

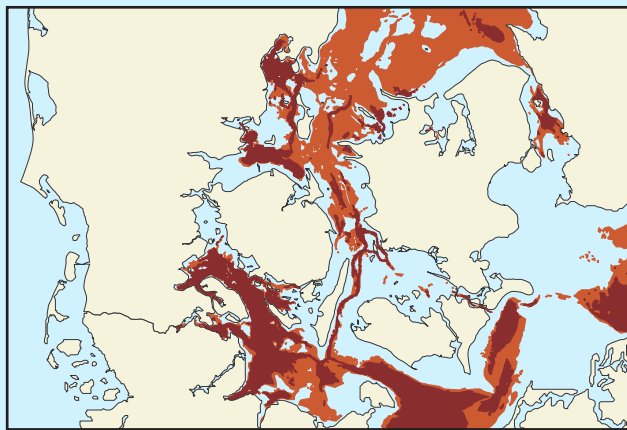


Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Vandmiljø 2003

Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Faglig rapport fra DMU, nr. 471



Miljøstyrelsen
Miljøministeriet

[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Vandmiljø 2003

Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Faglig rapport fra DMU, nr. 471
2003

Jens Møller Andersen

Susanne Boutrup

Lars M. Svendsen

Jens Bøgestrand

Ruth Grant

Jens Peder Jensen

Thomas Ellermann

Michael Bo Rasmussen

Danmarks Miljøundersøgelser

Lisbeth Flindt Jørgensen

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse

Karin D. Laursen

Miljøstyrelsen

Datablad

Titel:	Vandmiljø 2003
Undertitel:	Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning
Forfattere:	J.M. Andersen ¹ , S. Boutrup ² , L.M. Svendsen ² , L., J. Bøgestrand ³ , R. Grant ³ , J.P. Jensen ³ , T. Ellermann ⁴ , M.B. Rasmussen ⁵ , L.F. Jørgensen ⁶ , K.D. Laursen ⁷
Afdelinger:	¹ Projektchef for det akvatiske miljø, ² Overvågningssektionen, ³ Afdeling for Ferskvandsøkologi, ⁴ Afdeling for Atmosfærisk Miljø, ⁵ Afdeling for Marin Økologi, ⁶ Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, ⁷ Miljøstyrelsen
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 471
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser © Miljøministeriet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsestidspunkt:	December 2003
Redaktionen afsluttet:	November 2003
Bedes citeret:	Andersen, J.M., Boutrup, S., Svendsen, L.M., Bøgestrand, J., Grant, R., Jensen, J.P., Ellermann, T., Rasmussen, M.B., Jørgensen, L.F. & Laursen, K.D. 2003: Vandmiljø 2003. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Danmarks Miljøundersøgelser. 52 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 471. Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Sammenfatning:	Denne rapport indeholder resultater fra 2002 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	Grafisk Værksted, DMU
ISBN:	87-7772-774-6
ISSN (trykt):	0905-815X
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Papirkvalitet:	Cyclus Print
Tryk:	Schultz Grafisk Miljøcertificeret (ISO 14001) og kvalitetscertificeret (ISO 9002)
Sideantal:	52
Oplag:	500
Pris:	kr. 100,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)
Internet-version:	Rapporten kan også findes som PDF-fil på DMU's hjemmeside http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrappporter/rappporter/fr471.pdf
Købes i boghandelen eller hos:	Miljøbutikken Frontlinien Strandgade 29 1401 København K Tlf.: 32 66 02 00 frontlinien@frontlinien.dk www.frontlinien.dk



Indhold

Vandmiljø 2003

Tilstand og udvikling – sammenfatning af undersøgelsesresultater 2002 5

Sammenfatning 6

Forureningskilder: Organisk stof, kvælstof og fosfor 6

Vandområder 7

Målopfyldelse 10

1 Indledning 11

1.1 Organisering og indhold af vandmiljøovervågningen 11

1.2 Vejr og ferskvandsafstrømning 12

1.3 Udvikling i klima 12

2 Forurening af vandområder med organisk stof, kvælstof og fosfor 14

2.1 Forureningsbidrag fra de enkelte typer af kilder 14

3 Punktkilder 15

3.1 Renseanlæg 16

3.2 Industri og fiskeproduktionsanlæg 17

3.3 Udledninger fra spredt bebyggelse 17

4 Diffuse kilder – udvaskning fra jorden 18

4.1 Gødningsforbrug i Danmark 18

4.2 Udvasning af kvælstof 19

4.3 Opnået effekt af vandmiljøplanerne 20

4.4 Udvasning af fosfor fra jorden 21

5 Diffuse kilder – atmosfæren 22

5.1 Deposition af fosfor 22

5.2 Kvælstofforbindelser i luften 22

5.3 Beregnet kvælstofdeposition fra atmosfæren 23

5.4 Udvikling i kvælstofdeposition fra atmosfæren 24

6 Grundvand 25

6.1 Grundvandsressourcen 25

6.2 Nitrat i grundvand 26

6.3 Nitratudvikling i grundvandsovervågningsområderne 27

7 Søer 28

- 7.1 Næringssalttilførsel til søerne 28
- 7.2 Udvikling i vandkvalitet 29

8 Vandløb 31

- 8.1 Transport af næringssalte gennem vandløb 31
- 8.2 Biologisk vandløbskvalitet 32
- 8.3 Udvikling i den biologiske vandløbskvalitet 33
- 8.4 Kvælstof og fosfor i vandløb 34
- 8.5 Udvikling i næringssaltindhold i vandløb 35
- 8.6 Udvikling i tilførsel af næringssalte med ferskvand til kystvande 36

9 Marine områder 37

- 9.1 Generelt om tilstanden – iltvind 37
- 9.2 Iltvind 2002: Årsagssammenhænge 38
- 9.3 Udvikling i marine områder 39
- 9.4 Udvikling i algerængde og iltvind 40
- 9.5 Bundvegetation og bundfauna 41
- 9.6 Strukturskift i Ringkøbing Fjord 42

10 Tungmetaller 43

- 10.1 Kilder 43
- 10.2 Tilstand og udvikling 44

11 Pesticider 46

- 11.1 Grundvand og vandløb 46
- 11.2 Overskridelse af grænseværdier 47

12 Andre organiske miljøfremmede stoffer 48

- 12.1 Kilder 48
- 12.2 Tilstand og udvikling 49

13 Referencer 50

Danmarks Miljøundersøgelser 51

Faglige rapporter fra DMU 52

Vandmiljø 2003

Tilstand og udvikling – sammenfatning af undersøgelsesresultater 2002



Skjern Å restaureringen, 2002.

Rapporten indholder resultater fra 2002 af Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet 1998-2003 (NOVA 2003) (*Miljøstyrelsen, 2000*).

I rapporten redegøres for miljøtilstanden i vandområderne i 2002 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.

Der er etableret links fra de fleste af rapportens figurer til tabeller med de talværdier, der ligger til grund for figurerne.

VANDMILJØ 2003 – Links

[Vandløb 2002.](#)

[Atmosfærisk deposition 2002.](#)

[Landovervågningsoplände 2002.](#)

[Grundvandsovervågning 2002.](#)

[Marine områder 2002.](#)

[Søer 2002.](#)

[Punktkilder 2002.](#)

Bøgestrand (red.), 2003.

Ellermann et al., 2003.

Grant et al., 2003.

GEUS, 2003.

Rasmussen et al., 2003.

Jensen et al., 2003.

Miljøstyrelsen, 2003.

Der etableres link til referencer og til tabeller ved at klikke på [den blå tekst](#).

Sammenfatning

Hovedkonklusionen af den nationale overvågning af vandmiljøet (NOVA-2003) i 2002 er, at der siden 1989 er sket meget betydelige reduktioner i udledninger af næringssalte med spildevand og fra dyrkede arealer. Disse reduktioner har forbedret natur- og miljøforhold i søer og marine områder. I grundvand er der konstateret begyndende fald i nitratindhold i det øverste, nydannede grundvand i sandjordsområder. I vandløb bestemmes miljøkvaliteten især af de fysiske forhold og af tilførslen af organisk stof, og der er i de seneste 4 år sket en svag forbedring af tilstanden i vandløb.

På trods af forbedringerne er målsætningerne kun opfyldt for mindstparten af vandområderne, og i de indre farvande måltes i 2002 det hidtil mest omfattende iltsvind.

Forureningskilder:

Organisk stof, kvælstof og fosfor

Forureningsbidraget fra de fleste kilder var forhøjede i 2002 i forhold til et klimatisk normalt år på grund af de store nedbørsmængder. Høj nedbør øger ikke blot udvaskningen af kvælstof og fosfor fra markerne, men også den atmosfæriske deposition og udledningerne fra byer.

Tabel 1 indeholder en samlet opgørelse af de danske kilder til forurening af vandområderne, samt tilførslen til det danske søterritorium fra atmosfæren. De dominerende kvælstofkilder er dyrkning af jorden og tilførsel fra atmosfæren. Det største fosforbidrag kommer fra dyrkningen af jorden, men spildevandsbidragene er dog samlet set på samme niveau.

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 det naturligt forekommende. 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. Siden midten af firserne, dvs. før Vandmiljøplanens vedtagelse og frem til 2002, er der for de tre parametre BI_5 , N og P sket en reduktion i udledningerne på henholdsvis 96%, 77% og 91%. Især udledningerne af BI_5 og fosfor er samlet set betydeligt under Vandmiljøplanens krav. De fleste anlæg, som er omfattet af Vandmiljøplanens generelle krav, renser 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 Vandmiljøplanen er henholdsvis 15 og 1,5 mg/l for anlæg med over 5.000 personer tilsluttet.

Virksomheder

Industrivirksomheder med egen udledning af spildevand har 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 relativt langt mindre end ved renseanlæg og industri.

Udvaskning fra dyrkede arealer

Udvaskningen af næringssalte fra jorden styres af driftsform, gødningsmængder og af arealernes karakter. Mængden af kvælstof i den anvendte handelsgødning er mindsket fra 395.000 t i 1985 til 206.000 t i 2002. 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 32% i lerjorde og 47% i sandjorde (til hhv 14 og 18 mg N/l), men spredningen på resultaterne er stor. Landsdækkende modelberegninger giver en reduktion i udvaskning af kvælstof på 41% til 70 kg N/ha pr. år.

VANDMILJØ 2003 – Tabel 1

Kildefordeling 2002	Organisk stof (BI_5) (t/år)	Kvælstof (t/år)	Fosfor (t/år)
Naturbetinget udvaskning	11.100	12.700	440
Dyrkningsbidrag	7.300	74.900	1.160
Rensesanlæg	2.670	4.528	510
Regnbetingede udledninger	9.000	1.006	250
Spildevand fra spredt bebyggelse	3.800	970	220
Industri	5.913	753	50
Ferskvandsdambrug	3.276	1.180	94
Havbrug og saltvandsdambrug	1.745	307	31
Atmosfærebidrag til dansk søterritorium	-	107.000	400
Kilder i alt	45.000	203.000	3.200

Tabel 1 Samlet opgørelse af kilder til tilførsel af organisk stof og næringssalte til vandområder i Danmark i 2002. (Tal fra *Miljøstyrelsen, 2003* og *Bøgestrand (red.), 2003*).

Fosformængden i handelsgødning er mindsket fra 47.800 t i 1985 til 13.800 t og husdyrgødning er generelt den dominerende form for fosforgødning i Danmark. På husdyrbrug er tilførslen fortsat langt større, end hvad der fjernes med afgrøderne (figur 1). Fosforudvaskning fra landbrugsarealer varierer stærkt fra år til år afhængig af nedbør. Der er ikke iværksat generel indsats for at mindske fosforbidraget og ej heller målt nogen udvikling i størrelsen af dyrkningsbidraget.

