pedersen*

Miljøstyrelsen

## Datablad

Titel:	Vandmiljø 2004
Undertitel:	Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning
Forfattere:	J.M. Andersen <sup>1</sup> , S. Boutrup <sup>1</sup> , L.M. Svendsen <sup>1</sup> , J. Bøgestrand <sup>2</sup> , R. Grant <sup>2</sup> , J.P. Jensen <sup>2</sup> , T. Ellermann <sup>3</sup> , G. Ærtebjerg <sup>4</sup> , L.F. Jørgensen <sup>5</sup> , M.W. Pedersen <sup>6</sup>
Afdelinger:	<sup>1</sup> Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat, <sup>2</sup> Afdeling for Ferskvandsøkologi, <sup>3</sup> Afdeling for Atmosfærisk Miljø, <sup>4</sup> Afdeling for Marin Økologi, <sup>5</sup> Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, <sup>6</sup> Miljøstyrelsen
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 517
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser © Miljøministeriet
URL:	<a href="http://www.dmu.dk">http://www.dmu.dk</a>
Udgivestidspunkt: Redaktionen afsluttet:	December 2004 (12/5-2005: tekstrettelser indføjet jvf. rettelsesblad på DMU's hjemmeside) November 2004
Financiel støtte:	Ingen ekstern finansiering.
Bedes citeret:	Andersen, J.M., Boutrup, S., Svendsen, L.M., Bøgestrand, J., Grant, R., Jensen, J.P., Ellermann, T., Ærtebjerg, G., Jørgensen, L.F. & Pedersen, M.W. 2004: Vandmiljø 2004. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Danmarks Miljøundersøgelser. 62 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 517.
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Sammenfatning:	Denne rapport indeholder resultater fra 2003 af det nationale program for overvågning af vandmiljøet 1998-2003. Rapporten indeholder de faglige konklusioner på status for påvirkning af og tilstanden i grundvand, vandløb, søer, atmosfæren og havet. Grundlaget for rapporten er de årlige rapporter, som de enkelte fagdatacentre udarbejder for hvert delområde. Disse rapporter er baseret på data, som er indsamlet af amterne og i de fleste tilfælde også rapporteret af amterne.
Emneord:	Vandmiljøplanen, miljøtilstand, grundvand, vandløb, søer, havet, atmosfærisk nedfald, spildevand, udledninger, landbrug, kvælstof, fosfor, pesticider, tungmetaller, miljøfremmede stoffer, iltsvind.
Layout og tegninger: Forsidefoto:	Grafisk Værksted, DMU Overvågningssøen Ørn Sø ved Silkeborg
ISBN:	87-7772-841-6
ISSN (trykt):	0905-815X
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Papirkvalitet: Tryk:	Cyclus Print Schultz Grafisk Miljøcertificeret (ISO 14001) og kvalitetscertificeret (ISO 9002)
Sideantal:	62
Oplag:	500
Pris:	kr. 100,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)
Internet-version:	Rapporten kan også findes som PDF-fil på DMU's hjemmeside <a href="http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrappporter/rapporter/fr517.pdf">http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrappporter/rapporter/fr517.pdf</a>
Købes hos:	Miljøministeriet Frontlinien Rentemestervej 8 2400 København NV Tlf.: 70 12 02 11 frontlinien@frontlinien.dk <a href="http://www.frontlinien.dk">www.frontlinien.dk</a>



# Indhold

## Vandmiljø 2004

### Tilstand og udvikling – sammenfatning af undersøgelsesresultater 2003 5

## Sammenfatning 6

Forureningskilder: Organisk stof, kvælstof og fosfor 6

## 1 Indledning 10

- 1.1 Organisering og indhold af vandmiljøovervågningen 10
- 1.2 Vejr og ferskvandsafstrømning 11
- 1.3 Udvikling i klima og afstrømning 12

## 2 Forureningskilder for næringsstoffer 13

- 2.1 Forureningsbidrag fra de enkelte typer af kilder 13

## 3 Punktkilder 14

- 3.1 Renseanlæg 14
- 3.2 Industri og fiskeproduktionsanlæg 15
- 3.3 Udledninger fra spredt bebyggelse 16

## 4 Næringssalte fra dyrkede arealer 17

- 4.1 Kvælstof 17
- 4.2 Fosfor 19

## 5 Næringssalte via atmosfæren 21

- 5.1 Deposition af kvælstof 21
- 5.2 Deposition af fosfor 24

## 6 Grundvand 25

- 6.1 Grundvandsressourcen 25
- 6.2 Nitrat i grundvand 26
- 6.3 Fosfor i grundvand 27

## 7 Søer 29

- 7.1 Næringssalttilførsel til søerne 29
- 7.2 Udvikling i vandkvalitet 30
- 7.3 Søernes målsætning og aktuelle tilstand 33

---

## **8 Vandløb 34**

- 8.1 Biologisk vandløbskvalitet 34
- 8.2 Kvælstof i vandløb 35
- 8.3 Fosfor i vandløb 36

## **9 Marine områder 38**

- 9.1 Stoftilførsel til marine områder 38
- 9.2 Tilbageholdelse og transport af fosfor og kvælstof i fjorde 41
- 9.3 Kvælstof og fosfor i havvand 42
- 9.4 Planteplankton 45
- 9.5 Iltforhold 47
- 9.6 Bundvegetation 48
- 9.7 Bundfauna 49

## **10 Tungmetaller 51**

- 10.1 Atmosfærisk deposition 51
- 10.2 Spildevand 51
- 10.3 Grundvand 52
- 10.4 Marine områder 53

## **11 Pesticider 55**

- 11.1 Tilstand og udvikling i grundvand, vandløb og søer 55
- 11.2 Andre pesticider 56

## **12 Andre organiske miljøfremmede stoffer 57**

- 12.1 Spildevand 57
- 12.2 Tilstand og udvikling 57

## **13 Referencer 60**

### **Danmarks Miljøundersøgelser**

### **Faglige rapporter fra DMU**

# Vandmiljø 2004

## Tilstand og udvikling – sammenfatning af undersøgelsesresultater 2003



Ved 231 vandløbsstationer måles vandkvalitet og stoftransport gennem vandløbet. Billedet viser målestationen i Funder Å ved Silkeborg.

Rapporten indholder resultater fra 2003 af Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet 1998-2003 (NOVA 2003) (*Miljøstyrelsen, 2000*).

I rapporten redegøres for miljøtilstanden i vandområderne i 2003 og for udviklingen i miljøkvaliteten i perioden 1989-2002 i relation til ændringer i påvirkningerne.

Formålet med sammenfatningen er først og fremmest at orientere Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg om resultaterne af årets overvågning og om effekterne af de reguleringer og investeringer, der bl.a. fremgår af beretningen om Vandmiljøplanen fra 1987. Endvidere vil sammenfatningen

give et nationalt overblik til de medarbejdere i de statslige og amtslige institutioner, der har bidraget til gennemførelse af overvågningsprogrammet, eller som arbejder med forvaltningen af vandmiljøet. Endelig vil offentligheden, interesseorganisationerne kunne få centrale informationer om vandmiljøets tilstand og udvikling.

Rapporten er udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) i samarbejde med Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) og Miljøstyrelsen på baggrund af rapporter fra syv fagdatacentre.

Der er adgang til disse fagdatacenter-rapporter gennem nedenstående links:

Fagdatacentrenes rapporter er baseret på data indsamlet af amterne og København og Frederiksberg kommuner, samt DMU vedrørende atmosfære og åbne havområder. De fleste data er også rapporteret i regionale rapporter, som indgår ved udarbejdelse af fagdatacentrenes rapporter.

### VANDMILJØ 2004 – Links

[Vandløb 2003.](#)

[Atmosfærisk deposition 2003.](#)

[Landovervågningsoplände 2003.](#)

[Grundvandsovervågning 1998-2003.](#)

[Marine områder 2003.](#)

[Søer 2003.](#)

[Punktkilder 2003.](#)

*Bøgestrand (red.), 2004.*

*Ellermann et al., 2004.*

*Grant et al., 2004.*

*GEUS, 2004.*

*Ærtebjerg et al., 2004.*

*Jensen et al., 2004.*

*Miljøstyrelsen, 2004.*

**Et samlet dokument med baggrundstal for de fleste af rapportens figurer fås ved at [klikke her](#).**

# Sammenfatning

Hovedkonklusionen af den nationale overvågning af vandmiljøet (NOVA-2003) i 2003 er, at der siden 1989 er sket meget betydelige reduktioner i udledninger af organisk stof, fosfor og kvælstof med spildevand og kvælstof fra dyrkede arealer.

Disse reduktioner har givet moderate forbedringer i natur- og miljøforhold i søer og marine områder.

I grundvand er der målt et mindre fald i nitratindholdet i det yngste grundvand.

I vandløb bestemmes miljøkvaliteten især af de fysiske forhold og af tilførslen af organisk stof, og der er i de seneste 5 år generelt sket en svag forbedring af tilstanden i vandløb.

Den lave vinternedbør i 2003 bidrog til, at udvaskningen af næringssalte fra jorden var særlig lav i 2003. Også udledningen fra punktkilder var generelt mindre end de foregående år.

På trods af forbedringerne var de nuværende målsætninger kun opfyldt i mindre end halvdelen af vandområderne i 2003.

## Forureningskilder: Organisk stof, kvælstof og fosfor

Forureningsbidraget fra de fleste kilder var i 2003 lave i forhold til et klimatisk normalår, fordi nedbørsmængden var lille. Den lave nedbørsmængde i vinterperioden medførte, at udvaskningen af kvælstof og fosfor fra de dyrkede arealer blev mindre i 2003. Dette skyldes, at størstedelen af udvaskningen sker ved de store afstrømninger om vinteren. De lave nedbørsmængder medførte også, at vandtilførslen til renseanlæg og de regnbetingede udledninger fra byer var mindre end normalt.

Den samlede opgørelse af de danske kilder til forurening af vandområderne med næringssalte viser, at de dominerende bidrag til kvælstof kommer fra dyrkning af jorden og tilførsel fra atmosfæren (tabel 1). Det atmosfæriske bidrag stammer fra forbrændingsprocesser og fra fordampning af ammoniak fra husdyrgødning i ind- og udland. Atmosfærebidraget af næringssalte er fordelt over alle de danske farvandsområder og har derfor mindre betydning for tilstanden i fjorde og kystvande.

Fosfortilførsel til vandområderne kom i 2003 især med spildevand, selv om udledningerne som følge af god rensning var de hidtil laveste.

Bidragene af organisk stof fra de forskellige forureningskilder kan ikke umiddelbart sammenlignes med naturbidrag, fordi kvaliteten af det organiske stof i spildevand er anderledes end kvaliteten af naturligt forekommende organisk stof. Det har derfor en relativt større forurenende virkning.

## Renseanlæg

Der sker generelt en meget effektiv fjernelse af organisk stof ( $BI_5$ ) og næringssaltene kvælstof (N) og fosfor (P) på renseanlæggene. I 2003 blev 90% af den samlede spildevandsmængde rensede både for organisk stof, fosfor og kvælstof. Siden midten af 1980'erne er der for de tre parametre  $BI_5$ , N og P sket en reduktion i udledningerne på henholdsvis 96%, 81% og 93%. Især udledningerne af  $BI_5$  og fosfor er samlet set betydeligt under kravene i Vandmiljøplan I (VMP I). De fleste anlæg, som er omfattet af VMP I's generelle krav, renses således til koncentrationer af  $BI_5$  på 2-4 mg/l og til fosforkoncentrationer på 0,2-0,5 mg/l. De generelle krav til  $BI_5$  og fosfor efter VMP I er henholdsvis 15 og 1,5 mg/l for anlæg med over 5.000 personer tilsluttet. Også kvælstofindholdet er generelt lavere end det generelle udlederkrav på 8 mg/l. Alle anlæg omfattet af VMP I overholdt i 2003 udlederkravene for  $BI_5$  og fosfor, mens 5 ud af 199 anlæg med kvælstofkrav ikke overholdt udlederkravet.

VANDMILJØ 2004 – Tabel 1

Kildefordeling 2003	Organisk stof ( $BI_5$ ) (t/år)	Kvælstof (t/år)	Fosfor (t/år)
Naturbetinget udvaskning	5.600	5.400	240
Dyrkningsbidrag	2.300	40.100	440
Rensesanlæg	2.336	3.614	404
Regnbetingede udledninger	2.050	685	172
Spildevand fra spredt bebyggelse	3.700	900	220
Industri	3.750	509	33
Ferskvandsdambrug	3.100	1.200	90
Havbrug og saltvandsdambrug	ca. 1.560	296	32
<b>I alt</b>	<b>ca. 24.000</b>	<b>52.680</b>	<b>1.629</b>
Via atmosfæren til danske havområder	ca. 0	ca. 124.000	ca. 400

**Tabel 1** Samlet opgørelse af kilder til tilførsel af organisk stof og næringssalte til vandområder i Danmark i 2003. (Tal fra *Miljøstyrelsen, 2004, Bøgestrand (red.), 2004* og *Ellermann et al., 2004*).



### **Virksomheder**

Industrivirksomheder med egen udledning af spildevand har generelt reduceret deres forureningsbidrag i samme omfang som renseanlæggene. Fra fiskeopdræt i dambrug og havbrug er der også sket nogen reduktion i forureningsbelastningen, men reduktionen er relativ mindre end ved renseanlæg og industri.

### **Udvaskning fra dyrkede arealer**

Udvaskningen af næringssalte fra dyrkede arealer styres af driftsform, gødningsmængder og af arealernes karakter. Mængden af kvælstof i den anvendte handelsgødning er mindsket fra 395.000 t i 1985 til 196.000 t i 2003, mens mængden af kvælstof tilført med husdyrgødning og spildevandsslam har været stort set uændret. Dette har bidraget til en reduktion i udvaskningen af kvælstof fra dyrkede arealer i perioden 1989-2002. De målte, gennemsnitlige reduktioner i nitratindhold i afstrømningen fra rodzonen er på 38% i lerjorde og 50% i sandjorde for perioden 1989-2003, men spredningen på resultaterne er stor.

Fosformængden i handelsgødning er mindsket fra ca. 41.000 t i 1990 til ca. 14.000 t i 2003, og husdyrgødning er nu generelt den dominerende form for fosforgødning i Danmark. På husdyrbrug er tilførslen fortsat langt større, end hvad der fjernes med afgrøderne. Fosforudvaskning fra landbrugsarealer varierer stærkt både fra sted til sted og fra år til år afhængig af nedbør. Der er ikke målt nogen udvikling i størrelsen af dyrkningsbidraget.

### **Atmosfærisk deposition af kvælstof**

Kvælstofdepositionen varierer på landarealer typisk mellem 12 og 24 kg N/ha pr. år og er størst i områder med stort husdyrhold og megen nedbør. På havområder er depositionen mindre, 7-17 kg N/ha pr. år, bl.a. fordi afstanden til forureningskilderne generelt er større og nedbøren mindre. De vigtigste forureningskilder er kvælstofoxider dannet ved for-

brændingsprocesser og ammoniakfordampning fra husdyrgødning. På havområder stammer langt størstedelen af depositionen fra udenlandske kilder, men den danske andel er større for landarealer. Den danske andel er størst i Jylland, hvor 38% kommer fra danske kilder, især fra ammoniakfordampning fra landbrug. Det er vurderet, at der i perioden 1989-2003 er sket et fald på ca. 21% i den samlede atmosfæriske deposition af kvælstof-forbindelser fra atmosfæren både til de danske farvandsområder og til landområder.

### **Grundvand**

Den samlede indvinding af grundvand var i 2003 på 634 mio. m<sup>3</sup> svarende til en reduktion i indvindingen på 39% siden 1989. Indvinding til almen vandforsyning udgjorde 64% af den samlede indvinding i 2003. Nitratindholdet er højest i det øverste grundvand dannet inden for de seneste årtier. Det kan i 2003 konstateres, at der siden 1989 er et faldende nitratindhold i det yngste grundvand. Det vand, der fra dyrkede arealer siver ned mod grundvandsmagasiner, indeholdt i 2003 i gennemsnit tæt ved 50 mg nitrat/l, som er grænseværdien for nitrat i drikkevand. I iltede grundvandsmagasiner kan der stadig være nitratindhold på dette niveau, mens fosforindholdet i sådanne iltede magasiner er lavt. I iltfrie og oftest dybereliggende grundvandsmagasiner er nitrat derimod blevet omsat til atmosfærisk kvælstof, og nitratindholdet er derfor meget lavt. Derimod findes der her høje fosforindhold i grundvandet, fordi en del af jordens naturlige fosforindhold går i opløsning under iltfrie forhold.

Hyppigheden af pesticidfund i grundvandsovervågningen har de seneste år været på samme niveau, mens der er sket en svag stigning i hyppigheden af overskridelser af grænseværdien for drikkevand. Derimod er der sket et fald i hyppigheden af overskridelser af grænseværdien

for drikkevand i vandværkernes indvindingsboringer. Dette skyldes formentlig, at vandværksboringer med høje pesticidkoncentrationer er taget ud af drift.

### **Målopfyldelse**

I grundvandsovervågningsområderne indeholder 16% af indtagene mere nitrat end grænseværdien for drikkevand. I vandværkernes indvindingsboringer var denne grænse derimod kun overskredet i 1% af indtagene, fordi boringer med et højere nitratindhold end 50 mg/l ikke anvendes til indvinding af drikkevand.

Pesticidindholdet overskred i 2003 grænseværdien for drikkevand i ca. 1/10 af de analyserede indtag i grundvandsovervågningen. Hyppigheden af overskridelse har været svagt stigende i de seneste år. Ved vandværksboringerne ses der derimod et fald i hyppigheden fra ca. 10% i 1998 til ca. 5% i 2003.

### **Søer**

Miljøtilstanden i de spildevandsbelastede overvågningssøer er i 2003 samlet set forbedret siden 1989. Dette kan bl.a. aflæses i en moderat forøgelse af den gennemsnitlige sigtddybe i søerne og en tilsvarende reduktion i algemængden i vandet. Forbedringer er sket i søer, hvor der er sket indgreb mod fosfortilførsel fra spildevand. I de øvrige søer er der generelt ikke sket forbedringer. Her er den vigtigste forureningskilde normalt tilførsel af fosfor fra dyrkede arealer i oplandet, og den er ikke reduceret. Også udledning af spildevand fra spredt bebyggelse er en væsentlig forureningskilde for mange søer.

Forekomsten af pesticider og andre miljøfremmede stoffer i 8 undersøgte søer er generelt på et meget lavt niveau.

## Målopfyldelse

7-8 af de 31 undersøgte søer opfyldte de nuværende målsætninger i 2003. Nogle af søerne vil få en forbedring i tilstanden, når den interne fosforfrigivelse fra tidligere tiders spildevands-tilførsel er ophørt. Størstedelen af søerne vil dog kun kunne opfylde de nuværende politisk fastsatte målsætninger, hvis der også sker reduktioner i fosfortilførslerne fra landbrugsarealer og fra spredt bebyggelse.

## Vandløb

Miljømæssigt er danske vandløb især påvirkede af de fysiske ændringer i vandløbenes naturlige forløb, som er sket ved opstemninger og vandløbsreguleringer og fortsat sker ved vandløbsvedligeholdelse. Tidligere var mange vandløb også forurenede med organisk stof fra spildevand, men denne forurening er i vidt omfang afhjulpet ved spildevandsrensning siden 1970'erne.

Der er sket en gradvis forbedring i den biologiske kvalitet i vandløbene i de seneste årtier. Det nuværende stationsnet og bedømmelsesmetode er uændret siden 1999. Undersøgelserne viser, at andelen af vandløb med upåvirket eller kun svagt påvirket smådyrfauna er øget fra knap 35% i 1999 til godt 44% i 2003. Tilstanden er generelt dårligst i små vandløb og i vandløb øst for Storebælt, og bedst i Jylland og på Fyn.

De biologiske forhold i danske vandløb afhænger kun i ringe grad af næringssaltindholdet, men vandløbene fører deres næringssaltindhold videre til søer og marine områder, hvor næringssalte er den vigtigste forureningskilde. Koncentrationerne af kvælstof og fosfor i danske vandløb er generelt mindskede siden 1989. Kvælstofindholdet er i 2003 mindsket med i gennemsnit ca. 2 mg N/l eller ca. 30% i forhold til indholdet i 1989, især som følge af mindsket udvaskning fra dyrkede marker. Faldet begyndte først i 1990'erne. Fosforindholdet er mindsket med godt 40% siden 1989, men reduktionen er formentlig startet

tidligere som følge af fosforfjernelse fra spildevand iværksat før 1989.

En række pesticider og deres nedbrydningsprodukter bliver fundet i vandløb. De hyppigst fundne er det aktive stof i RoundUp, glyphosat, og dets nedbrydningsprodukt AMPA. Hyppigt fundet er også BAM, som er nedbrydningsprodukt af det aktive stof i bl.a. Cassoron, der i dag er forbudt. Andre miljøfremmede stoffer forekommer så spredt i de undersøgte vandløb, at det ikke danner et generelt billede.

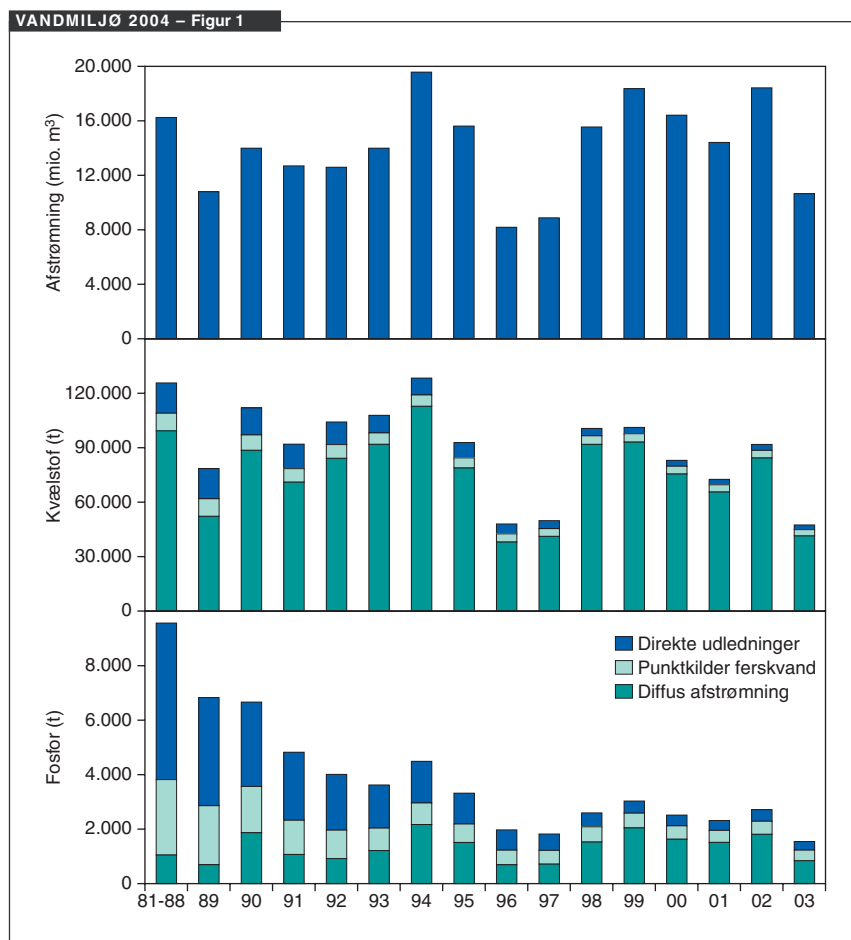
## Målopfyldelse

Af de undersøgte vandløb opfyldte 51% målsætningen i 2003. For at de øvrige vandløb kan komme til at opfylde de nuværende politisk fastsatte målsætninger, er det først og fremmest de fysiske forhold i vandløbene, der skal ændres, så de i højere grad

kommer til at ligne de naturgivne forhold med varierede bundforhold. Desuden er der stadig mange små vandløb, der er forurenede af utilstrækkeligt rensede spildevand, især fra spredt bebyggelse. Naturligt ringe fald og sommerudtørring begrænser dog muligheden for en rentvandsfauna i mange vandløb, især i Østdanmark.

## Transport fra land til hav

Forureningstilstanden i de danske kystvande bestemmes i høj grad af næringssalttilførslerne fra land. Der er sket en markant reduktion i fosfortransporten til havet som følge af en effektiv spildevandsrensning (figur 1). Dyrkningsbidragene af kvælstof og fosfor følger i høj grad afstrømningen af vand gennem vandløbene. Da dyrkningsbidraget er det dominerende for kvælstof, varierer den totale kvæl-



Figur 1 Ferskvandsafstrømningen og den samlede tilførsel af kvælstof og fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger til de marine områder for 1989 til 2003, og et gennemsnit for perioden 1981-88 (Bøgestrand (red.), 2004).

stoftransport i høj grad efter nedbør og afstrømning i det enkelte år. Kun hvis de målte transporter af kvælstof korrigeres for år til år forskelle i vandafstrømning kan der beregnes en statistisk sikker reduktion i de kvælstofmængder, der strømmer til havet. Med korrektion for variationer i vandafstrømningen er reduktionen i den samlede marine kvælstofbelastning opgjort til omkring 43% i perioden fra 1989 til 2003. For fosfor er der i løbet af den samme periode sket en tilsvarende reduktion på omkring 81%.

Uden korrektion for variationer i den årlige afstrømning er der ikke en statistisk sikker reduktion i kvælstoftilstrømningen til de danske farvande. Det skyldes, at vandafstrømningen og dermed kvælstofudvaskningen var højere end normalt i alle årene 1998-2002. Der er derimod en statistisk sikker reduktion i fosfortransporten også uden korrektion for afstrømning.

### **Marine områder**

Den største, generelle forureningspåvirkning af vore marine områder skyldes tilførsel af kvælstof og fosfor fra land og gennem luften til havområderne. De lavvandede danske farvande er mere sårbare overfor eutrofiering end de fleste andre marine områder i verden, fordi vandudvekslingen med åbent hav ofte er lille, og fordi lagdeling af vandmasserne ofte begrænser tilførsel af ilt til bundvandet. Stærkest forurenede er de marine områder med stor ferskvandstilførsel og med lille vandudveksling med de tilstødende farvande.

Der er begyndende tegn på forbedringer i tilstanden i de marine områder. Næringssaltkoncentrationerne i fjorde og kystvande er begyndt at falde, og algeproduktionen begrænses i stigende grad af mangel på kvælstof og fosfor. Der er da også tendenser til, at sigtdybden i vandet i fjorde og kystvande er øget, og at algemængde og algeproduktion er mindsket siden 1980'erne. Disse forbedringer har dog endnu ikke ført til øget udbredelse af bundplanter (herunder ålegræs) eller

bunddyr. Der er heller ingen tegn på generelle forbedringer i iltindhold i bundvandet, hverken i fjorde og kystvande eller i de åbne havområder.

I 2003 er der i sedimentet i de undersøgte fjorde og indre farvande fundet en række miljøfremmede stoffer. Heriblandt er tributyltin (TBT), som har været anvendt til bundmaling på skibe. TBT i det marine miljø påvirker køns karaktererne hos havsnegle og vil i værste fald medføre sterilitet. Effekten af TBT på havsnegle er i 2003 fundet udbredt i de marine områder, selv i de åbne farvande som Nordsøen og Skagerrak.

### **Målopfyldelse**

Den politisk fastsatte målsætning om at tilførsel af forurenende stoffer højst må føre til en svag påvirkning af plante- og dyrelivet, anses generelt for opfyldt i de åbne dele af Nordsøen og Skagerrak. I den nordlige del af Kattegat anses målsætningen for at være tæt på opfyldt. I de øvrige farvande anses målsætningen ikke at være opfyldt, først og fremmest fordi høj næringssalttilførsel har øget algemængderne. I nogle fjord- og kystvande bidrager forekomsten af miljøfremmede stoffer til den manglende målopfyldelse. Opfyldelse af målsætningerne forudsætter, at der sker en yderligere reduktion af tilførslerne af næringsstoffer, samt for nogle farvandsområder også af miljøfremmede stoffer og tungmetaller.

# 1 Indledning

## 1.1 Organisering og indhold af vandmiljøovervågningen

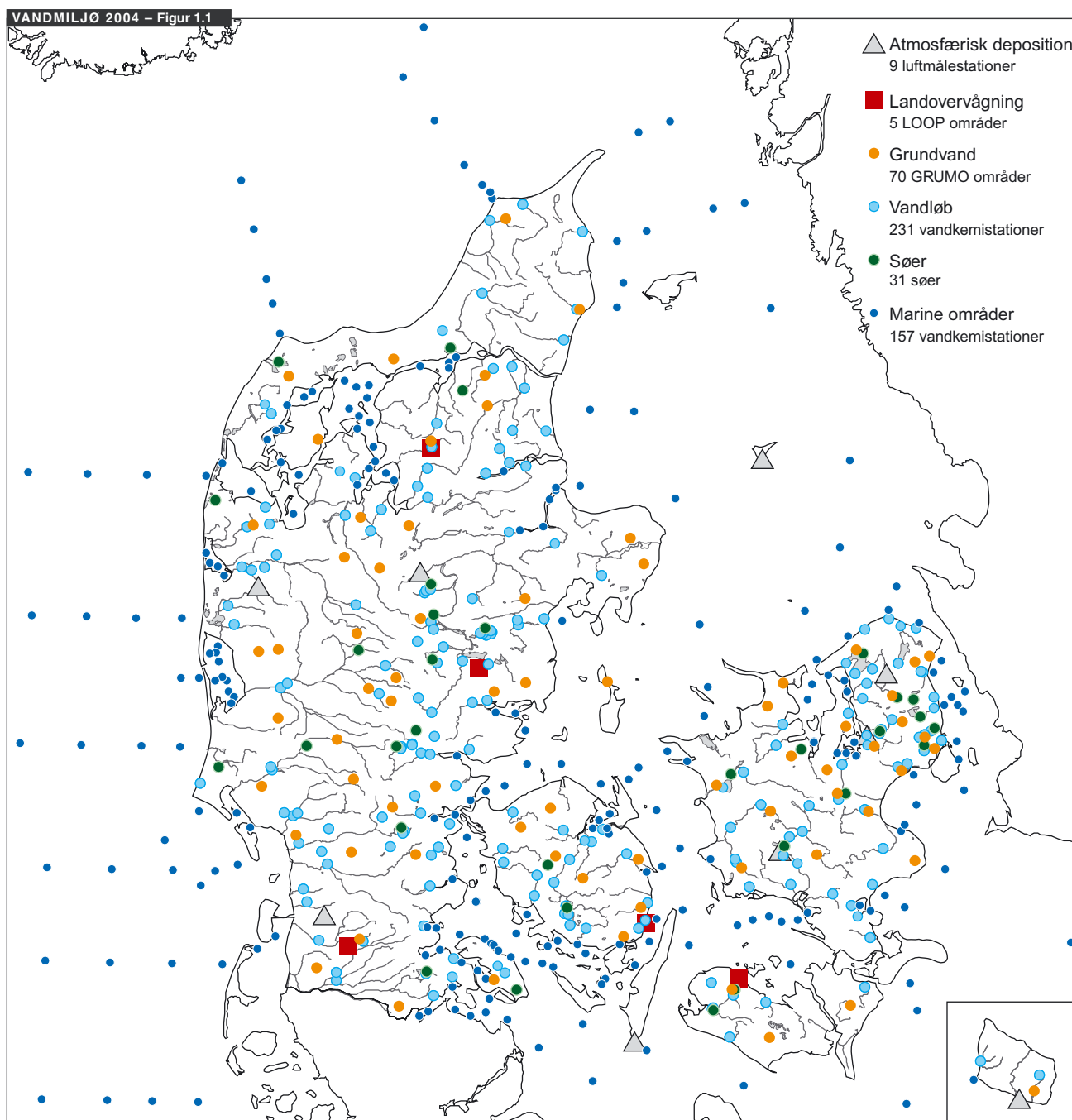
Amterne udfører hovedparten af overvågningen. DMU har i 2003 forestået målinger på de ekstensive havstationer, måling og beregning af det atmosfæriske nedfald og måling af vandføringen i vandløb ved 22 nationale stationer med lange tidsserier.

### Målestationerne i NOVA-2003 programmet

Målestationer og overvågningsområder for de primære dele af NOVA programmet er vist på kortet i figur 1.1. Målestationer for spildevandsudledning, for vandværkernes boringskontrol samt for en række målestationer med biologiske undersøgelser i vandløb er dog ikke vist.

### Yderligere oplysninger om programmet

En detaljeret beskrivelse af NOVA-2003 overvågningsprogrammet findes i *Miljøstyrelsen, 2000* og på programmetts hjemmeside på <http://www.dmu.dk/Overvågning/NOVA-2003+arkiv/>



Figur 1.1 NOVA-2003 undersøgelseslokaliteter for udvalgte dele af overvågningsprogrammet.

## 1.2 Vejr og ferskvandsafstrømning

### Nedbør

Nedbøren i 2003 var på 630 mm svarende til 12% under normalen for 1961-1990 på 712 mm (tabel 1.1) og hele 235 mm lavere end i 2002. Det nedbørsfattige 2003 kom efter 5 år med nedbør over normalen.

### Temperatur og solskin

Årsmiddeltemperaturen blev med 8,7°C i 2003 1°C over normalen (tabel 1.1). Kun februar og oktober var koldere end normalt, mens juli, august, november og december var varmere end normalt. Med i gennemsnit 1.869 timers solskin blev 2003 det næstsolrigeste år siden målingerne startede i 1920.

### Afstrømning

Ferskvandsafstrømning fra Danmark er i 2003 opgjort til 10.700 mio. m<sup>3</sup> svarende til 248 mm eller 24% lavere end normalen på 326 mm (1971-2000). I perioden maj til og med juli var afstrømningen over normalen, mens den var betydeligt under normalen i februar-april og i 4. kvartal af 2003 (figur 1.2).

Afstrømningsforholdene udviser som nedbøren stor geografisk variation (figur 1.3). Den laveste afstrømning (100-200 mm) har været til farvandsområderne i det Sydlige Bælthav, Østersøen og Øresund, og den højeste til farvandsområderne i Nordsøen (300 til 400 mm).

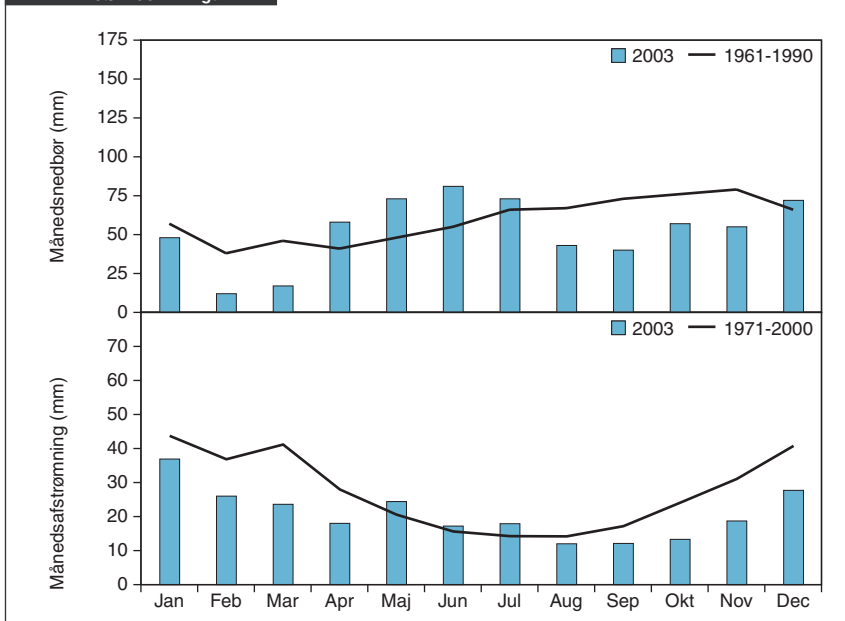
**Figur 1.3** Årsmiddelnedbør for perioden 1971-98 (Scharling, 2000).

**VANDMILJØ 2004 – Tabel 1.1**

Periode	Temperatur (°C)	Nedbør (mm)	Afstrømning (mm)	(mio. m <sup>3</sup> )
2003	8,7	630	248	10.700
1989-2003	8,5	730	326	14.000
Normal	7,7	712	326	14.000

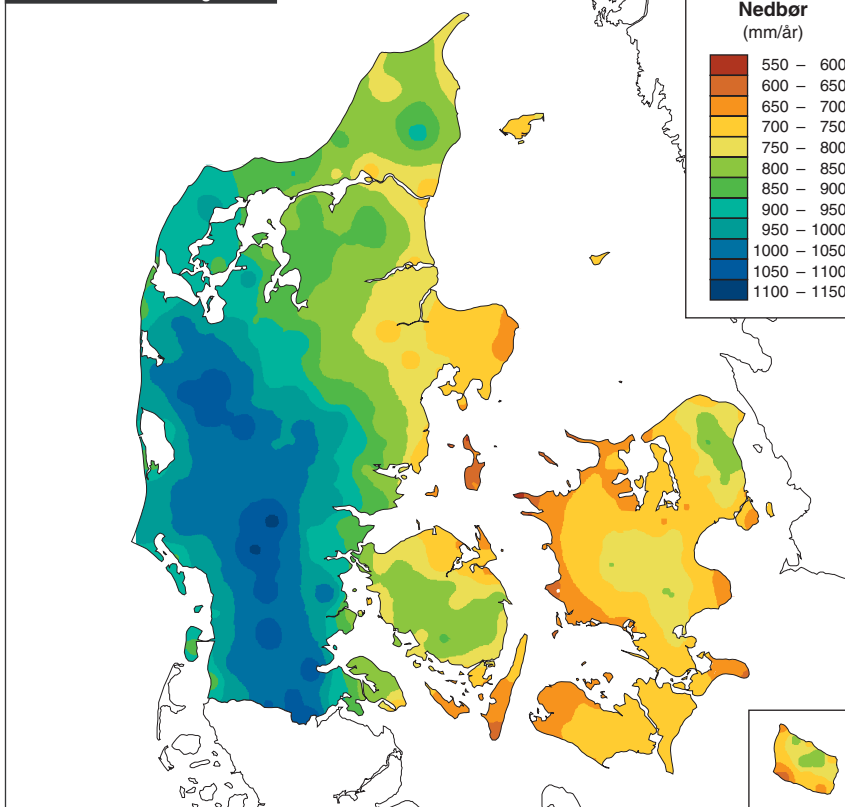
**Tabel 1.1** Årsmiddel for temperatur, nedbør og ferskvandsafstrømningen i 2003 sammenholdt med normalen 1961-90, dog 1971-2000 for ferskvandsafstrømningen. Efter Bøgestrand (red.), 2004 og Cappelen & Jørgensen, 2004.

**VANDMILJØ 2004 – Figur 1.2**



**Figur 1.2** Månedsnedbør i Danmark i 2003 sammenlignet med normalen 1961-1990. Månedsmiddel af ferskvandsafstrømning i 2003 og middel for 1971-2000 (Bøgestrand (red.), 2004)

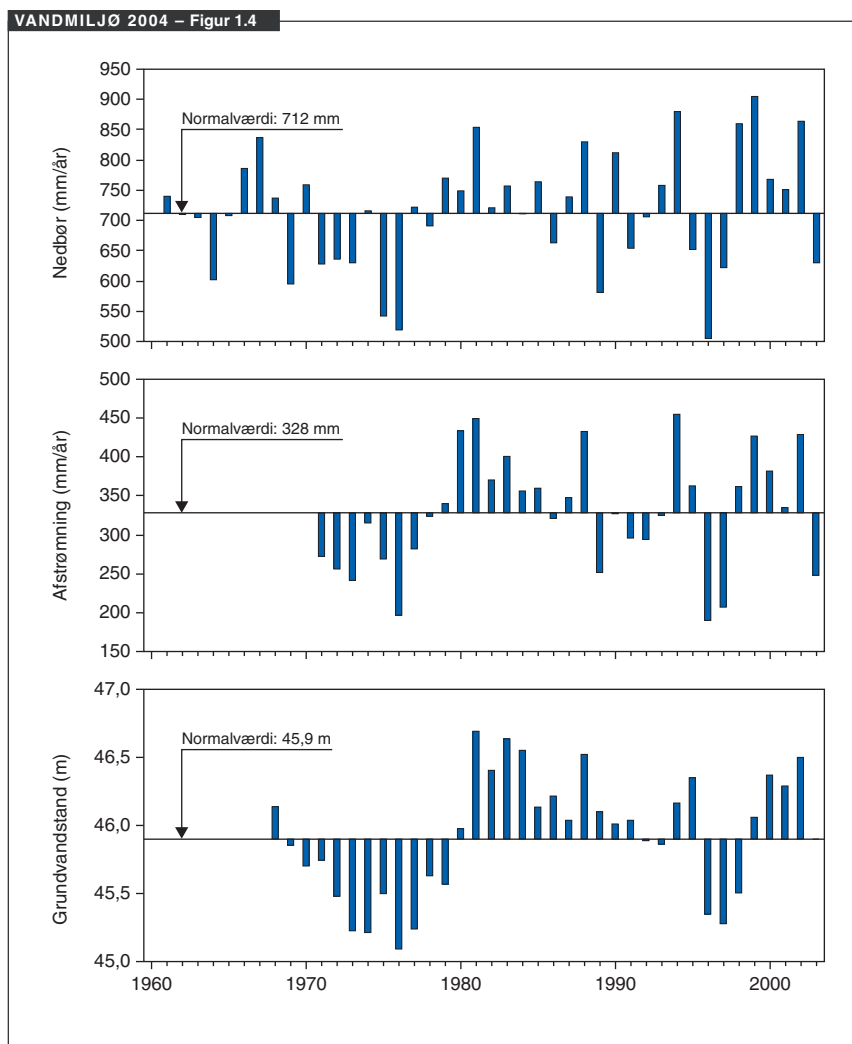
**VANDMILJØ 2004 – Figur 1.3**



### 1.3 Udvikling i klima og afstrømning

Både årsnedbøren og gennemsnits-temperaturen har som gennemsnit i de 15 overvågningsår været større end normalen for 1961-1990. Det er især om vinteren at nedbøren og temperaturen har været over normalen.

Afstrømningen gennem vandløbene følger nedbøren (figur 1.4). Dette gælder også grundvandsstanden, dog med en tidsmæssig forsinkelse. I tørre år tæres på grundvandsmagasinerne, og i våde år opbygges disse. Grundvandsstanden er efter det relativt tørre år 2003 nær ved normalen.



**Figur 1.4** Årsmiddelnedbør i Danmark og afstrømning i Danmark samt årsmiddelgrundvandsstand ved Karup for 1961-2003 vist i forhold til gennemsnittet (normalværdi).

## 2 Forureningskilder for næringsstoffer

Organisk stof og næringsalte, der tilsammen betegnes næringsstoffer, er naturligt forekommende i vandområderne, incl. grundvand. De er en forudsætning for liv i vand, men de er samtidig den vigtigste kilde til forurening af vore vandområder. Når disse stoffer tilføres i meget større mængder end den naturbetingede tilførsel, ændres plante- og dyrelivet. Kilderne til denne forurening (eutrofiering) opdeles i punktkilder (spildevand) og diffuse kilder.

### 2.1 Forureningsbidrag fra de enkelte typer af kilder

I tabel 2.1 er opgjort de samlede kilder, der bidrager med organisk stof, kvælstof og fosfor til vandløb, søer og marine områder. Det ses af tabellen, at der er mange forskellige og væsentlige, menneskeskabte kilder for organisk stof og fosfor, mens de dominerende kvælstofkilder er tilførsel via atmosfæren og udvaskning fra dyrkede arealer. Tilførsel fra tilgrænsende havområder med bidrag fra andre lande er også vigtig, men er ikke medtaget i tabel 2.1.

Hovedparten af belastningsbidragene i tabel 2.1 er målt og dermed rimeligt sikkert bestemt. For nogle af bidragene, især for  $BI_5$ , er der dog tale om estimater.

### Forureningskildernes betydning

Tallene i tabel 2.1 illustrerer det generelle størrelsesforhold mellem de forskellige kilder til forurening med organisk stof og næringsalte på landsplan og dermed også den generelle betydning af de enkelte typer af forureningskilder. Tabellen kan derimod ikke bruges til at illustrere de enkelte forureningskilders betydning for konkrete vandområder. Der er to hovedårsager hertil. Den ene årsag er, at de forskellige typer af vandområder har forskellig følsomhed overfor tilførsel af disse stoffer. F.eks. vil en forøgelse af nitratindholdet i et vandløb næppe påvirke plante- og dyrelivet i vandløbet. Derimod vil den samme forøgelse kunne give en betydelig ændring i et marint område eller i visse søer. Den anden årsag er, at den kildeopgørelse, der er vist for Danmark i tabellen, ikke vil ligne opgørelsen for et konkret vandområde, f.eks. sker stort set alle udledninger fra industri til marine områder, mens alle udledninger fra ferskvandsdambrug sker til vandløb i Jylland.

Det er nødvendigt, at der bliver lavet en kildeopgørelse for det enkelte vandområde, for at det kan vurderes, hvilke miljømæssige forbedringer der vil kunne komme som følge af et indgreb mod en tilførsel af næringsalte og organisk stof. Beregninger af de mulige ændringer i tilførsel giver herefter mulighed for at vurdere/beregne sandsynlige effekter i vandområdet som følge af disse ændringer.

Det fremgår af tabel 2.1 at atmosfærebidraget er stort for det samlede danske søterritorium. Det er dog af langt mindre betydning for ferske vande og kystvande, hvor de øvrige, lokale kilder er vigtigere.

De enkelte forureningskilder og udviklingen i forureningsbidraget fra dem er beskrevet nærmere i kapitel 3-5.

VANDMILJØ 2004 – Tabel 2.1

Kildefordeling 2003	Organisk stof ( $BI_5$ ) (t/år)	Kvælstof (t/år)	Fosfor (t/år)
Naturbetinget udvaskning	5.600	5.400	240
Dyrkningsbidrag	2.300	40.100	440
Renses anlæg	2.336	3.614	404
Regnbetingede udledninger	2.050	685	172
Spildevand fra spredt bebyggelse	3.700	900	220
Industri	3.750	509	33
Ferskvandsdambrug	3.100	1.200	90
Havbrug og saltvandsdambrug	ca. 1.560	296	32
<b>I alt</b>	<b>ca. 24.000</b>	<b>52.680</b>	<b>1.629</b>
Via atmosfæren til danske havområder	ca. 0	ca. 124.000	ca. 400

**Tabel 2.1** Samlet opgørelse af kilder til tilførsel af organisk stof og næringsalte til vandområder i Danmark i 2003. (Tal fra *Miljøstyrelsen, 2004, Bøgestrand (red.), 2004* og *Ellermann et al., 2004*).

### 3 Punktkilder

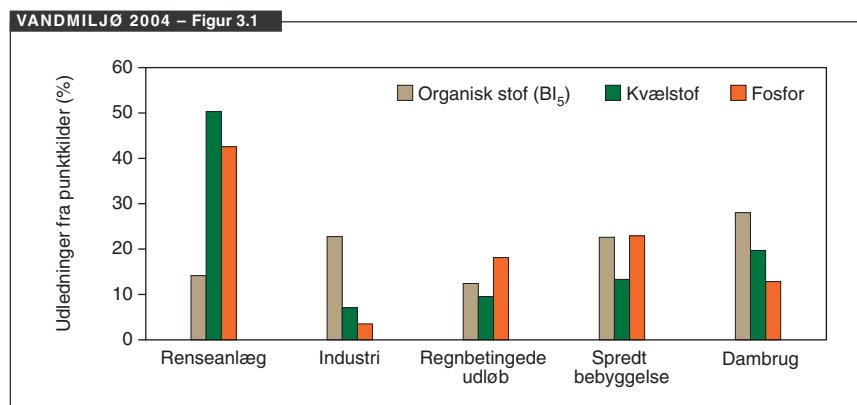
Punktkilder er de spildevandsudledninger, der sker fra renselanlæg, industri, dambrug, spredt bebyggelse, samt regnbetingede udledninger og tilførsel fra havbrug. Målingerne er rapporteret af *Miljøstyrelsen, 2004*.

#### Samlede udledninger i 2002

De samlede udledninger fra punktkilderne i 2003 var ca. 16.500 t organisk stof (BI<sub>5</sub>), ca. 7.200 t kvælstof og ca. 950 t fosfor. Udledningen fordelt på de forskellige punktkilder er vist i

figur 3.1 Renselanlæggene giver det største bidrag af næringssalte fra punktkilder, mens bidragene fra dambrug, industri og spredt bebyggelse er større for organisk stof (BI<sub>5</sub>).

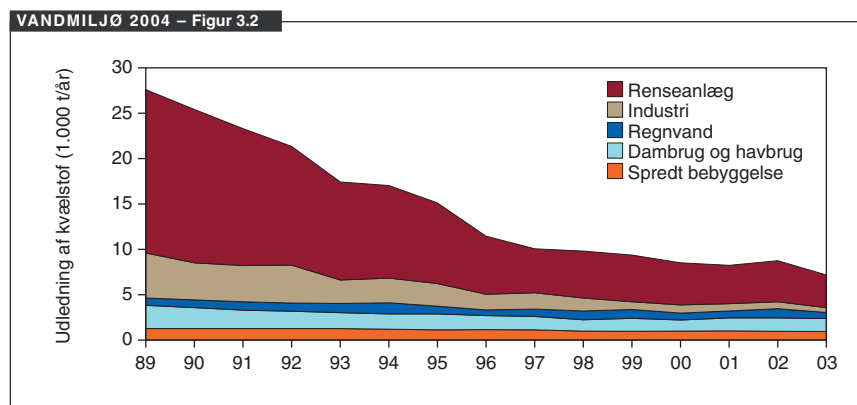
Størstedelen af punktkilderne udleder til de indre farvande eller i oplandet hertil.



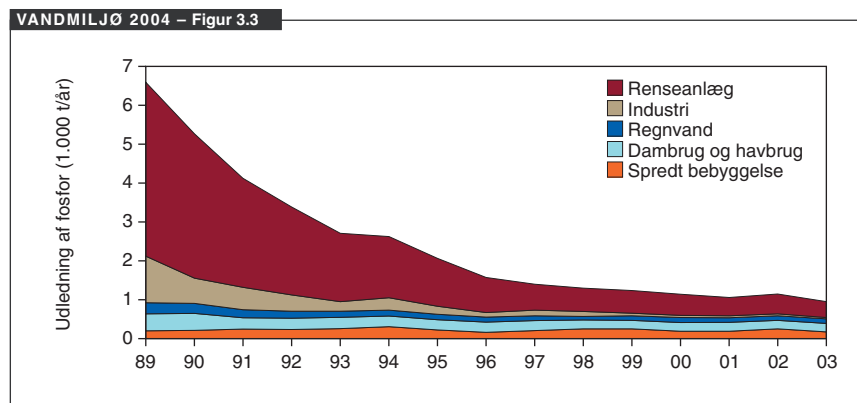
**Figur 3.1** Procentvis opdeling af udledning af organisk stof (BI<sub>5</sub>), kvælstof (TN) og fosfor (TP) fra 5 typer af punktkilder i 2003. Sikkerheden på opgørelserne er størst for renselanlæg og industri. For de øvrige, som er baseret på beregninger, er opgørelserne mere usikre (*Miljøstyrelsen, 2004*).

#### Tidsmæssig udvikling i punktkilder

Den samlede reduktion i udledningen af kvælstof er hovedsageligt opnået gennem reduktioner i udledningerne fra industri og renselanlæg. Udviklingen i udledningen af kvælstof for punktkilderne er vist i figur 3.2, hvor det kan ses, at udledningen er faldet fra ca. 27.600 t i 1989 til ca. 7.200 t i 2003. Den samlede udledning af fosfor fra punktkilder er faldet fra ca. 6.600 t i 1989 til 950 t i 2003. Udledningen fra den spredte bebyggelse og udledningen fra fiskeopdræt anlæg er også mindsket (figur 3.3).



**Figur 3.2** Udledningen af kvælstof fra punktkilderne i perioden 1989-2003 (*Miljøstyrelsen, 2004*).



**Figur 3.3** Udledningen af fosfor fra punktkilderne i periode 1989-2003 (*Miljøstyrelsen, 2004*).

#### 3.1 Renselanlæg

Den samlede belastning af de kommunale renselanlæg i 2003 var 8,6 mio. PE, mens den samlede renskapacitet var 12,6 mio. PE (1 PE er forureningsmængden i urensset spildevand fra 1 person).

Antallet af renselanlæg mindskes fortsat. I 2003 var der 1.240 anlæg, hvoraf ca. 265 er omfattet af Vandmiljøplan I's generelle renskrav (15 mg BI<sub>5</sub>/l, 1,5 mg P/l og 8 mg N/l). Disse anlæg rens 90% af den samlede mængde af byspildevand i Danmark. For at opfylde miljømålsætningerne for de enkelte vandområder i amternes regionplaner er de konkrete udlederkrav ofte mere vidtgående, især for udledning af organisk stof til vandløb og for fosfor i oplande til søer og fjorde. Det gælder også for anlæg mindre end 5.000 PE, som er grænsen for de generelle vandmiljøplankrav for renselanlæg.



Stofkoncentrationerne i det udledte spildevand kan for hvert enkelt renselanlæg ses i *Miljøstyrelsen, 2004*. Tabellerne heri viser, at de fleste anlæg udleder spildevand med gennemsnitskoncentrationer af BI<sub>5</sub> på 2-4 mg/l og fosforkoncentrationer på 0,2-0,5 mg/l.

#### Samlet udledning fra renselanlæg

Udledningerne i 2003 var lidt lavere end i de foregående år. Den mindre nedbørsmængde i 2003 har formentlig bidraget til mindske udledningerne. Kvaliteten af det udledte spildevand er langt bedre end de generelle Vandmiljøplan I (VMP I) krav. Opgørelsen i tabel 3.1 inkluderer alle anlæg, altså også de som ikke er omfattet af VMP I udlederkrav på 15 mg BI<sub>5</sub>/l, 8 mg N/l og 1,5 mg P/l.

#### Renseeffektivitet

I 2003 er tilgængelige data for stofbelastningen i tilløbet til anlæggene indberettet for lidt over halvdelen af renselanlæggene. I tabel 3.1 er vist det samlede gennemsnit for koncentrationer af BI<sub>5</sub>, total kvælstof og total fosfor i det vand, der føres til renselanlæggene. Ved at sammenligne stofkoncentrationerne i tilløb med de tilsvarende gennemsnitsværdier for afløb i tabel 3.1 kan det generelle niveau af rensning bedømmes. Den er 98-99% for letnedbrydeligt organisk stof (BI<sub>5</sub>), ca. 93% for fosfor og ca. 88% for kvælstof.

#### Overholdelse af udlederkrav

Ca. 265 anlæg var i 2003 omfattet af VMP I krav. Alle anlæg overholdt deres udlederkrav for organisk stof (BI<sub>5</sub>) og fosfor. 5 ud af 199 anlæg med kvælstofkrav overholdt ikke dette udlederkrav.

#### Udvikling i udledninger

I figur 3.4 er vist udledningen af BI<sub>5</sub>, kvælstof og fosfor før Vandmiljøplanen (dvs. midten af 1980'erne) og i årene 1989 til 2003, og endelig er VMPI målene for udledningen efter opfyldelse af Vandmiljøplanen vist. Især udledningerne af BI<sub>5</sub> og fosfor er

samlet set betydeligt mindre end målene i VMP I.

Reduktionen fra før Vandmiljøplanens vedtagelse, og frem til 2003, er for de tre parametre BI<sub>5</sub>, kvælstof og fosfor henholdsvis 96%, 81% og 93%.

### 3.2 Industri og fiskeproduktionsanlæg

Der er i 2003 foretaget målinger og opgørelse af udledningerne fra 179 industrier med separat udledning, 347 ferskvandsdambrug, 12 saltvandsdambrug og 23 havbrug. Ferskvandsdambrugene ligger alle ved vandløb i Jylland. Saltvandsdambrug ligger ved kysten og indpumper saltvand til produktionsanlægget, mens produktionen i havbrug sker i netbure.

#### Udledninger i 2003

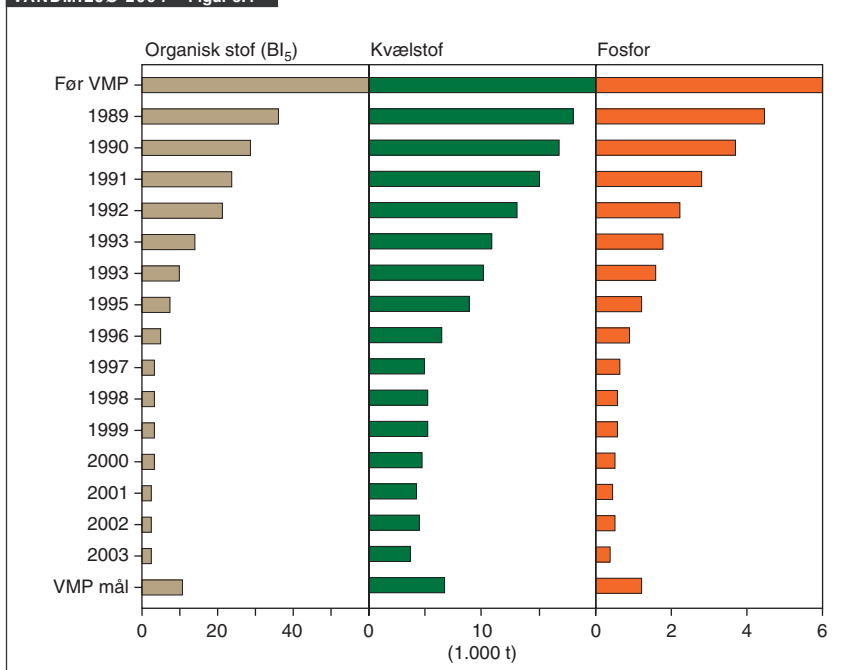
De samlede udledninger af organisk stof og næringssalte fra virksomhederne med særskilt udledning er angivet i tabel 3.2. For virksomheder med udledning direkte til vandområder er udledningen af nedbrydeligt organisk stof omtrent ligeligt fordelt mellem industri og fiskeopdræt. Udledninger af fosfor og kvælstof kommer især fra ferskvandsdambrug. Størstedelen af disse udledninger løber til søer eller fjorde, som er sårbare overfor næringssalttilførsel.

VANDMILJØ 2004 – Tabel 3.1

Renselanlæg 2003	Organisk stof (BI <sub>5</sub> )		Kvælstof		Fosfor	
	(t/år)	(mg/l)	(t/år)	(mg N/l)	(t/år)	(mg P/l)
Udledning i 2003	2.336	3,8	3.614	5,9	404	0,66
Indhold i urensset byspildevand	-	308	-	49	-	10

**Tabel 3.1** Samlet udledning fra renselanlæg for mere end 30 PE i 2003. Tallene angiver den samlede udledning i t/år og den samlede vandmængdevægtede gennemsnitskoncentration i mg/l. I alt blev der udledt 611 mio. m<sup>3</sup> spildevand. Nederst er angivet gennemsnit af koncentrationer i urensset byspildevand til sammenligning (*Miljøstyrelsen, 2004*).

VANDMILJØ 2004 – Figur 3.4



**Figur 3.4** Udviklingen i udledningen fra renselanlæg frem til 2003 (*Miljøstyrelsen, 2004*).

### Udledninger fra industri

Mængden af udledt organisk stof og næringssalte i 2003 fremgår af tabel 3.2. De største udledere af organisk stof var i 2003 sukkerindustrien med 80% af BI<sub>5</sub>-udledningen samt fiskemelsindustrien og den øvrige fiskeindustri med 15% af BI<sub>5</sub>-udledningen. De største industriudledninger af kvælstof kom fra fiskeindustri og fra affaldsbehandlingsanlæg og affaldsdepoter, mens fosforudledningerne især kom fra sukkerfabrikker, fiskeindustri og kemisk industri (de enkelte udledninger er angivet i *Miljøstyrelsen, 2004*).

Der er siden 1989 sket drastiske reduktioner i udledning af organisk stof og næringssalte fra disse virksomheder.

BI<sub>5</sub> er mindsket med 93%, kvælstofudledningen med 92% og fosforudledningen med 98%. Størstedelen af disse reduktioner er tilvejebragt gennem ændrede produktionsforhold og spildevandsrensning på virksomhederne. En væsentlig del af reduktionen skyldes dog, at spildevandet er ført til et kommunalt renseanlæg, eller at virksomheden er lukket.

Den samlede udledning er for BI<sub>5</sub> faldet med 21% i forhold til 2002 og både kvælstofudledningen og fosforudledningen er reduceret med 33%.

Figur 3.5 viser udvikling i den samlede udledning fra industrier gennem perioden 1989-2003.

### Udledning fra fiskeproduktion

De beregnede udledninger fra ferskvandsdambrug, saltvandsdambrug (brug på land med indpumpning af havvand) og havbrug (anlæg på søterritoriet) er angivet i tabel 3.2.

Siden 1989 er der blevet anvendt et teoretisk beregningsgrundlag til opgørelse af dambrugenes samlede udledning. Beregningerne viser, at udledningerne fra dambrug er mindsket siden 1989 med ca. 60% for fosfor og ca. 50% for BI<sub>5</sub> og kvælstof.

For saltvandsdambrug og havbrug er der også sket reduktioner, men de er betydeligt mindre end for ferskvandsdambrug.

I 2003 er udledningen beregnet ud fra konkrete målinger på knap 150 fortrinsvis store og mellemstore dambrug med en produktion i 2003 på ca. 16.750 tons ud af en samlet dambrugsproduktion på 29.400 tons. Udledningen fra disse dambrug kan ud fra målingerne samlet beregnes til alt ca. 942 tons BI<sub>5</sub>, 398 tons kvælstof og 34 tons fosfor.

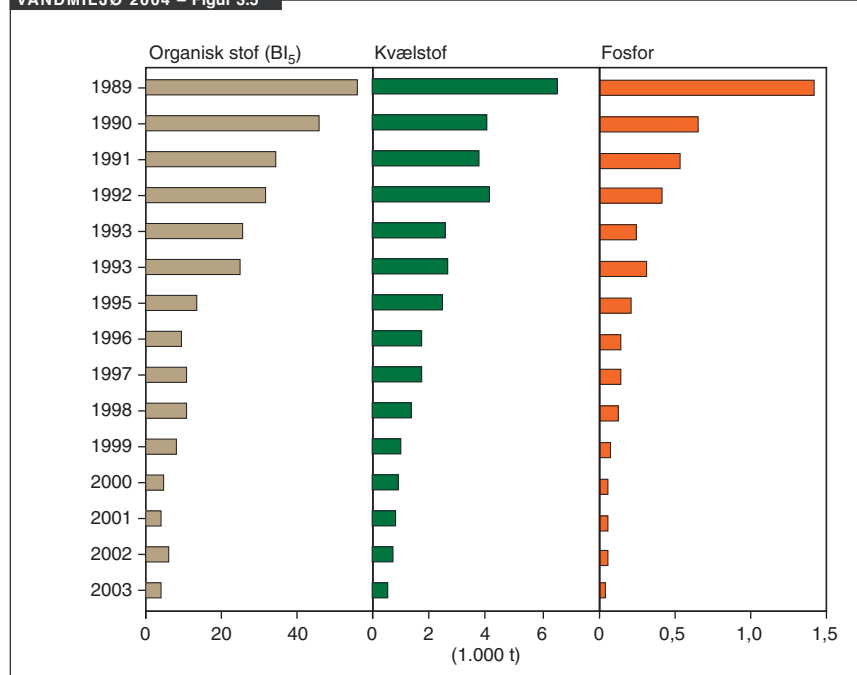
Måleresultaterne fra disse dambrug viser, at de beregnede værdier for udledning af organisk stof (BI<sub>5</sub>) er større end de reelt udledte mængder.

VANDMILJØ 2004 – Tabel 3.2

Særskilt udledning fra virksomheder 2003	Organisk stof (BI <sub>5</sub> ) (t/år)	Total kvælstof (t/år)	Total fosfor (t/år)
Industri	3.757	509	33
Ferskvandsdambrug	3.098	1.119	90
Saltvandsdambrug	-	56	6
Havbrug	1.560	241	26
<b>I alt</b>	<b>ca. 8.400</b>	<b>1.925</b>	<b>155</b>

**Tabel 3.2** Udledning af nedbrydeligt organisk stof og næringssalte fra virksomheder med egen udledning i 2003 (*Miljøstyrelsen, 2004*). Der er ikke anført værdi for udledning af organisk stof fra saltvandsdambrug, da de beregnede værdier heraf er usikre.

VANDMILJØ 2004 – Figur 3.5



**Figur 3.5** Udvikling i udledningen af organisk stof (BI<sub>5</sub>), kvælstof og fosfor fra industri med egen udledning i perioden 1989-2003 (*Miljøstyrelsen, 2004*).

### 3.3 Udledninger fra spredt bebyggelse

Udledninger fra ejendomme, som ikke er kloakeret og tilsluttet fælles renseanlæg, giver et stort forureningsbidrag til mange søer og til små vandløb. Opgørelsen af forureningsbidraget fra spredt bebyggelse er beregnet ud fra kendskabet til rensemetode (*Miljøstyrelsen, 2004*). Den reelle udledning til overfladevand afhænger også af de lokale forhold omkring udledningen, og de beregnede værdier for udledningernes størrelse er at betragte som en potentiel udledning. I amternes regionplaner er det fastsat, hvor der skal ske en yderligere rensning af spildevandet fra spredt bebyggelse, for at målsætningerne for vandområder kan opfyldes. Af de ca. 350.000 ejendomme, som ikke er tilsluttet kloak, skal ca. 100.000 have forbedret deres spildevandsrensning.

## 4 Næringssalte fra dyrkede arealer

Udvaskning af kvælstof og fosfor fra dyrkede arealer er den vigtigste kilde til eutrofiering af danske vandområder. Opgørelse af næringssaltudvaskningen sker især ved målinger i landovervågningsoplandene (LOOP) og ved målinger af stoftransport i vandløb (se målestationer i figur 1.1). Målingerne kobles med oplysninger om landbrugets driftsforhold, herunder gødningsanvendelse (Grant et al., 2004).

### 4.1 Kvælstof

#### Kvælstofanvendelse i landbruget

Handelsgødningsforbruget af kvælstof for hele landet er faldet fra 395.000 tons N i 1990 til 196.000 tons N i 2003. Kvælstof i husdyrgødning er faldet fra 244.000 til 237.000 tons N i samme periode. Mængderne af kvælstof fjernet fra markerne ved høst har varieret i perioden afhængig af årets høst. Det totale overskud i markbalancen er herved faldet fra 375.000 tons N i 1990 til 247.000 tons N i 2003, en reduktion på 34%.

En del af reduktionen skyldes, at der er taget landbrugsareal ud af drift. Opgøres overskuddet pr. arealenhed, er overskuddet reduceret med 31% fra 1990 til 2003. I 2003 udgjorde overskuddet 93 kg N/ha.

Overskuddet af kvælstof i marken er generelt størst for kvægbrug og mindst for planteavl. Der er desuden en snæver sammenhæng mellem antallet af dyreenheder pr. ha og markoverskuddet af kvælstof (figur 4.2).

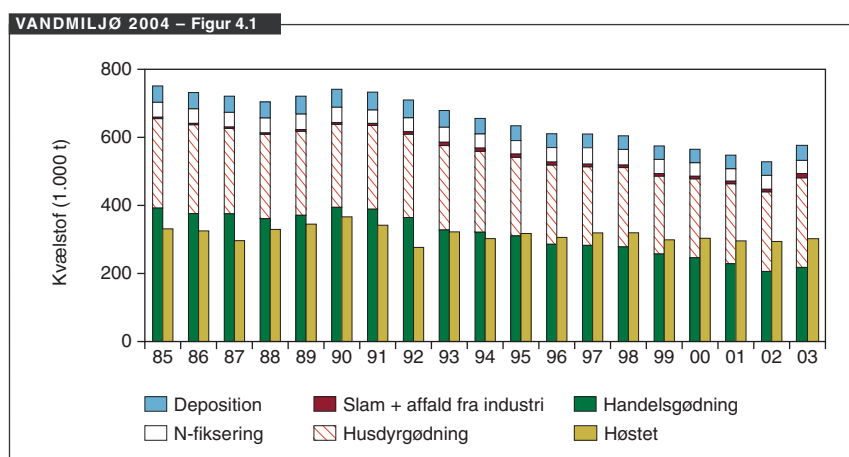
#### Landovervågningsoplande sammenlignet med resten af landet

I 2003 svarede den totale kvælstof tilførsel i landovervågningsoplandene (LOOP) til tilførslen på landsplan. Der var imidlertid en noget større registreret høst i LOOP, hvilket har givet anledning til en større reduktion i overskuddet.

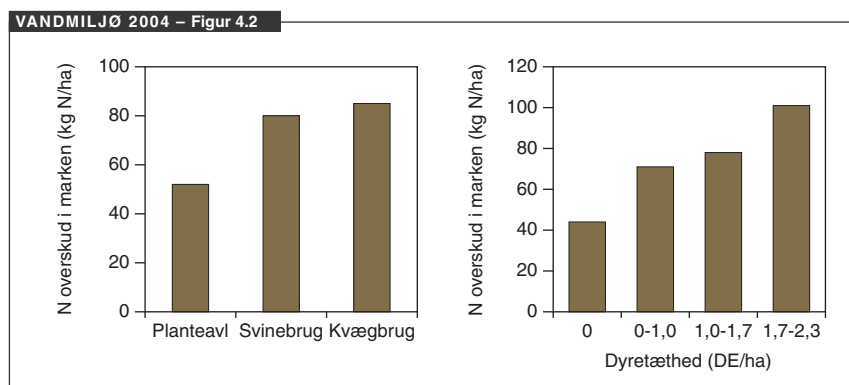
#### Kvælstofindhold i vandet under markerne

Indholdet af kvælstof er højest i vandet i rodzonen under markerne. Der er et markant fald i kvælstofkoncentrationerne fra rodzonen og ned til det øvre grundvand. Det skyldes, at kvælstoffet især forekommer som nitrat,

og at nitrat omdannes til almindeligt atmosfærisk kvælstof i iltfrie områder i jorden. Dybere i grundvandet vil der normalt være reducerende (iltfrie) jordlag, og her vil kvælstofindholdet yderligere mindskes, ofte til under 1 mg N/l (figur 4.3).



Figur 4.1 Markbalance for tildelt kvælstof og høstet kvælstof for hele landbrugsarealet i Danmark 1985 til 2003 (Grant et al., 2004).



Figur 4.2 Kvælstof overskud i marken i landovervågningsoplande grupperet efter brugstype og husdyrtæthed i 2003 (Grant et al., 2004).

VANDMILJØ 2004 – Tabel 4.1

Kvælstof (kg N/ha pr. år)	1991		2003	
	Hele landet	LOOP	Hele landet	LOOP
Handelsgødning	140	121	74	73
Husdyrgødning+slam	91	110	91	92
N-fiksering	14	23	15	14
N fra atmosfæren	19	19	15	15
Total tilført	264	273	195	194
N høstet	123	132	102	122
N overskud	141	140	93	72

Tabel 4.1 Sammenligning af kvælstoftilførsel til dyrkede arealer og den høstede mængde i landovervågningsoplandene (LOOP) og for hele landet (Grant et al., 2004).

### Udvikling i nitratindhold

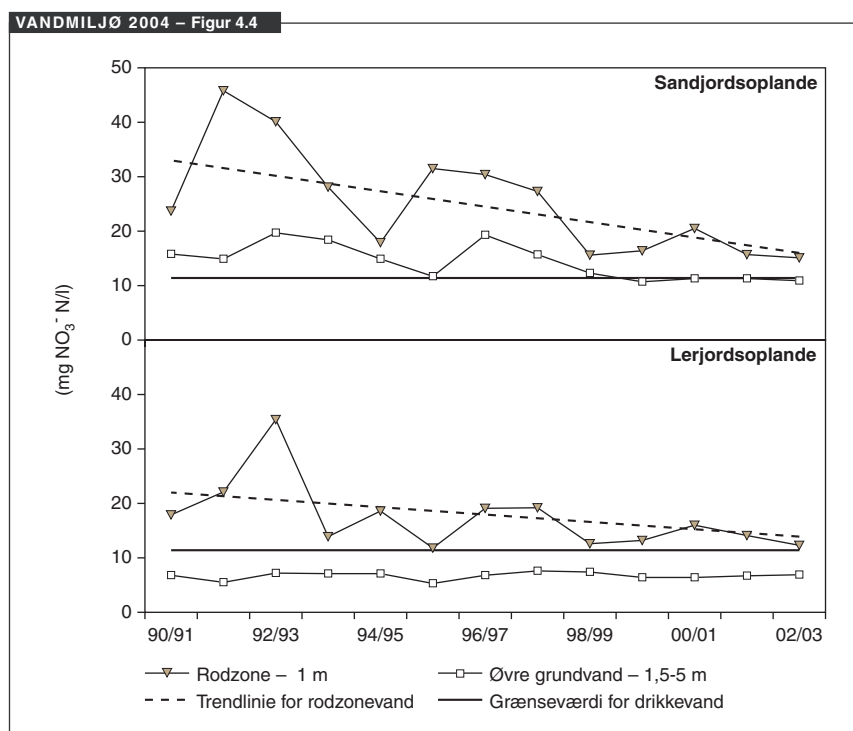
I landovervågningen (LOOP) måles kvælstofkoncentrationerne i rodzonen på 18 stationsmarker i 3 lerjordsoplande og på 14 stationsmarker i 2 sandjordsoplande. Der er store årsvariationer afhængigt af de klimatiske forhold.

Udviklingen i nitratindhold er opgjort for målestationer i henholdsvis sandjords- og lerjordsoplande. Der er for begge oplandstyper fundet et signifikant fald (med 95% sikkerhed) i de vandføringsvægtede nitratindhold i jordvandet (figur 4.4). Faldet er på lerjordene 0,7 mg N/l per år og på sandjordene 1,4 mg N/l per år. Ved en udjævning over den 13-årige måleperiode svarer det til et fald på 38% for lerjordsoplandene og på 50% for sandjordsoplandene. Spredningen på tallene er imidlertid meget stor. Med 95% sandsynlighed er reduktionen i udvaskningen mellem 24% og 50% for lerjordene og mellem 40% og 66% for sandjordene.

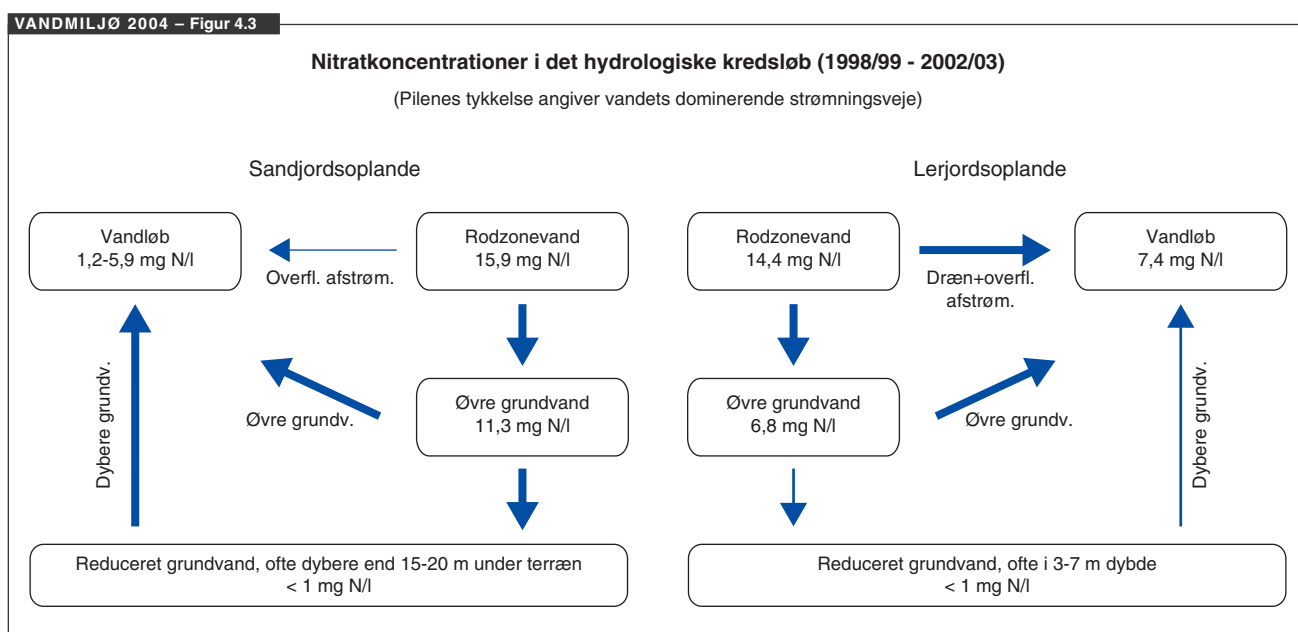
Nitratindholdet i rodzonevandet har i hele perioden ligget over EU's krav til drikkevand (11,3 mg N/l svarende til 50 mg nitrat/l). Indholdet nærmer sig dog denne grænseværdi.

Omsætning af nitrat i jorden medfører lavere indhold i det øvre grundvand. På lerjord har koncentrationerne i det øvre grundvand ligget under grænseværdien for drikkevand i hele perioden, og på sandjord har koncentrationerne siden 1999/00 ligget på niveau med grænseværdien (figur 4.4).

I det øvre grundvand ses en reduktion i nitratindholdet på sandjord, mens der ingen markant ændring ses for lerjord. Variationer i rodzonevands nitratindhold følges af tilsvarende variationer i det øvre grundvand, blot med ca. et års forskydning og mere udjævnet i grundvandet.



Figur 4.4 Udviklingen i målte nitratkoncentrationer i perioden 1990/91 til 2002/03 for rodzonevand og det øvre grundvand i tre lerjord- og to sandjordsoplande (Grant et al., 2004).



Figur 4.3 Gennemsnitlige målte nitratkoncentrationer i rodzonevand under markerne i LOOP områderne (1 m under terræn), det øvre grundvand (1,5-5 m u.t.) og i vandløb for henholdsvis tre lerjords- og to sandjordsoplande, 1998/99-2002/03 (Grant et al., 2004).

## Modelberegnete ændringer i nitratudvaskning

I LOOP områderne er den modelberegnete rodzoneudvaskning af N siden 1990 faldet 52% på sandjordene (Nordjylland og Sønderjylland) og 42% på lerjordene (Storstrøm, Fyn og Århus/Vejle) (figur 4.5).

## 4.2 Fosfor

### Markbalance for fosfor

Der er på landsplan sket en reduktion i forbruget af fosfor med handelsgødning fra ca. 41.000 tons i 1990 til ca. 14.000 tons i 2003 (fra ca. 15 til ca. 5 kg P/ha år), mens fosfortilførsel med husdyrgødning og slam er omtrent

uændret. Markbalancen, dvs. forskellen mellem den tilførte gødningsmængde og det, der er fjernet med afgrøden (markoverskuddet), har været faldende i perioden og udgjorde i 2003 ca. 24.500 t P (figur 4.6) svarende til 9 kg P/ha år som gennemsnit for hele landbrugsarealet.

Dette overskud og ophobning af fosfor sker på markerne på husdyrbrug. Overskuddet er større på svinebrug end på kvægbrug, og overskuddet stiger med stigende husdyrtæthed (figur 4.7). På planteavlbrug tilføres i gennemsnit mindre fosfor, end der fjernes med høsten. Her sker der altså en reduktion i jordens fosforindhold, og dermed mindskes på sigt risikoen for udvaskning af fosfor.

### Vandmiljøplan III

I Vandmiljøplan III er det en målsætning, at det totale fosforoverskud skal reduceres inden 2015 med 50% i forhold til overskuddet i 2001, dels gennem afgift på foderfosfater, dels gennem en forbedret foderudnyttelse.