Atmosfærisk deposition af kvælstof

Kvælstofdepositionen varierer på landarealer typisk mellem 10 og 25 kg N/ha pr. år med de største bidrag i områder med stort husdyrhold og megen nedbør. På havområder er depositionen noget mindre (7-15 kg N/ha pr. år), bl.a. fordi afstanden til forureningskilderne generelt er større og nedbøren mindre. De vigtigste forureningskilder er kvælstofoxider dannet ved forbrændingsprocesser og ammoniakfordampning fra husdyrgødning. Det er vurderet at der i perioden 1989-2002 er sket et fald på ca. 17% i den samlede atmosfæriske deposition af kvælstofforbindelser fra atmosfæren til de danske farvandsområder.

Vandområder

Grundvand

Den samlede indvinding af grundvand var i 2002 på 653 mio. m³. Der er siden 1989 sket et stærkt fald i de indvundne vandmængder, især fordi forbruget af vand fra de almene vandforsyninger er mindsket fra 640 mio. m³ i 1989 til 410 mio. m³ i 2002.

Nitratinholdet er højest i det øverste grundvand dannet inden for de seneste årtier. Under dyrkede marker i landovervågningsoplandene indeholdt således 29% af vandindtagene mere end 50 mg NO₃⁻/l i 2002. I det øverste grundvand ser der nu ud til at være nedgang i nitratinholdet. Figur 2 viser udviklingen i nitratinhold i det øverste, iltede grundvand i grundvandsovervågningsområderne. Spred-

ningen på tallene er stor, men der ser ud til at være en svag stigning gennem det meste af 1990'erne og et svagt fald fra sidst i 1990'erne.

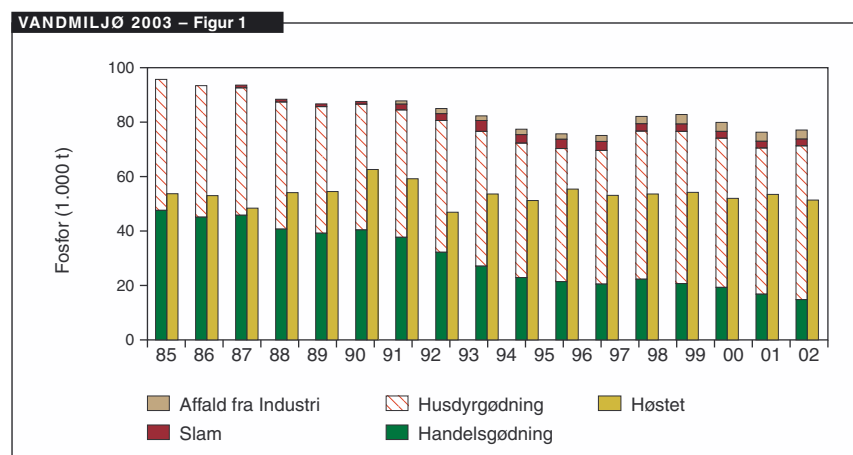
Pesticidforurening i grundvandet findes primært i det terrænnære grundvand, men en dybdemæssig fordeling af pesticidfund viser, at der også findes pesticider i mere end 30 meters dybde. Triazinere og deres nedbrydningsprodukter forekommer hyppigt i både grundvand og vandløb. Atrazin, der har været forbudt siden 1994, bidrager til en del af disse fund. Der er formentlig i rodzonen opbygget en pulje af stoffet, som langsomt frigives.

Søer

Miljøtilstanden i overvågningsøerne er samlet set forbedret siden 1989.

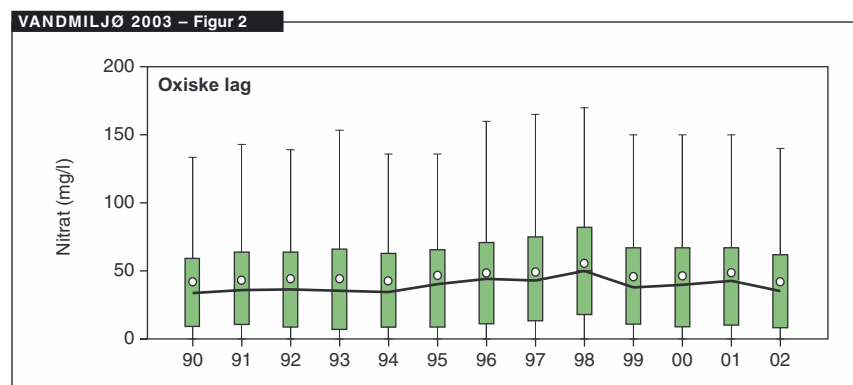
Dette kan bl.a. aflæses i en svag for-

øgelse af den gennemsnitlige sigtddybde i søerne. Forbedringer er sket i søer, hvor der før eller efter 1989 er sket indgreb mod fosfortilførsel fra spildevand. I de ikke-spildevandsbelastede søer er der generelt ikke sket forbedringer. Her er den vigtigste forureningskilde udvaskning af fosfor fra dyrkede arealer i oplandet, og den er ikke reduceret. En reduktion af fosforudvaskningen fra dyrkede arealer i søoplandene vil generelt være nødvendig for at opfylde målsætningen for de søer, hvor størstedelen af oplandet er opdyrket. Dette gælder for de fleste danske søer.



Figur 1 Udviklingen i tildelt fosfor og høstet fosfor for hele landbrugsarealet i Danmark i perioden 1985-2002.

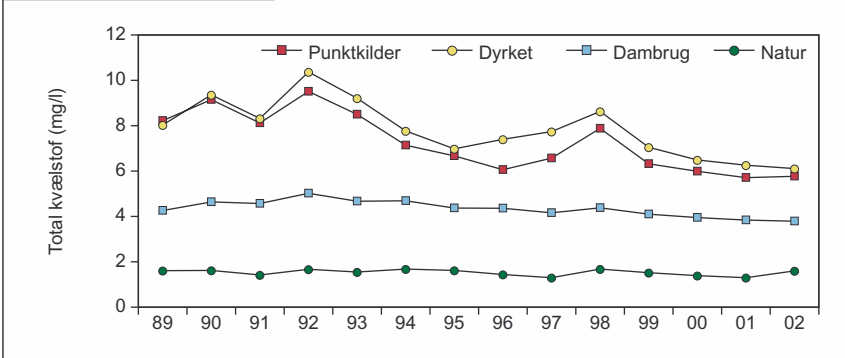
Figur 4 i Grant et al., 2003.



Figur 2 Nitratudviklingen i mg NO₃/l i perioden 1990-2002 vist for vandprøver fra den øverste, iltede del af GRUMO områderne. Det er i denne del af grundvandsmagasinerne, at en reduktion i nitratinhold som følge af mindsket udvaskning først vil kunne registreres.

Figur 2.3 i GEUS, 2003.

VANDMILJØ 2003 – Figur 3

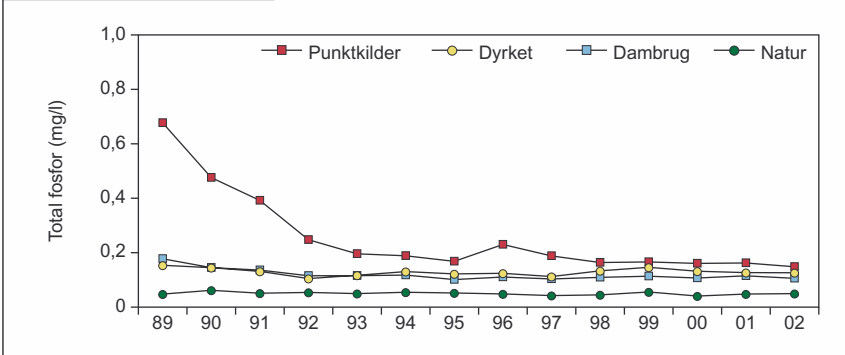


Vandløb

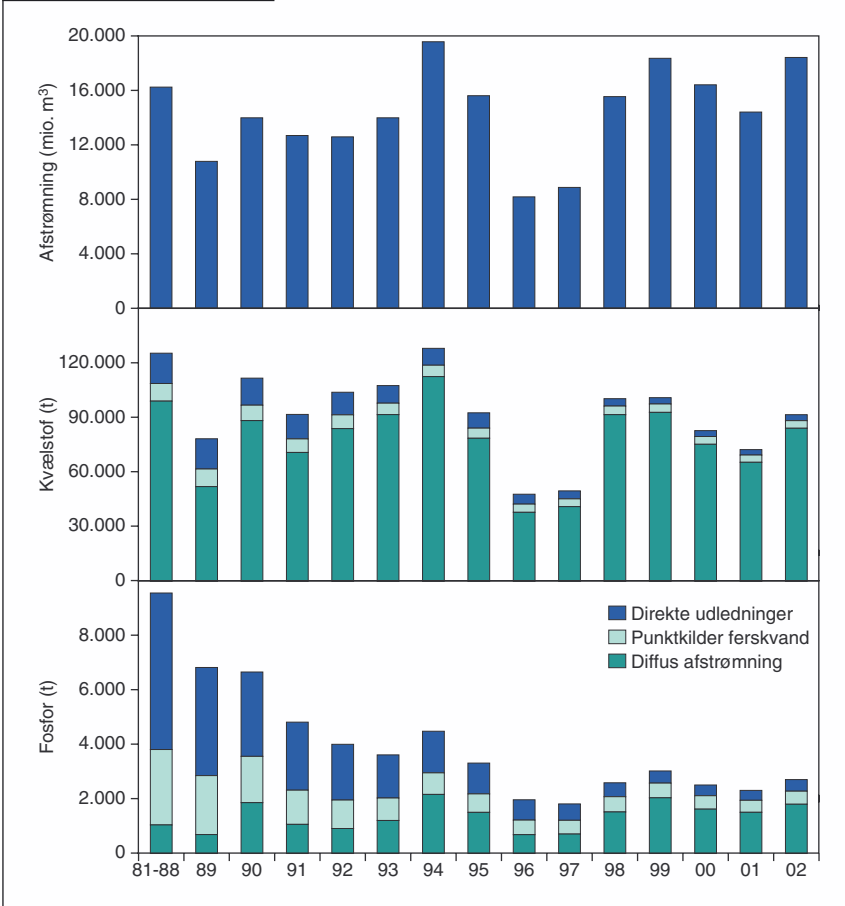
Miljømæssigt er danske vandløb især påvirkede af de fysiske ændringer i vandløbenes naturlige forløb, som er sket ved opstemninger og vandløbsreguleringer og fortsat sker ved vandløbsvedligeholdelse. Tidligere var mange vandløb også forurenet med organisk stof fra spildevand, men denne forurening er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

Der er sket en gradvis og langsom 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 smådyrsfauna er øget fra knap 35% til godt 44% i denne periode. Tilstanden er generelt dårligst i små vandløb og i vandløb øst for Storebælt.

VANDMILJØ 2003 – Figur 4



VANDMILJØ 2003 – Figur 5



Figur 3 Udvikling i kvælstofkoncentration siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger. [Figur 4.2](#) i *Bøgestrand (red.)*, 2003.

Figur 4 Udvikling i fosforkoncentration siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger. [Figur 5.2](#) i *Bøgestrand (red.)*, 2003.

Figur 5 Årlig ferskvandsafstrømning og tilførsel af kvælstof og fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger til marine områder for 1989 til 2002 og et gennemsnit for perioden 1981-88. [Figur 7.3](#) i *Bøgestrand (red.)*, 2003.

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 den vigtigste forureningspåvirkning skyldes næringssalttilførsel.

Koncentrationerne af kvælstof og fosfor i danske vandløb er generelt mindskede siden 1989. Kvælstofindholdet er mindsket med i gennemsnit ca. 2 mg N/l eller ca. 30%, især som følge af mindsket udvaskning fra dyrkede marker (figur 3). 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 (figur 4).

Transport fra land til hav

Forureningstilstanden i de danske kystvande bestemmes i høj grad af næringssalttilførslerne fra land. I figur 5 er vist udviklingen i de årlige tilførsler af vand, kvælstof og fosfor fra dansk land til de danske kystvande. For hvert år er bidragene af kvælstof og fosfor opdelt i diffuse kilder (udvaskning fra jorden), punktkilder til ferskvand (spildevand) og direkte spildevandsudledninger til kystvandene. På trods af de generelle reduktioner i udledninger viser figur 5, at der har været relativt store næringssalttransporter til marine områder i de seneste 5 år. Dette hænger sammen med, at nedbør og vandafstrømning fra Danmark har været større end normalt i alle 5 år.

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, fordi vandudvekslingen med åbent hav ofte er lille, og fordi lagdeling af vandmasserne ofte begrænser tilførsel af ilt til bundvandet.

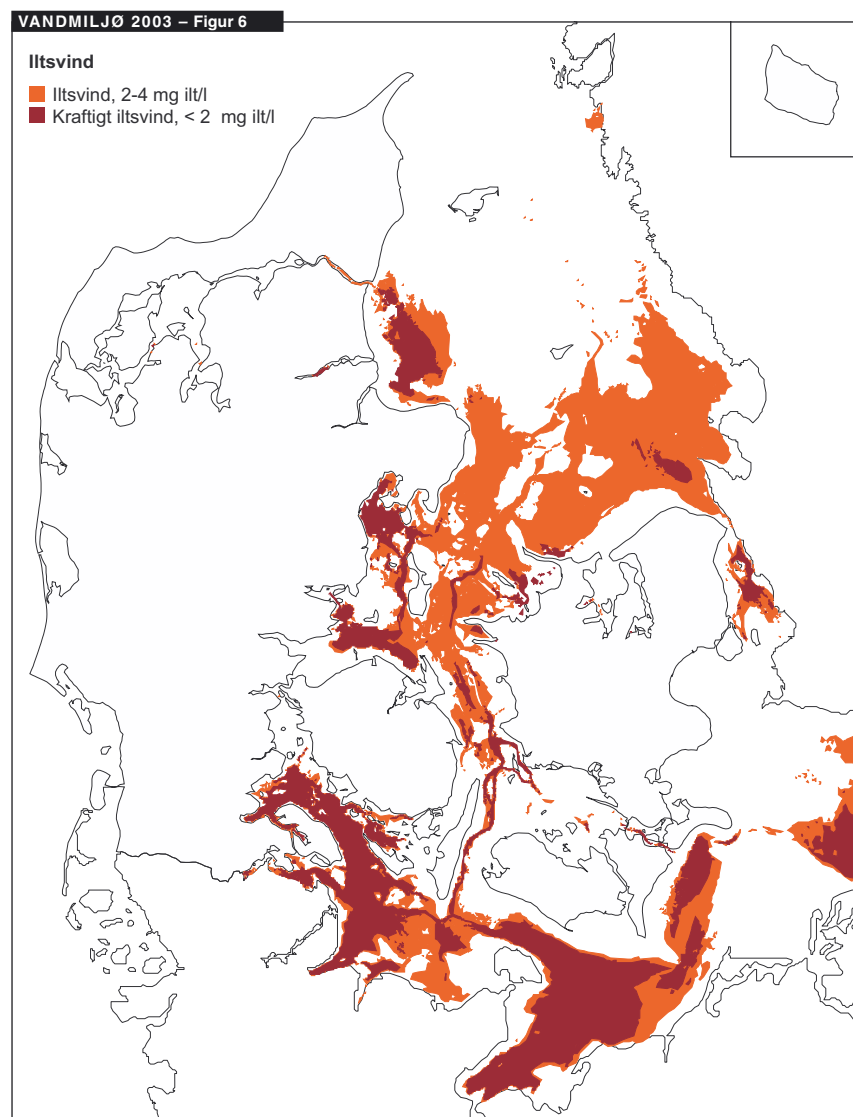
De indre danske farvande var i 2002 ramt af det hidtil værste iltsvind, der

kulminerede i slutningen af september. Figur 6 viser, at de værst ramte områder var langs Jyllands østkyst og syd for Fyn. Der var også store områder med iltsvind i det sydlige Kattegat. Iltsvindet resulterede i, at både bunddyr og bundfisk døde i de ramte områder. Iltsvindet var forårsaget af en kombination af flere faktorer: høj nedbør og høj næringssalttilførsel, vandtemperatur over normalt og en sensommerperiode uden kraftig blæst.

På trods af det omfattende iltsvind i 2002 er der dog 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 tydelige 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 positive ændringer for 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.

Tungmetalindholdet i fisk er varierende. I fisk fra Øresund er kviksølvindholdet generelt højt. I en enkelt skrubbefilet er der fundet overskridelse af konsumgrænseværdien.



Figur 6 Udbredelsen af iltsvind og kraftigt iltsvind i perioden 30. september til 4. oktober 2002. Figur 2.6 i Rasmussen et al., 2003.

Målopfyldelse

De nedenfor angivne opfyldelser af de nuværende målsætninger kan ikke umiddelbart sammenlignes fra vandområde til vandområde, fordi amternes konkrete krav for opfyldelse af målsætning kan være forskellige fra vandområde til vandområde.

Renseanlæg

Af de 266 anlæg, som er omfattet af Vandmiljøplanen, var der kun 1 anlæg, der ikke overholdt Vandmiljøplanens generelle fosforkrav, og kun to overholdt ikke kvælstofkravet, mens alle anlæggene overholdt BI_5 kravet. Af alle 1.060 renselanlæg i Danmark er der kun konstateret overskridelse af et eller flere af de konkret fastsatte udlederkrav på 71 anlæg i 2002.

Udvaskning fra dyrkede arealer

Målsætningen i vandmiljøplanerne er en ca. 50% reduktion i udvaskningen af kvælstof fra rodzonen i dyrkede arealer. På baggrund af måleresultaterne er udvaskningen beregnet til at være reduceret med 41% i forhold til udvaskningen midt i 1980'erne. Hertil kommer, at der er sket yderligere en mindre reduktion i kvælstoftransporten gennem vandløb, fordi der sker en kvælstoffjernelse i genskabte vand- og vådområder i medfør af Vandmiljøplan II. I evalueringsrapporten for Vanmiljøplan II er det konkluderet, at prognosen for den samlede effekt af vandmiljøplanerne viser en samlet reduktion på knap 150.000 t N/år, svarende til ca. 48% af udvaskningen på ca. 310.000 t N/år i 1980'erne (*Grant og Waagepetersen, 2003*).

Grundvand

Den vigtigste anvendelse af grundvand er vandforsyning. Kun ca. 1% af vandforsyningsboringerne overholdt ikke grænseværdien i drikkevand for nitrat ($50 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$). Dette resultat er dog opnået ved at lukke boringer med høje nitratindhold og afspejler derfor ikke den generelle grundvandskvalitet. I grundvandsovervågningsområder er der således målt over $50 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ i 16% af indtagene.

Af den grundvandsmængde der i 2002 anvendtes til drikkevand indeholdt 37% pesticider, heraf 4% med et pesticidindhold, der er højere end grænseværdien for drikkevand.

Søer

Amterne har vurderet, at kun 4 af de 31 undersøgte søer opfyldte målsætningen i 2002, hvilket er et fald på 3 søer siden 2000. Nogle af søerne vil få en forbedring i tilstanden, når den interne fosforfrigivelse fra tidligere tiders spildevandstilførsel er ophørt. Størstedelen af søerne vil dog kun kunne opfylde målsætningen, hvis der også sker reduktioner i fosfortilførslerne fra landbrugsarealer og fra spredt bebyggelse.

Vandløb

Vandløbenes tilstand er bedst i Jylland, Fyn og på Bornholm, hvor ca. 55% af vandløbenes målsætninger er opfyldt, mod kun ca. 1/3 på øerne øst for Storebælt. På landsplan var målopfyldelsen i 2002 på i alt 50%. De ændringer, som vil være nødvendige, for at de øvrige vandløb kan opfylde de nuværende mål, er først og fremmest, at de fysiske forhold i vandløbene i højere grad kommer til at ligne de naturgivne forhold med varierede bundforhold. Desuden er der stadig mange små vandløb, der er forurenet af utilstrækkeligt rensset spildevand, især fra spredt bebyggelse. Naturligt ringe fald og sommerudtørring begrænser dog muligheden for en rentvandsfauna i mange vandløb.

Marine områder

Det er amternes og DMUs vurdering at kun et fåtal af de danske marine områder opfylder målsætningerne. Kun ét af de undersøgte lavvandede kystområder (Dybsø Fjord) vurderes at opfylde målsætningen. Herudover vurderes målsætningen at være opfyldt i åbne dele af Nordsøen og Skagerrak. Årsagerne til at målsætningerne i øvrigt ikke anses for opfyldt er, at plante- og dyrelivet er væsentligt påvirket som følge af forhøjede nærings-saltkoncentrationer og nogle steder også som følge af høje indhold af tributyltin (TBT).

1 Indledning

1.1 Organisering og indhold af vandmiljøovervågningen

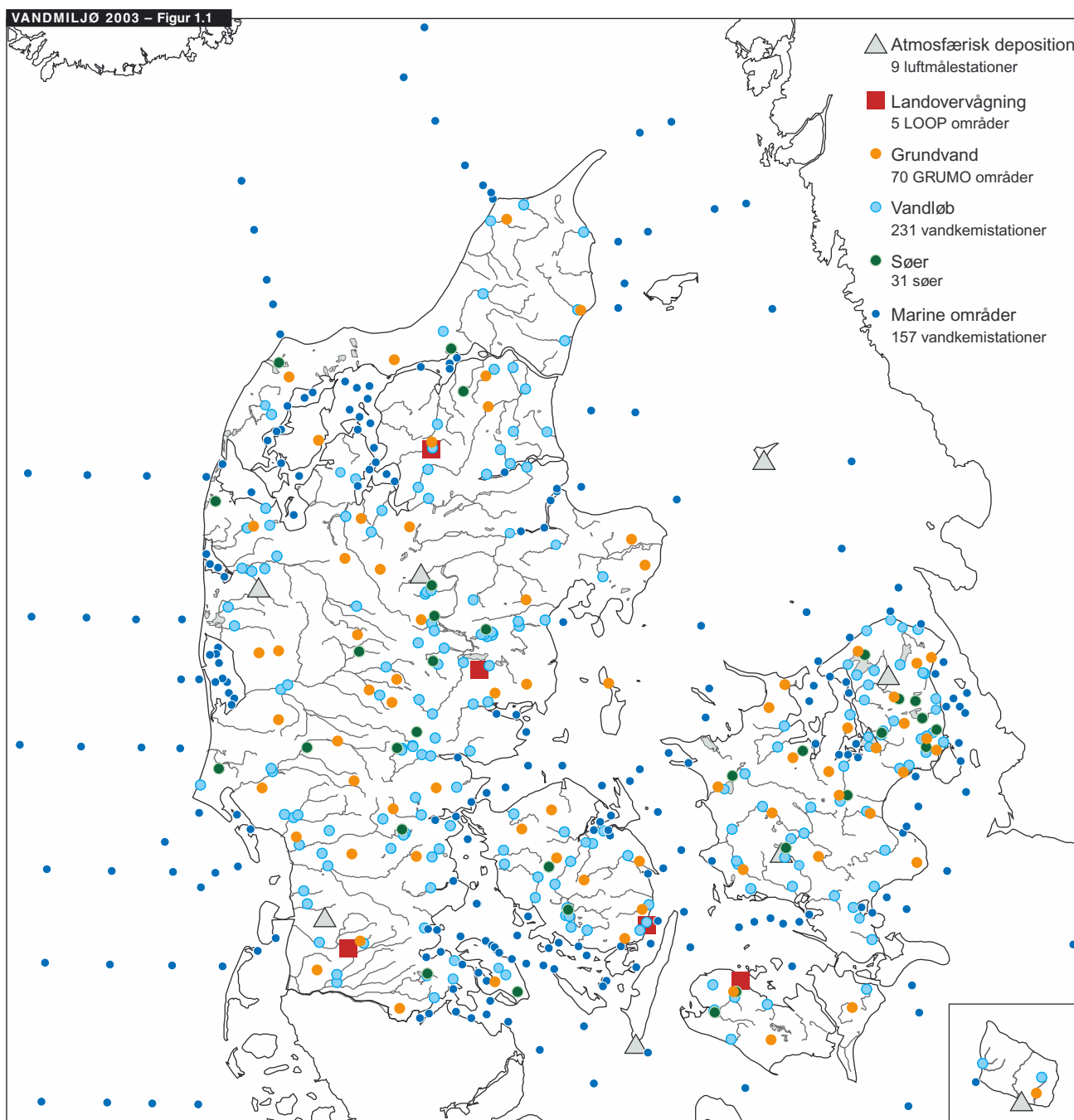
Amterne udfører hovedparten af overvågningen. DMU har i 2003 forestået målinger på de ekstensive havstationer, måling og beregning af det atmosfæriske nedfald og måling af vandføringen i vandløb ved 22 nationale stationer.