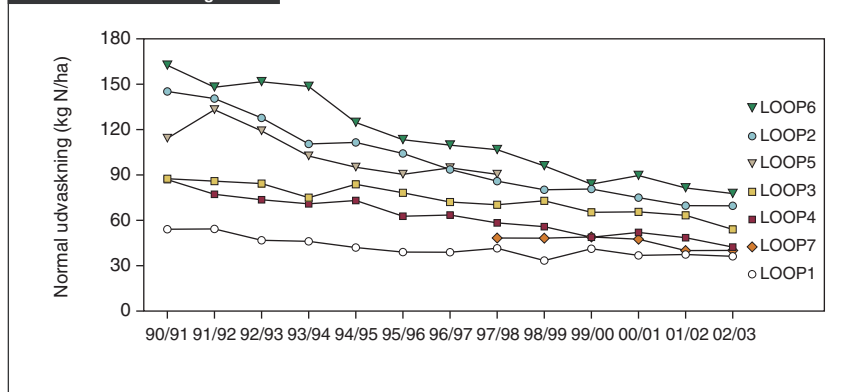
VMP III målsætningen tager udgangspunkt i den samlede balance for dansk landbrug, 32.900 t P i 2003, som er forskellig fra markbalancen i figur 4.6. VMP III målet vil medføre, at stigningstakten i den ophobning af fosfor, der fortsat sker i de dyrkede arealer, ca. halveres.

### Fosforindhold i vandet under markerne

Tabet af fosfor fra jorden til grundvand eller vandløb er lille sammenlignet med fosforindhold i jorden. Tabet er også lille sammenlignet med de tilførte mængder, fordi fosfat bindes til jordpartikler, når der er iltede forhold i jorden, dvs. når der er ilt eller nitrat i jordvæsken.

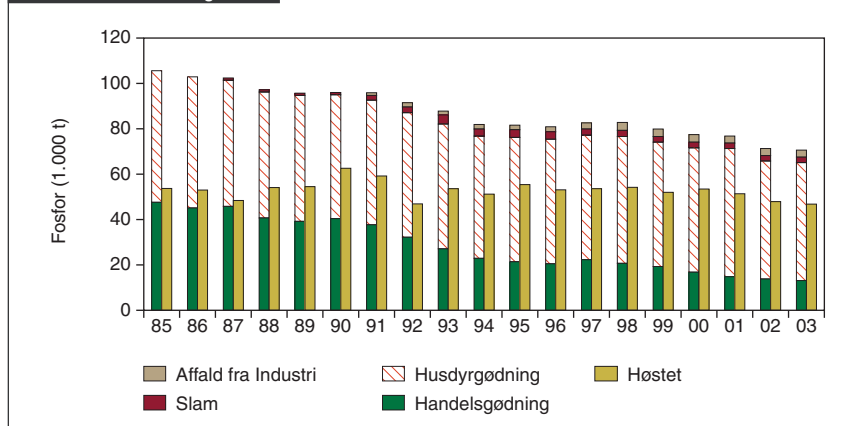
Når jordens fosforbindingskapacitet er ved at være opbrugt, vil fosforindholdet i jordvæsken og udvaskningen stige. Ved en målestation i Storstrøms Amt har der således været konstant høje fosforindhold, formentlig på grund af det høje fosforindhold i jorden. Også under reducerende forhold (ilt- og nitratfrit vand) kan fosforindhold i grundvand og i det vand, der

VANDMILJØ 2004 – Figur 4.5



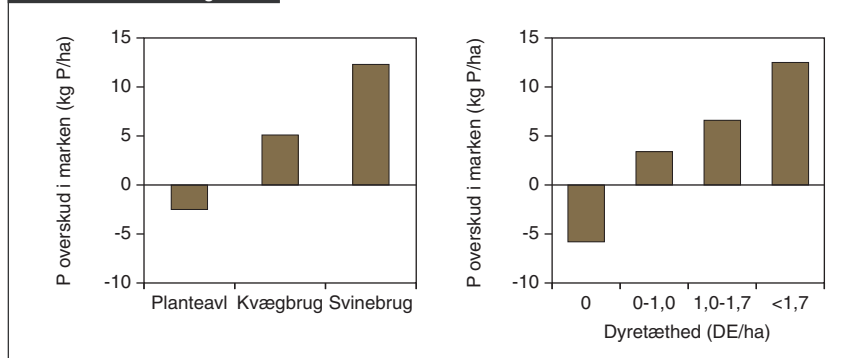
Figur 4.5 Modelberegnet udvaskning af nitrat ved gennemsnitsklima for de 7 overvågningsoplande for driftsårene 1990/1991-2002/2003 (Grant et al., 2004).

VANDMILJØ 2004 – Figur 4.6



Figur 4.6 Markbalance for tildelt fosfor og høstet fosfor for hele landbrugsarealet i Danmark i perioden 1985-2003 (Grant et al., 2004).

VANDMILJØ 2004 – Figur 4.7



Figur 4.7 Fosforoverskud i markbalancen i LOOP områderne grupperet efter brugstype og husdyrtæthed i 2003 (Grant et al., 2004).

strømmer til vandløb, blive meget høje (0,1- 0,5 mg P/l).

Jordens store bindingskapacitet for fosfor giver en stødpudevirkning, således at der kan ophobes store mængder fosfor, før der kommer en væsentlig ændring i koncentrationer i jordvæsken. Ændringer som følge af ændrede niveauer i fosfortilførsel

vil derfor normalt ske med årtiers forsinkelse. Der er da heller ikke målt generelle ændringer i jordens fosforindhold siden 1989.

Koncentrationerne af fosfor opløst i det vand, der strømmer fra rodzonen, er generelt mindre end ca. 0,025 mg/l (Grant *et al.*, 2004). Der er dog enkelte marker, hvor fosforindholdet i vandet

har været 0,1-0,5 mg P/l sandsynligvis på grund af lav fosforbindingskapacitet i jorden, eller fordi fosforindholdet i jorden har været meget højt.

I dræn og i overfladisk afstrømning fra markerne er fosforindholdet højere, fordi der ud over fosfor opløst i vandet også sker en transport af fosfor bundet til jordpartikler.

#### Fosforafstrømning til vandløb

I vandløb er fosforkoncentrationerne generelt højest i lerjordsoplande. Det skyldes, at andelen af overfladenær afstrømning her er størst, og vandet indeholder derfor flere jordpartikler. Der vil også i lerjordsområder være en større del af spildevand fra spredet bebyggelse, der kan nå frem til vandløbene, fordi nedrivningsmulighederne er dårligere.

Den årlige fosfortransport gennem vandløbene afhænger stærkt af nedbør og afstrømning i de enkelte år. Når vandafstrømningen fra markerne stiger ved høj nedbør, vil indholdet af total fosfor i det afstrømmende vand kunne øges ved stærk afstrømning, hvis jordpartikler skylles bort med vandet. I figur 4.8 er vist hvorledes den totale fosforafstrømning har været i de enkelte år afhængig af vandafstrømningen.

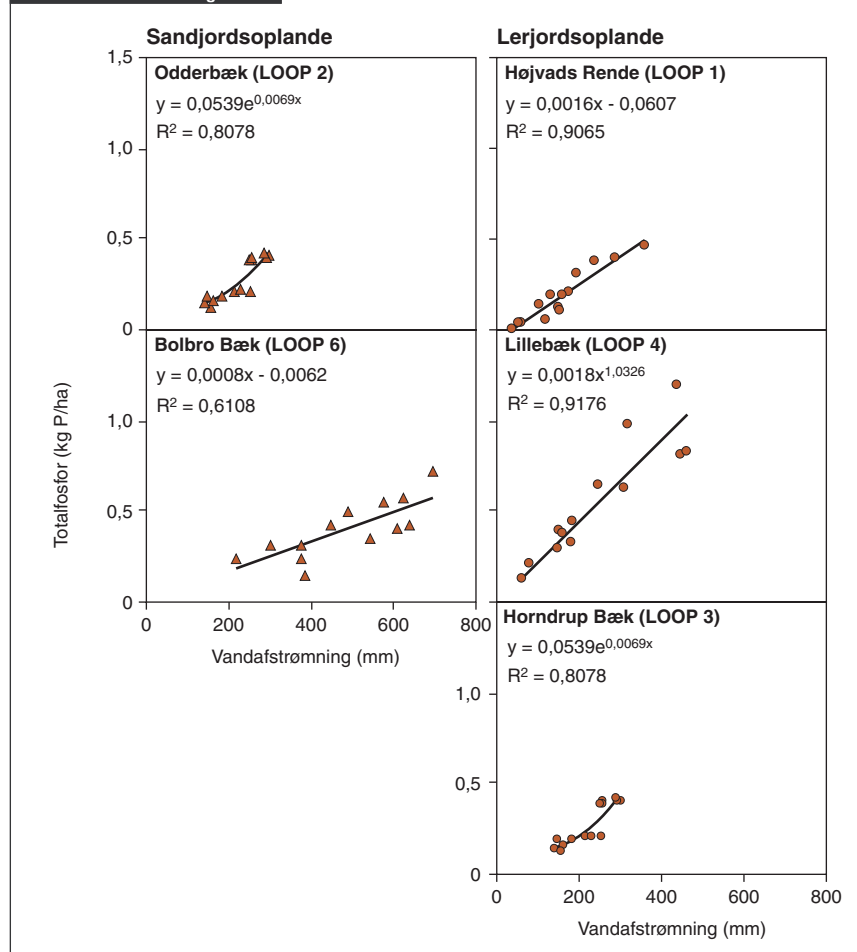
Afbildningerne i figur 4.8 viser, at fosfortransporten gennem vandløbene i disse 5 landbrugsområder er omtrent proportional med vandføringen i vandløbet, men transporten er meget forskellig fra opland til opland.

VANDMILJØ 2004 – Tabel 4.2

Landovervågningsoplande	Fosforkoncentration (mg/l)		Fosfortransport (kg/ha pr. år)	
	1989-2002	2002/2003	1989-2002	2002/2003
Højvads Rende (ler)	0,111	0,117	0,19	0,19
Lillebæk (ler)	0,192	0,162	0,55	0,28
Horndrup Bæk (ler)	0,130	0,071	0,42	0,22
Odderbæk (sand)	0,126	0,096	0,29	0,21
Bolbro Bæk (sand)	0,081	0,061	0,41	0,35

**Tabel 4.2** Vandføringsvægtede gennemsnitskoncentrationer af total fosfor i vandløb, der afvander landovervågningsoplandene, dels gennemsnit for perioden 1989-2002 og dels for 2002/2003. For de samme perioder er desuden angivet den samlede fosfortransport gennem vandløb ud af oplandene (tal fra Grant *et al.*, 2004).

VANDMILJØ 2004 – Figur 4.8



**Figur 4.8** Sammenhænge mellem årligt fosfortab fra landbrugsarealer og vandafstrømningen i perioden 1989/90-2002/03 for de 5 LOOP oplande. Hvert punkt repræsenterer et års målinger. (Grant *et al.*, 2004).

## 5 Næringsalte via atmosfæren

Tilførsel af kvælstof via atmosfæren spiller en væsentlig rolle for den samlede belastning af de danske farvande og landområder med kvælstofforbindelser. Det er derfor et af hovedmålene for luftdelen af NOVA-2003 at bestemme den årlige deposition af kvælstof til vandmiljøet og landområderne. Tilførslen af fosfor fra atmosfæren er derimod normalt af underordnet betydning.

### 5.1 Deposition af kvælstof

Der er i Danmark ikke opstillet direkte målsætninger for kvælstofdepositionens størrelse og ej heller direkte reduktionsmålsætninger. Danmark har via Gøteborg-protokollen tilsluttet sig en målsætning om at reducere kvælstofudledningerne til atmosfæren med hhv. 60% og 43% for kvælstofoxider og for ammoniak i perioden 1990-2010. Samlet vil Gøteborg-protokollen resultere i en reduktion af Europas udledninger af kvælstofoxider og ammoniak med henholdsvis 41% og 17% (Ellermann *et al.*, 2004).

#### Målinger i 2003

Målinger i 2003 ved de seks danske hovedstationer (figur 5.1) viste, at den årlige deposition af kvælstof var 12-24 kg N/ha for deposition til landområder og 7-17 kg N/ha for deposition til vandområder. Dette er omtrent på samme niveau som i 2002. Den laveste deposition blev målt på Anholt, som med sin placering midt i Kattegat ligger fjernt fra større kvælstofkilder. Målingerne ved Anholt er et godt mål for kvælstofdepositionen til de indre danske farvande.

Depositionen er højere på landarealer end på vandarealer i samme område, fordi plantevækst opfanger luftens kvælstofforbindelser, og fordi nedbøren er størst over land.

De højeste depositioner blev bestemt ved Lindet og Tange, der ligger i områder med høj emission af ammoniak fra husdyr. Samtidig er det den del af Danmark, hvor den største mængde nedbør falder. Det medvirker til den høje deposition. Depositionen målt ved Frederiksborg ligger betydeligt lavere end for Tange og Lindet, hvilket skyldes den lavere husdyrtæthed i dette område nord for København og den mindre nedbør.

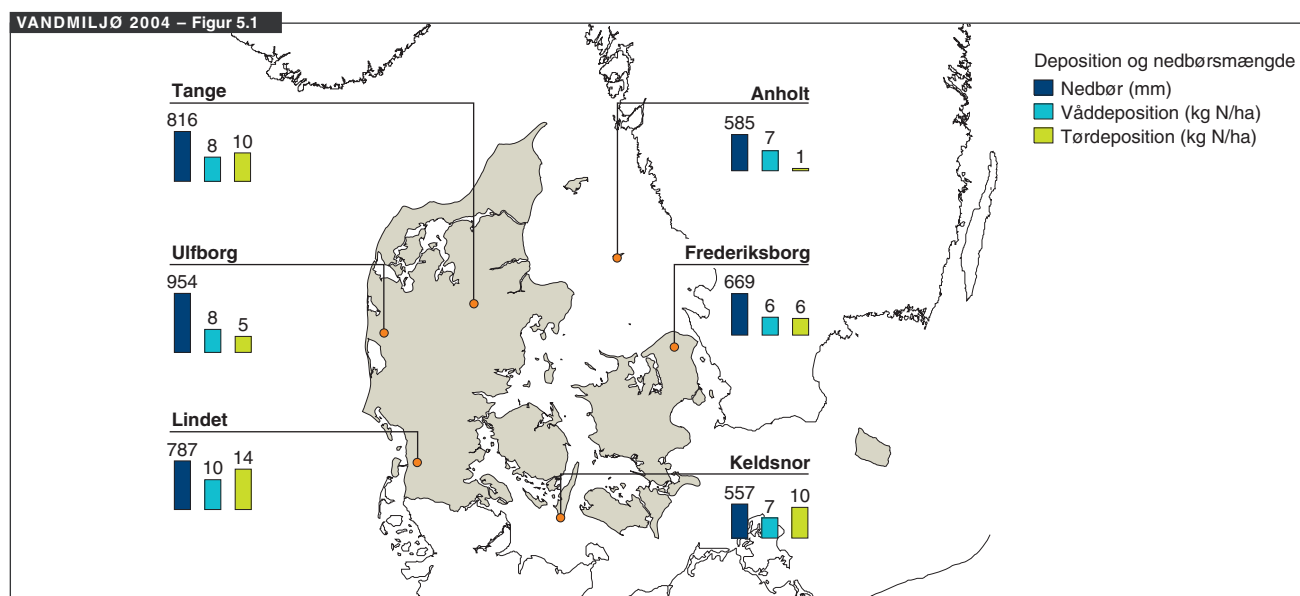
Våddepositionen var som følge af den lille nedbørsmængde lav i 2003 sammenlignet med gennemsnit for perioden 1989-2003. Den lave våddeposition blev dog opvejet af en høj tørdeposition pga. relativt høje koncentrationer i luften.

Usikkerheden på bestemmelsen af den årlige kvælstofdeposition vurderes til 12-25% for deposition til vandområderne og 27-43% for deposition til landområderne.

#### Kvælstoftilførsel til farvande via luften

Tilførslen via atmosfæren er beregnet med en luftforureningsmodel (ACDEP) ud fra størrelse og beliggenhed af forureningskilderne i Europa, de meteorologiske forhold og stofomsætningerne i atmosfæren (Ellermann *et al.*, 2004). Usikkerheden på beregningerne er vurderet til at være op mod 30 % for åbne farvande og op mod 50% for kystvande.

For år 2003 beregnes en samlet deposition af kvælstof til de danske farvande på 124.000 tons N, hvilket med et samlet farvandsareal på 105.000 km<sup>2</sup> giver en gennemsnitlig deposition på 12 kg N/ha. Depositionen af kvælstof i 2002 blev beregnet



**Figur 5.1** Kvælstofdeposition (kg N/ha) og nedbørsmængde (mm) ved de seks målestationer i 2003. Ved Anholt er angivet deposition til vand, mens der ved de øvrige stationer er angivet deposition til en gennemsnitlig landoverflade (ca. 10 cm høj plantevækst) (Ellermann *et al.*, 2004).

til 107.000 tons N. Forskellen ligger inden for usikkerheden på bestemmelsen.

Depositionen varierer med en faktor to mellem de forskellige områder.

Størst deposition ses i de kystnære områder, hvor afstanden til kilderne er lille. Den højeste deposition på 17 kg N/ha er således beregnet for dele af Limfjorden, mens den laveste

deposition på 7 kg N/ha er beregnet for Østersøen nord for Bornholm. Nedbørmængderne spiller også en vigtig rolle for depositionens størrelse. Depositionen er derfor generelt højere mod vest, hvor det regner betydeligt mere end mod øst.

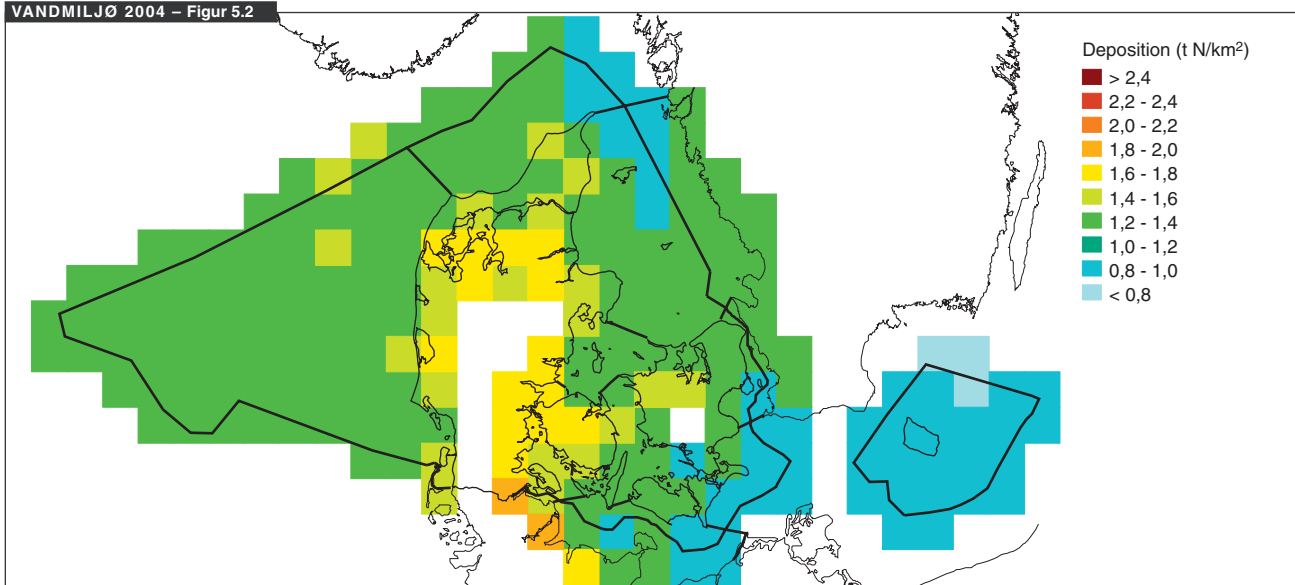
I tabel 5.1 er vist fordelingen af kvælstoftilførslen mellem tørdeposition og våddeposition. Til vandområder udgør våddepositionen langt det største bidrag, mens forskellen mellem våd- og tørdeposition er mindre for landområder.

VANDMILJØ 2004 – Tabel 5.1

N deposition	Areal (km <sup>2</sup> )	Tørdeposition (1.000 t N/år)	Våddeposition (1.000 t N/år)	I alt (1.000 t N/år)	I alt (kg N/ha pr. år)
Danske farvande	105.372	31	93	124	12
Danske landområder	43.312	47	85	85	20

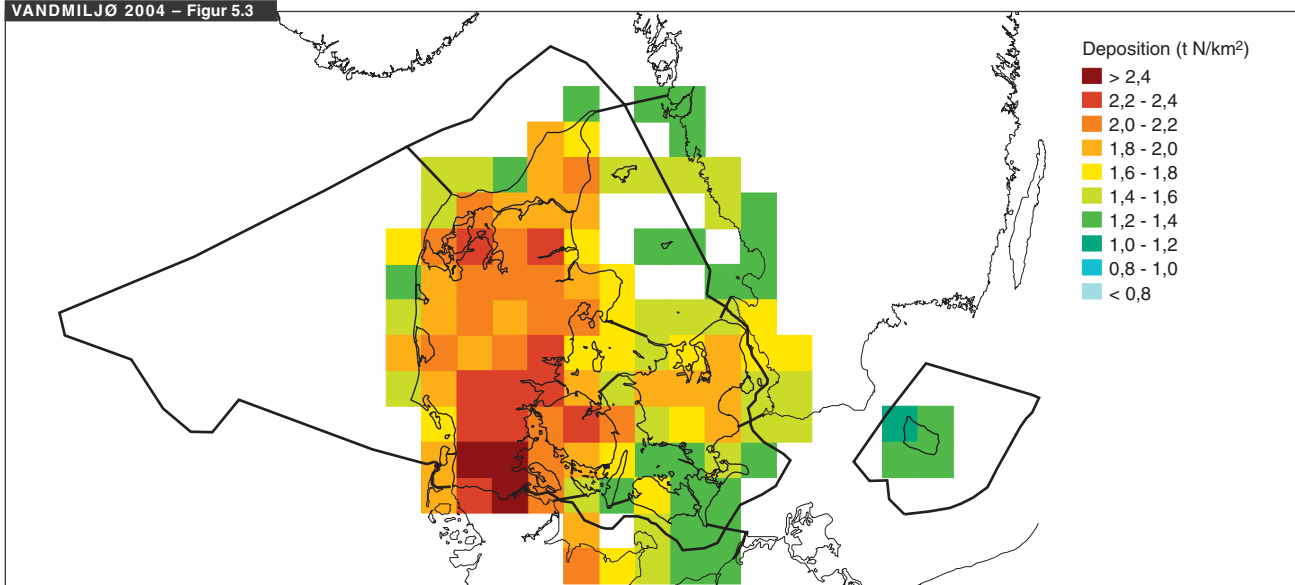
**Tabel 5.1** Den samlede kvælstofdeposition til det danske søterritorium (incl. de svenske dele af Kattegat og Øresund) og landarealer beregnet for 2003 (Ellermann et al., 2004).

VANDMILJØ 2004 – Figur 5.2



**Figur 5.2** Den samlede deposition af kvælstofforbindelser til danske farvande beregnet for 2003. Depositionen gælder kun for vandoverflader i felterne. Depositionen er givet i tons N/km<sup>2</sup> (ved at gange tallene med 10 fås deposition i kg N/ha). Gitterfelterne er på 30 km x 30 km (Ellermann et al., 2004).

VANDMILJØ 2004 – Figur 5.3



**Figur 5.3** Den samlede deposition af kvælstofforbindelser til danske landområder beregnet for 2003. Depositionen gælder kun for landdelen i felterne. Depositionen er givet i tons N/km<sup>2</sup> (ved at gange tallene med 10 fås deposition i kg N/ha). Gitterfelterne er på 30 km x 30 km. Depositionen er beregnet for en gennemsnitlig landoverflade svarende til ca. 10 cm høj plantevækst (Ellermann et al., 2004).



### Kvælstoftilførsel til landområder fra luften

Deposition af kvælstof til de danske landområder er beregnet til 85.000 tons N i 2003. Det er samme niveau som i 2002 (80.000 tons).

Depositionen varierer mellem 12 kg N/ha og 24 kg N/ha (figur 5.3). Årsagen til den store geografiske variation er navnlig, at depositionens størrelse afhænger af den lokale landbrugsaktivitet, fordi ammoniak afsættes tæt på kilden. På helt lokal skala vil der være betydeligt større variationer end beregnet som gennemsnit for modellens gitterfelter på 30 km x 30 km, enten på grund af lokale kilder (husdyrhold) og/eller fordi træer vil fange ammoniak fra luften. Den største deposition sker i Jylland, hvor husdyrproduktionen er høj og hvor nedbørsmængderne er store. Lavest deposition ses på Bornholm, hvor der er langt til store kilder, og hvor nedbørsmængden er lav.

Den gennemsnitlige deposition på 20 kg N/ha år er på niveau med eller over tålegrænserne for mange af de følsomme danske naturtyper f.eks. højmoser (5-10 kg N/ha år) og heder (10-15 kg N/ha år).

### Kilder til kvælstofdeposition

Kvælstofdepositionen til danske land- og vandområder kommer fra en lang række danske og udenlandske kilder. For at kunne vurdere effekten af at reducere emissionerne er det nødvendigt at kvantificere bidragene fra de forskellige danske og udenlandske kilder til depositionen i Danmark.

Ved hjælp af modelberegninger er det muligt at estimere hvor stor en del af depositionen i Danmark, som stammer fra henholdsvis danske og udenlandske kilder. Det er også muligt at skelne mellem deposition, som kan henføres til udslip af kvælstofoxider fra forbrændingsprocesser (f.eks. ved transport, energiproduktion, forbrændingsanlæg og industriproduktion) og udslip som kan henføres til landbrugsproduktion.

Beregningerne viser, at depositionen til såvel vand- som landområder i

Danmark kommer omtrent ligeligt fra forbrændingsprocesser og landbrugsproduktion.

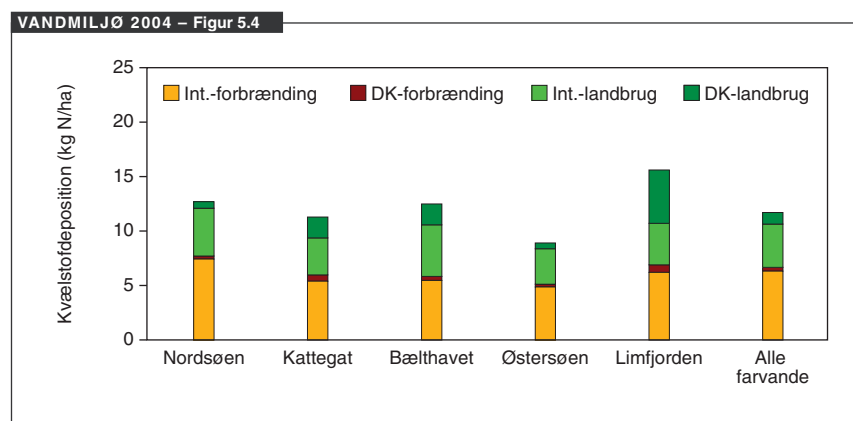
### Kilder til farvande

Langt hovedparten af depositionen til de danske farvandsområder stammer fra udenlandske kilder (figur 5.4). I gennemsnit er den danske andel af depositionen til de åbne danske farvande kun på ca. 12%; størst andel ses for Kattegat (22%) og mindst for Nordsøen (7%), hvilket er i god overensstemmelse med, at de mest hyppige vindretninger er fra syd og vest. For lukkede fjorde, vige og bugter kan den danske andel være betydeligt større, hvilket skyldes den korte afstand til de danske kilder. Et eksempel herpå er Limfjorden, hvor omkring 36% stammer fra danske kilder. Figur

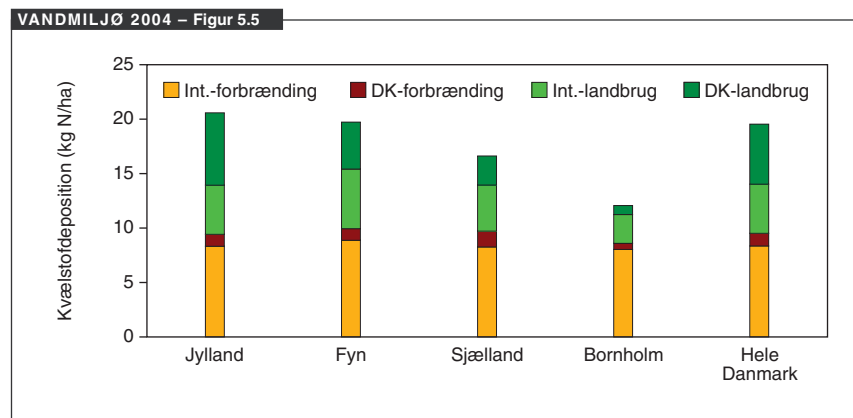
5.4 viser endvidere, at de danske bidrag hovedsageligt stammer fra emissioner fra landbrugsproduktionen, og at forskellen i den danske andel af depositionen stort set kan forklares ved forskellene i bidraget fra landbruget.

### Kilder til landområder

Den danske andel af den gennemsnitlige kvælstofdeposition til Jylland, Fyn, Sjælland og Bornholm (figur 5.5) er større end for farvandsområderne. Den primære årsag til dette er den større deposition af ammoniak fra det lokale landbrug. Størst dansk andel ses for Jylland med 38% fra danske kilder, mens den danske andel af depositionen på Bornholm kun er på 11%. Det store bidrag fra danske kilder til depositionen i Jylland skyldes den store husdyrproduktion.



Figur 5.4 Kvælstofdeposition i 2003 til udvalgte danske farvandsområder opdelt på danske og udenlandske kilder samt opdelt på emissioner fra forbrændingsprocesser og landbrugsproduktion (Ellermann et al., 2004).



Figur 5.5 Gennemsnitlig kvælstofdeposition i 2003 til Jylland, Fyn, Sjælland, Bornholm og hele Danmark opdelt på danske og udenlandske kilder samt opdelt på emissioner fra forbrændingsprocesser og landbrugsproduktion (Ellermann et al., 2004).

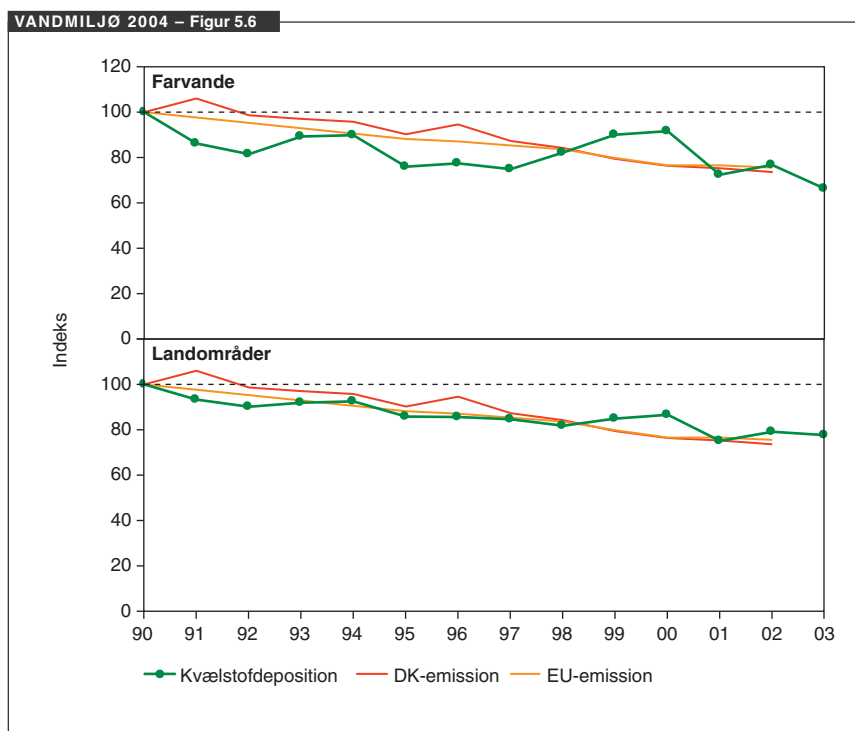
### Udviklingen i kvælstofdeposition

Figur 5.6 viser udviklingen i den gennemsnitlige deposition af kvælstof beregnet som middel af resultaterne fra DMUs hovedmålestationer. Resultaterne viser, at der siden 1990 er sket et fald på ca. 21% i kvælstofdepositionen til både de danske farvande og de danske landområder. Det vurderes, at resultaterne beskriver den generelle udviklingstendens for Danmark som helhed.

## 5.2 Deposition af fosfor

Den samlede deposition af fosfor består af summen af tørdeposition af partikelbundet fosfor og våddeposition af fosfor i regndråber, sne m.m. Den samlede deposition af fosfor til de indre danske farvande og landområder er vurderet til ca. 0,04 kg P/ha (Ellermann *et al.*, 2003). Depositionen til de indre danske farvande (areal 31.500 km<sup>2</sup>) i 2003 kan herudfra estimeres til ca. 130 tons P. Tilsvarende kan depositionen til de danske landområder (areal 43.000 km<sup>2</sup>) estimeres til ca. 170 tons P.

DMU vurderer, at der ikke er sket målelige ændringer i den atmosfæriske deposition af fosfor i perioden 1989-2003.



**Figur 5.6** Udviklingstendenser for den samlede deposition sammenholdt med emissionen af kvælstof til luften i Danmark og i resten af EU. Den øverste del af figuren viser tendenser for udviklingen i depositionen til de indre danske farvande. Den nederste del af figuren viser tendenser for udviklingen i depositionen til danske landområder. Alle værdier er indekseret til 100 i 1990. (Ellermann *et al.*, 2004).

## 6 Grundvand

Forureningsproblemer i grundvandet skyldes bl.a. forhøjet nitratindhold som følge af dyrkning af jorden. Dette kan give sundhedsmæssige problemer med drikkevand, og nitratindholdigt grundvand kan, når det løber til overfladevand, bidrage til eutrofiering af søer og marine områder. Herudover kan der være indhold af pesticider og andre miljøfremmede stoffer i grundvandet, som kan gøre det uegnet til drikkevand. Disse stoffer beskrives i kapitel 10, 11 og 12.

### Grundvandsovervågningsprogrammet

Nogenlunde jævnt fordelt over landet er der etableret 70 grundvandsovervågningsområder (GRUMO), hver udbygget med ca. 17 overvågningsindtag (figur 1.1).

Grundvandsovervågningen er udført hvert år i et fast net med i alt ca. 1.050 indtag. Hertil kommer 112 indtag til overvågning af grundvandets hovedbestanddele i Rabis Bæk området ved Karup og 77 indtag i fire såkaldte redox-boringer etableret i 1998-1999.

Grundvandsovervågningen omfatter også ca. 85 indtag i grundvandet i de fem landovervågningsoplande (LOOP), hvor bl.a. kvaliteten af det helt nydannede grundvand overvåges 1,5-5 meter under terræn.

Endelig indgår de analyseresultater, der fremkommer ved vandværkernes kontrol med det vand, der indvindes til vandforsyning fra vandværkernes boringer (boringskontrol) (GEUS, 2004).

### 6.1 Grundvandsressourcen

Størrelsen af grundvandsdannelsen bestemmes især af vinterne nedbørens størrelse. Grundvandstanden var meget lav efter de meget nedbørsfattige vintre 1995-1997, men blev øget i de efterfølgende nedbørsrige år. Mens året 2002 var usædvanligt nedbørsrigt, var vinteren 2002/2003 ret nedbørsfattig og vinterne 2003/2004 ret tæt på det normale. Grundvandsstanden var ved afslutningen af vinteren 2003/2004 tæt på det for årstiden normale niveau.

#### Indvundne grundvandsmængder

Den totale grundvandsindvinding i 2003 var på 634 mio. m<sup>3</sup>, og indvindingen af overfladevand var 11 mio. m<sup>3</sup>, eksklusiv indvinding til dambrug. Til sammenligning strømmede der i alt 10.660 mio. m<sup>3</sup> til havet gennem vandløb. Vandværkernes indvinding til vandforsyning udgjorde 64% af den samlede indvinding, mens markvanding, gartneri og dambrug tegnede sig for 24%.

På Sjælland, hvor der er stor befolkningstæthed og lille nedbørsoverskud, bruges en stor del af den samlede vandressource til vandforsyning.

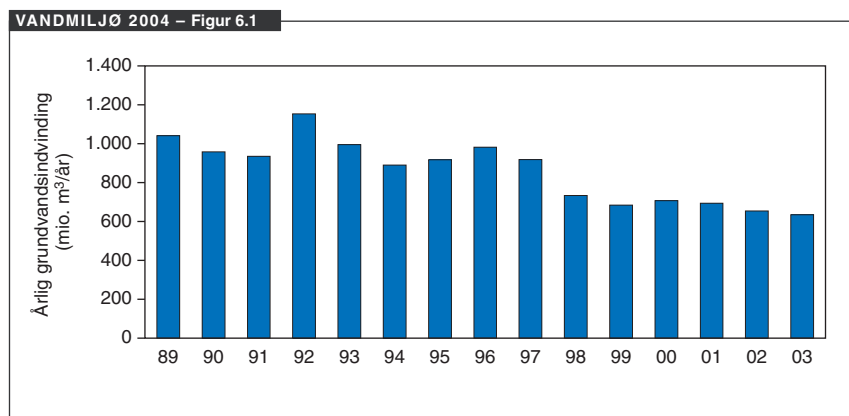
Særligt i Ringkjøbing og Ribe amter indvindes store mængder grundvand til markvanding, henholdsvis 44% og 42% af den samlede grundvandsindvinding i 2003. Vandforbruget til markvanding har været lavt i 2002 og 2003 som følge af relativt nedbørsrige sommermåneder og dermed mindre vandingsbehov. I Nordjyllands Amt blev 27% af den totale grundvandsindvinding brugt i dambrugserhvervet i 2003.

#### Udvikling i vandindvinding

Siden overvågningsprogrammets start i 1989 er den samlede indvinding af grundvand mindsket med 39% fra ca. 1.000 mio. m<sup>3</sup>/år til 6-700 mio. m<sup>3</sup>/år som vist i figur 6.1.

Faldet i vandindvinding skyldes, at vandværkernes oppumpning faldt med 37% fra ca. 600 mio. m<sup>3</sup>/år omkring 1990 til ca. 400 mio. m<sup>3</sup>/år i 2000, hvor faldet i vandforbruget stagnerede.

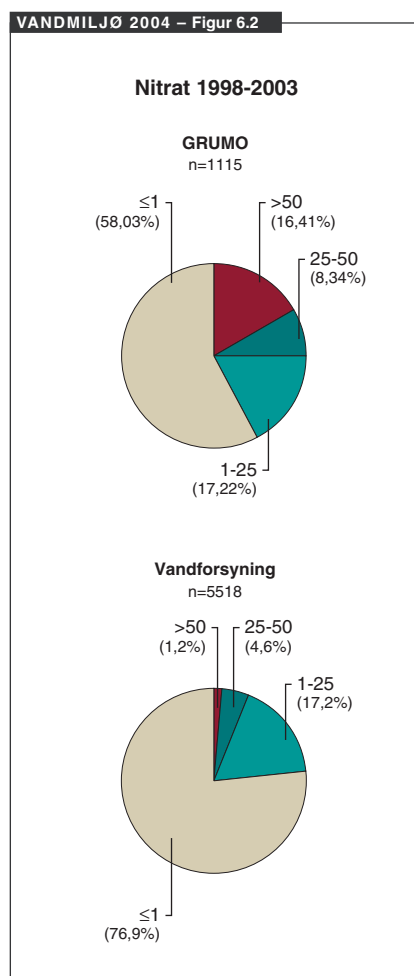
Vandforbruget til markvanding og gartneri har de seneste 6 år været markant lavere end i den forudgående periode fra 1989 til 1997. Det skyldes den større og tidsmæssigt gunstige nedbør i vandingssæsonen maj til juni i de senere år.



Figur 6.1 Den samlede grundvandsindvinding i Danmark for årene 1989-2003 (GEUS, 2004).

## 6.2 Nitrat i grundvand

En oversigt over fordelingen af nitratindholdet i GRUMO og vandforsyningsboringerne i 2003 er vist i figur 6.2. Ca. 16% af GRUMO indtagene har et nitratindhold over den højest tilladelige værdi for drikkevand på 50 mg NO<sub>3</sub>/l, mens det for vandforsyningsboringerne er nede på ca. 1%. Størstedelen af vandforsyningsboringerne (75%) og 40% af GRUMO indtagene indeholder mindre end 1 mg nitrat/l. Fordelingen af nitratindholdet har stort set været uændret siden overvågningsprogrammets start.