Målestationerne i NOVA-2003 programmet

Målestationer og overvågningsområder for de primære dele af NOVA programmet er vist på kortet ovenfor. Målestationer for spildevandsudledning, for vandværkernes boringskontrol og de fleste målestationer i vandløb er dog ikke vist.

Yderligere oplysninger om programmet

En detaljeret beskrivelse af NOVA-2003 overvågningsprogrammet findes i *Miljøstyrelsen, 2000* og på programmets hjemmeside på web-adressen <http://OVS.dmu.dk>. **Oversigt for 2003.**



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

1.2 Vejr og ferskvandsafstrømning

Nedbør

Der faldt i gennemsnit 864 mm nedbør i 2002 svarende til 152 mm (21%) mere end normalen på 712 mm (tabel 1.1). Det blev hermed det tredje nedbørsrigeste år, idet der kun 1999 og 1994 er faldet mere nedbør. For hele landet faldt der betydeligt mere nedbør end normalt. Januar, februar, juni, juli og september var væsentlige vådere end normalt, mens især september og december var betydeligt mere nedbørsfattige end normalt (figur 1.2). Denne fordeling over året var generel for hele landet undtagen Bornholm, idet der i oktober her faldt hele ca. 190 mm mod normalt ca. 65 mm.

Temperatur

Med 9,2 °C blev 2002 det næstvarmeste år siden regelmæssige målinger startede i 1874, og kun 1989 med 9,3 °C har været varmere. Temperaturen var hermed 1,5 °C over normalen (tabel 1.1). Frem til oktober var alle måneder mellem 1,3 °C (juni) og 4,0 °C (august) over normalen, således at gennemsnitstemperaturen var hele 2,5 °C over det normale. Vinteren 2001/2002 var med 3,1 °C betydeligt over normalen på 0,9 °C.

Afstrømning

Ferskvandsafstrømning fra Danmark er i 2002 opgjort til 18.434 mio. m³ svarende til 429 mm eller ca. 30% over normalen (1971-2000) på 326 mm eller ca. 14.000 mio. m³ (tabel 1.1). Specielt i

første kvartal og i november var afstrømningen til havet stor (figur 1.2). Kraftig nedbør i juni og juli førte til relativt høj afstrømningen i sommermånederne.

Afstrømningsforholdene udviser som nedbøren stor geografisk variation (figur 1.3). Den laveste afstrømning (240-300 mm) skete til farvandsområderne i det Sydlige Bælthav, Østersøen og Øresund, og den højeste til farvandsområderne i Nordsøen (450 til over 550 mm). Til alle farvandsområder har afstrømningen været over normalen i 2002.

1.3 Udvikling i klima

Nedbør

Såvel årsnedbøren som vinternedbøren har som gennemsnit i de 14 overvågningsår været større end normalen. Årsnedbøren har i gennemsnit været henholdsvis 25 mm (4%) og vinternedbøren 33 mm (16%) højere end normalen.

Temperatur

Blandt de seneste 15 år i Danmark har de 13 været varmere end normalt (Cappelen & Jørgensen, 2003). Kun to af de 14 overvågningsår har været koldere end normalt. Middelttemperaturen i overvågningsperioden har været 8,5 °C mod normalen (1961-1990) på 7,7 °C. I de 14 overvågningsår har vintertemperaturen med 2,5 °C ligget usædvanligt meget over normalen på 0,9 °C.

Afstrømning og grundvandsstanden

Afstrømningsvariation følger nedbøren med en mindre forsinkelse (figur 1.4). Dette gælder også ift. grundvandsstanden, hvor forsinkelsen dog er større. I tørre år tæres på grundvandsmagasinerne og i våde år opbygges disse, som det har været tilfældet i 2002. Grundvandsstanden er nu generelt over normalen.

VANDMILJØ 2003 – Tabel 1.1

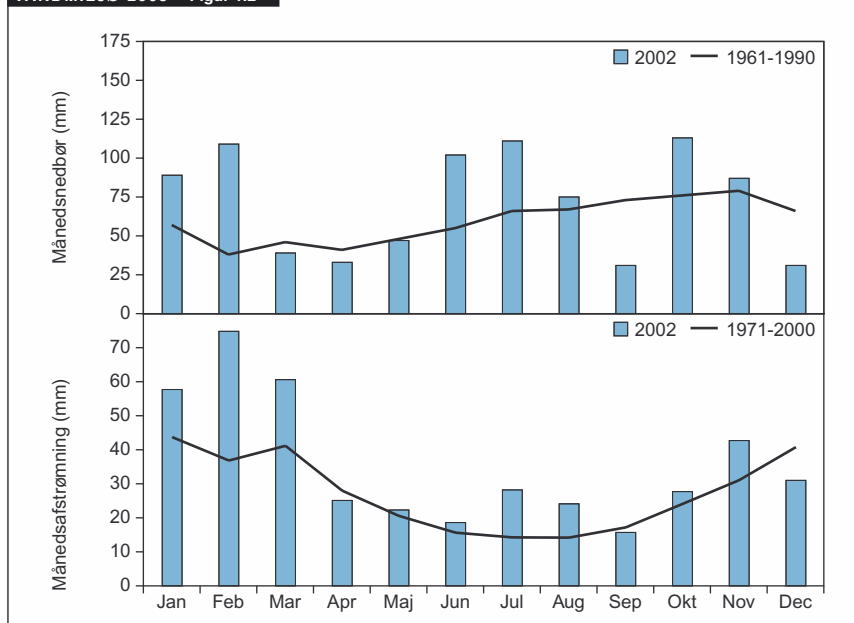
Periode	Temperatur (°C)	Nedbør (mm)	Afstrømning (mm)	Afstrømning (mio. m ³)
2002	9,2	864	429	18.400
1989-2002	8,5	737	331	14.300
Normal	7,7	712	326	14.000

Tabel 1.1 Årsmiddel for temperatur, nedbør og ferskvandsafstrømningen i 2002 sammenholdt med normalen 1961-90, dog 1971-2000 for afstrømningen. Efter Bøgestrand (red.), 2003 og Cappelen & Jørgensen, 2003.

De årlige værdier for perioden 1989-2001 findes på følgende link:

[Tabel 2.1 fra Vandmiljø 2002. Andersen et al., 2002.](#)

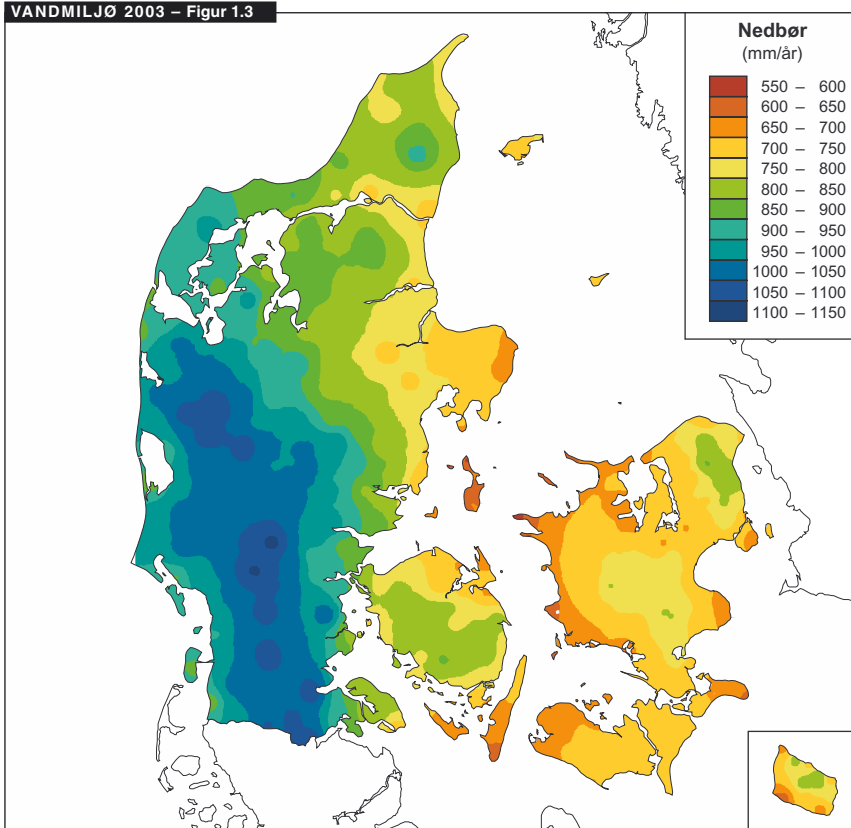
VANDMILJØ 2003 – Figur 1.2



Figur 1.2 Månedsnedbør i Danmark i 2002 sammenlignet med normalen 1961-90. Månedsmiddelferskvandsafstrømning fra Danmark i 2002 og middel for 1971-2000.

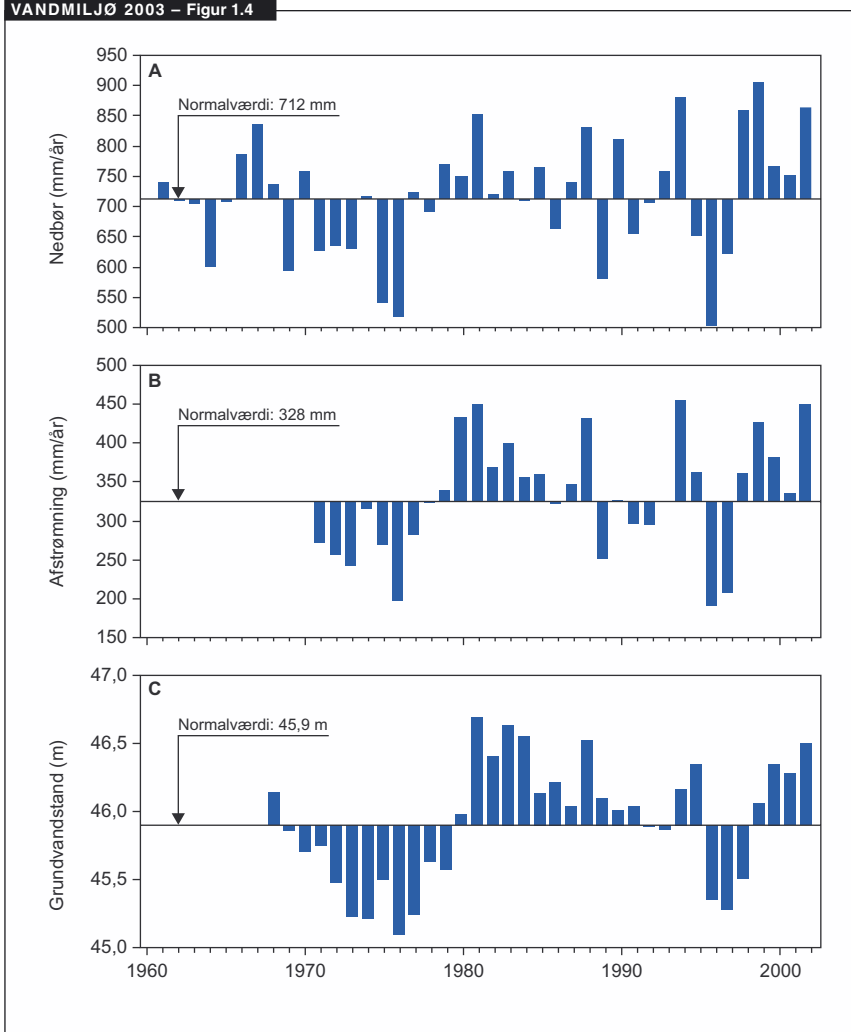
Figur 2.1 i Bøgestrand (red.), 2003.

VANDMILJØ 2003 – Figur 1.3



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

VANDMILJØ 2003 – Figur 1.4



Figur 1.4 Årsmiddelnedbør og -afstrømning i Danmark og årsmiddelgrundvandsstanden ved Karup for 1961-2002 vist i forhold til gennemsnittet for 1961-90 (A), 1971-2000 (B) og 1968-90 (C). Efter Bøgestrand (red.), 2003 og Cappelen & Jørgensen, 2003 og GEUS, 2003.

Figurdata.

2 Forurening af vandområder med organisk stof, kvælstof og fosfor

Organisk stof og næringssalte 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 fra 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.

Nogle af værdierne er blot grove estimater: BI_5 bidraget fra regnbetingede udledninger er antaget at være det halve af det totale indhold af organisk stof (COD). Ligeledes er det dyrkningsmæssige bidrag af BI_5 og atmosfærebidraget af fosfor meget usikkert estimeret. Også fordelingen af fosforbidrag mellem naturbidrag og dyrkningsbidrag er usikker.

Vurdering af forureningskildernes betydning for vandområderne

Tallene i tabel 2.1 illustrerer det generelle størrelsesforhold mellem de forskellige kilder til forurening med organisk stof og næringssalte 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 drastisk ændring i et marint område eller i visse søer.

Den anden årsag er, at den kildeopgørelse, der er vist for Danmark i tabellen, slet ikke vil ligne opgørelsen for et konkret vandområde, f.eks. sker stort set alle udledninger fra industri til marine områder, mens alle dambrugsudledninger 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 næringssalte 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.

VANDMILJØ 2003 – Tabel 2.1

Kildfordeling 2002	Organisk stof (BI_5) (t/år)	Kvælstof (t/år)	Fosfor (t/år)
Naturbetinget udvaskning	11.100	12.700	440
Dyrkningsbidrag	7.300	74.900	1.160
Rensesanlæg	2.670	4.528	510
Regnbetingede udledninger	9.000	1.006	250
Spildevand fra spredt bebyggelse	3.800	970	220
Industri	5.913	753	50
Ferskvandsdambrug	3.276	1.180	94
Havbrug og saltvandsdambrug	1.745	307	31
Atmosfærebidrag til DK søterritorium	-	107.000	400
Kilder i alt	45.000	203.000	3.200

Tabel 2.1 Samlet opgørelse af kilder til tilførsel af organisk stof og næringssalte til vandområder i Danmark i 2002. (Tal fra *Miljøstyrelsen, 2003* og *Bøgestrand (red.), 2003*).

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, 2003*.

Samlede udledninger i 2002

De samlede udledninger fra punktkilderne i 2002 var ca. 20.200 t organisk stof (BI_5), 8.750 t kvælstof og 1.150 t

fosfor. Udledningen fordelt på de forskellige punktkilder for disse stoffer er vist i figur 3.1

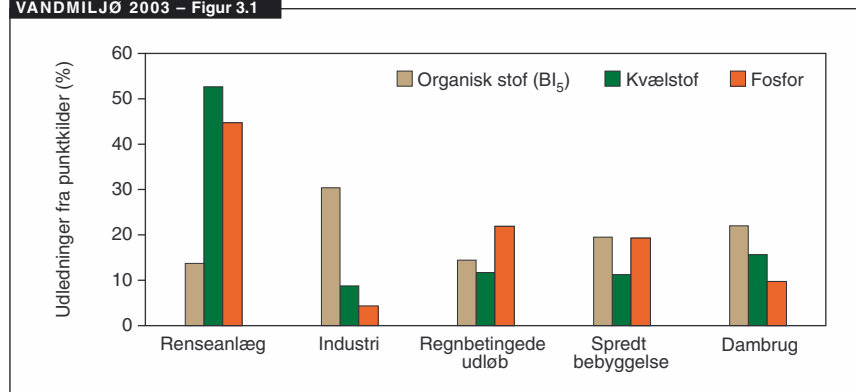
Renseanlæggene giver det største bidrag af næringssalte fra punktkilder, men bidragene fra de øvrige typer af punktkilder er større for organisk stof (BI_5), bl.a. fordi alle planlagte foranstaltninger for industri og spredt bebyggelse ikke var tilendebragt i 2002.

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. 8.750 t i 2002.

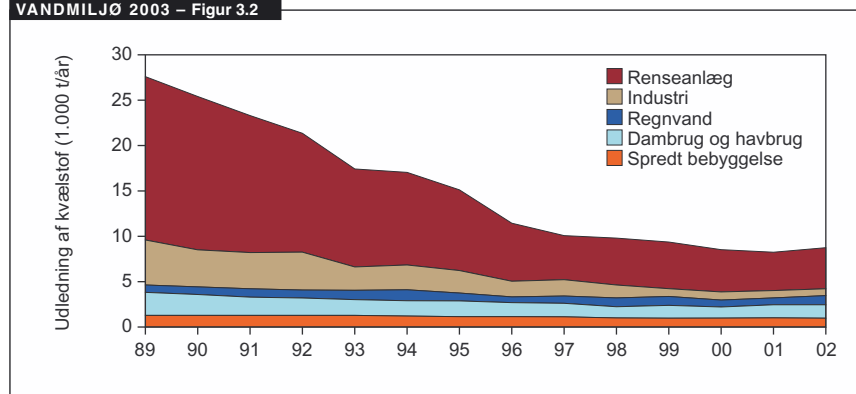
Den samlede udledning af fosfor fra punktkilder er faldet fra ca. 6.600 t i 1989 til 1.150 t i 2002. Dette er hovedsageligt opnået gennem reduktioner i udledningerne fra renselanlæg og industri, dog er udledningen fra den spredte bebyggelse og udledningen fra fiskeopdræt anlæg også faldet (figur 3.3).

VANDMILJØ 2003 – Figur 3.1



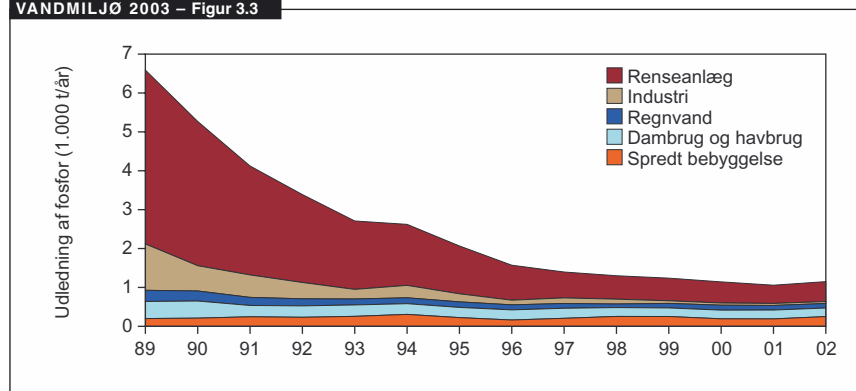
Figur 3.1 Procentvis opdeling af udledning af organisk stof (BI_5), kvælstof og fosfor fra 5 typer af punktkilder i 2002. Sikkerheden på opgørelserne er størst for renselanlæg og industri. For de øvrige, som er baseret på beregninger, er opgørelserne mere usikre. **Figur 8.4** i *Miljøstyrelsen, 2003*.

VANDMILJØ 2003 – Figur 3.2



Figur 3.2 Udledningen af kvælstof fra punktkilderne i perioden fra 1989-2002. **Figur 8.5** i *Miljøstyrelsen, 2003*.

VANDMILJØ 2003 – Figur 3.3



Figur 3.3 Udledningen af fosfor fra punktkilderne i periode fra 1989 til 2002. **Figur 8.6** i *Miljøstyrelsen, 2003*.

3.1 Renseanlæg

Der er i 2002 lavet målinger og opgørelser af udledningen fra 1030 renselanlæg, heraf 266 som er omfattet af Vandmiljøplanens renskrav (minimumsrenskrav er normalt 15 mg BI₅/l, 1,5 mg P/l og 8 mg N/l). Disse anlæg renses ca. 93% af den samlede mængde af byspildevand i Danmark. De konkrete udlederkrav er ofte mere restriktive af hensyn til lokale, sårbare recipienter, også for anlæg mindre end 5.000 PE, som er grænsen for de generelle vandmiljøplankrav.

Samlet udledning fra renselanlæg

Udledningen i 2002 er opgjort til 2.670 t organisk stof målt som BI₅, 4.528 t kvælstof, 510 t fosfor og 809 mio. m³ spildevand. Udledningen i 2002 er lidt højere end i 2001. Dette skyldes formentlig den større nedbørsmængde i 2002.

Renseeffektivitet

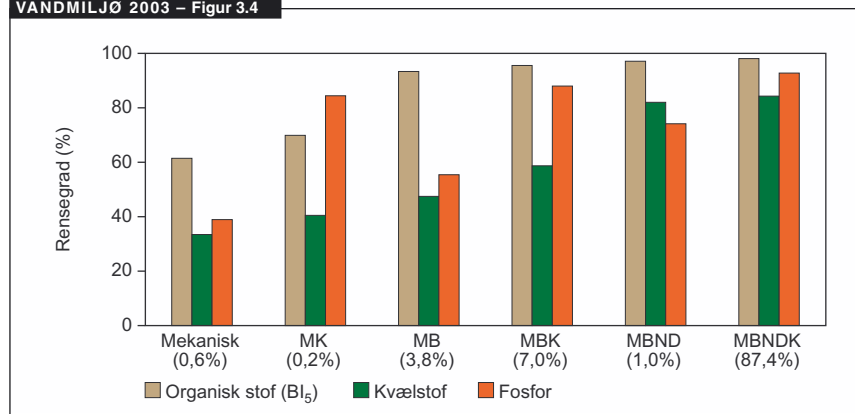
I 2002 er der data for tilledningen af organisk stof, kvælstof og fosfor. For hvert anlæg, hvor der findes tilledningsdata, er disse sammenholdt med data for udledning. Således er der beregnet en renseseffektivitet for hvert anlæg.

Figur 3.4 viser den beregnede gennemsnitlige renseseffektivitet for organisk stof, kvælstof og fosfor fordelt på anlægstyper. Renseeffektiviteten for anlæg med biologisk rensning og næringssaltfjernelse (MBND og MBNDK) ligger omkring 90% for alle de tre viste parametre. Da ca. 90% af den samlede spildevandsmængde renses i denne type anlæg, betyder det, at størsteparten af spildevandet i Danmark renses meget effektivt.

For de øvrige anlægstyper er renseseffektiviteten som forventet. Fjernelse af fosfor er dog bemærkelsesværdig høj på de biologiske anlæg uden kemisk fældning (MB og MBND), bl.a. fordi mange biologiske anlæg kan drives med en høj grad af biologisk fosforfjernelse.