**Figur 6.2** Fordeling af nitratindholdet grundvand i grundvandsovervågningsområderne (GRUMO) og i vandværksindvindinger for perioden 1998-2003 (GEUS, 2004).

### Nitratindhold afhænger af dybden

Den største del af analyserne med nitrat kommer fra indtag, der ligger mindre end 30-50 meter under terræen (figur 6.3). De højeste nitratindhold findes ikke uventet i vandindtag i de øverste 10 meter med mere end 50 mg/l nitrat i over 15% af indtagene. Årsagen til at nitratindholdet falder med stigende dybde er ikke blot, at det gamle grundvand i stor dybde havde et mindre indhold af nitrat, da det blev dannet for mange årtier siden. Der sker også en reduktion af nitratindholdet (denitrifikation), når nitratindholdigt vand kommer ned i reducerende (iltfrie) jordlag.

### Nitratindholdet afhænger både af tilførsel og af omsætning i grundvandet

Fordelingen af nitratindholdet med dybden (figur 6.3) passer med den geokemiske opdeling af grundvandet i 4 redoxzoner, hvor den øverste med højt redoxpotentiale – ilt-zonen – har et højt iltindhold, og nitratindholdet kan være højt på grund af udvaskning fra rodzonen.

I den næste zone – nitrat-zonen – er iltindholdet lavt, fordi det er blevet brugt, bl.a. til nedbrydning af organisk stof i jorden. I denne zone forbruges nitrat, men der er stadig et betydeligt indhold af nitrat i grundvandet.

Under nitrat-zonen findes så jern- og sulfat-zonen med jern og sulfat, men uden nitrat og ilt.

Endelig findes der dybest den stærkt reducerede sulfidholdige/sulfatreducerende zone – metan-zonen med meget lavt redoxpotentiale. I de to nederste zoner vil der også ofte være høje koncentrationer af fosfor i grundvandet.

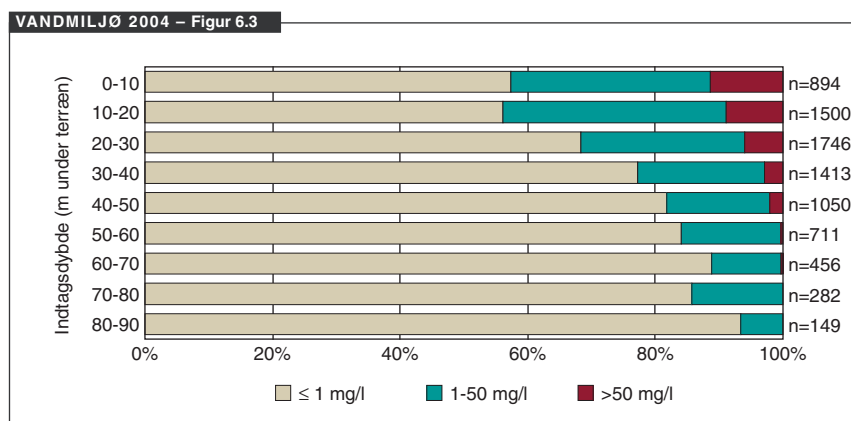
### Udvikling i nitratindhold

En meget stor del af det overvågede grundvand er dannet, før Vandmiljøplanens vedtagelse. Derfor kan en effekt af de tiltag, der blev gennemført som en del af vandmiljøplanerne, endnu ikke forventes at kunne måles i dette grundvand.

Generelt er det gennemsnitlige nitratindhold i det yngste grundvand faldet på landsplan både i land- og grundvandsovervågningen (Grant *et al.*, 2004, og GEUS, 2004).

### Geografisk fordeling af nitrat i grundvand

På grund af kombinationen af stor nitratbelastning og ugunstige geologiske forhold (ringe reduktionskapacitet) er det som de tidligere år stadig Nordjylland, Viborg og Århus amter, der har den største andel af indtag med over 25 mg/l nitrat i boreringskontrollata – især i det såkaldte 'Nitrat-bælte', der strækker sig fra det nordvestlige Århus Amt ind i Viborg Amt (figur 6.4).



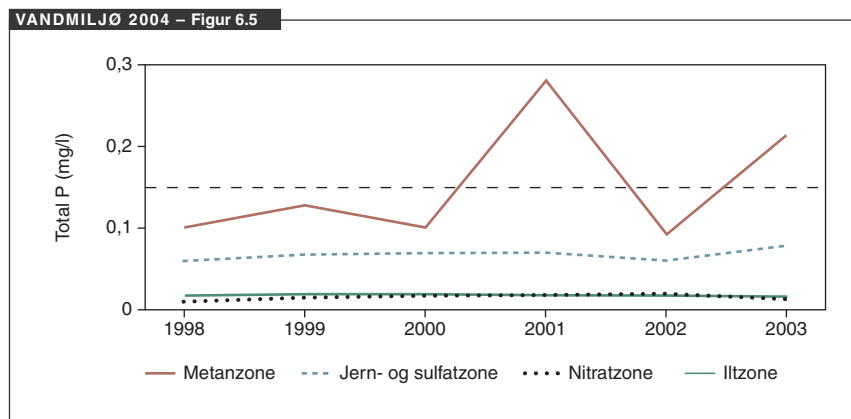
**Figur 6.3** Fordeling af nitratindholdet efter indtagsdybde under terræen for LOOP, GRUMO og vandværksboringer m.v. for perioden 1998-2003. n betegner antallet af indtag (GEUS, 2004).

Grundvand, der indvindes til drikkevand i dårligt beskyttede områder som på Mors, ved Ålborg, på Djursland, omkring Roskilde Fjord og på Bornholm, har også et højt nitratindhold. Det er således stadigvæk i Jylland – med de mest sandede områder – at andelen af borerer med relativt højt nitratindhold er størst. Data fra gruppen 'Andre borerer' (vandværksboringer med anden anvendelse end vandindvinding, f.eks. pejleboringer og afværgeboringer) er skævt fordelt, idet de fleste oplysninger stammer fra Storstrøms, Sønderjyllands, Ribe, Viborg og Nordjyllands amter. Mange af disse målinger er fra brønde og repræsenterer derfor grundvand tæt ved jordoverfladen. Disse data stammer fra en undersøgelse af små, private vandforsyningsboringer (GEUS, 2004a).

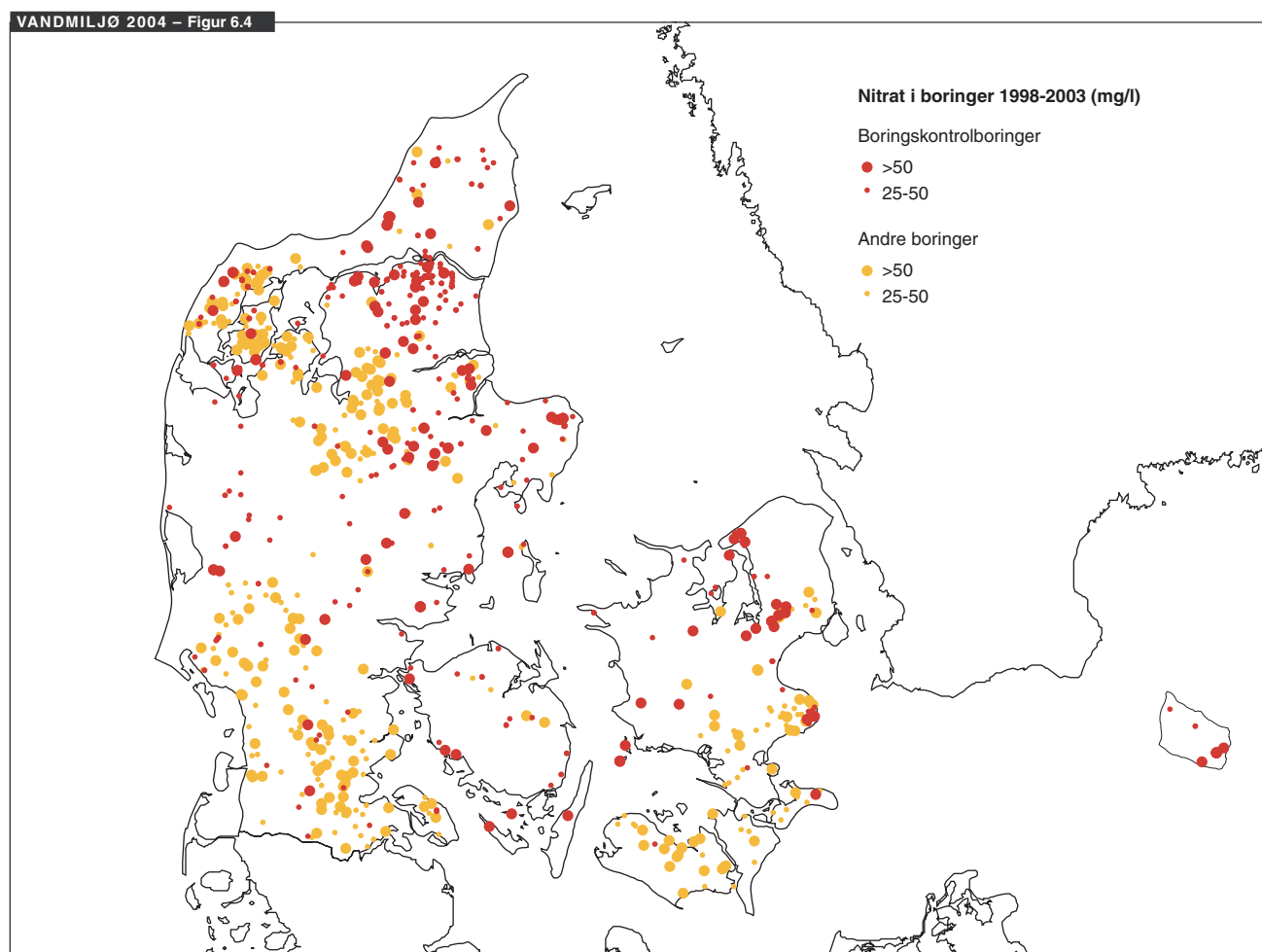
### 6.3 Fosfor i grundvand

Fosforindholdet grundvandet afhænger af de geologiske forhold og især af det såkaldte redoxpotentiale i grundvandsmagasinet (se under nitrat).

Udviklingen og fordelingen af total fosfor i 4 redoxzoner for GRUMO-data er vist i figur 6.5. I både ilt- og nitrat-zonerne ligger indholdet af opløst total fosfor lavt, og næsten alle indtag har et indhold, der ligger un-



**Figur 6.5** Grundvands indhold af opløst total fosfor i mg/l i perioden 1998-2003. Kurverne repræsenterer årgennemsnit for de 4 redoxzoner i GRUMO overvågningen. Desuden er indtegnet grænseværdien for fosforindhold i drikkevand på 0,15 mg P/l (GEUS, 2004).



**Figur 6.4** Vandværksboringer og 'Andre borerer' med nitratindhold på 25-50 mg/l og mere end 50 mg/l i perioden 1998-2003. For vandværkerne udgør disse borerer 6% af alle indvindingsboringer: Borerer med mindre end 25 mg nitrat/l er ikke vist (GEUS, 2004).

der grænseværdien for drikkevand på 0,15 mg/l. Under disse redoxforhold er fosfor bundet til jordpartikler, bl.a. som jernforbindelser. Desuden ses der ingen ændring i indholdet gennem perioden. I jern og sulfat-zonen ligger fosforindholdet højere – i gennemsnit op mod 0,1 mg/l, men værdier op til 0,3 mg/l er ikke sjældne. Mere end 75% af indtagene ligger dog under grænseværdien for drikkevand. Indtagene fra metan-zonen har ofte et meget højt indhold af opløst fosfor – gennemsnit ca. 0,2 mg/l, men værdier på 0,4 mg/l er ikke sjældne. Disse høje fosforindhold er naturbetingede og forekommer især i yngre marine aflejringer.

#### Eutrofiering af overfladevand

Høje fosforindhold i indvindingsboringer vil normalt blive fjernet ved vandbehandlingen på vandværkerne,

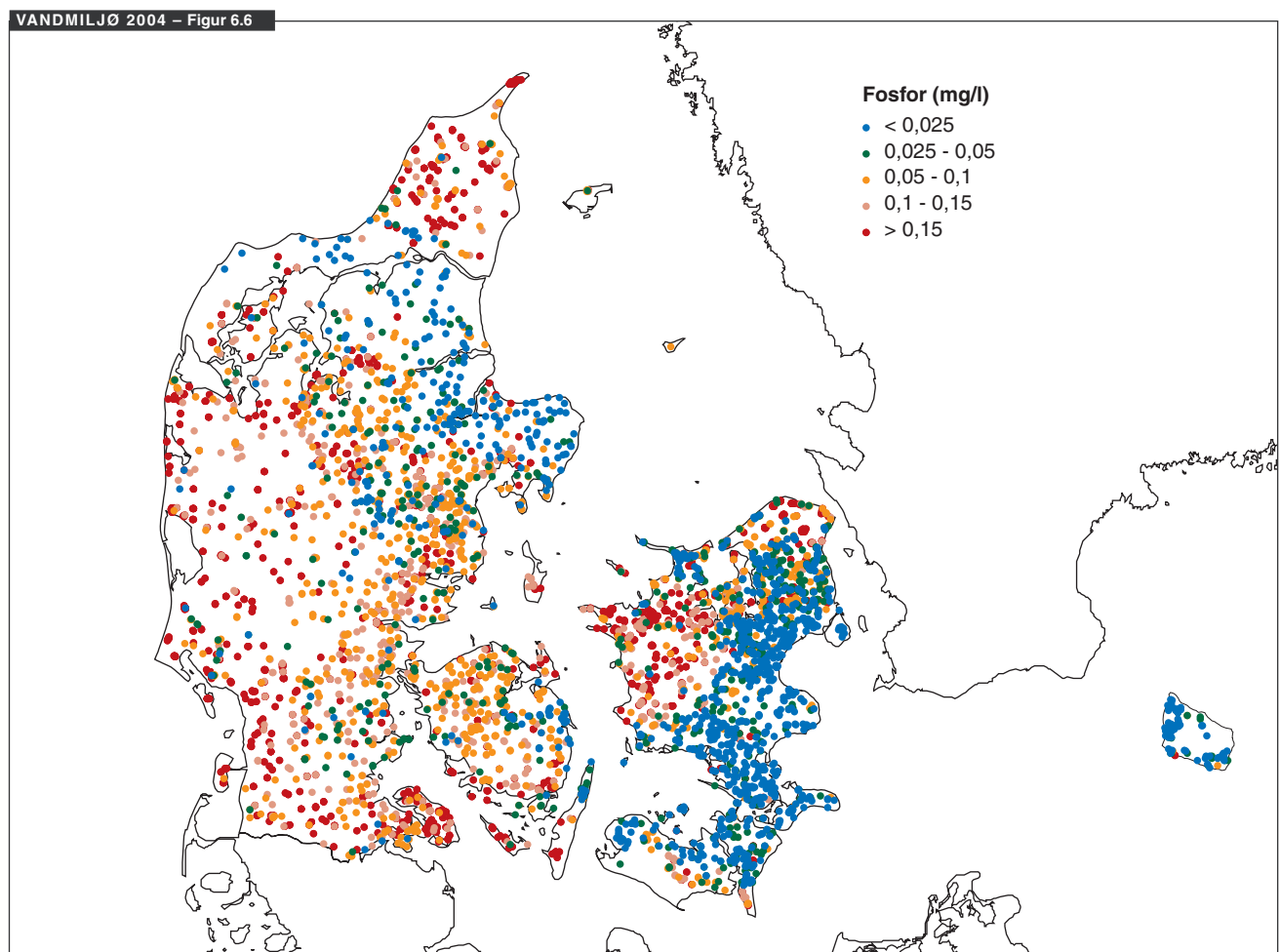
inden det når ud til forbrugerne. Derimod vil fosforindhold på over ca. 0,05 mg/l kunne bidrage til eutrofiering af nedstrøms liggende søer og fjorde, hvis dette grundvand strømmer til overfladevand. Hvis grundvandet samtidig indeholder betydelige mængder af jern, vil dette dog udfælde fosfor i form af jernforbindelser og dermed fjerne fosfor fra vandet.

#### Geografisk fordeling af fosfor i grundvand

Fosforindholdet i vandværksboringerne er visse steder i landet relativt højt. For ca. 20 % af de indberettede indtag er indholdet af opløst fosfor mere end 0,15 mg/l fosfor. De høje fosforindhold kan ofte henføres til boringer, hvor vandet har været i kontakt med lerede marine aflejringer fra mellemistiderne, som f.eks. i Nordjylland, Sønderjylland, Als, Ærø og Lange-

land m.m. (figur 6.6). I områder med kalkaflejringer og uden disse marine aflejringer, som i store dele af Sjælland samt på Lolland, Falster, Møn, Djursland, Himmerland og Hanherred, findes kun få boringer med høje fosforindhold.

I ca. 10% af de private brønde uden vandbehandling er den højst tilladelige værdi for drikkevand overskredet. Dette skyldes formentlig især tilførsel af forurenede overfladevand.



**Figur 6.6** Total fosfor i vandværksboringer 1998-2003. Kun data for det reducerede grundvand, hvor både ilt- og nitratindhold er under 1 mg/l er vist (GEUS, 2004).

## 7 Søer

Det dominerende forureningsproblem i danske søer er de forhøjede indhold af alger i søvandet, især som følge af stor tilførsel af fosfor. Også kvælstoftilførslen har betydning for miljøtilstanden i en del søer. Mest forurenede er de spildevandsbelastede søer, men de seneste årtiers spildevandsrensning har ført til, at udvaskningen af fosfor fra dyrkede arealer nu er den største forureningskilde.

Som følge af fosforfjernelse fra spildevandet er fosfortilførslen til de spildevandsbelastede søer mindsket stærkt, og der er registreret forbedringer med hensyn til sigtddybde og algemængde i 10-12 ud af de 27 ferskvandssøer, der indgår i overvågningsprogrammet. Forbedringer i søer sker dog oftest med årtiers forsinkelse på grund af ophobet fosfor i søbunden.

VANDMILJØ 2004 – Tabel 7.1

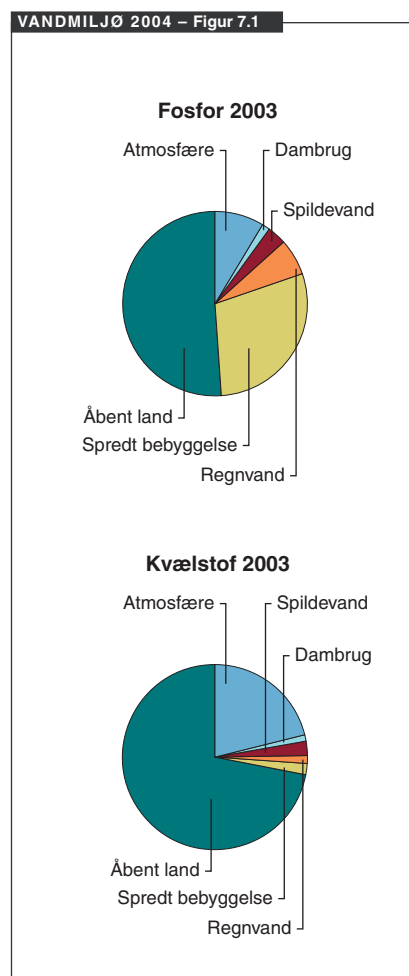
Karakteristik af søoplande 2003	Antal søer
Spildevand > 25% af P tilførsel	11
Mere end 50% opdyrket	19
Mere end 50% befæstet	3
Mere end 50% skov og natur	4

**Tabel 7.1** Karakteristik af de 31 overvågnings søers oplande. Nogle af søerne falder i mere end én af de nedennævnte grupper, mens andre falder udenfor (tal fra *Jensen et al., 2004*).

**Figur 7.1** Den procentuelle fordeling af fosforkilder og kvælstofkilder til overvågnings søerne i 2003. Fordelingen er beregnet som gennemsnit af de enkelte søers procentfordeling og kan derfor ikke sammenlignes med de absolutte tal angivet i tabel 7.2 (*Jensen et al., 2004*).

### 7.1 Nærings salttilførsel til søerne

Størrelsen af nærings saltkilder og samlet tilførsel af nærings salte til den enkelte sø afhænger helt af søens opland og aktiviteterne i det enkelte opland. En grov karakterisering af overvågnings søernes opland er givet i tabel 7.1. Størstedelen af søerne har opdyrkede oplande, mens færre søer modtager spildevand fra byer. Spildevand i tabel 7.1 omfatter både tilførsel fra byer og fra spredt bebyggelse.



#### Kildefordeling af fosfor og kvælstof

Ca. halvdelen af fosfortilførslen til overvågnings søerne kom i 2003 fra det åbne land, dvs. udvasket fra arealerne i oplandet (figur 7.1). Det omfatter både den naturgivne baggrundsudvaskning og den ekstra tilførsel, som skyldes dyrkningen af jorden i oplandet. Denne andel af tilførslen er mindre end i de foregående år, fordi 2003 var et forholdsvis nedbørsfattigt år og dermed med mindre tab fra det åbne land.

Den udvaskede fosfor er dels opløst i det vand, der strømmer fra arealerne, og dels bundet til de jordpartikler, der transporteres med vandet, især ved stor afstrømning.

Det er vanskeligt at 'fordele' fosfor bidraget fra det åbne land mellem det naturbetingede bidrag og det bidrag, som skyldes dyrkningen af jorden.

For NOVA vandløbsoplande har *Bøgestrand (red.), 2004* opgjort udvaskningen af fosfor fra dyrkede arealer til at være ca. 2-3 gange udvaskningen fra naturarealer. Dette er formentlig også gældende for NOVA søoplandene (se kapitel 8, tabel 8.3).

Kvælstofbidraget fra det åbne land er beregnet til 72% af den samlede tilførsel. Det er omtrent på niveau med de tidligere år.

For fosfor er det beregnede bidrag fra spredt bebyggelse af væsentlig betydning (29%) og større end de øvrige spildevandskilder tilsammen, idet udledninger fra renseanlæg, regnbetingede udledninger og dambrugsbidrag i alt udgør ca. 10%. For kvælstofs vedkommende er disse udledninger uden betydning (figur 7.1).

#### Den totale tilførsel af fosfor og kvælstof

I tabel 7.2 er opgjort de totale årlige tilførsler af fosfor og kvælstof til overvågnings søerne som gennemsnit for perioderne 1989-1995, 1996-2002 og for 2003. Allerede før 1989 var der sket store reduktioner i fosfortilførs-

len, fordi de fleste renseanlæg med spildevandsudledning til disse søer allerede tidligere havde fået etableret fosforfjernelse, eller spildevandet var blevet afskåret fra søerne.

Tallene i tabel 7.2 viser det markante fald i fosfortilførsel fra renseanlæg. Der er også beregnet en meget stor reduktion i kvælstoftilførsel fra det åbne

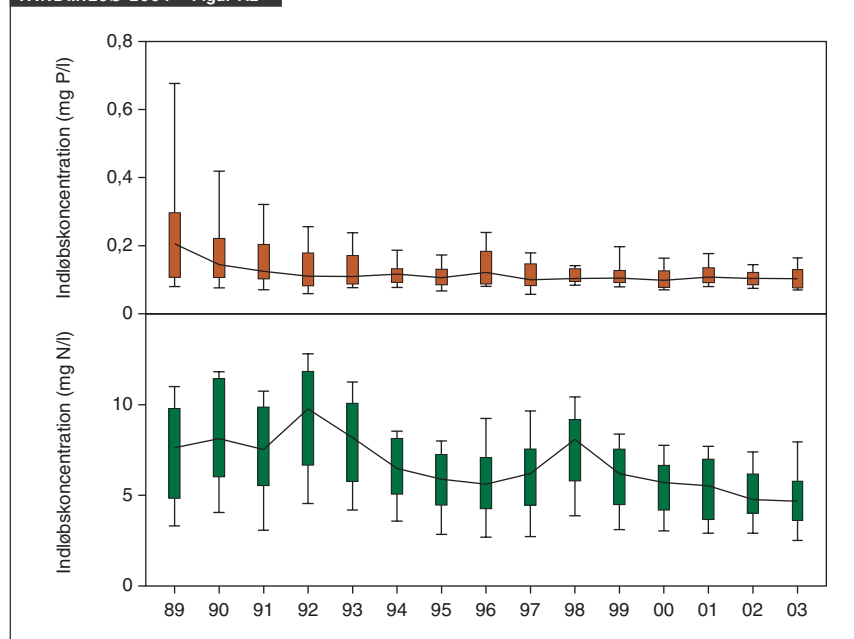
land. Reduktionen skyldes både den generelle reduktion i udvaskning fra dyrkede arealer og den lave afstrømning i 2003. Den opgjorte reduktion (i 2003 til ca. 1/3 af niveauet i 1989-1995) er dog påfaldende stor i forhold til de målte generelle reduktioner i kvælstoftransport gennem vandløb (se kapitel 8).

VANDMILJØ 2004 – Tabel 7.2

P og N kilder	Periode	Fosfortilførsel (t/år)	Kvælstoftilførsel (t/år)
Total tilførsel	1989-95	3,98	163,2
	1996-02	2,07	99,5
	2003	1,55	55,3
Renseanlæg	1989-95	1,80	14,7
	1996-02	0,37	5,8
	2003	0,22	4,4
Regnbetingede udløb fra byer	1989-95	0,30	1,2
	1996-02	0,25	1,0
	2003	0,21	0,8
Spredt bebyggelse	1989-95	0,64	2,1
	1996-02	0,45	2,0
	2003	0,46	2,0
Dambrug	1989-95	0,07	0,8
	1996-02	0,01	0,7
	2003	0,01	0,6
Tilførsel fra åbent land (arealbidrag)	1989-95	1,08	136,9
	1996-02	1,01	93,6
	2003	0,66	44,8

Tabel 7.2 Fosfor- og kvælstofkilder til overvågningssøerne opgjort som gennemsnit for perioderne 1989-1995, 1996-2002 og for 2003 (Jensen et al., 2004).

VANDMILJØ 2004 – Figur 7.2



Figur 7.2 Koncentrationer af fosfor og kvælstof i det vand, der løber til overvågningssøerne i perioden 1989-2003. Linierne forbinder medianværdier for det enkelte år. Desuden er 10% og 25% fraktiler vist (Jensen et al., 2004).

## P og N indhold i tilløb til søerne

Udviklingen i koncentrationer af fosfor og kvælstof i det vand, der løber til søerne, er meget forskellig (figur 7.2).

Fosforindholdet i tilløbsvandet er mindsket stærkt siden 1989 i de spildevandsbelastede søer, hvor tilløbskoncentrationerne var høje. Derimod er medianværdierne næsten uændrede gennem perioden, fordi der i alle de ikke spildevandsbelastede søer ikke er sket væsentlige ændringer i fosfortilførslen.

Kvælstofindholdet er derimod generelt faldet, fordi der er en væsentlig andel af dyrkede arealer i næsten alle søoplandene, og fordi udvaskningen herfra generelt er mindsket (se kapitel 4 og 8).

## 7.2 Udvikling i vandkvalitet

### Fosfor- og kvælstofkoncentrationer

Udviklingen i søvandets indhold af fosfor- og kvælstofforbindelser følger i nogen grad udviklingen i indholdet i det vand, der løber til søerne.

Fosforindholdet i de mest forurenede søer er mindsket stærkt (figur 7.3) fra omkring 0,4 til omkring 0,2 mg P/l for 10% fraktilen.

Der er en mindre tydelig udvikling i søvandets indhold af kvælstof, dog er kvælstofindholdet mindsket i søer med særligt høje kvælstofindhold (figur 7.3).

Forskelle i udvikling i fosfor- og kvælstofindhold i søerne skyldes, at fosfor og kvælstof opfører sig forskelligt i søerne.

Store fosformængder er ofte ophobet i søernes mudderbund. Frigørelse af fosfor fra denne pulje giver forsinkelser i reduktion af fosforindholdet i vandet, oftest på flere årtier.

Kvælstof ophobes ikke på samme måde i søerne, og ændringer i søvandets indhold af kvælstofforbindelser sker derfor hurtigt efter ændringer i tilløbskoncentrationer. Interne processer i søerne vil dog medføre, at ændringerne i søvandet bliver mindre end ændringerne i tilløbsvandet. Det skyldes, at nitrat i søerne delvis om-



dannes til atmosfærisk kvælstof, og at en del alger i søerne kan optage atmosfærisk kvælstof og således modvirke en reduktion af tilførslen.

I lavvandede søer vil der dog ofte ske en reduktion af kvælstofindholdet, hvis algemængden mindskes, f.eks. som følge af mindsket fosfortilførsel. Det skyldes, at en større del af kvæ-

stofindholdet så ikke optages i algerne, men forbliver på nitratform, og dermed lettere omsættes til atmosfærisk kvælstof (N<sub>2</sub>). En reduktion af fosfortilførslen til lavvandede søer vil derfor ofte føre til, at kvælstofindholdet i søen mindskes, og at transporten af kvælstofforbindelser til nedstrøms liggende søer og fjorde også mindskes.

### Sigtddybe og algemængde

Det generelt reducerede næringsstofniveau i søerne siden 1989, har givet sig udslag i en øget sigtddybe og et faldende klorofylindhold (figur 7.4). Årsmiddelsigtddyben for alle søerne er øget fra 1,7 m i perioden 1989-95 til 2,0 m i 2003, mens sommermiddelsigtddyben er øget fra 1,4 til 1,7 m (tabel 7.3) svarende til en forbedring i sigtddyben på 21%.

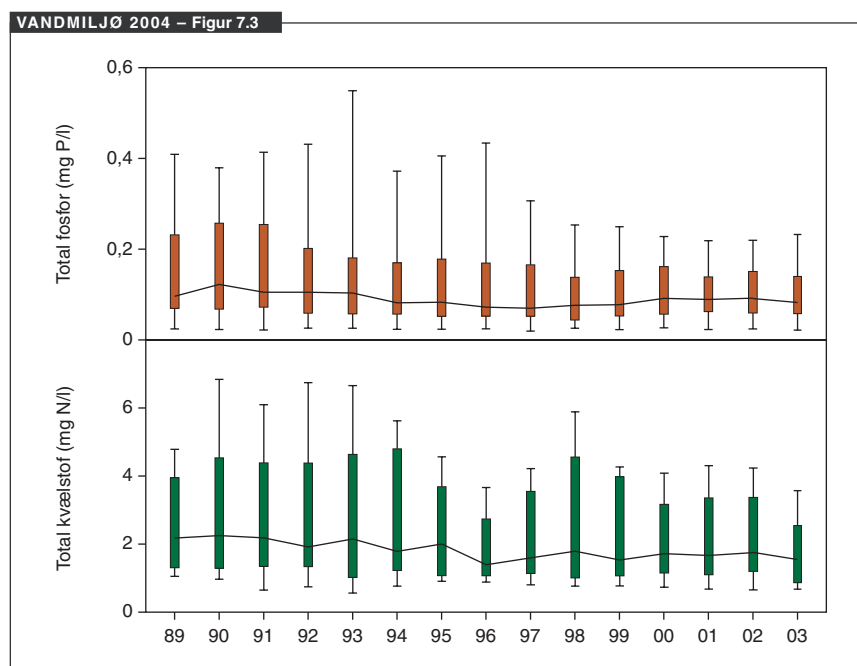
Den forbedrede sigtddybe skyldes, at algemængden er mindsket i overvågningssøerne. Som et udtryk herfor er års- og sommermiddel for klorofylindholdet i søvandet mindsket med hhv. 45% og 35% i år 2003 i forhold til perioden 1989-95. Gennemsnits- og medianværdier for sigtddybe, klorofyl og volumen af alger i overfladevandet i sommerperioderne er vist i tabel 7.3. Tallene giver et meget konsistent billede af en generel, men moderat forbedring i miljøtilstanden i søerne.

### Oversigt over udviklingen i vandkvalitet

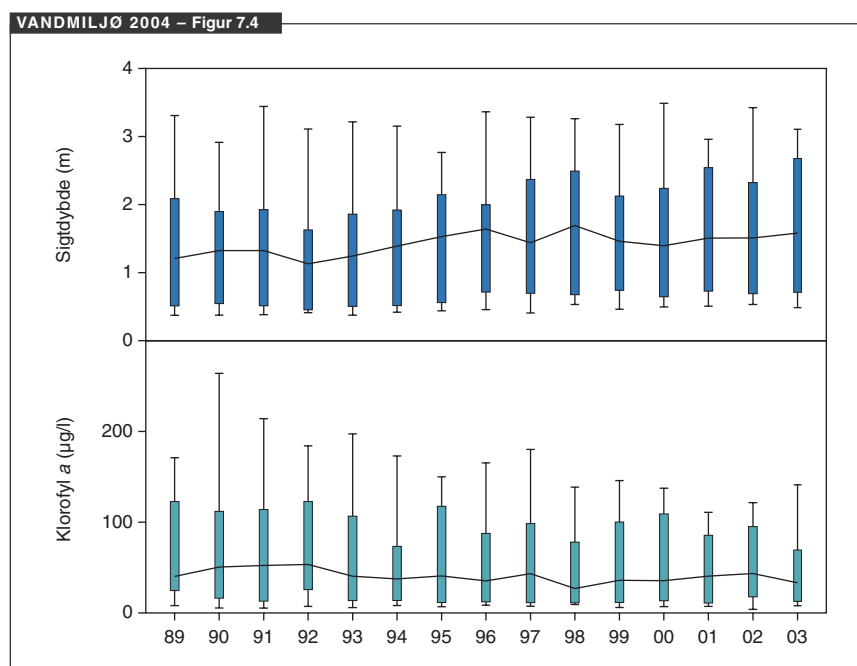
Nøgledata for vandkvalitet i de enkelte søer demonstrerer, at der er en betydelig generel fremgang i vandkvalitet i overvågningssøerne (tabel 7.4). I ca. halvdelen af søerne er der sket ændringer i de biologiske forhold hen mod en mindre foruren tilstand. Enten er sigtddyben øget og/eller algemængden er mindsket med heraf følgende mulighed for en større udbredelse af bundplanter, eller algesammensætningen i søvandet er ændret henimod en større forekomst af alger, som er typisk for ikke eutrofierede søer, f.eks. gualger.

### Øvrige biologiske forhold

Der er kun registreret små ændringer i de øvrige biologiske forhold i søerne (Jensen et al., 2004). Der er dog sket et fald i mængden af zooplankton i søerne, formentlig især som følge af den mindskede algemængde. Mængden af store dafnier (*Daphnia*) er dog steget. Det passer med, at mængden af zooplanktonædende fisk (f.eks. skalle) er mindsket, og mængden af rovfisk tilsyneladende øget. Under disse forhold vil de store dafnier være



**Figur 7.3** Koncentrationer af fosfor og kvælstof i overvågningssøerne i perioden 1989-2003. Linierne forbinder medianværdier for det enkelte år. Desuden er 10% og 25% fraktiler vist (Jensen et al., 2004).



**Figur 7.4** Udviklingen i sigtddybe og klorofylindhold i overfladevandet i sommerperioden i overvågningssøerne i perioden 1989-2003. Linierne forbinder medianværdier. Desuden er 10% og 25% fraktiler vist (Jensen et al., 2004).

**VANDMILJØ 2004 – Tabel 7.3**

Søer 1989- 2003	Sigtdybde (m)		Klorofyl <i>a</i> (mg/l)		Algevolume (mm <sup>3</sup> /l)	
	gennemsnit	median	gennemsnit	median	gennemsnit	median
1989-95	1,44	1,38	0,077	0,050	14,1	10,4
1996-02	1,63	1,61	0,057	0,037	10,7	9,5
2003	1,73	1,58	0,050	0,033	10,1	4,8

**Tabel 7.3** Gennemsnit og medianværdier af sigtdybde, klorofyl og algevolume i overfladevandet i overvågnings søerne i sommerperioden (1/5-30/9) for 1989-95 og 1996-2002 og året 2003 (tal fra Jensen et al., 2004).

mindre udsat for at blive ædt, og de kan derfor bedre bidrage til at holde algemængden nede gennem deres græsning af algerne i vandet.

Der er ikke sket generelle ændringer i undervandsvegetationen i søerne. Det kunne forventes, at den øgede sigtdybde i en stor del af søerne ville have medført en øget udbredelse af undervandsplanter, fordi lysforholdene for planterne bliver bedre.

**VANDMILJØ 2004 – Tabel 7.4**

Ændringer i søerne 1989-2003	Årsmiddel i tilløb		Årsmiddel i sø		Sommermiddel (1/5-30/9) i sø			
	Total fosfor	Total kvælstof	Total fosfor	Total kvælstof	Sigt-dybde	Klorofyl <i>a</i>	Alge-volumen	Gulalger
Søby Sø	0	0	0	0	–	0	0	0
Holm Sø	–	–	0	0	0	0	0	++
Maglesø	0	0	0	–	0	0	0	0
Nors Sø	0	–	0	0	0	0	0	0
Ravn Sø	–	–	–	–	0	0	–	0
Søholm Sø	+++	0	–	0	0	0	0	++
Kvie Sø	–	–	0	0	0	0	0	++
Bastrup Sø	0	–	0	–	++++	0	0	++
Hornum Sø	0	0	0	0	0	0	0	–
Ørn Sø	–	–	–	–	0	–	0	+++
Furesøen	–	–	–	–	++++	0	–	0
Fårup Sø	0	–	–	–	++++	–	–	0
Damhussøen	0	0	–	0	++	–	0	0
Bryrup Langsø	–	0	–	–	0	0	0	++
Hinge Sø	0	–	0	–	0	0	0	0
Tissø	–	–	+	0	++++	0	0	0
Engelsholm Sø	0	–	–	–	+++	–	–	++
Bagsværd Sø	0	0	–	0	0	0	–	0
Borup Sø	0	–	–	–	+++	–	–	++
Arreskov Sø	–	–	0	0	++	0	0	0
Tystrup Sø	–	–	–	–	0	++	++	0
Arresø	–	–	–	–	0	–	–	0
Vesterborg Sø	0	–	–	–	++++	–	–	0
St. Søgård Sø	–	–	–	–	0	–	–	0
Utterslev Mose	–	–	0	0	0	0	0	0
Søgård Sø	0	–	–	–	++++	–	0	0
Gundsømagle Sø	–	–	–	–	+	–	0	+++
<b>I alt søer med +</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>9</b>
<b>I alt søer med –</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>1</b>

**Tabel 7.4** Ændringer i vandkvalitetsparametre i overvågnings søerne (27 ferskvandssøer) i perioden 1989-2003. Ændringerne er vist med + tegn (højere værdier) eller – tegn (lavere værdier). Jo flere + eller –, desto sikrere er bedømmelsen af, at der er sket en ændring (henh. 90, 95, 99 og 99,9 % sikkerhed). Brakvandssøerne er ikke medtaget fordi de kun har indgået i overvågningen siden 1999 (Data fra Jensen et al., 2004).

### 7.3 Søernes målsætning og aktuelle tilstand

Amterne har i deres regionplaner fastsat målsætninger for søernes miljøtilstand. I sammenhæng hermed har amterne fastsat retningslinier for evt. reduktion af de næringsstoffer, der kan reguleres via regionplanlægningen. Ofte er der fastsat kvalitetsmål for sigtddybde og fosforindhold, samt evt. for klorofylindhold i søvandet.

For overvågningssøerne spænder sigtddybdekravet fra 0,8 m til 4 m og kravet til det maksimale fosforindhold fra 0,025 til 0,125 mg P/l.

Både den aktuelle miljøkvalitet i søerne og den tilstand, der ville have været uden nogen form for forurening, afhænger stærkt af dybdeforhold i søen og af vandets opholdstid i søen.

I tabel 7.5 er samlet nogle nøgleoplysninger om hver enkelt sø, både til karakterisering af de naturgivne

forudsætninger og de generelle miljøforhold i søen. Samtidig er det angivet om miljømålsætningen for søen var opfyldt i 2003.

Målsætningen var opfyldt for 7-8 af de 31 søer i 2003. Målopfyldelsen for overvågningssøerne er dermed på samme niveau som for danske søer generelt, idet det i 1997 og 2001 blev lavet opgørelser, som viste, at ca. 1/3 af de danske søer opfyldte deres miljømålsætning (Jensen et al., 2004).