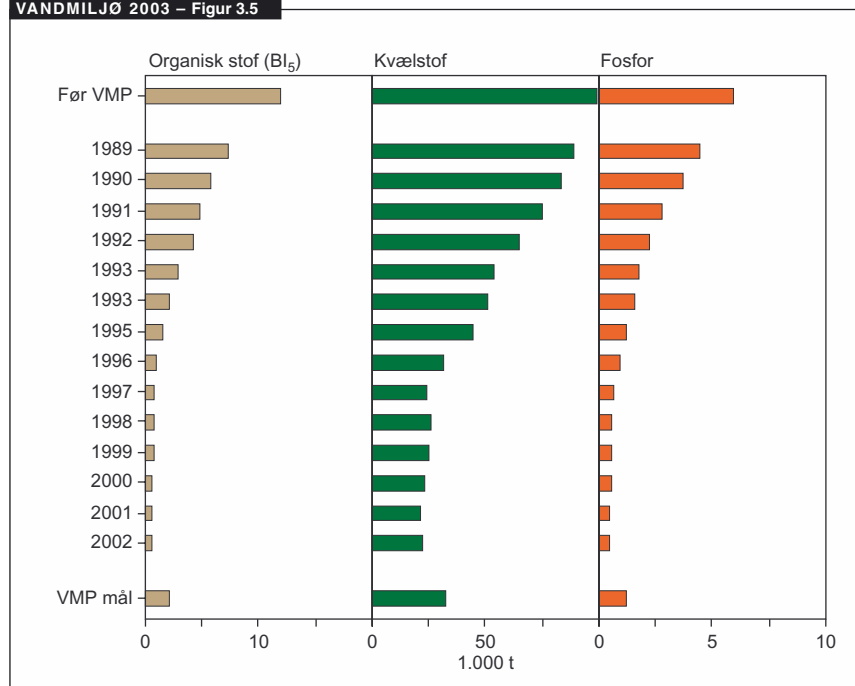
Stofkoncentrationerne i det udledte spildevand kan for hvert enkelt renselanlæg ses i **Bilag 1.7 B** i *Miljøstyrelsen, 2003*. Tabellerne heri viser, at de fleste renselanlæg præsterer en rensning, der er langt bedre end Vandmiljøplanens generelle krav. De fleste anlæg har således gennemsnitskoncentrationer af BI₅ på 2-4 mg/l og fosforkoncentrationer på 0,2-0,5 mg/l.

VANDMILJØ 2003 – Figur 3.4



Figur 3.4 Renseeffektivitet fordelt på anlægstyper for organisk stof (BI₅), total kvælstof og total fosfor. Mængden af spildevand renses ved hver anlægstype er anført som % af den samlede spildevandsmængde. Figur 2.3 i *Miljøstyrelsen, 2003*.

VANDMILJØ 2003 – Figur 3.5



Figur 3.5 Udviklingen i udledningen fra renselanlæg frem til 2002. **Figur 2.2** i *Miljøstyrelsen, 2003*.

Overholdelse af udlederkrav

Af de 266 anlæg, som er omfattet af Vandmiljøplanen, var der kun et anlæg, der ikke overholdt Vandmiljøplanens generelle fosforkrav, og kun to overholdt ikke kvælstofkravet, mens alle anlæggene overholdt BI₅ kravet.

Udvikling i udledninger

I figur 3.5 er vist udledningen af BI₅, kvælstof og fosfor før Vandmiljøplanen, dvs. midten af firserne, i årene 1989 til 2002 og endelig er prognosen for udledningen efter opfyldelse af Vandmiljøplanen vist. Især udledningerne af BI₅ og fosfor er samlet set betydeligt under Vandmiljøplanens mål.

Reduktionen fra før Vandmiljøplanens vedtagelse, dvs. midten af firserne, og frem til 2001, er for de tre parametre BI₅, kvælstof og fosfor henholdsvis 96%, 77% og 91%.

3.2 Industri og fiskeproduktionsanlæg

31 industrivirksomheder var i 2002 omfattet af Vandmiljøplanens krav om nedbringelse af næringssaltudledningerne. Ud over disse virksomheder er der foretaget målinger og opgørelse af udledningerne fra 152 andre industrier med separat udledning, 361 ferskvandsdambrug, 14 saltvandsdambrug og 25 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 2002

For virksomheder med egen udledning direkte til vandområder sker de største udledninger af organisk stof (BI_5) fra industrier omfattet af Vandmiljøplanens krav om næringssaltreduktion. Af denne udledning kom 80% fra sukkerfabrikker og 16% fra fiskeindustri. Der er planlagt yderligere rensningsforanstaltninger for disse typer af virksomheder i 2003.

Udledninger af fosfor og kvælstof fra virksomheder kommer især fra ferskvandsdambrug (tabel 3.1). Størstedelen af disse udledninger løber gennem søer og fjorde, som er sårbare overfor næringssalttilførsel.

Udvikling i udledning fra virksomheder Industri

Der er siden 1989 sket drastiske reduktioner i udledning af organisk stof og næringssalte fra industrier med særskilt udledning. BI_5 er mindsket med 89%, kvælstofudledningen med 88% og fosforudledningen med 96%. 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.

Figur 3.6 viser udvikling i den samlede udledning fra industrier gennem perioden 1989-2002. Der er ikke som

for udledning fra kommunale renseanlæg et bestemt reduktionsmål for den samlede industrielle udledning.

Dambrug og havbrug

Udledningerne fra ferskvandsdambrug, saltvandsdambrug og havbrug er også mindsket siden 1989, men langt mindre end udledningerne fra de øvrige virksomheder. Reduktionen i udledningerne fra ferskvandsdambrugene er beregnet til ca. 50% for BI_5 , ca. 60% for fosfor og ca. 45% for kvælstof. For saltvandsdambrug og havbrug er der også sket reduktioner, men de er betydeligt mindre end for ferskvandsdambrug.

3.3 Udledninger fra spredt bebyggelse

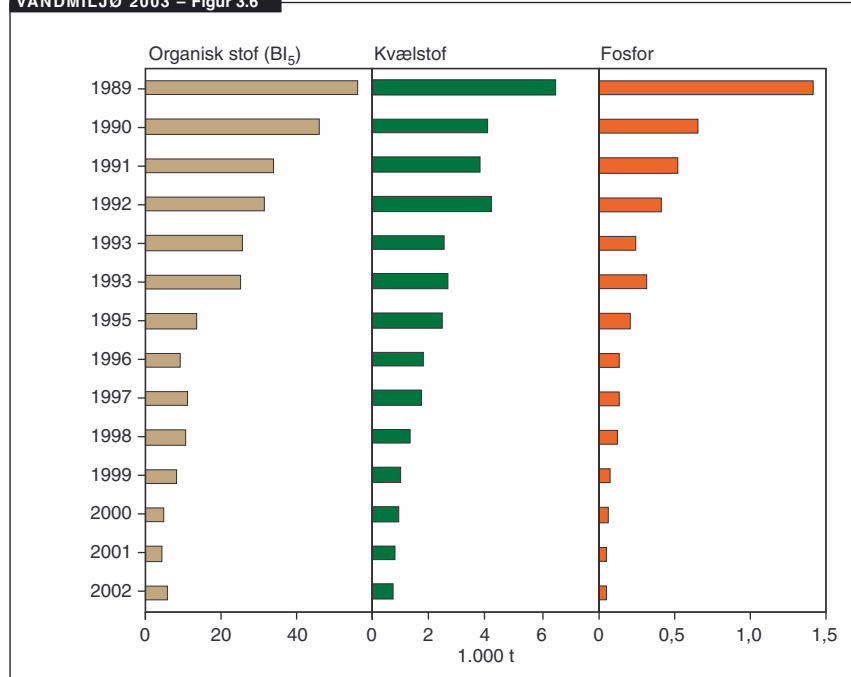
Udledninger fra ejendomme, som ikke er kloakeret og tilsluttet fælles renseanlæg, giver et stort forureningsbidrag til mange søer og til små vandløb, selv om det på landsplan kun er et mindre bidrag (tabel 2.1 og figur 3.1). I amternes regionplaner er der fastsat, hvor der skal en yderligere rensning af spildevandet fra spredt bebyggelse, for at målsætningerne for vandområder kan opfyldes. Af de ca. 354.000 ejendomme, som ikke er tilsluttet kloak, skal ca. 101.000 have forbedret deres spildevandsrensning.

VANDMILJØ 2003 – Tabel 3.1

Virksomheder 2002	Organisk stof (BI_5) (t/år)	Kvælstof (t/år)	Fosfor (t/år)
Industri omfattet af VMP	5.420	502	41
Industri udenfor VMP	493	251	9
Ferskvandsdambrug	3.276	1.180	94
Saltvandsdambrug	159	65	5
Havbrug	1.586	242	26
Virksomhedsudledning i alt	10.934	2.240	175

Tabel 3.1 Udledninger af organisk stof og næringssalte fra industri og fiskeproduktionsanlæg i 2002. (Tal fra Miljøstyrelsen, 2003).

VANDMILJØ 2003 – Figur 3.6



Figur 3.6 Udvikling i udledningen af organisk stof (BI_5), kvælstof og fosfor fra særskilte industrielle udledere.

Figur 3.2 i Miljøstyrelsen, 2003.

4 Diffuse kilder – udvaskning fra jorden

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 og ved målinger af stoftransport i vandløb (se figur 1.1). Målingerne kobles med oplysninger om landbrugets driftsforhold, herunder gødningsanvendelse (Grant *et al.*, 2003).

4.1 Gødningsforbrug i Danmark

Forbruget af handelsgødning er mindsket betydeligt siden 1989, både for kvælstof (fra 392.000 t i 1985 til 206.000 t i 2002) og for fosfor (fra 47.800 t til 13.800 t i 2002). Den mængde næringssalte, der fjernes fra markerne med de høstede afgrøder varierer med høstudbyttet, men har ikke ændret sig væsentligt i perioden. Samlet set er nettooverskuddet af kvælstof på markerne mindsket fra 420.000 t i 1985 til 234.000 t i 2002 (figur 4.1), og fosforoverskuddet er tilsvarende mindsket fra 54.000 t i 1985 til 28.000 t i 2002 (figur 4.2). Det gennemsnitlige

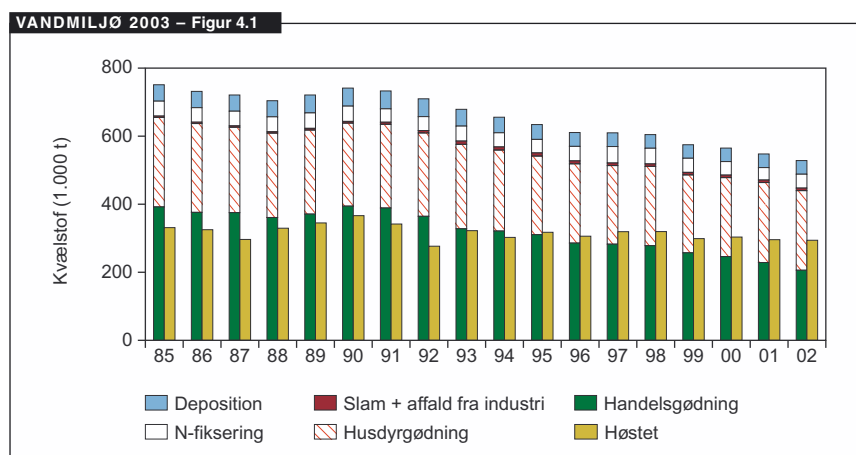
overskud pr. ha (tabel 4.1) er især for fosfors vedkommende langt større end den mængde, der udvaskes fra arealerne. Dette betyder, at der sker en ophobning af fosfor i jorden.