VANDMILJØ 2004 – Tabel 7.5

Sø karakteristika 2003	Søareal (km <sup>2</sup> )	Middeldybde (m)	Oplandsareal (km <sup>2</sup> )	Dyrket areal (% af opland)	Fosfortilførsel (g P/m <sup>2</sup> pr. år)	Total fosfor (µg P/l)	Klorofyl a (µg/l)	Sigt (m)	Målsætning opfyldt
Søby Sø	0,73	2,8	0,8	15	0,04	25	6	3,1	Nej
Holm Sø	0,12	0,8	1,0	4	0,03	22	1	1,5	Ja
Maglesø	0,15	3,6	1,2	48	0,02	20	8	2,6	Ja
Nors Sø	3,47	3,6	20,5	43	0,01	32	14	2,7	Ja
Ravn Sø	1,82	15,0	57,2	70	0,48	21	9	3,3	Nej
Søholm Sø	0,26	6,5	5,7	54	0,49	58	21	1,4	Nej
Kvie Sø	0,30	1,2	0,6	20	0,01	82	13	1,6	Nej
Bastrup Sø	0,33	3,5	4,1	58	0,08	64	28	2,8	Nej
Hornum Sø	0,11	1,5	7,9	76	0,17	46	8	2,9	Ja
Ørn Sø	0,42	4,0	56,0	41	8,97	60	35	1,5	Nej
Furesøen	7,31	16,5	79,0	18	0,06	92	26	3,3	Nej
Fårup Sø	0,99	5,6	13,8	73	0,93	79	16	2,6	Nej
Damhussøen	0,46	1,6	56,9	10	0,09	73	8	1,8	Ja
Bryrup Langsø	0,38	4,6	48,2	69	1,34	63	22	2,1	Nej
Hinge Sø	0,91	1,2	53,8	81	2,31	118	141	0,5	Nej
Tissø	12,3	8,2	417,9	68	0,55	107	35	2,0	Nej
Engelsholm Sø	0,44	2,6	16,1	77	0,83	69	53	1,6	Nej
Bagsværd Sø	1,21	1,9	6,8	2	0,03	83	49	0,5	Nej
Borup Sø	0,10	1,1	7,6	54	1,63	98	33	1,2	(Ja)
Arreskov Sø	3,17	1,9	24,9	43	0,17	233	173	1,3	Nej
Tystrup Sø	6,62	9,9	682,5	68	2,50	120	37	2,7	Nej
Arresø	39,9	3,1	216,1	44	0,29	228	101	0,7	Nej
Vesterborg Sø	0,21	1,4	30,3	69	1,43	140	69	0,7	Nej
St. Søgårdsø	0,60	2,7	44,9	75	1,17	232	60	0,8	Nej
Utterslev Mose	0,30	1,1	1,25	8	0,14	232	103	0,6	Nej
Søgård Sø	0,27	1,6	22,7	87	1,61	193	135	0,5	Nej
Gundsømagle Sø	0,32	1,2	66,0	70	4,62	267	146	0,4	Nej
Ulvedybet	5,80	1,0	55,4	60	0,17	205	12	1,4	Ja
Ferring Sø	3,17	1,4	17,0	70	0,13	253	167	0,3	Nej
Ketting Nor	0,39	(1,0)	18,9	82	0,26	91	32	0,6	Nej
Nakskov Indrefjord	0,69	0,6	140,9	79	1,41	174	30	0,9	Ja
<b>Maksimum</b>	<b>39,87</b>	<b>16,5</b>	<b>682,5</b>	<b>87</b>	<b>8,97</b>	<b>267</b>	<b>173</b>	<b>3,3</b>	
<b>Gennemsnit</b>	<b>3,01</b>	<b>3,6</b>	<b>70,2</b>	<b>53</b>	<b>1,03</b>	<b>115</b>	<b>51</b>	<b>1,6</b>	
<b>Minimum</b>	<b>0,10</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	<b>2</b>	<b>0,01</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>0,3</b>	

Tabel 7.5 Oversigt over de 31 overvågningssøer med angivelse af en række karakteristika. Middelt, minimum og maksimum er angivet for hver enkelt parameter i bunden af tabellen. Fosfortilførsel, totalfosfor, klorofyl og sigtddybde er 2003-data, klorofyl og sigtddybde er sommermidler, resten er årsmiddelværdier (Tal fra Jensen et al., 2004).

## 8 Vandløb

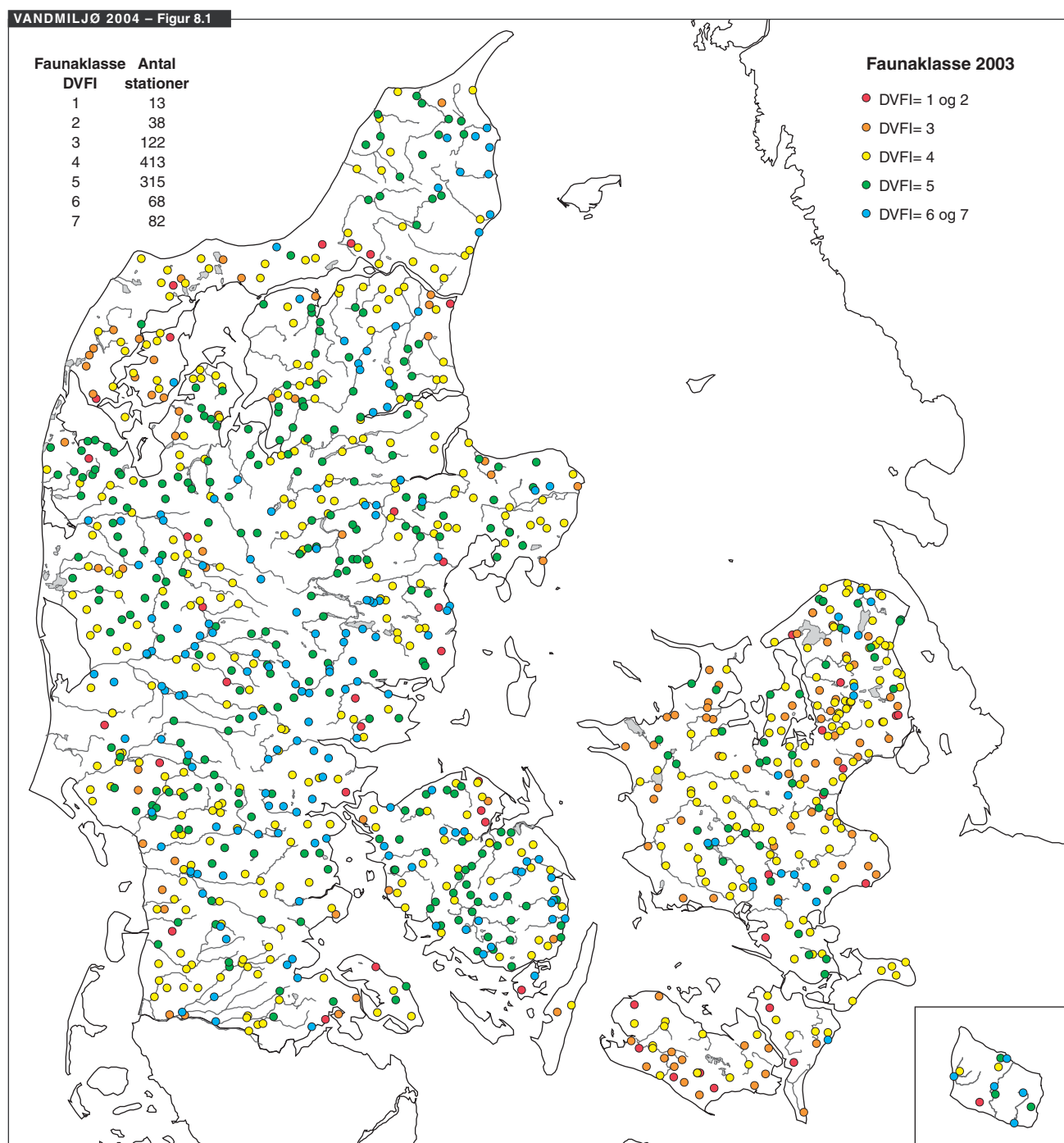
Miljømæssigt er de fleste danske vandløb især påvirkede af de fysiske ændringer, der gennem tiderne er sket ved vandløbsregulering og ved opstemning, samt gennem den vandløbsvedligeholdelse, der fortsat sker af hensyn til dyrkning af tilgrænsende arealer.

Forurening med organisk stof fra spildevandsudledninger har været den anden store forureningsårsag, men den er i vidt omfang afhjulpet gennem de seneste årtiers spildevandsrensning. Næringssaltindholdet har kun ringe betydning for miljøtilstanden i danske vandløb.

### 8.1 Biologisk vandløbskvalitet

#### Vandløbskvalitet 2003

Vandløbenes biologiske kvalitet bedømmes hvert år ud fra sammensætningen af smådyrfaunaen på ca. 1050 lokaliteter. Tilstanden udtrykkes ved Dansk Vandløbsfaunaindeks (DVFI),



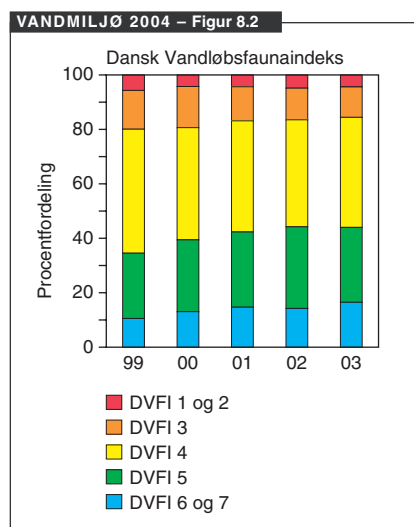
**Figur 8.1** Miljøtilstanden i 2003 i danske vandløb bedømt ud fra forekomsten af smådyr. Blå cirkler (DVFI 6 og 7) illustrerer vandløb med en naturlig eller kun svagt ændret smådyrfauna. Røde cirkler (DVFI 1 og 2) illustrerer stærkt forurenede vandløb (*Bøgestrand (red.)*, 2004).

som antager værdier (faunaklasser) fra 1 til 7. Ved faunaklasse 7 er der en artsrig fauna med mange rentvandsdyr; faunaen er omtrent som den ville være helt uden menneskelig påvirkning. Ved faunaklasse 1 og 2 er vandløb meget stærkt forurenet. For at opfylde miljømålsætningen i amternes regionplaner skal DVFI i de fleste vandløb være mindst 5.

Faunaklasserne 5, 6 og 7 fandtes i godt 44% af vandløbene og er karakteristiske for forholdsvis rene og fysisk ret varierede vandløb (figur 8.1). Yderligere 40% af vandløbene havde en moderat påvirket smådyrfauna (faunaklasse 4).

Faunaklasserne 1, 2 og 3, der karakteriserer en meget dårlig tilstand, udgjorde mindre end 16% af vandløbene. Langt størstedelen (70%) af disse vandløb med meget dårlig miljøtilstand var små vandløb med en bredde på mindre end 2 m. 71% af vandløbene med en bredde på over 5 m havde DVFI på mindst 4.

Geografisk var vandløbenes tilstand bedst i Jylland, Fyn og på Bornholm (figur 8.1). Den generelt bedre tilstand i disse områder betyder, at ca. 56% af vandløbenes målsætninger her er opfyldt. I modsætning hertil er kun godt en tredjedel af vandløbenes målsætninger opfyldt på Sjælland, Lolland, Falster og Møn. På landsplan var målopfyldelsen i 2003 på i alt 51%.



Når målopfyldelsesprocenten ligger højere end andelen af vandløb med faunaklasserne 5, 6 og 7, skyldes det, at målsætningen for en del vandløb er en DVFI-værdi på 4.

#### Udvikling i den biologiske vandløbskvalitet og målopfyldelse

Siden 1999 har det samme stationsnet på ca. 1050 lokaliteter været brugt i monitoreringen. Der er i perioden 1999-2003 sket en forbedring i tilstanden (figur 8.2) med stadig flere i faunaklasse 5-7. Andelen af vandløb, der er upåvirkede eller kun svagt påvirkede, er inden for denne periode øget fra knap 35% til godt 44%.

Forbedringen i den biologiske vandløbskvalitet har i perioden 1999-2003 betydet, at opfyldelsen af målsætningerne på landsplan er steget fra 39% til 51%. Forbedringerne har været gradvise og er sket gennem hele perioden. Forbedringerne er sket over hele landet. I Jylland og på Fyn er målopfyldelsen øget fra 43% til 55%, mens den for Sjælland, Lolland, Falster og Møn er øget fra 27% til 37%.

Forbedringen i den biologiske tilstand er også sket i både små og store vandløb. I mindre vandløb (< 5 m bredde) er andelen af faunaklasse 5-7 steget fra 33% til 42%. I de større vandløb er andelen øget fra 44% til 53%.

Forbedringerne i vandløbenes miljøtilstand i perioden 1999-2003 skal ses i lyset af, at der også er sket løbende forbedringer i de nærmest foregående årtier, som følge af bedre spildevandsrensning, ophør af ulovlige landbrugsudledninger og mere miljøvenlig vandløbsvedligeholdelse. Den store vandafstrømning gennem de 5 foregående år kan have bidraget til forbedringerne i vandløbenes tilstand.

**Figur 8.2** Miljøtilstanden i de danske vandløb i årene 1999-2003 udtrykt ved Dansk Vandløbsfaunaindeks. Blå og grøn illustrerer vandløb med god miljøtilstand (faunaklasse 5, 6 og 7) (Bøgestrand (red.), 2004).

Forbedringerne i miljøtilstanden i vandløbene forventes at fortsætte i de kommende år. De væsentligste årsager til denne forventning er:

- Virkningen af den hidtidige indsats vedrørende spildevandsrensning og genskabelse af mere naturlige fysiske forhold er endnu ikke slået fuldt ud igennem.
- Der forventes yderligere forbedringer af spildevandsrensning, især fra spredt bebyggelse.
- Der forventes miljømæssige forbedringer af de fysiske forhold i en del vandløb som en følge af implementering af Vandmiljøplan III.

## 8.2 Kvælstof i vandløb

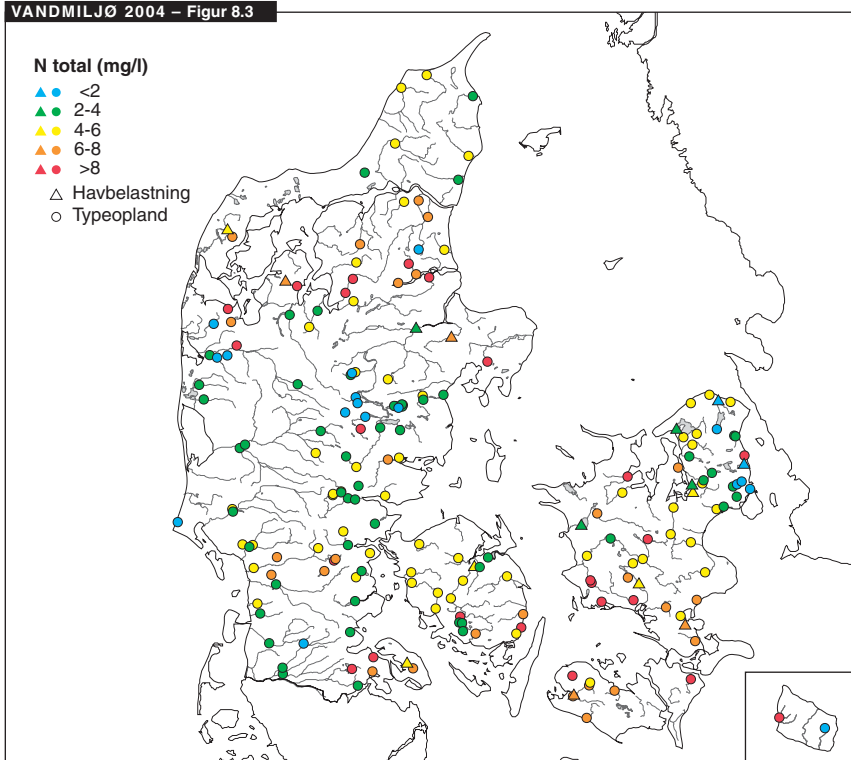
### Tilstanden i 2003

Koncentrationen af kvælstof i vandløb, som ligger i dyrkede oplande eller er udsat for væsentlige udledninger fra punktkilder, var i 2003 gennemsnitligt ca. 4 gange så høj som baggrundsniveau målt i naturvandløb (tabel 8.1). Der er kun ringe forskel på vandløb, som ligger i dyrkede oplande uden punktkilder og vandløb med betydelig punktkildebelastning fra byspildevand eller industri.

Der er forholdsvis mange vandløb med lave koncentrationer af kvælstof i de sandede egne i Midt-Vestjylland og Nordsjælland, mens der er overvægt af høje koncentrationer på leret jord som i Sydsjælland og på Lolland-Falster (figur 8.3). På sandjord fødes vandløbene primært af grundvand, mens der på leret jord er mere overfladenær afstrømning, hvor overskydende kvælstof i jorden har en kort transportvej til vandløbet. På de sandede jorder er kvælstof derfor udsat for en længere transporttid fra rodzonen til vandløbet, evt. gennem grundvandet. Med den lange transporttid vil der kunne ske en kvælstoffjernelse ved denitrifikation.

Vandløb i lerede oplande har næsten 2 mg/l højere gennemsnitlig koncentration af total kvælstof end vandløb i sandjordsoplande.

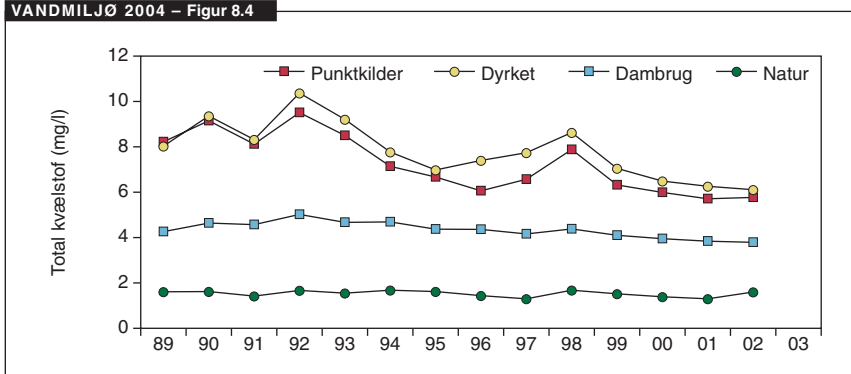
VANDMILJØ 2004 – Figur 8.3



Figur 8.3 Koncentrationen af total kvælstof i vandløb i 2003. Niveauer for de vandføringsvægtede årsmiddelværdier (Bøgestrand (red.), 2004).

Figur 8.4 Udvikling i kvælstofkoncentration siden 1989 i vandløb med forskellige påvirkninger (Bøgestrand (red.), 2004).

VANDMILJØ 2004 – Figur 8.4



### Udvikling siden 1989

Kvælstofkoncentrationen er mindsket afgørende i vandløb i dyrkede oplande og i vandløb med betydende udledninger af by- eller industrispildevand (figur 8.4 og tabel 8.2). I vandløb med betydelige udledninger fra dambrug har der kun været en mindre reduktion. Her har koncentrationsniveauet dog været lavere gennem hele perioden, fordi dambrugsdrift er koncentreret i grundvandsfødte vandløb i sandede oplande. I vandløb, der afvander naturoplande, er der ingen udvikling i kvælstofindhold.

## 8.3 Fosfor i vandløb

### Tilstanden i 2003

Koncentrationen af fosfor i vandløb, som modtager spildevand fra renseanlæg, var i 2003 gennemsnitligt 3 gange niveauet i naturvandløb. I vandløb i landbrugsoplande var niveauet det dobbelte af niveauet for vandløb i naturoplande (tabel 8.3).

Høje koncentrationer af fosfor optræder især i det tæt befolkede Nordsjælland (figur 8.5), men også den øvrige del af Sjælland har relativt meget fosfor i vandløbene, idet en stor befolkningstæthed giver anledning til forholdsvis store udledninger fra renseanlæg og spredt bebyggelse, og lav vandføring i vandløb giver en ringe fortynding af det udledte spildevand. Også i Vendsyssel er der højt fosforindhold. I de mere tyndt befolkede egne i Midt- og Vestjylland med større vandføringer i vandløb er der lavere koncentrationer af fosfor.

VANDMILJØ 2004 – Tabel 8.1

Oplandstype	Antal vandløb	Kvælstofkoncentration (mg N/l)	Arealkoefficient (kg N/ha)
Natur	10	1,2 (±0,7)	1,3 (±0,6)
Landbrug og punktkilder	63	4,6 (±2,2)	10,7 (±6,9)
Landbrug uden punktkilder	108	5,7 (±2,6)	9,2 (±5,0)

Tabel 8.1 Gennemsnitlig koncentration og arealkoefficient af total kvælstof i 2003 i vandløb med forskellig type af påvirkninger. Standardafvigelse mellem vandløb inden for samme type er vist i parentes (Bøgestrand (red.), 2004).

VANDMILJØ 2004 – Tabel 8.2

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

Tabel 8.2 Ændringer i koncentration og transport af kvælstof i perioden 1989-2003 i vandløb med forskellig type af påvirkning. Middelværdier og 95% konfidensinterval er vist (Bøgestrand (red.), 2004).

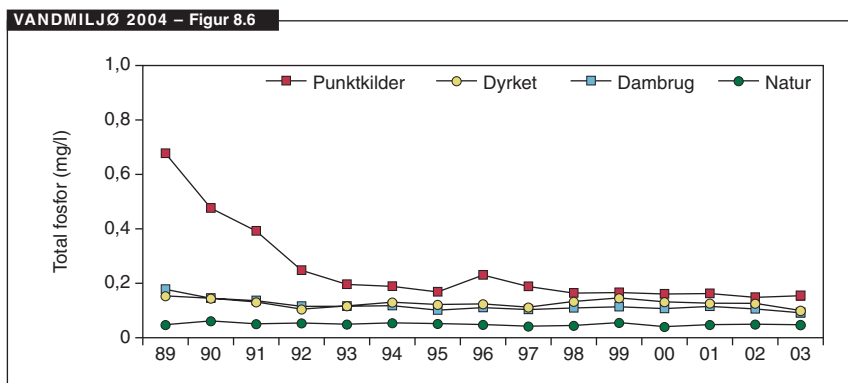
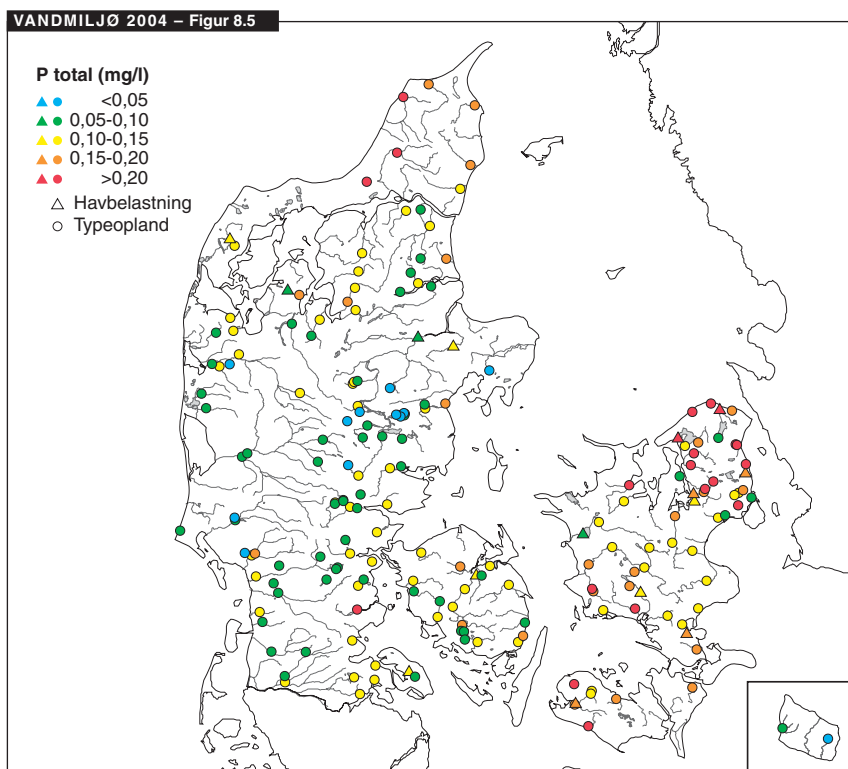
**Figur 8.5** Koncentrationen af total fosfor i vandløb i 2003. Vandføringsvægtede årsmiddelværdier. (Bøgestrand (red.), 2004).

**Figur 8.6** Udvikling i fosforkoncentration siden 1989 i vandløb med forskellige påvirkninger (Bøgestrand (red.), 2004).

### Udviklingen siden 1989

Koncentrationen af total fosfor i spildevandsbelastede vandløb er faldet markant gennem første halvdel af 1990'erne og er nu kun moderat højere end i dyrkningspåvirkede vandløb (figur 8.6 og tabel 8.3). Faldet skyldes de foranstaltninger, der er sat i værk for at reducere forureningen fra byspildevand og industrielle udledere, både i forbindelse med Vandmiljøplanen og målrettede regionale tiltag i oplande til søer og fjorde. I dambrugspåvirkede vandløb er fosforkoncentrationen mindsket lidt som følge af formindskede udledninger fra dambrug. I naturvandløb og vandløb i dyrkede områder er der ingen udvikling.

Udviklingen i fosforkoncentrationerne i de spildevandsbelastede vandløb skal ses i lyset af, at der forud for 1989 allerede var etableret fosforfjernelse på mange renseanlæg i oplande til søer og fjorde. Fosforkoncentrationerne i de spildevandsbelastede vandløb var således langt større før 1980 end målt i 1989 (figur 8.6) og reduktionerne i tabel 8.4 ville have været langt større for vandløb med punktkilder, hvis udgangspunktet havde været målinger fra omkring 1980 eller tidligere.



**VANDMILJØ 2004 – Tabel 8.3**

Oplandstype	Antal vandløb	Fosforkoncentration (mg P/l)	Arealkoefficient (kg P/ha)
Natur	10	0,05 (±0,03)	0,06 (±0,04)
Landbrug og punktkilder	63	0,16 (±0,08)	0,35 (±0,18)
Landbrug uden punktkilder	74	0,10 (±0,04)	0,17 (±0,13)

**Tabel 8.3** Gennemsnitlig koncentration og arealkoefficient af total fosfor i 2003 i vandløb med forskellig type af påvirkninger. Standardafvigelse er vist i parentes (Bøgestrand (red.), 2004).

**VANDMILJØ 2004 – Tabel 8.4**

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

**Tabel 8.4** Ændringer i koncentration og transport af total fosfor i perioden 1989-2003 i vandløb med forskellig type af påvirkninger. Middelværdier og 95% konfidensinterval er vist (Bøgestrand (red.), 2004).

## 9 Marine områder

Den største, generelle forureningspå-virkning af vore marine områder skyldes de store tilførsler af fosfor og især kvælstof fra land og gennem luften til havområderne. De lavvandede danske kystvande og indre farvande er mere sårbare overfor eutrofiering end de fleste andre marine områder i verden, fordi vandudvekslingen med åbent hav ofte er lille, og fordi lagdeling af vandmasserne ofte begrænser tilførsel af ilt til bundvandet. Ud over nærings-salte påvirkes de biologiske forhold i marine områder af fysiske ændringer ved uddybninger af havbund og råstofindvinding og ved klappning (dumpning) af uddybningsmateriale. Herudover påvirker fiskeriet både de fysiske og de biologiske forhold. Endelig tilføres miljøfremmede stoffer fra f.eks. skibsfart, off-shore aktiviteter, spildevand og via luften.

### Måleprogrammet

NOVA overvågningsprogrammet for de marine områder omfatter hydrografiske, kemiske og biologiske målinger opdelt i 3 hovedgrupper af undersøgelser:

- Målinger i de frie vandmasser
- Bundplanter og bunddyr
- Tungmetaller og miljøfremmede stoffer.

Målingerne koncentrerer sig som det fremgår af figur 1.1 om de kystnære og de indre farvande, men især for vandkemi også med en del stationer i Nordsøen.

### Året 2003

Året 2003 afveg på flere områder fra et gennemsnitsår. Mest markant var den manglende geniltning af havbunden om vinteren i mange fjorde og kystvande. Desuden var vejret karakteriseret af mangel på kraftig blæst, en varm sommer og lille nedbørsmængde, bortset fra i forsommeren. Udvaskningen af nærings-salte fra land var lav på grund af den lille vinternedbør og virkningerne af vandmiljøplanerne. Koncentrationerne af nærings-salte i vandet var derfor lave. Alligevel var der relativt meget iltsvind i de indre farvande.

Dette skyldes sandsynligvis især den manglende blæst og den varme sommer, men iltsvindet i 2003 kan være forstærket af eftervirkninger af det ekstreme iltsvind i 2002.

### 9.1 Stoftilførsel til marine områder

#### Stoftilførsel i 2003

Samlet blev der i 2003 tilført 10.660 mio. m<sup>3</sup> vand, 47.900 tons kvælstof, 1.580 tons fosfor og ca. 24.000 tons organisk stof (BI<sub>5</sub>) fra Danmark til de marine områder. Tilførslen af nærings-salte via vandløb og direkte spildevandsudledninger til de marine kystafsnit fordelt på kilderne, fremgår af tabel 9.1. For alle 3 stoffer gælder, at tilførslen var væsentligt mindre end i 2002.

De diffuse kilder (dvs. naturbetting baggrundsbidrag og dyrkningsbidrag) udgjorde i 2003 87% af de samlede kvælstofkilder til marine kystafsnit. For fosfor var andelen 42%. Andelen af diffuse kilder er mindst i de tættest befolkede områder, hvor punktkilderne er store. For BI<sub>5</sub> sker der en stor omsætning under transport i vandløb og søer, og derfor er kildeopsplitningen og dermed opgørelsen af den diffuse belastning meget usikker og mindre relevant på nationalt plan. De diffuse kilder vil være størst i år med en stor ferskvandsafstrømning både relativt og i absolutte tal.

Tabet af kvælstof fra oplandet udtrykt ved arealkoefficienten (tilførsel via vandløb delt med oplandsarealet) var i 2003 for Danmark som helhed på ca. 10 kg/ha og gennemsnitskoncentrationen var 4,2 mg N/l. Det tilsvarende tab af fosfor var ca. 0,29 kg P/ha og 0,115 mg P/l.

Den diffuse tilførsel af kvælstof målt pr. areal har været størst til Limfjorden og Mariager Fjord. Der har været relativt lave tilførsler til dele af

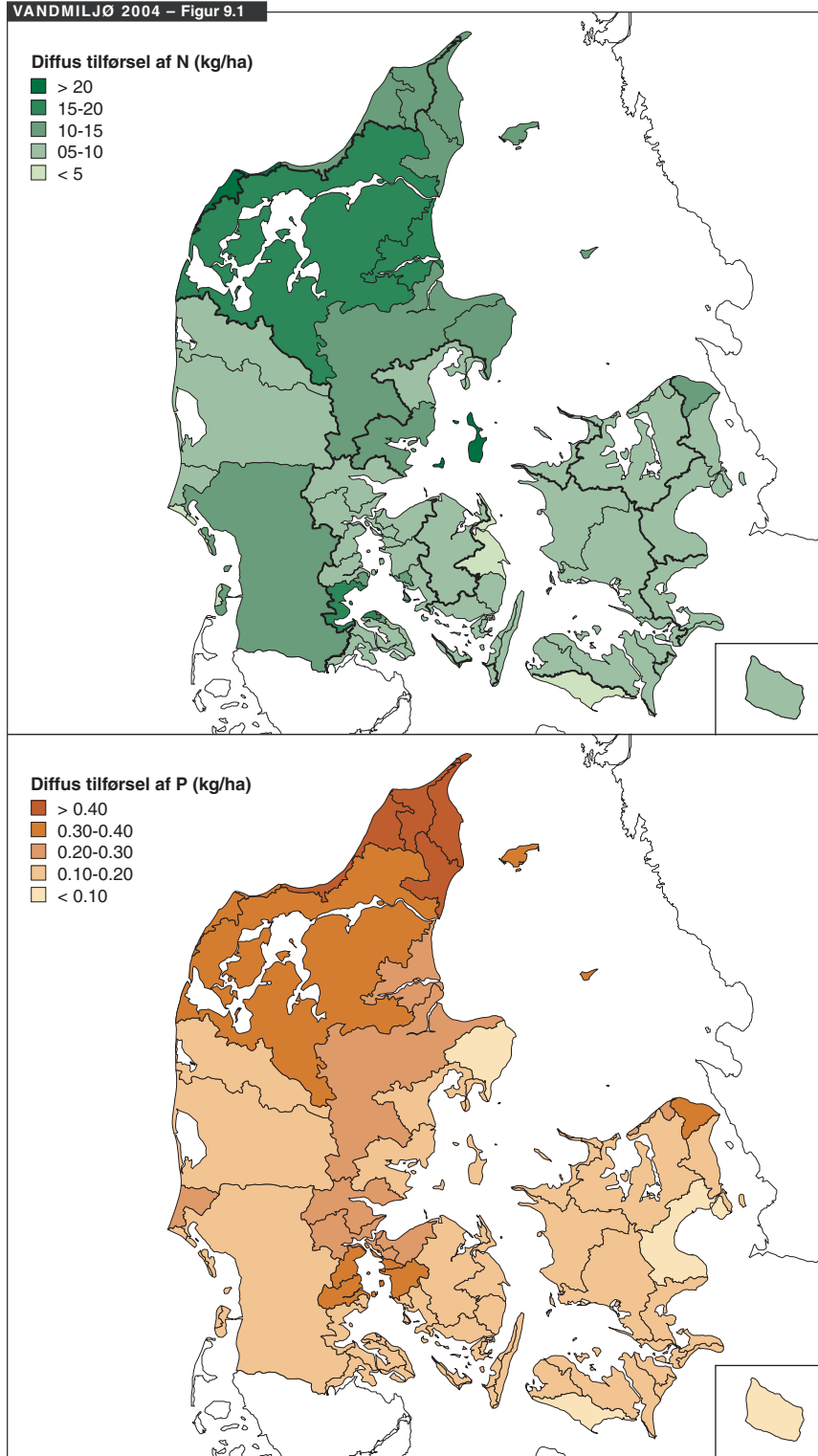
VANDMILJØ 2004 – Tabel 9.1

Stofkilder 2003	Organisk stof (BI <sub>5</sub> ) (t/år)	Kvælstof (t/år)	Fosfor (t/år)
Baggrundsbidrag	5.600	5.400	240
Dyrkningsbidrag	2.300	40.100	440
Spredt bebyggelse	3.700	900	220
Punktkilder til ferskvand	5.500	3.400	380
Tilbageholdelse i ferskvand	-	-4.800	-50
<b>Afstrømning til havet via vandløb</b>	<b>ca. 17.000</b>	<b>45.000</b>	<b>1.230</b>
Spildevand direkte til havet	3.700	2.600	320
Havbrug og saltvandsdambrug	1.560	300	30
<b>Total til havet</b>	<b>ca. 24.000</b>	<b>47.900</b>	<b>1.580</b>

**Tabel 9.1** Tilførslen af BI<sub>5</sub>, kvælstof og fosfor via vandløb og direkte udledninger til havet i 2003 (afrundede tal). Spildevandsoplysningerne er fra *Miljøstyrelsen (2004)*. (*Bøgestrand (red.), 2004*).



VANDMILJØ 2004 – Figur 9.1



Figur 9.1 Diffus tilførsel af kvælstof (A) og fosfor (B) til ferskvand i 2003. (Bøgestrand (red.), 2004).

Nordsøen, Sjælland, dele af det østlige Jylland og Fyn (figur 9.1).

Den diffuse tilførsel af fosfor var størst i Vendsyssel, og i det øvrige Danmark svarer mønstret i nogen grad til det for kvælstof.

#### Tilførsel til hele det danske søterritorium og til de indre farvande

I tabel 9.2 er opgjort tilførslerne af kvælstof og fosfor fra Danmark, dels til alle danske farvande, dels til de indre farvande (Kattegat og Bælthavet). Stofudveksling med de tilstødende havområder og tilførsler fra Sverige og Tyskland er ikke medtaget, men er beskrevet i Rasmussen *et al.*, 2003.

Det største kvælstofbidrag er tilførslen fra luften. For de indre farvande er tilførslen fra Danmark dog næsten lige så stor, og i fjordene dominerer tilførslen fra fjordlandet.

Fosfortilførslen kommer hovedsageligt med ferskvandsafstrømningen og størstedelen heraf kommer fra udvaskning fra jorden (se kapitel 4 og 8). Det samlede spildevandsbidrag er dog stadig betydeligt. Fosfortilførslen fra luften er meget usikkert, men den er generelt af mindre betydning.

VANDMILJØ 2004 – Tabel 9.2

N og P tilførsel 2003	Alle danske farvande (t/år) 105.372 km <sup>2</sup>		Indre danske farvande (t/år) 39.203 km <sup>2</sup>	
	Kvælstof	Fosfor	Kvælstof	Fosfor
Ferskvandsafstrømning	45.000	1.230	31.600	852
Punktkilder direkte til hav	2.900	350	2.620	319
<b>I alt</b>	<b>47.900</b>	<b>1.580</b>	<b>34.200</b>	<b>1.171</b>
Tilførsel via luften	124.000	ca. 400	39.000	ca. 130

Tabel 9.2 Tilførsel af kvælstof og fosfor til de danske farvande fra Danmark og via atmosfæren i 2003 (Ærtebjerg *et al.*, 2004). Arealangivelser og atmosfærebidrag inkluderer de svenske dele af Kattegat og Øresund.

### Udvikling i stoftilførsel til marine områder

Kvælstof- og fosfortilførslen via vandløb og direkte spildevandsudledninger til de marine kystområder har været opgjort hvert år siden 1989 (figur 9.2). Den diffuse afstrømning har været hovedkilden til kvælstoftilførslen fra land til marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger (ca. 80% i gennemsnit for perioden 1989-2003) og har været tydeligt knyttet til ferskvandsafstrømningen. For fosfor har den diffuse afstrømning udgjort ca. 30% af den samlede fosfortilførsel, men betydningen af denne kilde er dog steget meget i takt med den forbedrede spildevandsrensning.

Den store renseindsats over for spildevand er meget tydelig, idet de samlede spildevandsudledninger faldt fra ca. 9.000 tons fosfor i perio-

den 1981-88 til ca. 1.000 tons fosfor i 2003, eller med ca. 90%. Tilsvarende faldt de samlede spildevandsudledninger af kvælstof fra ca. 28.000 tons i perioden 1981-88 til ca. 7.000 tons i 2003 svarende til en reduktion på ca. 75%. Fra midt i 1990'erne har der kun været et mindre fald i spildevandsudledningerne (figur 9.2).

For Danmark samlet er der sket et fald i den vandføringsvægtede, diffuse tilførsel af kvælstof på ca. 2,5 mg N/l (sml. figur 8.4). Derimod kan der ikke på landsplan konstateres en ændring i den diffuse fosfortilførsel.

Siden iværksættelse af den første vandmiljøplan er der sket et fald i koncentrationen af de samlede udledninger til de marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger for både kvælstof og fosfor. For fosfor skyldes faldet alene den kraftige renseindsats overfor spildevands-

udledninger, men for kvælstof er der også en reduktion af den diffuse tilførsel.

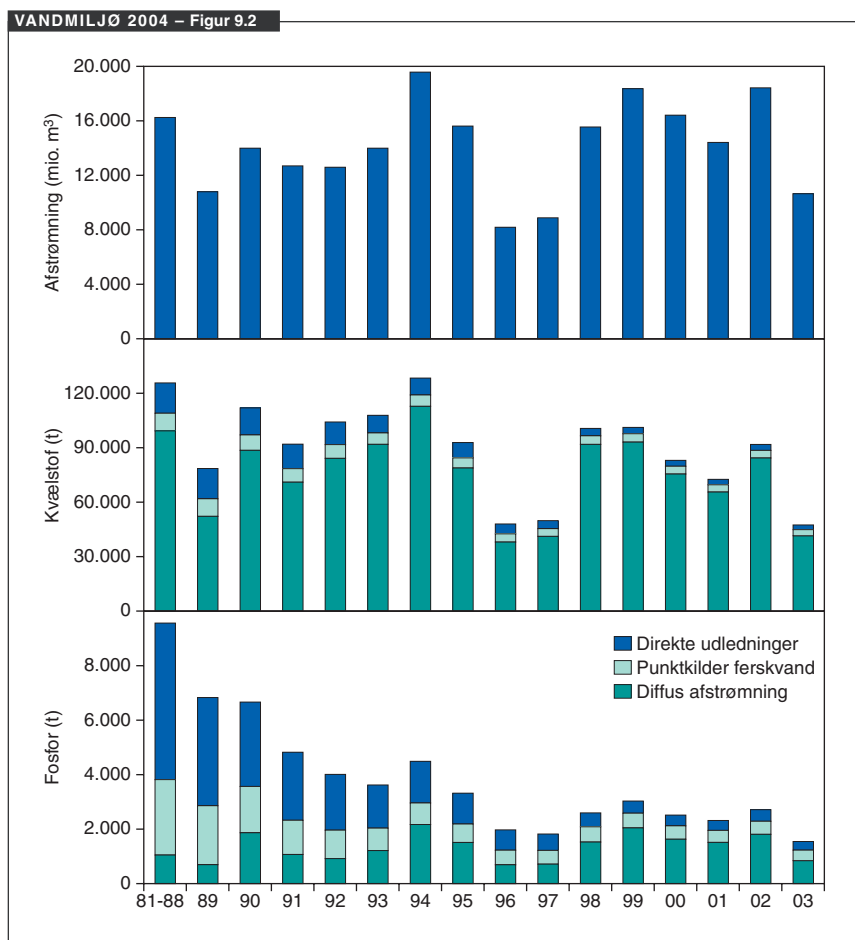
Med korrektion for variationer i vandafstrømningen er reduktionen i den samlede marine kvælstofbelastning opgjort til omkring 43%. Med 95% sandsynlighed ligger faldet mellem 33% og 61%. For fosfor er der i løbet af den samme periode sket en tilsvarende reduktion på omkring 81%. Med 95% sandsynlighed ligger faldet mellem 47% og 100%.

Fosforfjernelse på renseanlæg har bevirket, at fosfortilførslen er mindsket fra næsten 10.000 t/år i 1980'erne til ca. 2.000 t/år. Der er derimod ikke sket en reduktion i fosfortabet fra dyrkede arealer. Den samlede reduktion i fosfortilførsel siden 1989 er opgjort til omkring 80% (Bøgestrand (red.), 2004) både med og uden vandføringsvægtning.

Udvaskningen af kvælstof fra dyrkede arealer er mindsket med ca. 38-50% i år med normal nedbør (Grant et al., 2004).

Den samlede vandføringskorrigerede reduktion i kvælstoftilførsel fra land siden 1989 er opgjort til omkring 43%.

For algemængden i de marine områder er det dog den konkrete tilførsel i tons/år, der har størst betydning. Uden vandføringskorrektion kan der ikke med 95% sandsynlighed påvises et fald i den samlede kvælstoftilførsel i t/år (Bøgestrand (red.), 2004). Det skyldes, at kvælstofudvaskningen i høj grad følger den meget variable vandafstrømning, og at årene 1998-2002 var nedbørsrige.



Figur 9.2 Ferskvandsafstrømningen og den samlede tilførsel af kvælstof og fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger til de marine områder for 1989-2003, og et gennemsnit for perioden 1981-88 (Bøgestrand (red.) 2004).

## 9.2 Tilbageholdelse og transport af fosfor og kvælstof i fjorde

En del af den fosfor og kvælstof, der føres til fjorde fra land, omsættes eller bundfældes i fjordene og bidrager således ikke til forurening af de udenfor liggende havområder. I årets marine rapport er der foretaget beregninger af denne omsætning og transport (Ærtebjerg *et al.*, 2004).

### Tilbageholdelse i fjordene

Den andel af de tilførte mængder af kvælstof og fosfor, der er tilbageholdt i 8 fjorde, er illustreret i figur 9.3. Det ses af figuren, at der stort set altid tilbageholdes en væsentlig del af den tilførte kvælstofmængde, for Roskilde Fjord således mere end 80% og for Limfjorden, Mariager Fjord og Ringkøbing Fjord omkring 50%.

For fjorde gælder således det samme mønster som for søer: En lang opholdstid for vandet medfører, at en stor del af den tilførte kvælstof ikke

videretransporteres, fordi nitrat omsættes i fjordbunden til atmosfærisk kvælstof.

Tilbageholdelse af fosfor (figur 9.3) er anderledes. En meget stor del af fjordene har i større eller længere perioder ikke tilbageholdt fosfor. Især i begyndelsen af 1990'erne, hvor fosfortilførslen fra land blev stærkt reduceret, var fosfortransporten ud af fjordene højere end tilførslen. Det skyldes, at der i fjordbunden har været ophobet fosfor fra tidligere årtiers spildevandsudledninger. Efter at fosfortilførslen er mindsket, er en del af denne fosformængde gået i opløsning i fjordvandet. Det har forsinket forbedringer i miljøtilstanden i fjordene. På længere sigt vil en fjord dog tilbageholde en større eller mindre del af den tilførte fosformængde i aflejringerne på bunden af fjorden.

I tabel 9.3 er vist summen af de samlede tilførsler til de 6 af fjordene, som er en del af de indre danske farvande. Samtidig er transporten ud af fjordene angivet. Oplandet til disse 6 fjorde er på 14.100 km<sup>2</sup> eller 47% af det totale danske opland til de indre farvande (29.907 km<sup>2</sup>). Disse fjorde alene har således mindsket førslen til de indre farvande med ca. 11.800 t N og 176 t P i 2003.

Fjorde tilbageholder altså en væsentlig andel af tilførslen af kvælstof fra land, idet denne tilførsel til de indre farvande i 2003 var på 34.200 t N og 1.171 t P (tabel 9.1).

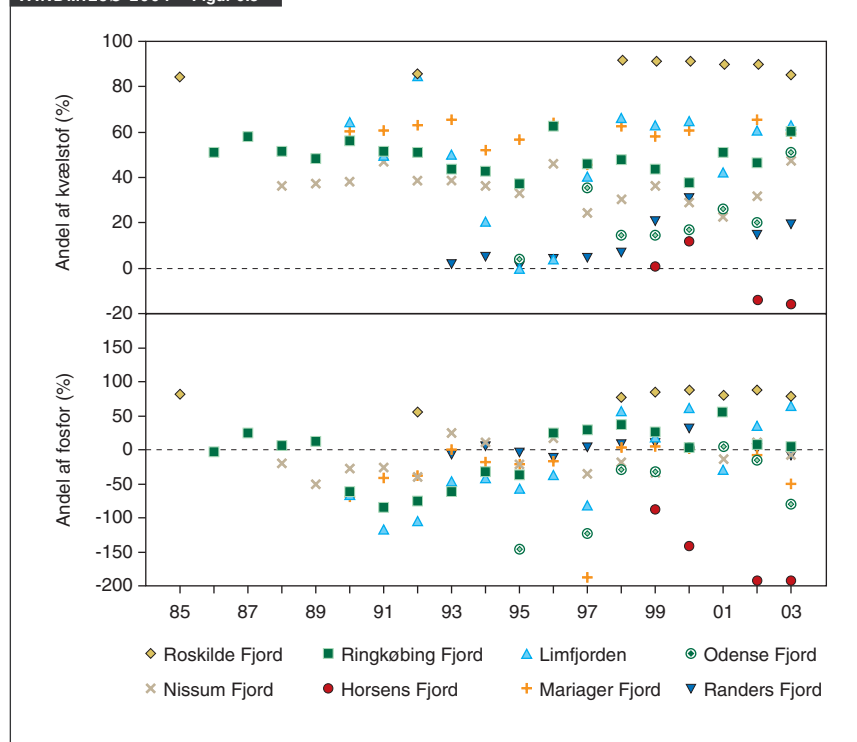
Samlet tilbageholdes i de 6 fjorde 48% af den tilførte N mængde. For fosfor tilbageholdes i 2003 kun ca. 17% af tilførslen. Kun Limfjorden og Roskilde Fjord har tilbageholdt fosfor, mens der har været en nettotilbageholdelse fra de andre. Her vil der i løbet af nogle år også ske en nettotilbageholdelse, når fjordene er kommet i ligevægt med de nye, lavere fosfortilførsler.

VANDMILJØ 2004 – Tabel 9.3

Total kvælstof		Total fosfor	
Tilført (t/år)	Ud af fjord (t/år)	Tilført (t/år)	Ud af fjord (t/år)
24.800	13.000	1.017	841

Tabel 9.3 Samlet massebalance for kvælstof og fosfor for de 6 fjorde ved de indre farvande i 2003. For Limfjorden er også tilførslen fra Nordsøen medregnet (Ærtebjerg *et al.*, 2004).

VANDMILJØ 2004 – Figur 9.3



Figur 9.3 Andel af kvælstof- og fosfortilførsel tilbageholdt i fjorde 1985-2003 (Ærtebjerg *et al.*, 2004).

## Udvikling i transport af kvælstof og fosfor ud af fjordene

I figur 9.4 er illustreret udviklingen gennem perioden 1989-2003 i den mængde af kvælstof og fosfor, der strømmer fra de 8 fjorde til åbent hav. Beregningerne er korrigeret for forskelle i ferskvandstilstrømning til fjordene mellem de enkelte år. For at kunne sammenligne udviklingen i fjordene er beregningerne desuden normaliseret, således at middeleksporten for den enkelte fjord for hele perioden er sat til 0, og spredningen på talværdierne for den årlige eksport er sat til 1. Både for kvælstof og for fosfor er der en tydelig faldende tendens i de transporterede mængder. Reduktionen i tilførslerne til fjordene har altså medført, at der også er sket en reduktion i de mængder, der føres videre ud til åbent hav.

## 9.3 Kvælstof og fosfor i havvand

### Koncentrationsniveauer i 2003

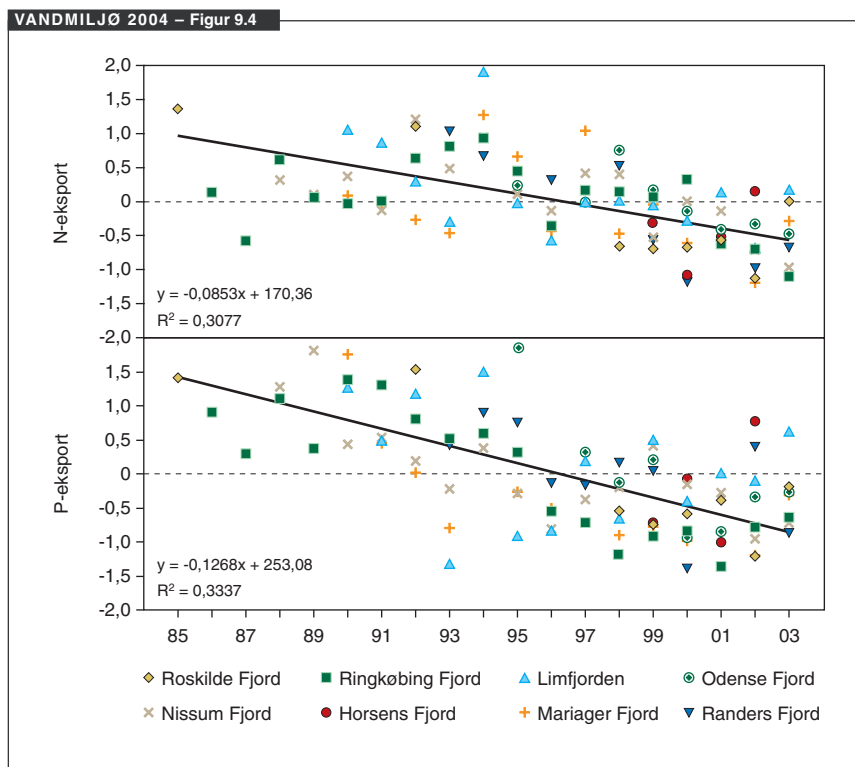
Koncentrationerne af kvælstof og fosfor er generelt højest, hvor en stor del af vandet er ferskvand, f.eks. i den indre del af fjorde med stor ferskvandstilførsel. Der er også en stor årtidsvariation på den enkelte lokalitet med de laveste koncentrationer om sommeren, fordi plantevæksten har optaget næringssalte fra vandet, og fordi tilførslen fra land er størst om vinteren. I de åbne marine områder er næringssaltindholdet lavere, og der er ikke så store geografiske forskelle på koncentrationsniveauerne som i fjorde/kystvande.

Generelt var koncentrationerne af kvælstof og fosfor i 2003 de laveste eller de næstlaveste, der er målt siden starten af overvågningsprogrammet. Dette gælder både for totalindholdet, TN og TP, og for indholdet af uorganisk kvælstof (DIN) og uorganisk fosfor (DIP), der er umiddelbart tilgængelig for plantevækst.

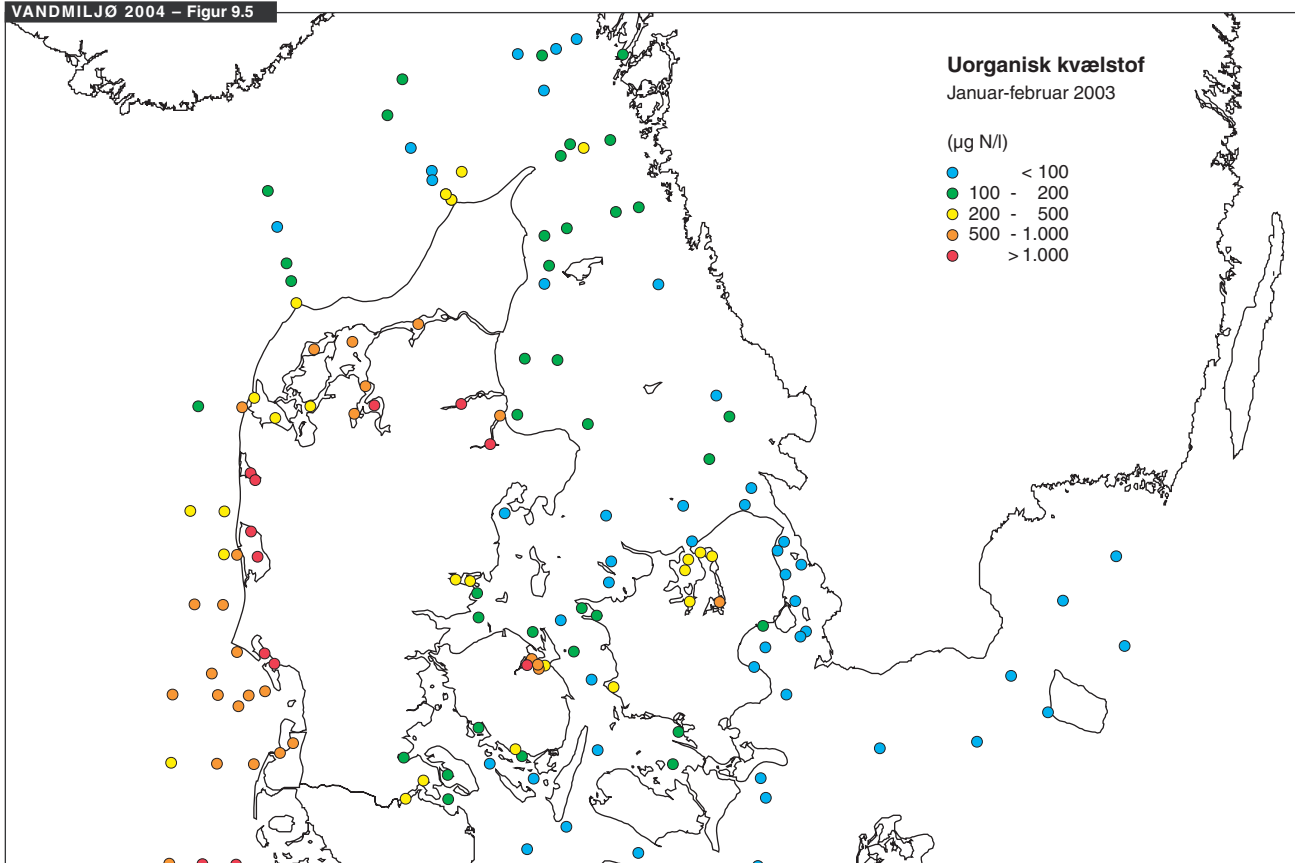
Vinterkoncentrationer af uorganisk kvælstof (DIN) og uorganisk fosfor (DIP) er illustreret i figur 9.5 og 9.6, hvor gennemsnit af de målte koncentrationer i januar og februar 2003 er vist. Disse koncentrationsniveauer er vigtige, fordi de oftest er bestemmede for, hvor stor en algemængde der kan dannes i løbet af foråret, når der kommer tilstrækkeligt lys til algernes vækst.

Niveauet af uorganisk kvælstof var op til ca. 2 mg N/l i de lukkede fjorde (Odense, Mariager, Ringkøbing) og var generelt under 0,1 mg N/l i de åbne marine områder. Dog var der betydeligt højere indhold i Nordsøen langs den jyske vestkyst, idet Jyllandsstrømmen her fører næringssalte bl.a. fra Elben op langs vestkysten. De laveste koncentrationer af kvælstof fandtes i Østersøen.

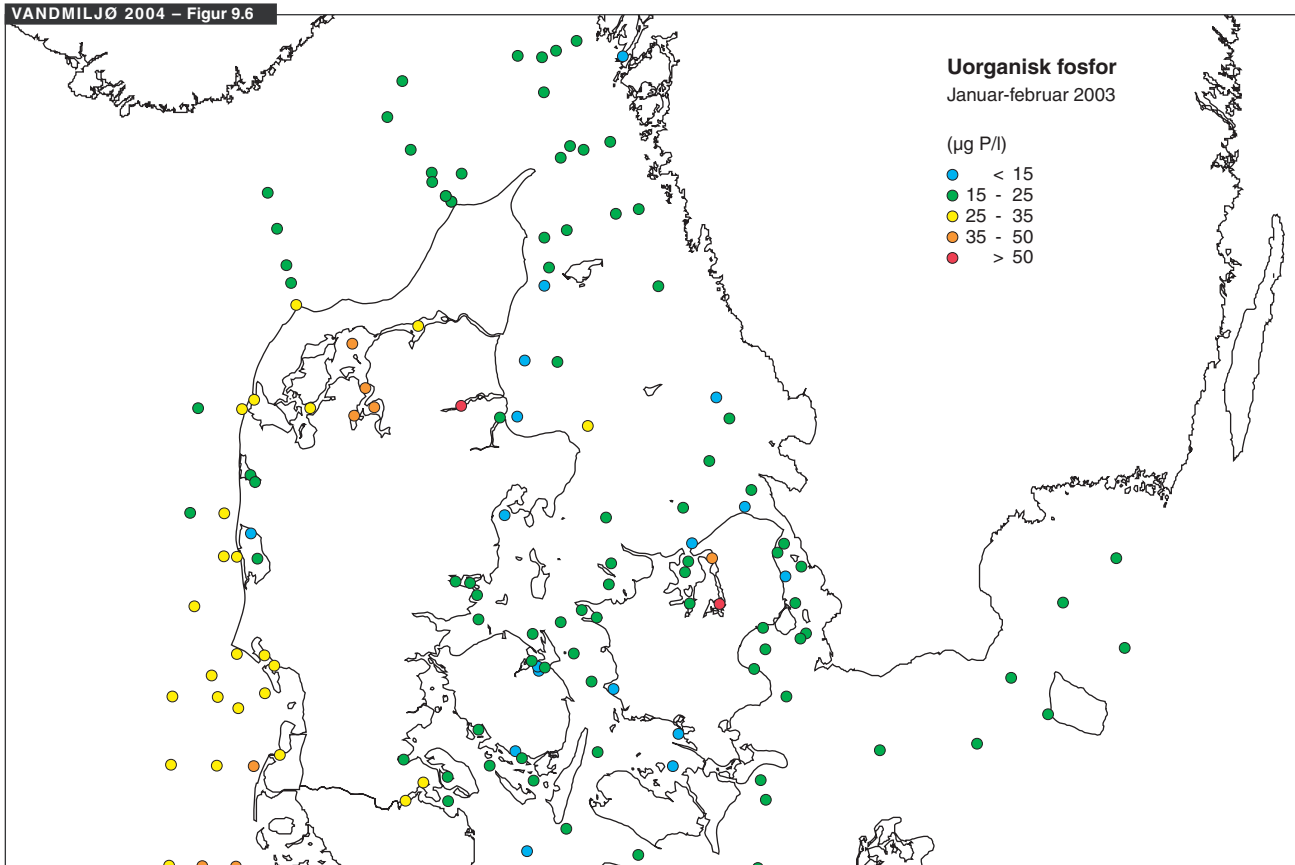
Den geografiske fordeling af indholdet af uorganisk fosfor (figur 9.6) følger i nogen grad fordelingen af uorganisk kvælstof, men forskellene i koncentrationsniveau er ikke så store som for kvælstof. Årsagerne hertil er dels forskellene i de tilførte mængder (tilførslerne af fosfor er reduceret relativt mere end tilførslerne af kvælstof), dels at sedimenterne i de marine områder om vinteren er iltede og derfor vil binde fosfor fra vandet, men evt. senere på året ved højere temperatur og dårligere iltforhold i sedimentet igen frigive fosfor til vandet. Vinterverdier for DIP er derfor ikke helt så egnede som DIN til at karakterisere potentialet for algevækst i den efterfølgende vækstsæson.



Figur 9.4 Afstrømningskorrigeret, normaliseret kvælstof- og fosforeksport i 8 danske fjorde 1985-2003 (Ærtebjerg et al., 2004).



**Figur 9.5** Vintermiddelkoncentrationer (jan.-feb.) af uorganiske kvælstofnæringsalte (DIN) i overfladevandet i de marine områder i 2003 (baseret på tal fra Ærtebjerg et al., 2004 og SMHI, Sverige).



**Figur 9.6** Vintermiddelkoncentrationer (jan.-feb.) af uorganiske fosfornæringsalte (DIP) i overfladevandet i de marine områder i 2003 (baseret på tal fra Ærtebjerg et al., 2004 og SMHI, Sverige).

### Udvikling i koncentrationsniveauer

Udviklingen i gennemsnit af års-middelkoncentrationer for fjorde/kystvande og for åbne havområder er vist i figur 9.7.

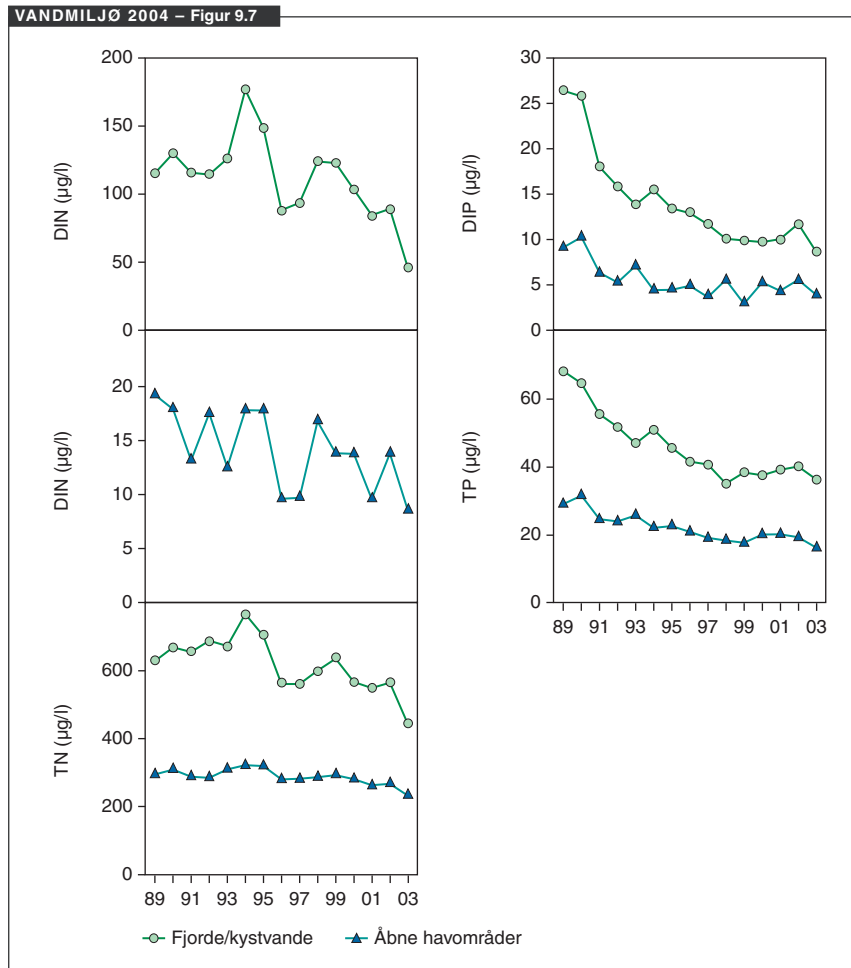
I fjorde/kystvande skete der ca. en halvering af fosforindholdet (både TP og DIP) frem til sidst i 1990'erne. Midelniveauet ligger nu for DIP på omkring 10 µg P/l og TP på omkring 40

µg P/l. Også i de åbne havområder er fosforindholdet lavere, og det synes at have stabiliseret sig med DIP omkring 5 µg P/l og TP omkring 20 µg P/l.

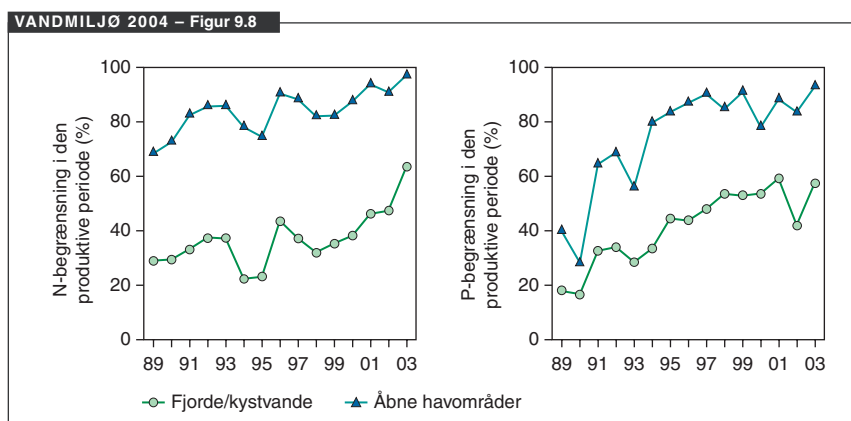
Kvælstofindholdet i fjorde/kystvande er mindsket betydeligt siden midten af 1990'erne, tydeligst for opløst uorganisk kvælstof (DIN), der især afspejler nitratindholdet. Også indholdet af total kvælstof (TN) er mindsket, men i mindre omfang. Koncentrationsniveauerne i de åbne havområder har været faldende siden midten af 1990'erne, således at det generelle niveau af årsgennemsnitskoncentrationerne nu er omkring 10 µg N/l for DIN og 250 µg N/l for TN (figur 9.7).

En del af variationerne fra år til år i figur 9.7 skyldes, at der i nedbørsrige år tilføres større mængder af nærings-salte fra land og fra luften end i tørre år (sammenlign med figur 9.2). Hvis tallene i figur 9.7 korrigeres for år til år forskelle i ferskvandsafstrømning ses en mere jævn udvikling gennem perioden (vist i *Ærtebjerg et al., 2004*).

Årsagerne til de målte reduktioner i indhold af nærings-salte er i høj grad den danske indsats med bedre spildevandsrensning og reduktion af udvaskningen af kvælstof fra landbrugsarealer. Tilsvarende initiativer til reduktion af nærings-saltudledningerne i vore nabolande kan have medvirket til de lavere koncentrationer i de åbne farvande.



**Figur 9.7** Årsmiddelkoncentrationer i overfladevandet i henholdsvis fjorde/kystvande og åbne havområder for opløst uorganisk kvælstof (DIN), total kvælstof (TN), opløst uorganisk fosfor (DIP) og total fosfor (TP) (*Ærtebjerg et al., 2004*).



**Figur 9.8** Udvikling i potentiel begrænsning af kvælstof (N) og fosfor (P) for algevækst i fjorde og kystnære områder og åbne havområder. Procentsatsen er udregnet som sandsynligheden for koncentrationer under 28 µg N/l henh. 6,2 µg P/l (*Ærtebjerg et al., 2004*).

### Udvikling i nærings-saltbegrænsning af algevækst

Tendensen med faldende DIP-koncentrationer i starten af 1990'erne efterfulgt af stabilisering og faldende DIN-koncentrationer i de seneste år medførte, at kvælstof er blevet potentielt mere begrænsende siden omkring 1998 og fosfor siden omkring 1990 (figur 9.8), således at begge nærings-stoffer nu er potentielt begrænsende i mere end 50% af den produktive periode fra marts til september, beregnet som middelværdi over alle fjord- og kystnære stationer i NOVA-programmet.

## 9.4 Planteplankton

Planteplankton er de mikroskopiske alger, der svæver frit i vandet. Kiselalger og furealger er de dominerende algegrupper i de fleste danske fjorde og de væsentligste algegrupper i de åbne havområder. Udsynkning af kiselalger fra overfladevandet forsyner bundlevende dyr med betydelige mængder af organisk materiale. Planteplanktonproduktion er en hjørnesten i de marine fødekæder, men ved høj produktion kan udsynkningen af organisk stof til havbunden blive så stor, at iltforbruget ved bunden medfører iltsvind.

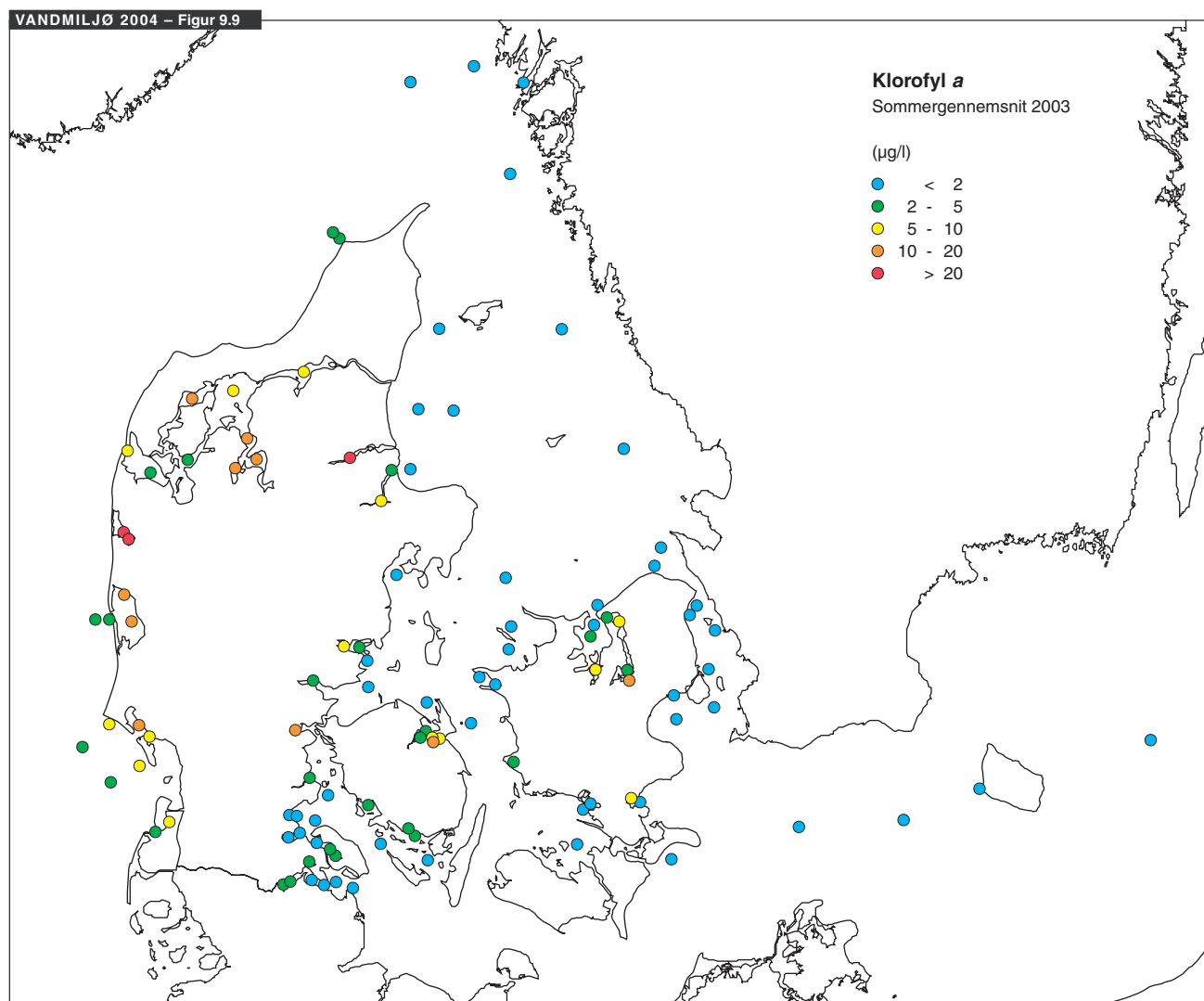
### 2003

Algemængden udviklede sig i 2003 omtrent som normalt i de danske farvande. Generelt var algemængden i forårsopblomstringen større end normalt, mens algeproduktionen og algemængden om sommeren i de fleste områder var lavere og sigtddybden større end normalt.

Algemængden er størst i områder med de højeste indhold af næringssalte (fjordene) og mindst i de åbne havområder. I figur 9.9 er vist gennemsnitskoncentrationer for maj-september 2003 af klorofyl i overfladevandet som et mål for algemængden. Gennemsnitsniveauerne af klorofyl når op på over 10 µg/l i de mest eutrofierede fjorde og er

omkring 1 µg/l i åbne havområder uden 'lokale' næringssaltkilder af betydning. Niveaulet langs den jyske vestkyst i Jyllandstrømmen er højere end i Østersøen og i Kattegat.

Sigtddybden (figur 9.10) afspejler algemængden, samt opløst organisk stof i vandet, men den kan også i lavvandede områder være mindsket af ophvirvlet sediment. Det klareste vand er målt ved Bornholm med en gennemsnitssigtddybde i sommerperioden på 12,5 m. I de åbne dele af Kattegat og Bælthavet var sigtddybden ca. 8 m og noget lavere langs den sydlige del af vestkysten. Sigtddybden var lavest i de lavvandede fjorde med stor ferskvandstilførsel og i Vadehavet.



**Figur 9.9** Algemængde i overfladevandet i de marine områder i 2003 illustreret ved gennemsnit af målte koncentrationer af klorofyl i vandet maj-september 2003 (baseret på tal fra Ærtebjerg *et al.*, 2004 og SMHI, Sverige).

### Udvikling i sigtddybe, algemængde og algeproduktion

Udviklingen i disse kvalitetsparametre er illustreret ved en indekssværdi for hver parameter for hvert år (Ærtebjerg *et al.*, 2004).

Der er ikke sket så store generelle ændringer i sigtddybe, algemængde og algeproduktion som i koncentrationer af næringssalte i vandet, og der er store år til år variationer i indekssværdierne. Det skyldes, at algemængderne ikke kun reguleres af tilgængeligheden af næringssalte, men også af forhold som f.eks. lysindstråling, græsning fra dyrene i vandet og i lavvandede fjorde af græsning fra filtrerende bunddyr, samt af vindens omrøring af vandmasserne. Hertil

kommer at der kan være en vis træghed i de biologiske systemer mod tilpasning til reducerede næringssaltniveauer.

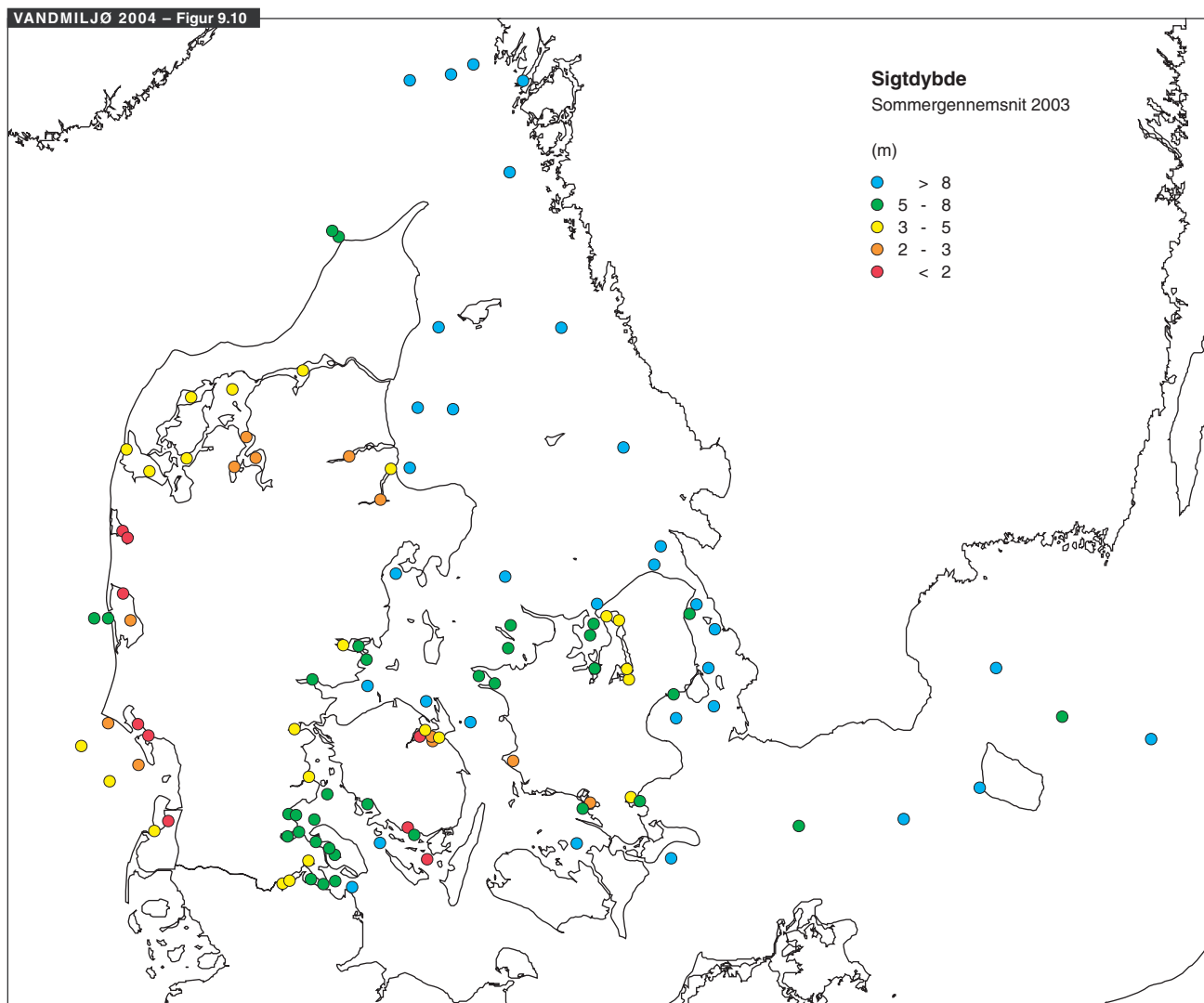
I figur 9.11 er vist udviklingen i indekssværdierne for fjorde, Bælthavet og Kattegat for perioden 1978-2003.

I **fjordene** udviklede den samlede tilstand sig positivt i perioden fra 1989 til 1993, og den har siden været stabil. Denne udvikling skyldes nedsættelsen af fosfortilførslerne fra punktkilder, som hovedsagelig skete i perioden fra 1987 til 1993. Der er tendenser til en positiv udvikling, især for klorofyl, fra 1993 og frem, men denne er ikke statistisk signifikant med 95% sikkerhed. Der er en faldende tendens i indekset for algeproduktion, men de seneste 3

år har indekssværdien igen været højere. Sigtdybdens viser en svagt stigende tendens gennem perioden.

I **Bælthavet** er der omtrent samme udviklingstendenser som i fjordene. Her er det særligt påfaldende, at indekssværdierne for sigtddybe og klorofyl synes ændret i positiv retning gennem de senere år, mens indekset for algeproduktion har været højt (figur 9.11). Dette kan dog skyldes et skift i målemetode for algeproduktion.