Revideret beregning af kvælstofudvaskning på landsplan

Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks JordbrugsForskning har i november 2002 foretaget en ny beregning af kvælstofudvaskningen på landsplan tilbage i tid. De nye beregninger er udført, fordi det har vist sig, at betydningen af husdyrgødnings kvælstofindhold var undervurderet, og fordi der er lavet forbedrede opgørelser af vandbalancer for Danmark. De nye beregninger viser, at kvælstofudvaskningen midt i 1980'erne har ligget på ca. 310.000 t kvælstof, hvilket er væsentlig større end de 260.000 t som er forudsætningen for vandmiljøplanerne. Arbejdet er offentliggjort på de to institutioners hjemmesider (Grant og Waagepetersen, 2003).

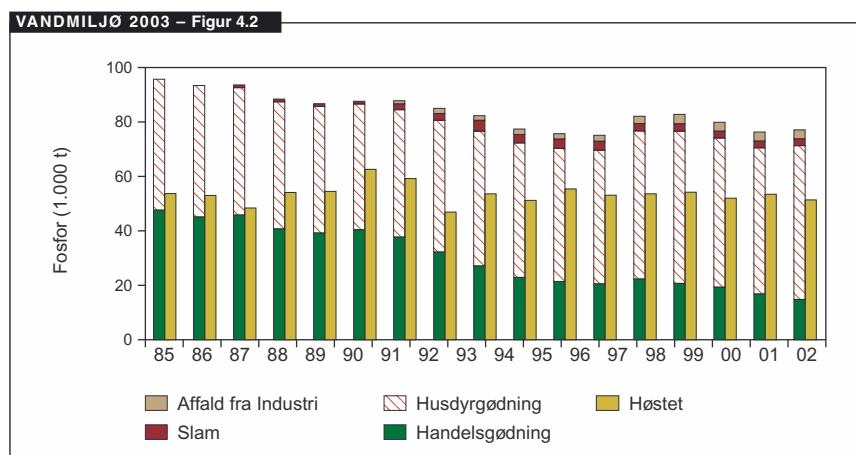
Fosforoverskud

Den gennemsnitlige nettotilførsel af fosfor til markerne i landovervågningsoplandene var i perioden 1991-2002 ca. 8 kg P/ha pr. år. Tab af fosfor til vandløbene udgjorde i samme periode 0,38 kg P/ha pr. år. Det er altså kun en lille del af nettotilførslen, der tabes til overfladevand. Den øvrige del ophobes i overfladejorden eller nedvaskes evt. til dybere jordlag. I tabel 4.1 er vist tal for hele landet.



Figur 4.1 Udviklingen i tildelt kvælstof og høstet kvælstof for hele landbrugsarealet i Danmark i perioden 1985-2002.

Figur 3 i Grant *et al.*, 2003.



Figur 4.2 Udviklingen i tildelt fosfor og høstet fosfor for hele landbrugsarealet i Danmark i perioden 1985-2002.

Figur 4 i Grant *et al.*, 2003.

VANDMILJØ 2003 – Tabel 4.1

N og P balance 2002	Kvælstof (kg N/ha pr. år)	Fosfor (kg P/ha pr. år)
Tilført	198,2	28,5
Høstet	110,3	18,0
Overskud	87,8	10,6
Udvasket	50-100	0,2-1

Tabel 4.1 Kvælstof og fosfor balance for dyrkede arealer for hele landbrugsarealet i Danmark.

Bilag 3 i Grant *et al.*, 2003.

Størrelsen af fosforoverskuddet, der ophobes i jorden, afhænger stærkt af typen af landbrugsdrift. På rene planterbrug er der balance mellem gødskning og høst, mens der er et stort fosforoverskud på bedrifter med mange husdyr. Overskuddet skyldes, at afgrødens kvælstofbehov dækkes med staldgødning, og da fosforindholdet i staldgødning i forhold til planternes behov er relativt større end kvælstofindholdet, bliver fosfortilførslen større end afgrødens behov.

Tilførsel af store fosforoverskud til dyrkede arealer er et miljøproblem, fordi tilførslen af fosfor til vandområderne herved øges. Forøgelsen skyldes, at udskylning af jord fra marker tilfører større fosformængder til vandløb, og at koncentrationen af fosfor i jordvæsken stiger og dermed også udvaskningen af opløst fosfor. Særlig stor stigning i udvaskningen vil ske, hvis jordens fosforbindingsevne overskrides.

4.2 Udvasning af kvælstof

I 5 landovervågningsoplande er der opgjort gødningstilførsler og arealanvendelser og der er målt udvaskning ud af rodzonen mod grundvand og til dræn, samt målt stoftransport i vandløb. Disse målinger har sammen med modelberegninger af det hydrologiske kredsløb ført til den beskrivelse af kvælstoftransporten gennem et landbrugsareal, der er gengivet i figur 4.3.

Den modelberegnete årlige kvælstofudvaskning fra rodzonen er 52 kg N/ha på lerjorde og 96 kg N/ha på sandjorde. På lerjordene er udvaskningen noget mindre end nettotilførslen (forskellen mellem tilført med gødning og fjernet med afgrøde), mens udvaskningen på sandjordene stort set er lig med nettotilførslen. Udvasningen er væsentlig større fra sandjordene end fra lerjordene. Til trods herfor er kvælstoftransporterne i vandløbene væsentlig højere i lerjordsoplandene (21 kg N/ha) end i sandjordsoplandene (henholdsvis 7 og 16 kg N/ha for de to oplande).

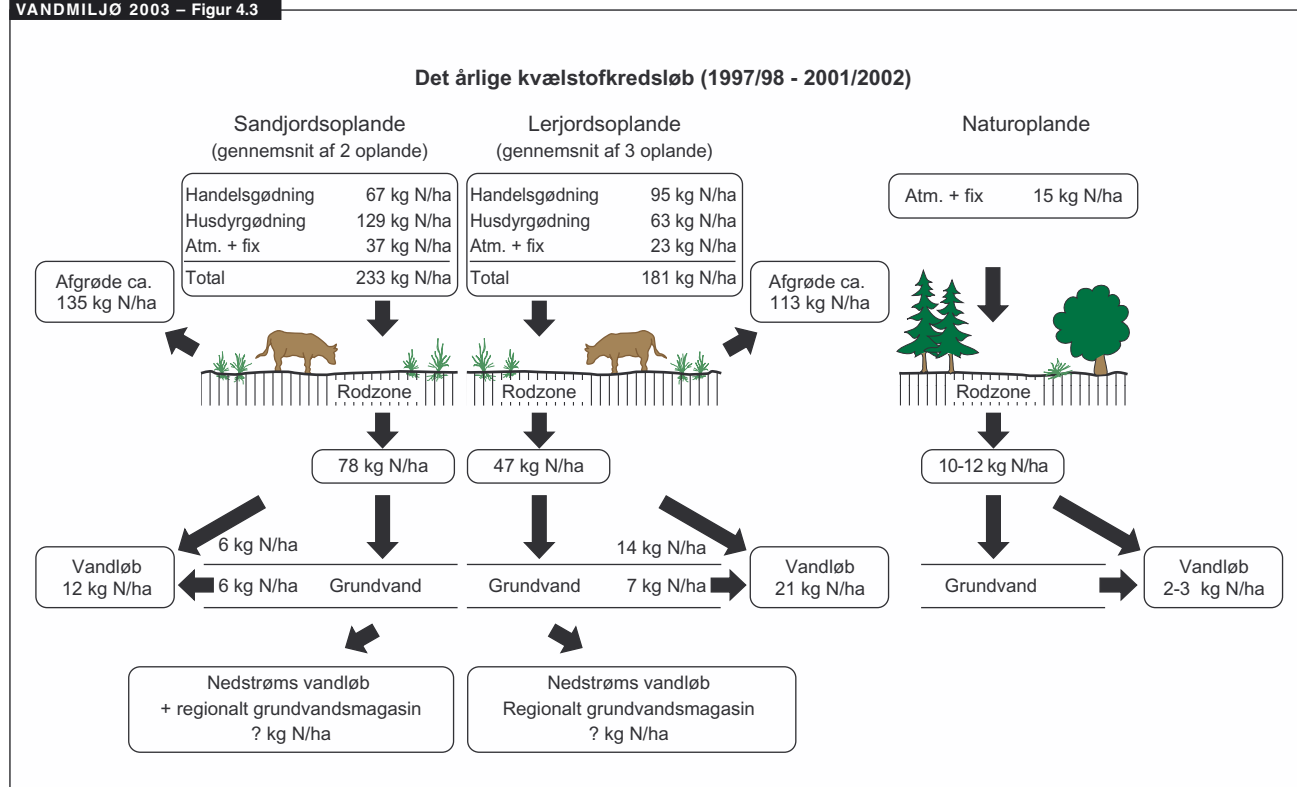
Dette skyldes at vandafstrømningen på lerjordene sker gennem de øvre jordlag, mens vandafstrømningen på sandjordene i højere grad sker gennem de dybere jordlag, hvor det eventuelt har passeret iltfrie områder og der har været udsat for betydelig nitratreduktion.

Kun en del af det kvælstof, der forlader rodzonen, når ud til vandløbene. Størrelsen af denne andel er stærkt varierende og afhænger af lokale forhold. Der kan også forekomme kvælstoftransport gennem grundvand til nedstrøms liggende vandløbsstrækninger. Dette vand må formodes at være længere tid undervejs, hvilket betyder at der er større muligheder for at kvælstof er reduceret undervejs.

Fra naturarealer er den årlige kvælstofudvaskning ca. 12 kg N/ha og transporten til vandløb ca. 2-3 kg N/ha.

Den samlede udvaskning af kvælstof til danske vandløb er i 2002 opgjort til 87.600 t. Heraf er det naturlige baggrundsbidrag fra hele det danske landområde opgjort til 12.700 t (tabel 8.1, *Bøgestrand (red.)*, 2003).

VANDMILJØ 2003 – Figur 4.3



Figur 4.3 Skemativering af kvælstofkredsløbet i henholdsvis dyrkede lerjords- og sandjordsoplande samt for naturoplande for årene 1997/98-2001/02. Figur 6 fra *Grant et al.*, 2003.

4.3 Opnået effekt af vandmiljøplanerne

Udvikling i udvaskning af kvælstof fra jorden

Udviklingen i kvælstofkoncentrationer i rodzonevand, i det øvre grundvand og i vandløb i LOOP områderne er illustreret i figur 4.4. Figuren viser et markant fald i kvælstofindholdet i rodzonen i sandjordsområder og en svag reduktion i det øvre grundvand. I lerjordsområder er ændringerne betydeligt mindre og mere usikre.

I tabel 4.2 er der foretaget en sammenstilling af ændringer i kvælstofforbrug og transporter i landbruget fra 1990 til 2002. Det fremgår at handelsgødningsforbruget og kvælstofoverskuddet på marken for hele landet er reduceret med henholdsvis 48 og 38% i perioden. Udvasningen fra rodzonen er beregnet til at være reduceret med 41%. Dette tal understøttes af målinger på rodzonevandet. I vandløb i landbrugsdominerede typeoplande er kvælstoftransporten reduceret med 31% (Bøgestrand (red.), 2003).

I vurderingen af kvælstoftransporterne i det hydrologiske kredsløb skal det bemærkes:

- I modelberegning af kvælstofudvaskning er der tale om den langsigtede effekt, dvs. den effekt der fremkommer, når en ændret gødningspraksis har været fulgt i en år-række, således at der tilnærmelsesvis har indstillet sig en ny ligevægt i jorden.
- Vandets strømningsveje i det hydrologiske kredsløb medfører, at der er en tidsforsinkelse, fra vandet forlader rodzonen, til det når ud til vandløbene. Denne tidsforsinkelse vil være betydeligt større på sandjorde end på lerjorde.
- En opfyldelse af vandmiljøplanernes mål om en halvering af N-udvaskning vil ikke føre til en tilsvarende reduktion af kvælstofindhold og -transport i vandløb, fordi det naturbetingede indhold i vandløb på ca. 1 mg N/l stadig vil være der fra både dyrkede arealer og naturarealer, og fordi en del af den udvaskede nitrat ved omsætning er fjernet fra vandet, inden det når frem til vandløbene.