I **Kattegat** ligner udviklingen den i Bælthavet, men forbedringerne i indekssværdier har generelt været mindre end i Bælthavet og i fjordene, fordi Kattegat er mindre påvirket af de direkte tilstrømninger fra land end fjorde og Bælthavet.



**Figur 9.10** Sigtdybde i de marine områder i 2003 illustreret ved gennemsnit af målinger maj-september 2003 (baseret på tal fra Ærtebjerg *et al.*, 2004 og SMHI, Sverige).

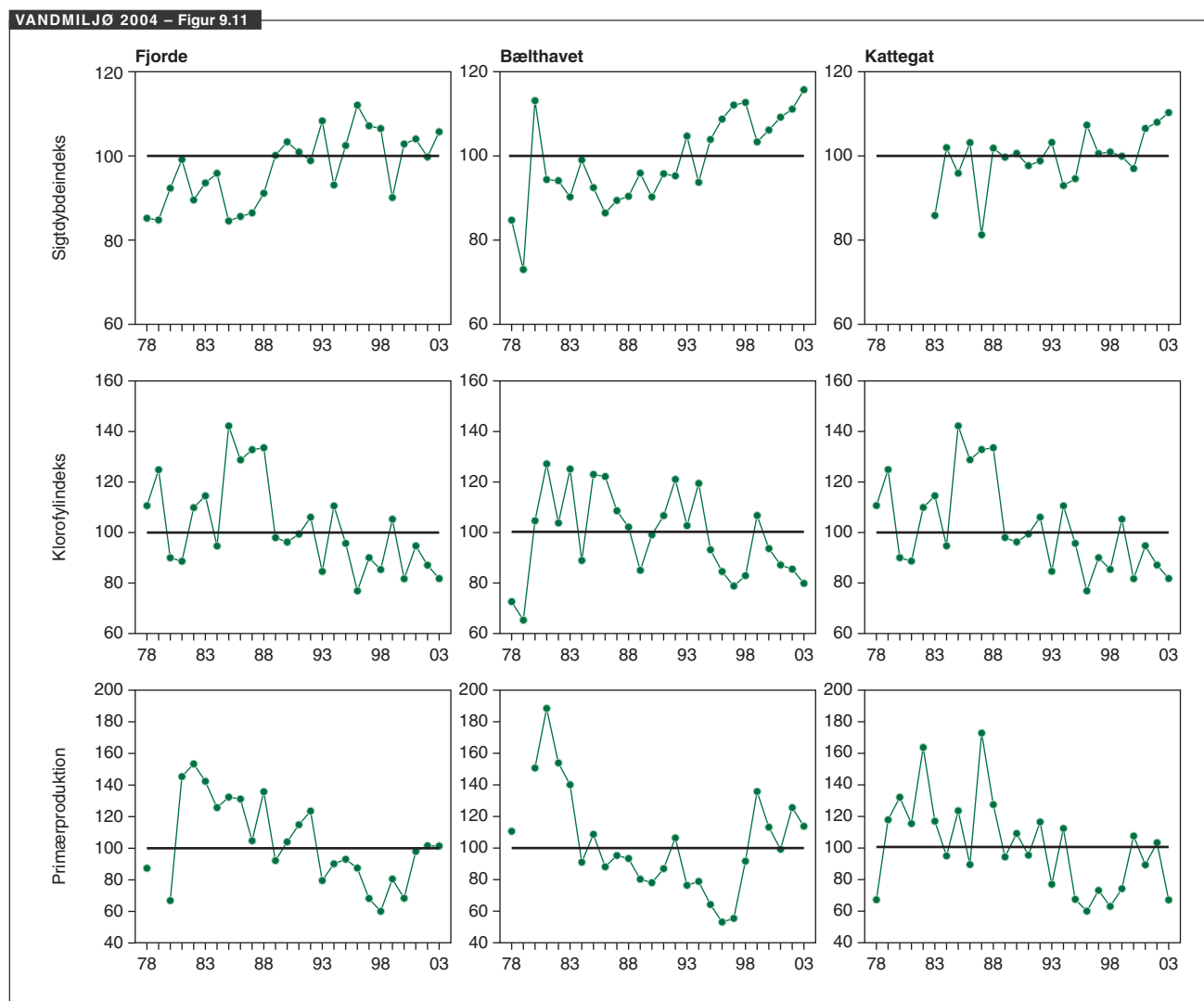


Afbildningerne af indeksværdierne for sigtddybde, klorofyl og algeproduktion i figur 9.11 illustrerer, at de naturbetingede år til år variationer i disse kvalitetsparametrene er så store, at det kun med målinger over en lang årrække er muligt at eftervise biologiske ændringer i vandområderne. Fjernes en stor del af den naturlige variation vha. modelberegninger, ses over perioden 1989-2003 et fald i klorofylkoncentrationen på 2,3% og 2,0% pr. år i hhv. Bælthavet og Kattegat. Tilsvarende er sigtddybden steget med hhv. 1,6% og 0,6% pr. år.

## 9.5 Iltforhold

Iltsvind er et særligt stort problem i danske farvande, fordi vandmasserne ofte er lagdelte med overfladevand med lav saltholdighed og med tungere og saltere bundvand. Dermed bliver der kun ringe mulighed for udskiftning/iltning af bundvandet. Iltsvind forringer livsbetingelserne for bunddyr og bundlevende fisk. Reduktion af iltindholdet ved bunden og eventuel udvikling af iltsvind er en sekundær effekt af eutrofiering. Øget næringsstofftilførsel giver øget

primærproduktion, som fører til øget bundfældning af organisk stof og dermed øget iltforbrug. Det aktuelle iltindhold kan dog ikke direkte relateres til mængden af tilførte næringsstoffer, da iltkoncentrationen er resultatet af både iltforbruget og ilttilførslen, hvor sidstnævnte afhænger af de meteorologiske forhold, især vindens styrke og retning.



**Figur 9.11** Udvikling i sigtddybde, klorofyl og algeproduktion (primærproduktion) i fjorde, i Bælthavet og Kattegat i perioden 1978-2003 (Ærtebjerg et al., 2004).

### Iltsvind i 2003

Iltsvind og kraftigt iltsvind var i 2003 mindre udbredt og mere kortvarigt end under det store iltsvind i 2002. Iltsvindet i 2003 var især udbredt i Bælthavet og det sydlige Kattegat, med det kraftigste og længstvarende iltsvind i det sydlige Lillebælt og Flensborg Fjord.

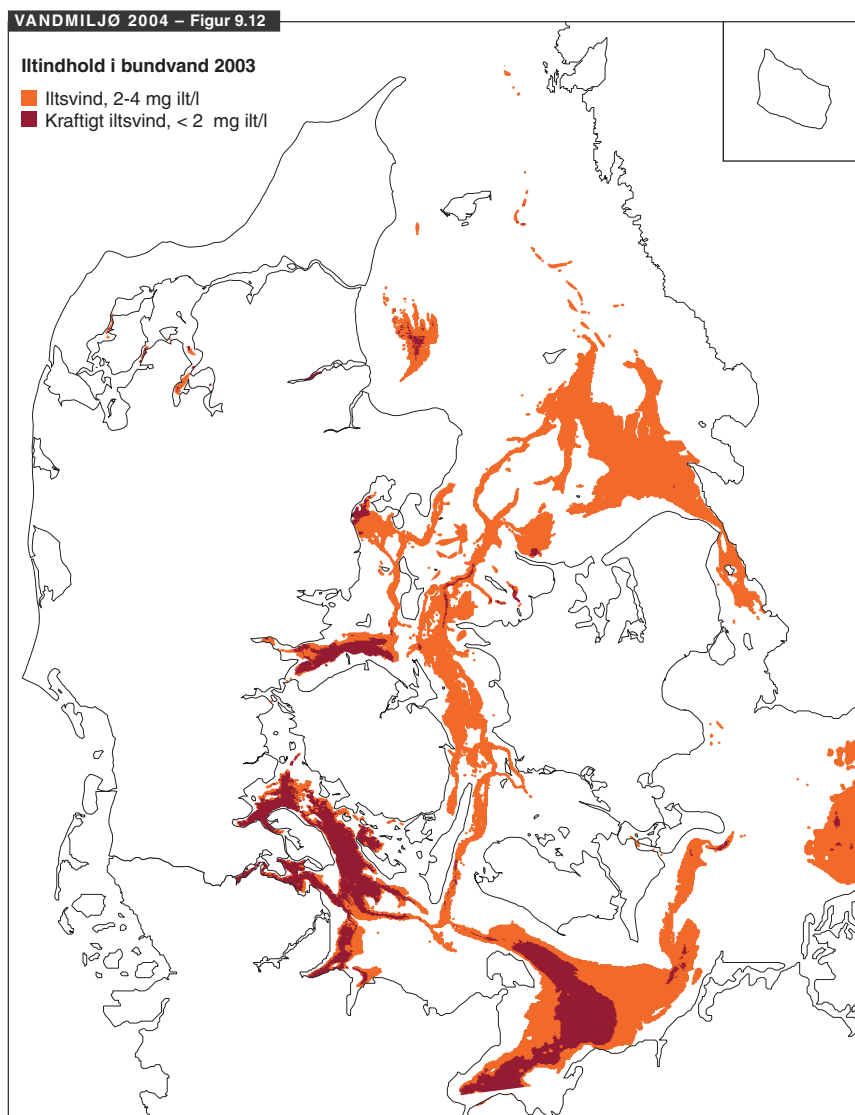
Iltsvindet i 2003 var dog mere udbredt end det kunne forventes ud fra de lave tilførsler og koncentrationer af næringsstoffer og de generelt lave algermængder. Iltkoncentrationen i bundvandet i de indre farvande var da også høj frem til juni, men faldt så til under middel i september, hvor der

opstod udbredt iltsvind (figur 9.12), og forblev under middel året ud.

Den væsentligste årsag til denne udvikling i iltkoncentrationen er sandsynligvis manglen på blæst i hele perioden juli-november 2003 og dermed manglende tilførsel af ilt til bundvandet. Men eftervirkninger fra det ekstreme iltsvind i efteråret 2002 har sandsynligvis forstærket iltsvindet i 2003. Under kraftige og langvarige iltsvind opbygges en stor 'iltgæld' i form af reducerede forbindelser i sedimentet, som undertiden ikke kan nå at blive iltet igen i løbet af vinteren, inden bundfældning af alger næste forår igen øger iltforbruget. Sedimentkemiske

undersøgelser i foråret 2003 viste netop, at sedimenterne i mange kystvande ikke var blevet normalt geniltet i løbet af vinteren. Derved bliver havbundens iltforbrug større end normalt i den følgende sommer og efterår.

Manglende bundfauna vil yderligere forsinke en geniltning af sedimenterne. I efteråret 2002 blev bundfaunaen kraftigt reduceret på et areal på mindst 3.400 km<sup>2</sup> i Bælthavet og de øst- og sønderjyske fjorde som følge af iltsvind. Når der er færre eller ingen bunddyr til at rode rundt i sedimentet og pumpe iltholdigt vand ned i havbunden, forsinkes iltningen af de reducerede forbindelser i havbunden.



**Figur 9.12** Den største udbredelse af iltsvind i de indre farvande blev i 2003 observeret 15.-21. september. Iltsvind dækkede da et område på ca. 10.000 km<sup>2</sup> og kraftigt iltsvind ca. 2.200 km<sup>2</sup> (Arkonahavet ikke medregnet) (Ærtebjerg et al., 2004).

## 9.6 Bundvegetation

### Ålegræs

Ålegræsbevoksninger er vigtige opvækstområder for smådyr og fisk. Ålegræs anvendes som en biologisk indikator for miljøkvaliteten i marine områder; bl.a. afspejler ålegræssets dybdegrænse sigtdybden på stedet over en længere periode.

Ålegræssets dybdegrænse var størst langs de åbne kyster (4,7-6,2 m), lidt mindre i yderfjordene (3,2-4,2 m) og mindst i inderfjordene (2,6-3,5 m) i perioden 1989-2003.

Ved de åbne kyster var der ingen sikker udvikling i dybdegrænsen set over hele overvågningsperioden 1989-2003. Der var dog stor variation i dybdegrænsen gennem perioden, idet ålegræsset forekom på stor dybde fra 1989 til 1991, fik reduceret dybdegrænsen i 1992-1996 og herefter igen forekom på dybt vand (figur 9.13).

I fjordene er ålegræssets dybdegrænse mindsket set over hele perioden, både i de ydre og i de indre dele af fjordene. Samtidig er dækningsgraden også gået tilbage. Med de aftagende næringssaltindhold i fjordene og tegn på reduktioner i algermængde i vandet, kunne en øget forekomst af ålegræs forventes. En forklaring på, at dette ikke er sket kan være forekomster af iltsvind (Ærtebjerg et al., 2004).

### Eutrofieringsbetingede alger

Mange store, enårige alger (f.eks. sø-salat og andre store grønalger) favoriseres af stor næringsstofftilførsel, og en høj dækningsgrad af sådanne alger er derfor udtryk for næringsbelastning.

Dækningsgraden af eutrofieringsbetingede alger viste generelt ingen sikker udvikling gennem perioden 1989-2003. Kun dækningsgraden på 1-2 m's dybde i inderfjordene var signifikant faldende gennem perioden.

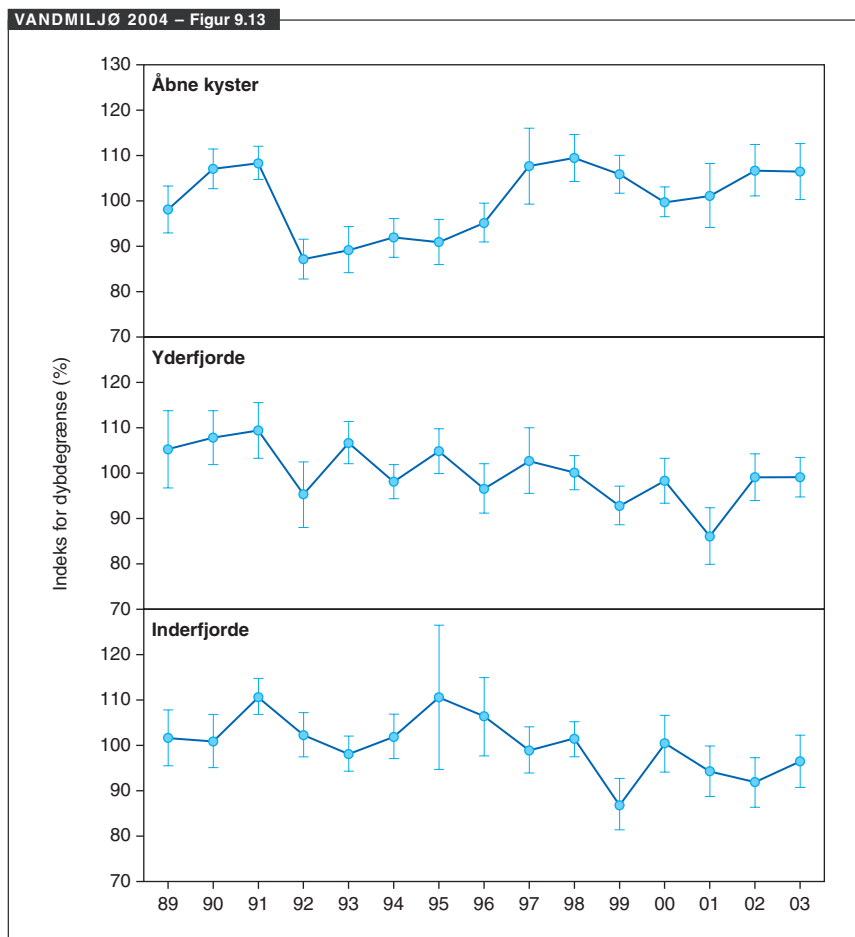
## 9.7 Bundfauna

Den marine bundfaunas bestandsstørrelse og artssammensætning er et resultat af mange både naturlige og menneskeskabte faktorer. Eutrofiering påvirker bundfaunaen ved øget tilførsel af organisk materiale (føde), men kan også føre til øget hyppighed af iltsvind. Hvorvidt en reduktion beror på mindsket fødetilgang eller skyldes iltsvind, kan kun afgøres, når man kender værdierne af påvirkningsfaktorerne for det enkelte vandområde.

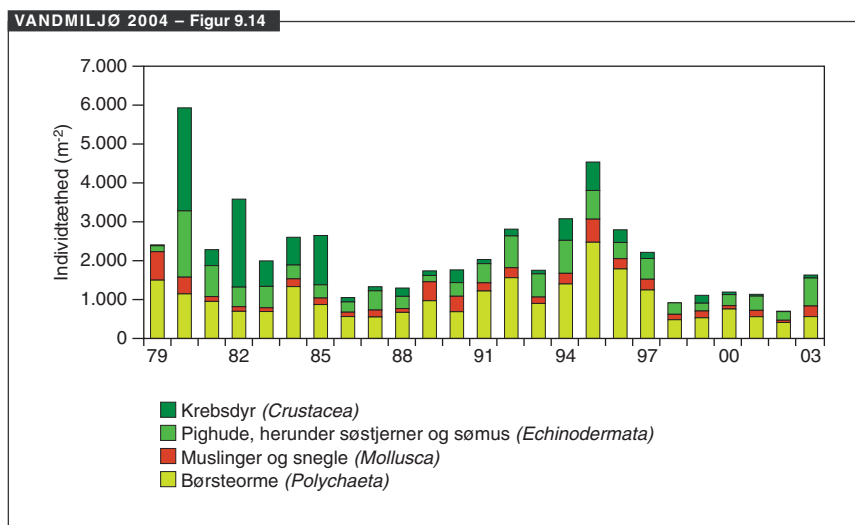
I de åbne indre danske farvande har den totale bundfaunatæthed svinget over de sidste 25 år med høje værdier i begyndelsen af 1980'erne og midt i 1990'erne efterfulgt af et markant fald (figur 9.14). Værdierne fra 2003 var dog højere end de fem foregående år og bryder dermed de foregående års mønster med et fald i individtætheden. Stigningen skyldes primært pighude (bl.a. søstjerner og sømus) og muslinger.

I fjorde og kystvande er der i perioden 1998-2003 samlet set hverken sket stigning eller fald i total individtæthed, biomasse eller artsantal af bunddyr (tabel 9.4). For at give et indtryk af artsrigdommen ved forskellige lokaliteter er der i tabel 9.2 vist det gennemsnitlige antal arter af bunddyr fundet ved hver enkelt målestation i perioden 1998-2003.

I mange områder skete der markante ændringer fra 2002 til 2003. Der var en tydelig sammenhæng mellem størrelsen af disse ændringer og forekomst af iltsvind året forinden. I de områder, der ikke var ramt af iltsvind i 2002, adskilte faunasamfundene sig således ikke fra de tidligere år, mens der i de områder, der var ramt af iltsvind i 2002, var sket en ændring. Størrelsen af denne ændring var afhængig af iltsvindets styrke og varighed og var størst i områder med langvarige iltsvind med  $<2$  mg/l. De hårdest ramte områder var det nordlige Lillebælt, Vejle Fjord, Skive Fjord, Karrebæksminde Bugt og dele af Hevring Bugt og det sydlige Bælthav. Tabet af



Figur 9.13 Udvikling i indeks for ålegræssets maksimale dybdegrænse gennem overvågningsperioden 1989-2003 for henholdsvis åbne kyster, yder- og inderfjorde (Ærtebjerg et al., 2004).



Figur 9.14 Tidsmæssig udvikling i den totale individtæthed fordelt på hovedgrupper af bunddyr fra 3 HELCOM-stationer i de indre danske farvande (Ærtebjerg et al., 2004).

bunddyr pga. af iltsvindet i 2002 er opgjort til størrelsesordenen 370.000 t.

Den tabte bundfauna blev i 2003 i nogen udstrækning erstattet med nye individer med en anden artsammensætning. I flere af de områder, hvor faunaen var fjernet helt eller delvist, var det pebermuslingen *Abra alba*, der dominerede de nyetablerede samfund f.eks. i Karrebæksminde Bugt. I det Sydlige Lillebælt, hvor faunaen var næsten helt forsvundet, skete der ligeledes en genindvandring i løbet af 2003. Disse populationer blev imidlertid slået ud igen af iltsvindet i efteråret 2003.

### Målsætningsopfyldelse

Den generelle målsætning for de marine områder (*Miljøstyrelsen, 1983*) er, at tilførsel af forurenende stoffer højst

må føre til en svag påvirkning af det naturlige plante- og dyreliv. Målsætningerne for kystvande er konkretiseret i amternes regionplaner.

De fleste marine områder opfyldte ikke deres nuværende miljømålsætning i 2003, og der er på trods af visse forbedringer ikke sket væsentlige ændringer i graden af målopfyldelse siden 1989.

Målsætningerne anses generelt for opfyldt i de åbne dele af Nordsøen og Skagerrak.

I den kystnære del af Skagerrak, samt i det åbne nordlige og centrale Kattegat anses målsætningen at være tæt på at være opfyldt.

I de øvrige danske farvande anses målsætningen ikke at være opfyldt, først og fremmest fordi de forhøjede næringssalttilførsler har medført

stærkt øgede mængder af alger i vandet og af næringssaltbetingede makroalger. Disse ændringer har desuden medført udskygning af flerårige bundplanter og unaturligt store hyp-pigheder og omfang af iltsvind.

I fjord- og kystvande bidrager forekomsten af miljøfremmede stoffer til den manglende målopfyldelse, især som følge af forekomster af TBT, PAH og visse tungmetaller.

Opfyldelse af målsætningerne forudsætter, at der sker en yderligere reduktion af tilførslerne af næringsstoffer, samt for visse farvandsområder også miljøfremmede stoffer og tungmetaller.

**VANDMILJØ 2004 – Tabel 9.4**

Bundfauna 1998-2003	Antal arter					
	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Roskilde Bredning	29	29	23	30	30	27
Horsens Fjord	-	24	24	40	46	29
Vejle Fjord	-	52	36	55	47	35
Kolding Fjord	-	57	36	61	58	43
Ringkøbing Fjord	20	22	22	17	15	21
Nissum Fjord	30	29	33	28	27	28
Hevring Bugt	76	69	87	91	95	55
Øresund	68	51	54	52	30	52
Køge Bugt	26	30	28	35	34	24
Odense Fjord	66	78	57	57	56	65
Ringgårdbassin	27	28	25	19	17	12
Roskilde Fjord	33	30	31	37	33	29
Isefjord	24	36	19	15	17	33
Kattegat	63	51	61	66	59	68
Lillebælt	35	50	51	27	61	28
Karrebæksminde Bugt	40	28	37	31	38	42
Skive Fjord	31	36	24	41	46	30
Nissum Bredning	33	31	49	34	41	58
Løgstør Bredning	42	34	32	35	36	29
Vadehav Nord	43	43	41	47	42	33
Århus Bugt	62	46	54	57	33	64
Mariager Fjord	17	14	28	26	21	24
Flensborg Fjord	-	30	30	17	24	15
Vadehav Syd	41	36	43	40	42	43
Nivå Bugt	-	62	65	57	62	73
<b>Middel</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>40</b>	<b>38</b>

**Tabel 9.4** Samlet antal arter af bunddyr, der er fundet i de enkelte kystnære områder og som total gennemsnit, 1998-2003. Blå felter illustrerer stort artsantal, røde felter et lille artsantal (*Ærtebjerg et al., 2004*).

# 10 Tungmetaller

Tungmetaller og andre uorganiske sporstoffer forekommer naturligt i miljøet i relativt små mængder. Der er tale om grundstoffer med vidt forskellige karakterer. Nogle har sundhedsskadelige effekter selv i lave koncentrationer. Andre er nødvendige for den menneskelige organisme i små mængder og sundheds- og miljøskadelige i større mængder. Nogle metaller, heriblandt cadmium og kviksølv ophobes gennem fødekæden. Menneskeskabte påvirkninger kan resultere i at stofferne findes i forhøjede værdier, f.eks. som følge af spildevandsudledning.

Overvågning af tungmetaller omfatter i 2003 punktkilder, atmosfæren, grundvand samt muslinger, fisk og sediment i marine områder. Omfanget af metalanalyser varierer i de enkelte dele af overvågningen, dog er cadmium, bly, nikkel, zink og kobber med i alle områder.

## 10.1 Atmosfærisk deposition

Den atmosfæriske deposition af tungmetaller er en væsentlig kilde til metallernes forekomst andre steder i miljøet. Den atmosfæriske deposition er bestemt ved måling af luftens indhold og våddepositionen af en række metaller.

Våddepositionen af tungmetaller adskiller sig i 2003 ikke væsentligt fra de seneste år. Set over en længere årrække er der imidlertid en tydelig reduktion i såvel luftens indhold som af våddepositionen af de metaller, der indgår i overvågningen. Dette er eksempelvis tydeligt for bly og zink (figur 10.1).

Variationen i depositionen fra år til år af et tungmetal afhænger af flere faktorer. Den væsentligste faktor er de aktuelle emissioner fra de områder, der via den atmosfæriske transport bidrager med tungmetalledfald over Danmark. Vind- og vejrforhold er fak-

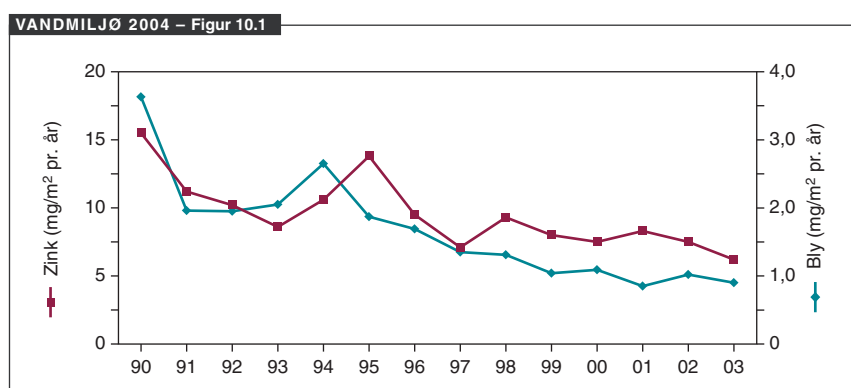
torer, som ligeledes kan have væsentlig betydning for såvel luftkoncentrationer som depositionen.

Ved en samlet vurdering af tilgængelig viden om emissioner af tungmetaller fra kilder i Øst- og Vesteuropa og i Danmark finder man god overensstemmelse mellem faldet i emissionerne og såvel luftkoncentrationer som depositioner. Dette er illustreret med bly og zink som eksempler i figur 10.2.

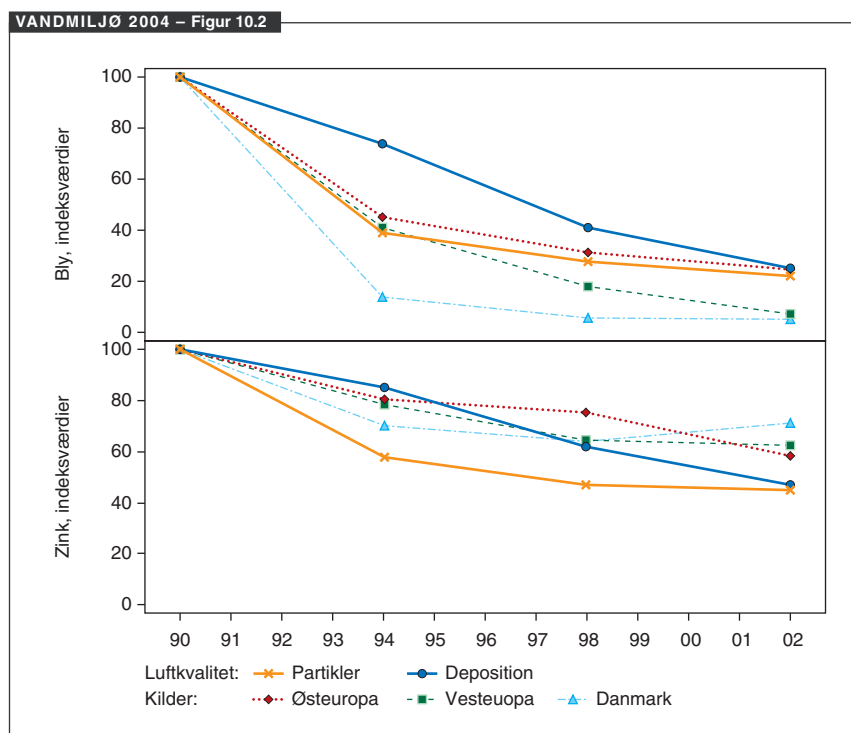
## 10.2 Spildevand

Indholdet af tungmetaller i spildevand i udløb fra renselanlæg er stort set på samme niveau som ved tidligere undersøgelser i 1994 og 1996. Der er dog stor spredning på indholdet afhængig af hvilke industrier mv. der er tilsluttet det enkelte anlæg.

Koncentrationerne af tungmetaller i udløbet fra renselanlæggene ligger



Figur 10.1 Tidsudvikling i våddeposition over en 14 årig periode af bly (Pb) og zink (Zn) (Ellermann et al., 2004).



Figur 10.2 Indeks værdier for våddeposition og partikelkoncentration i luften sammenlignet med emissioner fra lande i Øst- og Vesteuropa samt Danmark. Måleresultaterne repræsenterer middelværdier over treårsperioder omkring de angivne år. Alle resultater er normeret til 100 i 1990 (Ellermann et al., 2004).

generelt på niveau med de fastsatte kvalitetskrav for vandområder (tabel 10.1). Dog er der på 5 anlæg målt koncentrationer af kobber som er 10 gange større end kvalitetskravet. For zink er der et enkelt anlæg, hvor der er målt koncentrationer 10 gange større end kvalitetskravet. Miljøstyrelsen vurderer, at overordnet set vil de målte koncentrationer i det udledte spildevand ikke umiddelbart give anledning til kritiske forhold i forhold til de fastlagte krav til vandmiljøet. Ved vurderingen af om kvalitetskravene er overholdt indregnes den fortynding (initialfortynding), der sker i udledningsområdet umiddelbart efter udledning.

### 10.3 Grundvand

Grundvandet undersøges for indhold af tungmetaller og en række andre sporstoffer, som samlet set betegnes uorganiske sporstoffer. Uorganiske sporstoffer findes naturligt i grundvand, men kan også findes i forhøjede koncentrationer som følge af menneskelig påvirkning.

Generelt ses der overskridelser af grænseværdierne for uorganiske sporstoffer i drikkevand i såvel det overfladenære grundvand i LOOP, som i det dybereliggende grundvand i GRUMO og ved vandværkernes boringskontrol (tabel 10.2).

Grundvandet i LOOP, som ligger i områder med landbrugsdrift og med indtag i det overfladenære grundvand, skiller sig klart ud med væsentlig større hyppighed af overskridelser af grænseværdierne for bly, zink og nikkel end grundvandet i GRUMO og ved vandværkerne.

For arsen er hyppigheden af overskridelserne af grænseværdien

for drikkevand væsentlig større i GRUMO og ved vandværkerne end i LOOP på grund af forskellen i prøvetagningsdybde. Grænseværdien er sænket fra 50 µg/l til 5 µg/l med den nye drikkevandsbekendtgørelse (Miljøministeriet, 2001). Grundvandets indhold af arsen skyldes de geologiske forhold i grundvandsmagasinet. Overskridelserne forekommer primært i områder med tertiært marint ler i undergrunden, eller i områder hvor tertiært marint ler forekommer opblandet i morænedækket efter isens passage. Dog kan yngre marine aflejringer også have et højt indhold af arsen.

I vandværker med vandbehandling og velfungerende sandfiltre tilbageholdes uorganiske sporstoffer i nogen grad. Overskridelser af grænseværdierne i grundvandet medfører derfor ikke nødvendigvis en problematisk drikkevandskvalitet. For enkeltforsyninger og små vandforsyninger uden vandbehandling kan sporstofferne derimod udgøre et kvalitetsproblem.

VANDMILJØ 2004 – Tabel 10.1

	Koncentration i udløb (µg/l)			Kvalitetskrav (Bek.921) (µg/l)*	
	Middel	95%-fraktil	5%-fraktil	Ferskvand	Saltvand
Arsen	1,3	5,3	0,0	4	4
Bly	1,9	5,3	0,3	3,2	5,6
Cadmium	0,09	0,5	0,0	5,0	2,5
Chrom	2,3	9,5	0,4	10	1,0
Kobber	6,7	23	1,5	12**	2,9**
Kviksølv	0,09	0,3	0,0	1,0	0,3
Nikkel	6,4	16	1,6	160	8,3
Zink	91	252	24	110	86

\*) Kvalitetskravene til bly, chrom, kobber, nikkel og zink er forslag til kvalitetskrav, hvor datagrundlaget ikke er endeligt kvalitetsvurderet (Miljø- og Energiministeriet, 1996).

\*\*) Værdierne for kobber er øvre grænser, samtidig har Miljøstyrelsen stillet forslag om en tilføjet værdi til baggrundskoncentrationen for kobber på 1 µg/l.

Tabel 10.1 Middelværdier og fraktiler for tungmetaller i udløb fra renselanlæg i perioden 1998-2003 samt nationalt fastsatte kvalitetskrav for vandområder. Data fra Miljøstyrelsen, 2004.

VANDMILJØ 2004 – Tabel 10.2

% over grænseværdi	Grænseværdi drikkevand (µg/l)	LOOP		GRUMO		Vandværksboringer	
		Mindst en analyse	Alle analyser	Mindst en analyse	Alle analyser	Mindst en analyse	Alle analyser
Arsen	5	8	0	15	5	17	3
Bly	5	39	0	1	<1	<1	0
Nikkel	20	56	5	6	1	4	1
Zink	100	46	8	6	1	2	0

Tabel 10.2 Overskridelse af grænseværdier for drikkevand af udvalgte metaller i grundvand for perioden 1993-2003 for GRUMO og vandværksboringer og 1998-2003 for LOOP. Procentandelen angiver % af analyserede indtag med værdier større end grænseværdierne for drikkevand. Data fra GEUS, 2004.

## 10.4 Marine områder

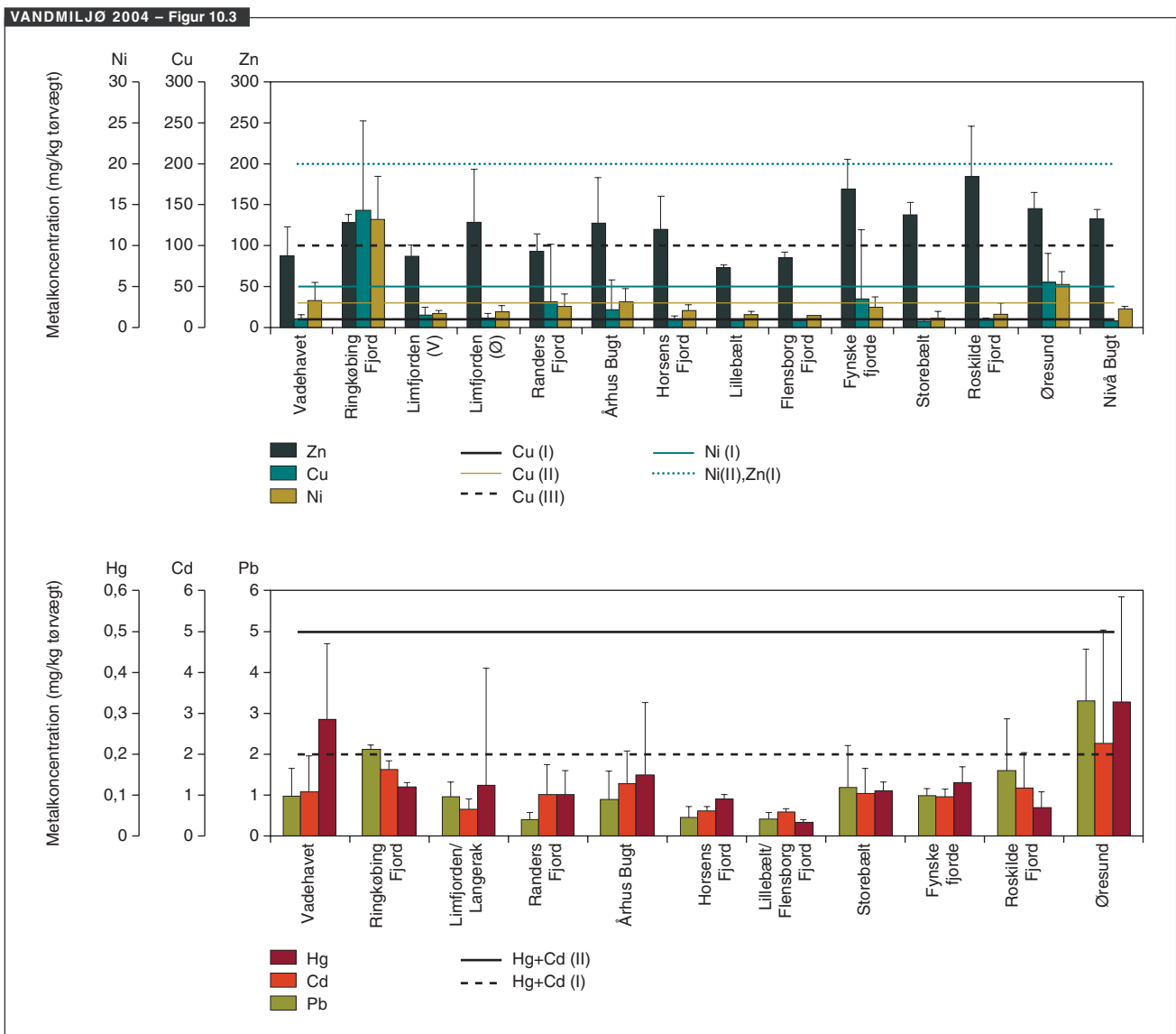
Ligesom i grundvand er tungmetaller naturligt forekommende i havmiljøet. Havmiljøet tilføres desuden tungmetaller fra en række kilder, bl.a. ved skibsfart, atmosfærisk deposition, spildevand og anden afstrømning fra land. Metalindholdet i muslinger og fisk anvendes som en generel indikator for belastningen af havmiljøet med tungmetaller. Udover muslinger og fisk indgår i 2003 også sediment i overvågningen af tungmetaller i havmiljøet.

### Metaller i muslinger

I de fleste områder svarer niveauet af tungmetaller i muslinger til klassificeringen "ubetydeligt til moderat forurenet" efter det vejledende norske klassificeringssystem udarbejdet af Statens Forurensningstilsyn (SFT, 1997).

Det højeste niveau for bly, cadmium og kviksølv blev fundet i Øresund, mens det højeste niveau for nikkel og kobber blev fundet i Ringkøbing Fjord. Kobberniveauet i Ringkøbing Fjord svarer til vurderingen "stærkt forurenet". Det skal dog bemærkes,

at målingerne i Ringkøbing Fjord er lavet på sandmuslinger, mens de øvrige målinger er på blåmuslinger, og dette kan have betydning for vurderingen. I blåmuslinger fra Øresund, Randers Fjord og fynske fjorde findes kobberkoncentrationer svarende til klassificeringen "markant forurenet" (figur 10.3).



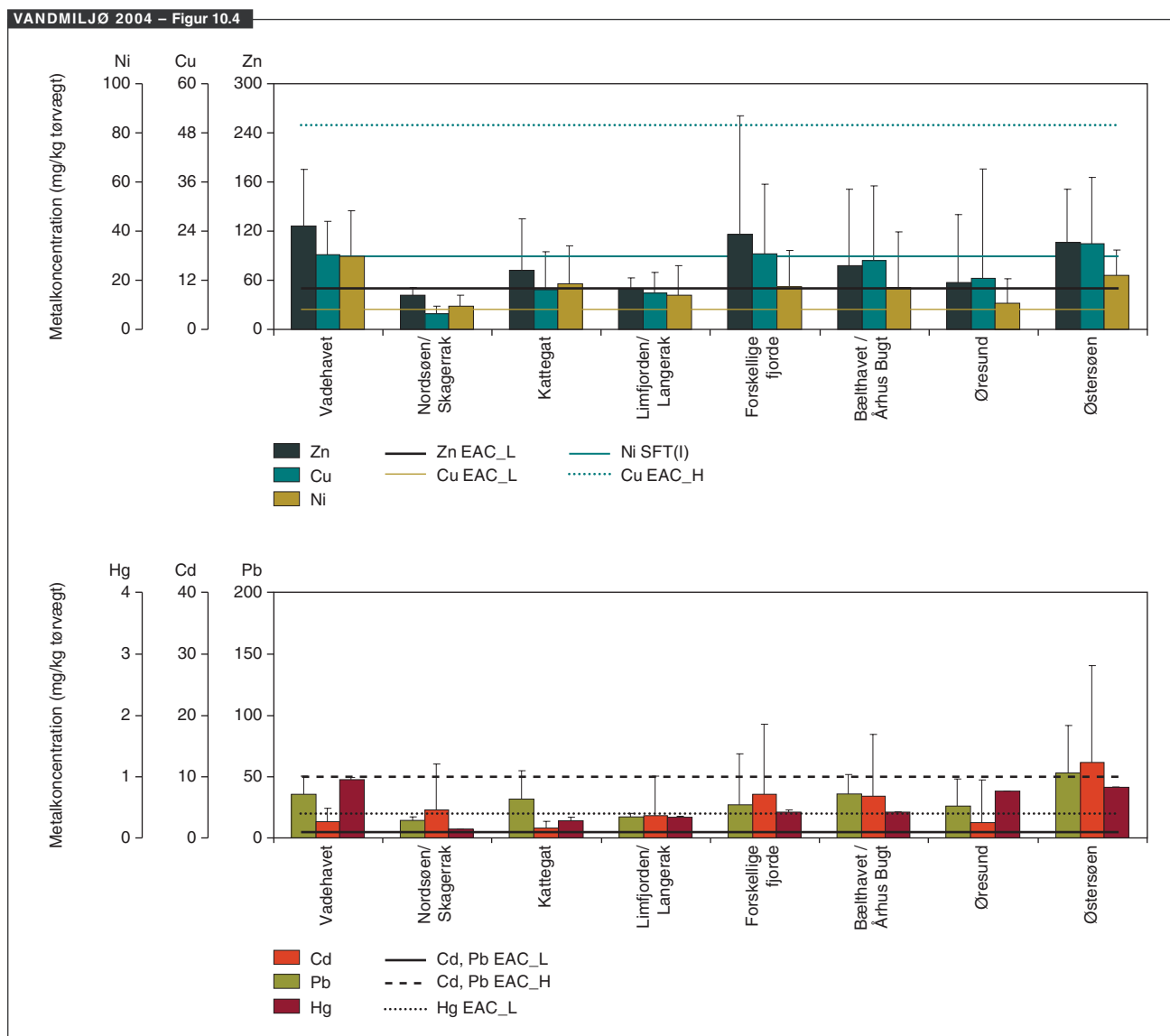
**Figur 10.3** Metalkoncentrationer (mg/kg TS) i muslinger (gennemsnit og maksimum af 1 til 5 stationer pr. område med 1-3 replikater pr. station) med linier, som markerer grænsen for moderat (klasse I/II), markant (II/III) og stærkt forurenet (III/IV) i SFT's klassificering. Bemærk: forskellige skalaværdier for stofferne (Ærtebjerg *et al.*, 2004).

### Metaller i sediment

Indholdet af tungmetaller i sediment er målt i otte forskellige typer af områder i de åbne og kystnære farvande, og resultaterne er vurderet i forhold til OSPARs vejledende økotoxikologiske vurderingskriterier (EAC) (OSPAR, 1998). Indholdet af bly og cadmium i sedimentet i Øresund overskrider den øvre-EAC værdi, hvilket betyder at der kan være risiko for, at langtidspåvirkninger kan medføre effekter på de mest følsomme organismer (figur 10.4).

Indholdet af zink, kobber og kviksølv i sedimentet er i de fleste områder mellem den øvre og nedre EAC-værdi, hvilket betyder, at langtidseffekter på økosystemet ikke kan udelukkes.

En del amter har angivet kobberindholdet i muslinger som hindring for målsætningsopfyldelse, i få tilfælde er cadmium og kviksølv angivet som hindring. Flere amter har angivet sedimentets indhold af bly og cadmium som hindring for målsætningsopfyldelse.



**Figur 10.4** Metalkoncentrationer (mg/kg TS) i sedimenter. For nikkel er SFT klasse 1 angivet, for de øvrige metaller er angivet OSPAR's EAC-værdier (både lav (EAC\_L) og høj (EAC\_H) for Cd, Cu og Pb). Bemærk: forskellige skalaværdier for stofferne (Ærtebjerg et al., 2004).



# 11 Pesticider

Pesticider har udbredt anvendelse til bl.a. ukrudts- og skadedyrsbekæmpelse i landbruget og andre jordbrugserhverv samt på udyrkede arealer. Ikke alle pesticider bliver fuldstændig nedbrudt efter at de har haft den tilsigtede virkning, og derfor findes der rester af pesticider og deres nedbrydningsprodukter spredt i miljøet.

Overvågning af pesticider og nedbrydningsprodukter af pesticider omfatter i 2003 grundvand, vandløb og søer. Desuden indgår pesticider i mindre omfang i overvågningen af spildevand fra renseanlæg og industrielle udledere.

De pesticider, der undersøges for i grundvand, vandløb og søer, er primært herbicider, der anvendes i landbrug eller skovbrug. Heriblandt er glyphosat, som de senere år har fået stigende anvendelse ved bekæmpelse af ukrudt. Den hyppigste årsag til pesticidforurening i grundvand er imidlertid BAM, som stammer fra nedbrydning af dichlobenil (Prefix og Casoron G) og chlorthiamid (Prefix). Disse pesticider har været anvendt til ukrudtsbekæmpelse på udyrkede arealer så som langs veje og stier. Anvendelse af de to pesticider er ikke længere tilladt.

I spildevand og slam fra renseanlæg undersøges der for de såkaldte driner (aldrin, dieldrin, andrin, isodrin) samt lindan. Alle er chlorerede pesticider, som ikke længere er tilladt. Ingen af pesticiderne er fundet i udløbet fra renseanlæg.

I spildevand fra særskilte industrielle udledere er der i enkelte tilfælde analyseret for nogle af de samme pesticider som i grundvand og vandløb. BAM er i denne sammenhæng fundet hyppigt (i 41 ud af 45 prøver) med en middelværdi på 0,2 µg/l. Ved få industrier er der undersøgt for enkelte andre pesticider, og der er fundet meget høje koncentrationer. Eksempelvis er dichlorprop fundet i 8 ud af 12 prøver med en middelmiddelt koncentration på 2,7 µg/l, og mechlorprop er ved analyse af 7 prøver fundet i alle prøver med en middelmiddelt koncentration på 9,3 µg/l.

## 11.1 Tilstand og udvikling i grundvand, vandløb og søer

### AMPA og glyphosat

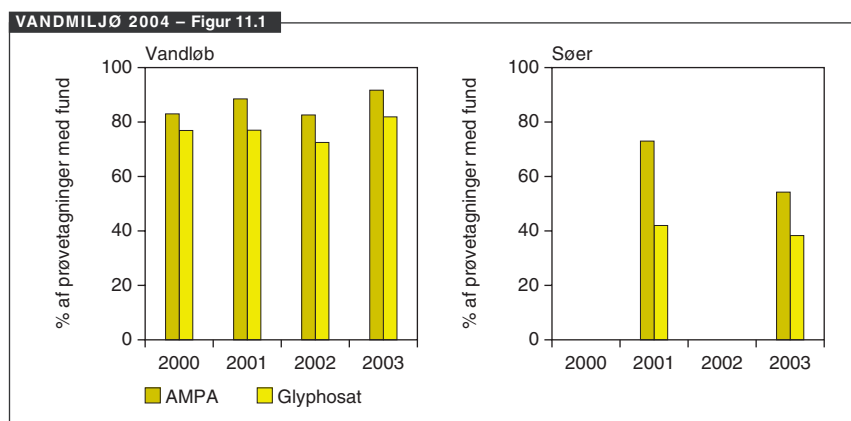
AMPA er det stof i gruppen af pesticider og nedbrydningsprodukter af pesticider, der er fundet hyppigst i vandløb, idet stoffet er fundet i 91% af de i alt 168 prøver der i 2003 er ud-

taget fra 5 vandløb i Danmark. AMPA er nedbrydningsprodukt af glyphosat, som er det aktive stof i bl.a. Round-up. Glyphosat er fundet i 82% af prøverne i vandløb (figur 11.1).

AMPA og glyphosat er ligeledes blandt de pesticider og nedbrydningsprodukter, der er fundet hyppigst i søer. AMPA er fundet i 7 ud af 8 undersøgte søer og glyphosat er fundet i 6 af de 8 undersøgte søer. Mediankoncentrationen var af begge stoffer lav i både 2001 og 2003 (svarende til detektionsgrænsen).

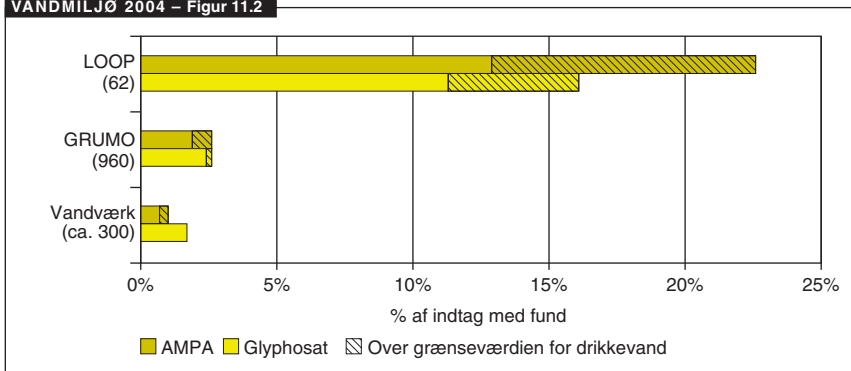
I grundvandsovervågningen er glyphosat og AMPA ligeledes blandt de hyppigst fundne pesticider og nedbrydningsprodukter. Den største fundhyppighed ses i det yngre overfladenære grundvand i landovervågningsoplandene (figur 11.2). I det dybereliggende grundvand er stofferne også fundet, men hyppigheden er langt fra af samme omfang som i det overfladenære grundvand.

Glyphosat tegnede sig i 2003 for 43% af det samlede salg af herbicider og 32% af det samlede salg af pesticider til landbrugsformål (*Miljøstyrelsen, 2004b*). Salget har været stigende med en markant stigning indenfor de seneste år (figur 11.3).



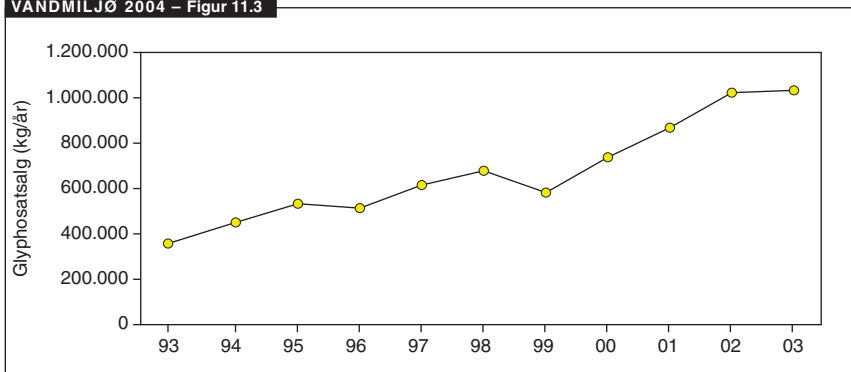
Figur 11.1 Fund af glyphosat og AMPA i vandløb og 8 søer i perioden 2001 – 2003. Søerne er ikke undersøgt i 2002. Data fra Bøgestrand (red.), 2004 og Jensen et al., 2004.

VANDMILJØ 2004 – Figur 11.2



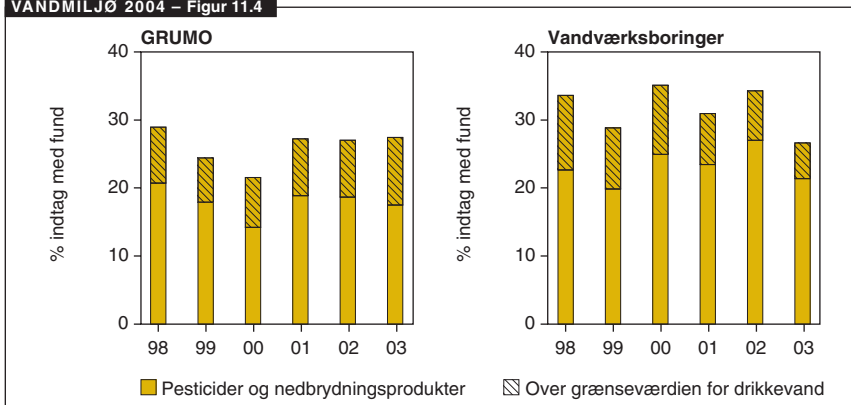
Figur 11.2 Grundvandsindtag/boringer med fund og indtag/boringer med fund over grænseværdien for drikkevand af glyphosat og AMPA i GRUMO, LOOP og ved vandværkernes boringskontrol i perioden 1998-2003. Tallene i parentes angiver antallet af analyserede indtag/boringer. Data fra GEUS, 2004.

VANDMILJØ 2004 – Figur 11.3



Figur 11.3 Udvikling i salget af glyphosat i perioden 1993-2003. Data fra Miljøstyrelsen, 1995; Miljøstyrelsen, 1998; Miljøstyrelsen, 2001 og Miljøstyrelsen, 2004b.

VANDMILJØ 2004 – Figur 11.4



Figur 11.4 Indtag med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen og ved vandværkernes boringskontrol 1998-2003 (GEUS, 2004).

VANDMILJØ 2004 – Tabel 11.1

Vandløb (168 prøver)	Søer (48 prøver)	GRUMO (ca. 1.000 indtag)	LOOP (50-100 indtag)	Vandværker (220-5.000 boringer)
AMPA (91%)	TCA (61%)	BAM (20%)	4-nitrophenol (39%)	BAM (21%)
BAM (83%)	AMPA (54%)	DEI-atrazin (9,0%)	DEI-atrazin (30%)	4-nitrophenol (3,2%)
Glyphosat (82%)	BAM (54%)	DIP-atrazin (7,4%)	DIP-atrazin (23%)	4CPP (2,6%)
TCA (52%)	4-nitrophenol (50%)	DE-atrazin (6,8%)	AMPA (23%)	Atrazin (2,6%)
MCPA (39%)	Glyphosat (38%)	4-nitrophenol (6,6%)	Bentazon (21%)	DE-atrazin (2,6%)
Terbutylazin (32%)	DNOC (26%)	Atrazin (5,3%)	Glyphosat (16%)	Bentazon (1,9%)
Bentazon (32%)	MCPA (23%)	Dichlorprop (4,3%)	DE-atrazin (15%)	Mechlorprop (1,9%)

Tabel 11.1 Oversigt over de hyppigst fundne pesticider og nedbrydningsprodukter i vandløb og søer i 2003 samt grundvand i GRUMO, LOOP og ved vandværker opgjort samlet for perioden 1993-2003. I vandløb og søer er fundprocenten opgjort i forhold til antallet af analyserede prøver, i grundvand i forhold til antallet af analyserede indtag/boringer. Data fra Bøgestrand (red.), 2004; Jensen et al., 2004 og GEUS, 2004.

## 11.2 Andre pesticider

Det er i vid udstrækning de samme pesticider, der ud over glyphosat og AMPA, bliver fundet hyppigst i vandløb og søer, og i nogen udstrækning også i grundvand (tabel 11.1).

I grundvand har hyppigheden af pesticidfund i GRUMO de seneste år været på samme niveau, mens der er sket en stigning i andelen af indtag, hvor indholdet af pesticider overskrider grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l (figur 11.4). Andelen af vandværksboringer, der overskrider grænseværdien, er faldet i samme periode. Det faldende antal vandværksboringer, der overskrider grænseværdien, skyldes formodentlig, at vandværksboringer med høje pesticidkoncentrationer tages ud af drift.

I overfladevand er der i et enkelt tilfælde i vandløb fundet overskridelse af det danske kvalitetskrav for trichloreddikesyre (Miljø- og Energiministeriet, 1996). For andre otte pesticider er der fundet i alt 35 tilfælde af overskridelse af enten norske (Ludvigsen et al., 2001) eller hollandske kravværdier (Crommentuijn et al., 1997). Der er ikke fastsat tilsvarende danske kravværdier. For flere stoffer (dinoseb, isoproturon og propinicol) er der i nogle tilfælde fundet så høje værdier, at det ikke kan skyldes normal anvendelse af stofferne, men sandsynligvis skyldes direkte udslip til vandløbet.

## 12 Andre organiske miljøfremmede stoffer

Miljøfremmede organiske stoffer omfatter bl.a. en række stoffer, som er på EU's liste over stoffer, der har dokumenterede hormonforstyrrende effekter. Heriblandt er plastblødgørere, nonylphenol, PCB og organotinforbindelser (*Miljøstyrelsen, 2004a*). Gruppen omfatter en række stoffer, som har været brugt gennem en årrække, og som i dag er forbudt, men som fortsat findes i miljøet og udgør et miljøproblem, heriblandt er PCB.

Gruppen af andre organiske miljøfremmede stoffer end pesticider indgår i 2003 i overvågningen af spildevand, slam, grundvand, vandløb, søer samt muslinger, fisk og sediment fra marine områder. Målingerne omfatter i 2003 150 forskellige stoffer. Stort set alle stoffer indgår i overvågningen af spildevand og slam, mens den øvrige overvågning omfatter færre stoffer afhængig af stoffernes anvendelse og fysik-kemiske egenskaber.

Enkelte stoffer er med i det meste af overvågningen, heriblandt er nonylphenoler, som primært anvendes som detergent, og plastblødgøreren di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP), mens eksempelvis PCB kun indgår i programmet for spildevand og slam og dioxiner kun i programmet for slam.

### 12.1 Spildevand

Spildevandet er den væsentligste kilde til stoffernes forekomst i vandmiljøet. De fleste stoffer findes hyppigt i indløbet til renseanlæggene, indholdet reduceres for de fleste betydeligt mellem indløb og udløb. For en del stoffer er der tale om reel nedbrydning, mens andre stoffer som aromatiske kulbrinter, phenoler, polyaromatiske kulbrinter og blødgørere genfindes i større mængder i slammet.

Blandt de stoffer, som i 2003 er fundet hyppigst i udløbet fra renseanlæggene, er DEHP, nonylphenoler, phenol samt phosphor-triesterne TCPP, tributylphosphat og triphenylphosphat og de alifatiske aminer diethylamin og dimethylamin. Disse stoffer er alle fundet i mere end halvdelen af de analyserede prøver.

### 12.2 Tilstand og udvikling

#### Vandløb og søer

I de undersøgte 5 større vandløb er der i 2003 målt forekomst af i alt 31 forskellige organiske miljøfremmede stoffer i én eller flere vandprøver. Der er således fundet flere forskellige stoffer end i 2002.

Stofferne forekommer imidlertid så spredt, at der ikke er tale om et generelt billede. Dette betyder, at der kun for trichlorethylen i et enkelt af de 5 vandløb (Damhusåen) kan laves en pålidelig beregning af tilførslen til havet. Der tilføres i 2003 via Dam-

husåen 4,8 kg trichlorethylen til havet. Trichlorethylen er fundet i 9% af de analyserede prøver fra udløb fra renseanlæg i koncentrationer, som er væsentligt lavere end mediankoncentrationen og maks. koncentrationen i Damhusåen.

DEHP og nonylphenoler, som er blandt de hyppigst fundne i udløb fra renseanlæggene, er i 2003 fundet i henholdsvis 4 og 3 af de i alt 60 analyserede prøver fra vandløb. 5 af de i alt 7 tilfælde hvor der er fundet DEHP og nonylphenoler, er fra Damhusåen. I søerne er DEHP fundet i 14% af de analyserede prøver, hvilket er en lavere hyppighed end i 2001, hvor DEHP blev fundet i 26% af de analyserede prøver.

Der er i 2003 generelt fundet lave koncentrationer af de organiske miljøfremmede stoffer, der er undersøgt for i de 8 søer. I det omfang stoffernes effektkoncentrationer er kendte konkluderes det, at der ikke må formodes at forekomme økologiske konsekvenser af stofferne. Der kan dog ikke drages konklusioner med hensyn til effekter som følge af stofkombinationer.

#### Grundvand

Grundvandet er siden 1993 undersøgt for indhold af en række organiske miljøfremmede stoffer ud over pesticider.

Hyppigheden af indtag, hvor der mindst én gang i perioden 1993-2003 er fundet et eller flere af de stoffer, der undersøges for, er samlet set større i GRUMO end ved vandværkernes boringskontrol eller i LOOP (tabel 12.1).

VANDMILJØ 2004 – Tabel 12.1

	Antal undersøgte boringer/indtag	Boringer/indtag med fund mindst én gang af et eller flere stoffer
GRUMO	1.132	63% af undersøgte
LOOP	61	56% af undersøgte
Vandværksboringer	5.628	22% af undersøgte

**Tabel 12.1** Hyppighed af fund af andre organiske miljøfremmede stoffer end pesticider i grundvand i perioden 1993-2003. I fundprocenten er ikke medregnet fund af anioniske detergenter (*GEUS, 2004*).

Fundhyppigheden er de enkelte år i GRUMO og ved vandværkernes boringskontrol på samme niveau uden nogen tydelig opadgående eller nedadgående tendens (figur 12.1). Således var fundhyppigheden i GRUMO i 2003 højere end i 2002, det modsatte gjorde sig gældende ved vandværkernes boringskontrol.

I GRUMO er stofferne i gruppen af aromatiske kulbrinter (benzen, toluen og xylener) den hyppigste årsag til fund af organiske mikroforureninger (figur 12.2). Phenol er den hyppigste årsag til fund i LOOP, mens det ved vandværkernes boringskontrol er blødgøreren DBP, der er den hyppigst fundne.

I GRUMO har det vist sig, at mange af stofferne kan trænge dybt ned gennem jordlagene, eksempelvis er der fundet chloroform i dybder 40 m under terræn. Der er fundet chloroform i 111 af de 1.090 indtag, hvor der er undersøgt for stoffet. En del af fundene af chloroform er i områder med skov og naturarealer. En forklaring herpå kan være naturlig dannelse, idet undersøgelser har vist, at chloroform kan dannes naturligt under skovjorde. Denne dannelse af chloroform antages især at ske i kystnære nåleskovsområder, hvor klor fra havluft opfanges på træerne, og derefter ved gennemdrypning når skovbunden.

#### Marine områder

I 2003 er der i sedimentet i de undersøgte fjorde og indre farvande fundet samtlige de miljøfremmede stoffer, der er undersøgt for (figur 12.3).

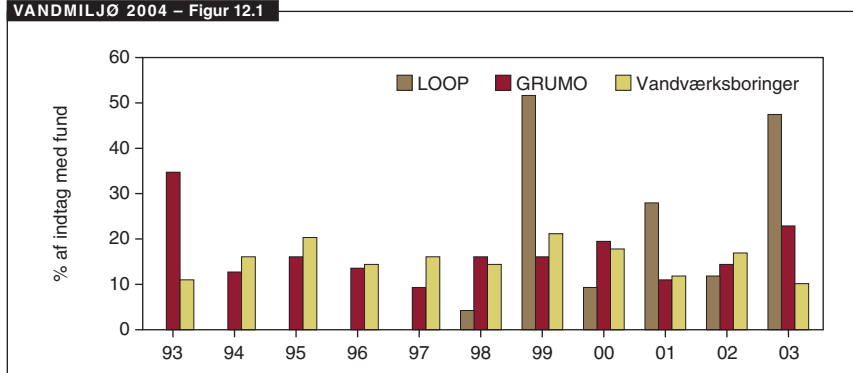
Forskellige organoklorforbindelser som PCB, DDT, lindan (HCH) og hexachlorbenzen (HCB) blev fundet i sediment, muslinger og fisk. PAH og organotinforbindelser blev fundet i sediment og muslinger, og DEHP og nonylphenoler (NP) blev fundet i sediment.

Forekomsten af miljøfremmede stoffer i marine områder er primært vurderet i forhold til OSPARs vejledende økotoxikologiske vurderingskriterier (EAC) (OSPAR, 1998), men også ud fra det norske klassificeringssystem (SFT, 1997).

PCB og PAH er fundet i sediment og muslinger i flere områder i koncentrationer på et niveau, hvor det vurderes at effekter i miljøet ikke kan udelukkes.

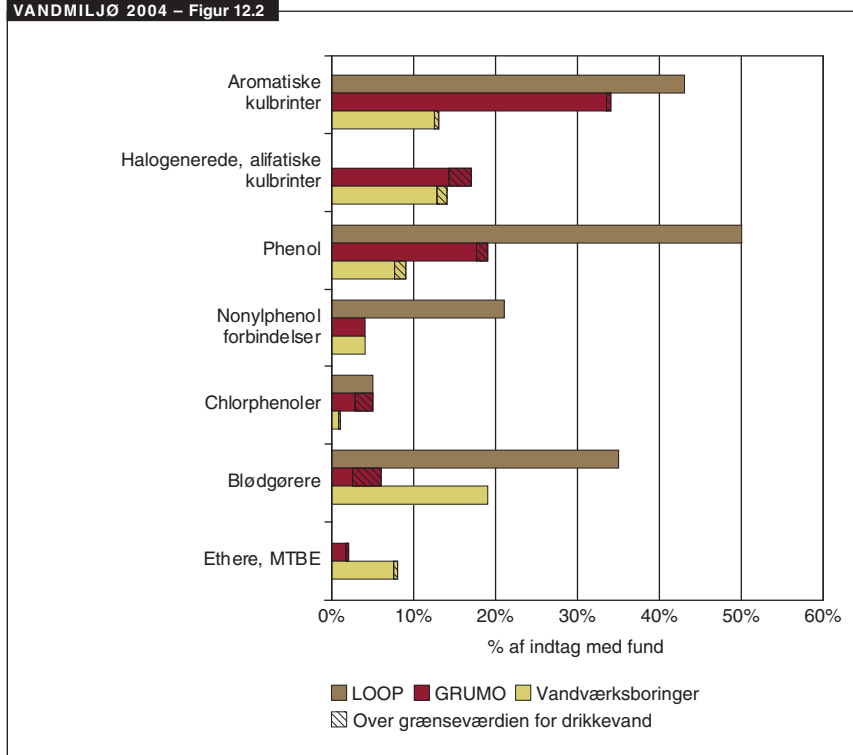
Tributyltin (TBT) er fundet udbredt i marint sediment, i kystvandene er koncentrationerne højere end i de åbne farvande. EAC-værdierne for TBT er meget lave, og med de fundne koncentrationer kan der derfor forventes udbredte effekter i alle farvande. I muslinger er TBT i alle de undersøgte områder fundet i så høje koncentrationer, at der er væsentlig risiko for, at der vil forekomme effekter. De højeste

VANDMILJØ 2004 – Figur 12.1



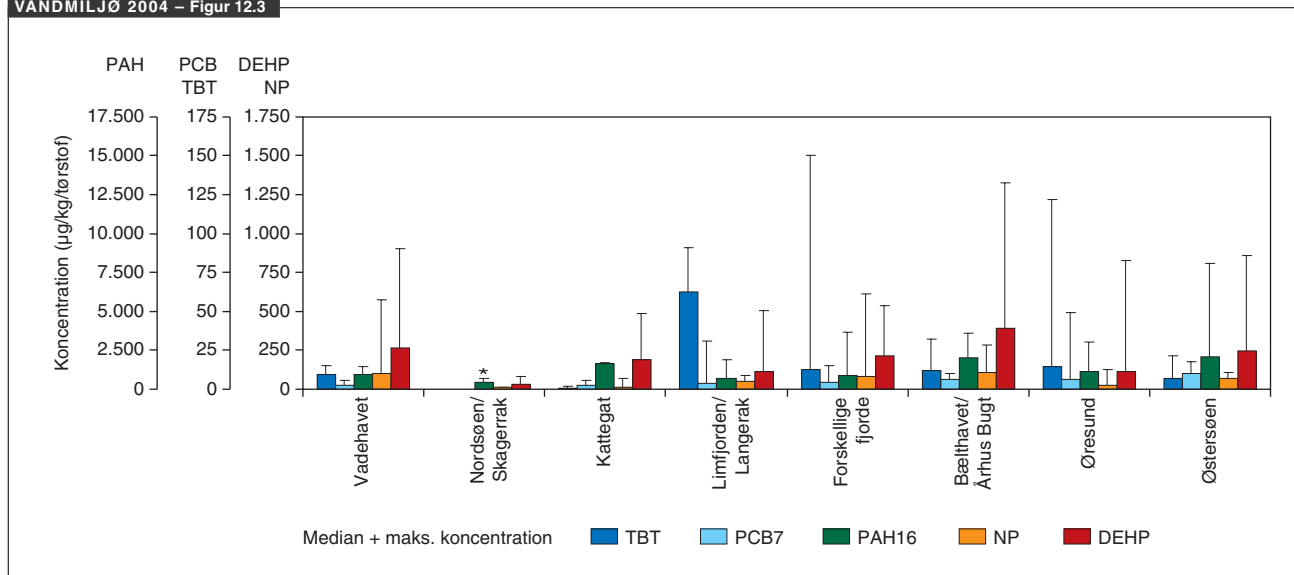
**Figur 12.1** Udviklingen i fundprocent af organiske miljøfremmede stoffer i GRUMO og vandværksboringer (boringskontrol) i perioden 1993-2003 og LOOP i perioden 1998-2003. Fundprocenten er opgjørt som antallet af indtag hvor der er fundet (indhold over detektionsgrænsen) et eller flere stoffer i forhold til antallet af analyserede indtag. Data fra GEUS, 2004.

VANDMILJØ 2004 – Figur 12.2



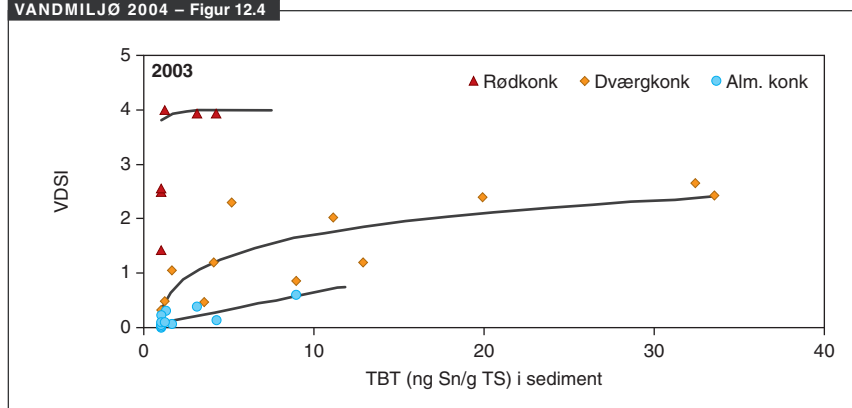
**Figur 12.2** Fundprocent af miljøfremmede stoffer opgjørt stoffegruppevis i LOOP, GRUMO og vandværksboringer (boringskontrol). Fundprocenten er opgjørt som antallet af indtag med fund (indhold over detektionsgrænsen) i forhold til antallet af analyserede indtag i perioden 1993-2003, for LOOP i perioden 1998-2003. Data fra GEUS, 2004.

VANDMILJØ 2004 – Figur 12.3



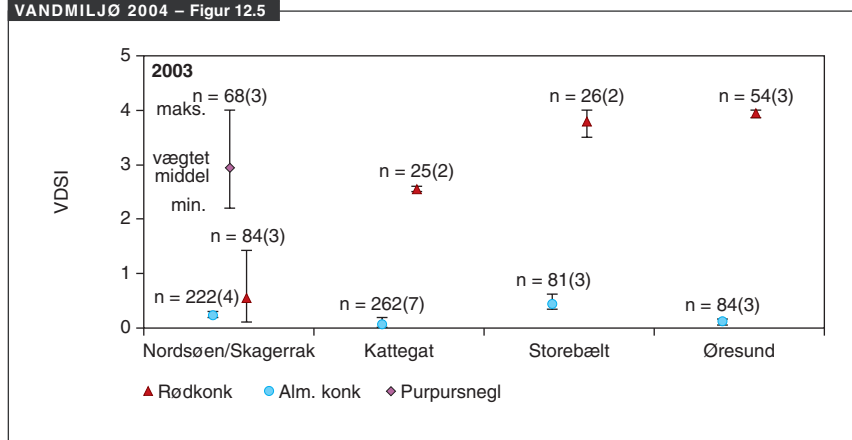
Figur 12.3 Koncentrationen af udvalgte miljøfremmede stoffer i sediment i kystnære samt åbne del af danske farvande. Bemærk: forskellige skalaværdier for stofferne (Ærtebjerg et al., 2004).

VANDMILJØ 2004 – Figur 12.4



Figur 12.4 Imposex i forhold til indholdet af TBT i sediment. Figur 16.3 i Ærtebjerg et al., 2004.

VANDMILJØ 2004 – Figur 12.5



Figur 12.5 Imposex i rød konk, alm. konk og purpursnegl i 4 danske farvandsafsnit. n=antallet af hunner fordelt på (x) stationer. Figur 16.1 i Ærtebjerg et al., 2004.

koncentrationer er fundet i områder med høj skibstrafik og andre skibsrelaterede aktiviteter. TBT har været udbredt anvendt i skibsmaling, dette har siden 2003 været under udfasning.

Effekten af TBT i marine områder kommer bl.a. synligt til udtryk i form af hormonforstyrrelser, hvor hunner af havsnegle udvikler vedvarende hanlige køns karakterer, der i værste fald kan medføre sterilitet (imposex<sup>1</sup> og intersex<sup>2</sup>). Graden af imposex beskrives med en indekssværdi, VSDI. Sammenhængen mellem TBT i sediment og VSDI illustrerer at sneglene har forskellig følsomhed overfor TBT (figur 12.4). I 2003 er imposex og intersex fundet udbredt i de fem undersøgte arter af havsnegle i 2003, og i de mest følsomme arter selv i de åbne farvande (figur 12.5).

Flere amter har vurderet at forekomst af miljøfremmede stoffer har medvirket til manglende målopfyldelse.

<sup>1</sup> Imposex: udvikling af tvekønnethed hos snegle pga. af TBT-inducerede hormonforstyrrelser. Hunnerne udvikler penis og/eller sædleder i tillæg til henners normale kønsorganer.

<sup>2</sup> Intersex: udvikling af tvekønnethed hos f.eks. snegle og fisk pga. hormonforstyrrelser. Hos den almindelige strandsnegl sker der en decideret omdannelse af henners normale kønsorganer til hanlige kønsorganer.

## 13 Referencer

- Bøgestrand, J. (red.) (2004): Vandløb 2003. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. – Faglig rapport fra DMU nr. 516 (elektronisk) <http://faglige-rapporter.dmu.dk>
- Cappelen, J. & Jørgensen, B.V. (2004): Danmarks Klima 2003 med Færøerne og Grønland. Danmarks Meteorologiske Institut. 87 s. – Teknisk rapport 04-02.
- Crommentuijn, T., Kalf, D.F., Polder, M.D., Posthumus, R. & van de Plasscke, E.J. (1997): Maximum permissible concentrations and negligible concentrations for pesticides. Annex to report no. 601501 002. National Institute of Public Health and the Environment. Bilthoven, the Netherlands.
- Ellermann, T., Hertel, O., Skjøth, C.A., Kemp, K & Monies, C. (2003): Atmosfærisk deposition 2002. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. – Faglig rapport fra DMU nr. 466 (elektronisk) <http://faglige-rapporter.dmu.dk>
- Ellermann, T., Hertel, O., Skjøth, C.A., Kemp, K. & Monies, C. (2004): Atmosfærisk deposition 2003. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. – Faglig rapport fra DMU nr. 519 (elektronisk) <http://faglige-rapporter.dmu.dk>
- GEUS (2004): Grundvandsovervågning 2004. (elektronisk) <http://www.geus.dk>
- Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Jensen, P.G., Clausen, B., Pedersen, M.L. & Rasmussen, P. (2004): Landovervågningsoplande 2003. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. – Faglig rapport fra DMU nr. 514 (elektronisk) <http://faglige-rapporter.dmu.dk>
- Ludvigsen, G.H. & Lode, O. (2001): Jordmonnsovervåking i Norge. Pesticider 1999. Landbruksdepartementet, Statens Forurensningstilsyn. 109 s. – Jordforsk rapport nr. 22/01 (elektronisk) <http://www.sft.no/publikasjoner/overvaking/1786/ta1786.pdf>
- Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L., Liboriussen, L., Landkildehus, F. & Sortkjær, L. (2004): Søer 2003. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser – Faglig rapport fra DMU nr. 515 (elektronisk) <http://faglige-rapporter.dmu.dk>
- Miljø- og Energiministeriet (2001): Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg nr. 871 af 21. september 2001.
- Miljø- og Energiministeriet (1996): Bekendtgørelse om vandkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer eller havet nr. 921 af 8. oktober 1996.
- Miljøstyrelsen (1983): Vejledning i recipientkvalitetsplanlægning. – Vejledning nr. 1 og nr. 2. Januar 1983.
- Miljøstyrelsen (2000): NOVA-2003 Programbeskrivelse for det nationale program for overvågning af vandmiljøet 1998–2003. 397 s. – Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 1.
- Miljøstyrelsen (2004): Punktkilder 2003. – Orientering fra miljøstyrelsen (elektronisk) . <http://www.mst.dk>
- Miljøstyrelsen (2004a): Listen over uønskede stoffer 2004. 72 s. – Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 8 (elektronisk) <http://www.mst.dk/udgiv/Publikationer/2004/87-7614-312-0/pdf/87-7614-313-9.PDF>.
- Miljøstyrelsen (2004b): Bekæmpelsesmiddelstatistik 2003. – Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9 (elektronisk) <http://www.mst.dk/udgiv/Publikationer/2004/87-7614-316-3/pdf/87-7614-317-1.PDF>
- OSPAR (1998): Report of the Third OSPAR Workshop on Ecotoxicological Assessment Criteria (EAC), The Hague: 25-29 November 1996, Oslo and Paris Commissions.
- Rasmussen, M.B., Andersen, J., Christensen, P.B., Christiansen, T., Ærtebjerg, G., Ovesen, N.B., Skjøth, C.A., Ellermann, T., Carstensen, J., Conley, D., Henriksen, P., Markager, S., Hansen, O.S., Krause-Jensen, D. Dahl, K., Hansen, J., Josefson, A., Petersen, J.K., Fossing, H., Risgaard-Petersen, N., (2003): Marine områder 2002 – Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. – Faglig rapport fra DMU nr. 467 (elektronisk) <http://faglige-rapporter.dmu.dk>
- Scharling, M. (2000): Klimagrid – Danmark, normaler 1961-90, måneds- og årsværdier. Danish Meteorologic Institute. 17 s. – Technical report No. 00-11.
- Statens Forurensningstilsyn (SFT) (1997): Klassificering av miljøkvalitet i fjorde og kystfarvann. 33 s. – SFT-Veiledning nr. 97:03.
- Ærtebjerg, G. et al. (2004): Marine områder 2003 – Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. – Faglig rapport fra DMU nr. 513. (elektronisk) <http://faglige-rapporter.dmu.dk>

---

# Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser – DMU – er en forskningsinstitution i Miljøministeriet.  
DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

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

Danmarks Miljøundersøgelser  
Frederiksborgvej 399  
Postboks 358  
4000 Roskilde  
Tlf.: 46 30 12 00  
Fax: 46 30 11 14

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

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

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

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

*Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet*

## Publikationer:

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

---

## Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

### 2003

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

### 2004

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



“Vandmiljø 2004. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning.”  
indeholder resultater fra 2003 af det nationale program for  
overvågning af vandmiljøet 1998-2003, NOVA 2003.

Rapporten indeholder de faglige konklusioner af status for  
påvirkning af og tilstanden i grundvand, vandløb, søer, atmosfæren,  
fjorde og havområder. Grundlaget for rapporten er de årlige  
rapporter, som de enkelte fagdatacentre udarbejder for hvert  
delområde. Disse rapporter er baseret på data, som er indsamlet af  
amterne og i de fleste tilfælde også rapporteret af amterne.

Danmarks Miljøundersøgelser  
Miljøministeriet

ISBN 87-7772-841-6  
ISSN 1600-0048