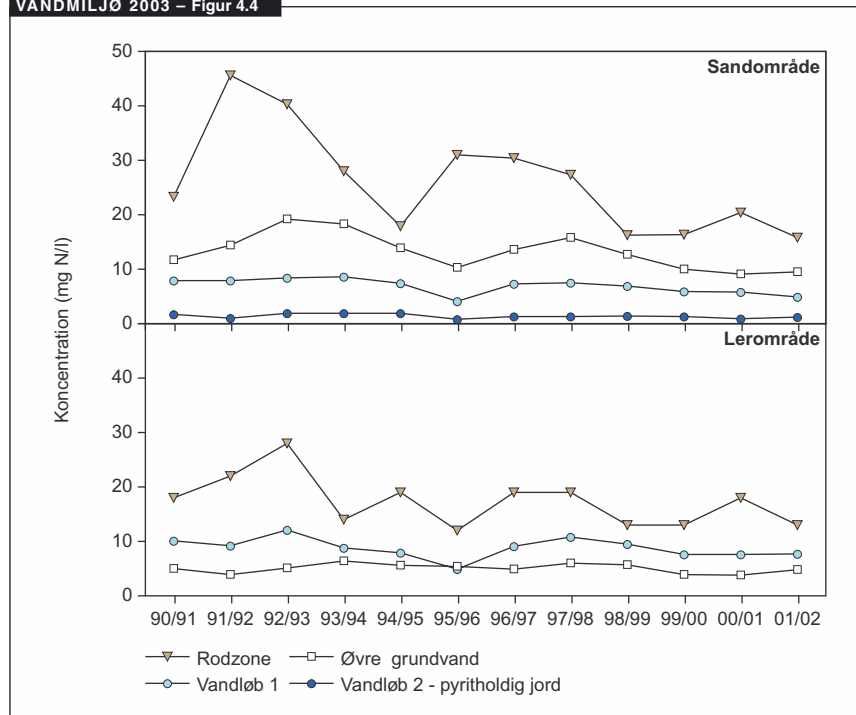
VANDMILJØ 2003 – Tabel 4.2

Gødningsmængder og udvaskning	1990	2002	Reduktion
Handelgødning (t N/år)	395.000	206.000	48%
Kvælstofoverskud (t N/år)	375.000	234.000	38%
Modelberegnet udvaskning på landsplan (kg N/ha pr. år)	107	70	41%
Kvælstofkoncentrationer i rodzonevand i LOOP områder (udjævnet)			
Lerjorde (mg N/l)	22	14	32% (11-50%)
Sandjorde (mg N/l)	34	18	47% (34-61%)
Vandløb, dyrkede oplande ¹⁾			31% (27-35%)

¹⁾ Bøgestrand (red.), 2003.

Tabel 4.2 Reduktion i kvælstofforbrug og transporter i landbruget 1990-2002. Tabel 9.3 i Grant et al., 2003.

VANDMILJØ 2003 – Figur 4.4



Figur 4.4 Udviklingen i kvælstofkoncentrationer i perioden 1999/01 til 2001/02 for rodzonevand, det øvre grundvand og vandløb i 3 lerjords- og 2 sandjordsoplande.

Figur 9.1 i Grant et al., 2003.

4.4 Udvaskning af fosfor fra jorden

Fosfortab fra lerjorde til dræn

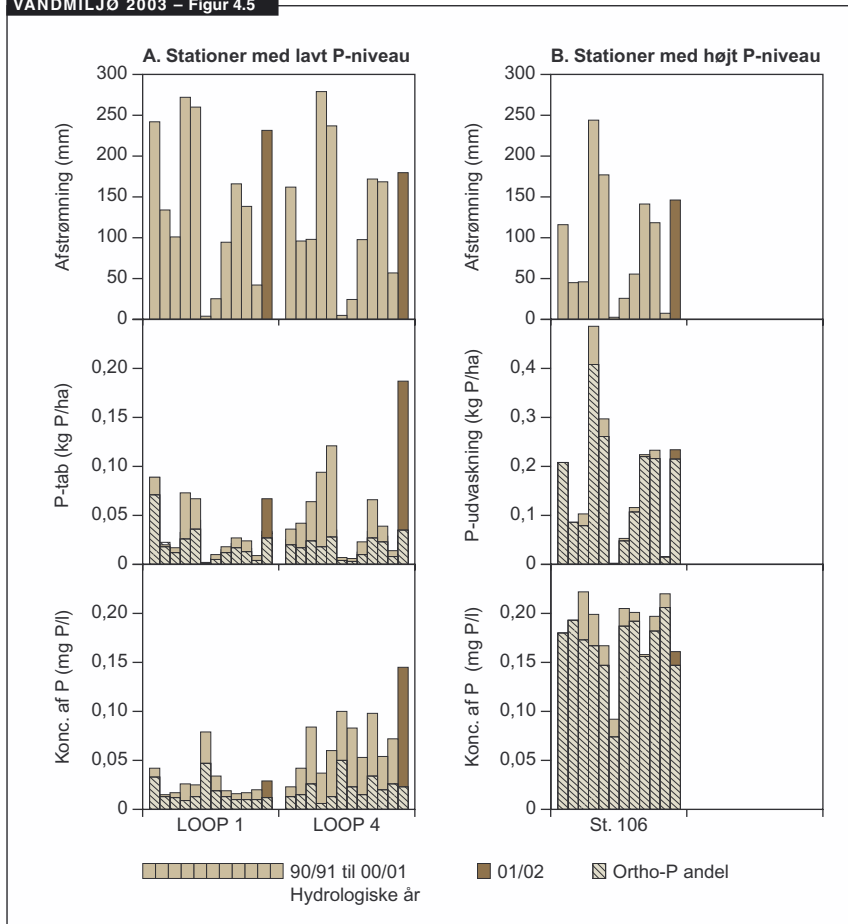
Eksempler på de årlige tab til dræn af opløst og total fosfor (P) samt de årlige vandføringsvægtede koncentrationer af P, er vist i figur 4.5. Forskellen mellem total P og opløst P er partikulært P og/eller organisk P. Målingerne viser, at der er meget store variationer i P-udvaskningen, især afhængig af vandafstrømningen. Målingerne viser også, at dræn fra nogle marker har et meget højt fosforindhold, i det viste tilfælde på omkring 0,2 mg P/l (højre del af figur 4.5).

Transporten af total fosfor gennem dræn har i gennemsnit for måleperioden ligget på 0,054 kg P/ha pr. år, hvoraf opløst P har udgjort ca. 45%. Det vil sige at partikulært P udgør en væsentlig del af P tabet fra dræn på lerede jorde; andelen har været særlig stor i LOOP 4 (Lillebæk på Fyn).

Ved en af stationerne (nr. 106 i LOOP 1, Højvads Rende på Lolland) har de gennemsnitlige koncentrationer af total P ligget på 0,220 mg P/l og udvaskningen har ligget på gennemsnitlig 0,206 kg P/ha pr. år; heraf har ortho-P udgjort 91%. Årsagen til et stort P tab fra denne jord kan være et meget højt fosfortal i topjorden ($P_t=10,7$).

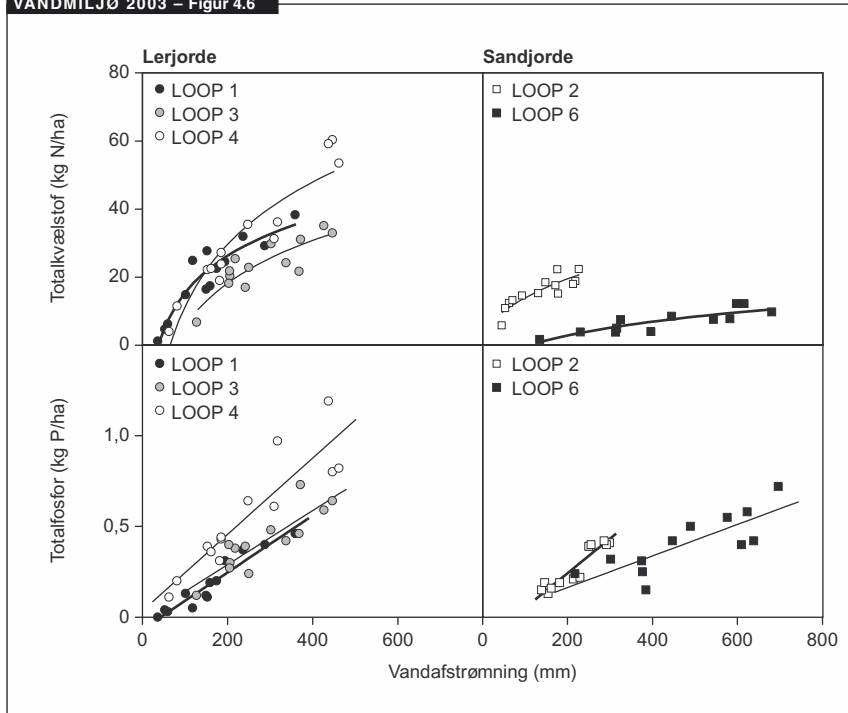
Tabet af fosfor fra de dyrkede arealer er meget styret af nedbørsmængderne og dermed afstrømningen i de enkelte måleår. For de fem vandløb kan der således opstilles sammenhænge mellem den årlige afstrømning og det årlige tab af total fosfor fra landbrugsarealer i oplandet indenfor hydrologiske år (figur 4.6). Det årlige fosfortab fra landbrugsarealer stiger i de enkelte oplande med stigende afstrømning. Ved stigende afstrømning stiger fosfortabet mest fra det lerede Lillebæk opland og mindst fra det grovsandede opland til Bolbro Bæk, hvor den overfladiske afstrømning er lille.

VANDMILJØ 2003 – Figur 4.5



Figur 4.5 Årlig vand-afstrømning og P tab fra dræn samt vandførings-vægtede koncentrationer af P i drænvand som gennemsnit for stationerne i to lerjordsoplunde for årene 1990/91-2001/02. Søjlerne angiver total P mens den skraverede del af søjlerne angiver ortho-P. A: stationer med lavt P niveau, B: station med højt P niveau (Grant et al., 2003).

VANDMILJØ 2003 – Figur 4.6



Figur 4.6 Sammenhænge mellem årligt kvælstoftab og fosfortab fra landbrugsarealer og vandafstrømningen i perioden 1989/90-2001/02. Figur 8.1 i Grant et al., 2003. 1: Højvads Rende, 2: Oddebæk, 3: Horndrup Bæk, 4: Lillebæk, 6: Bolbro Bæk.

5 Diffuse kilder – atmosfæren

Tilførslen af kvælstofforbindelser fra atmosfæren er et meget betydeligt bidrag til eutrofieringen af de åbne marine områder, samt af naturarealer på land og af visse søer. De øvrige tilførsler af forurenende stoffer fra luften til vandområder har normalt mindre betydning.

Måleprogram og modelberegninger

Overvågningsprogrammet for atmosfæren omfatter 9 målestationer fordelt ud over Danmark (se figur 1.1). På disse stationer måles:

- Våddeposition (indhold i nedbør) af kvælstofforbindelser, sulfat, fosfat, samt metaller.
- Indhold i luften af kvælstofforbindelser, svovlforbindelser, fosfat og metaller i luften eller bundet til partikler i luften.

Ud fra disse målinger og ud fra kendskab til forureningskilder og til de meteorologiske forhold beregnes ved hjælp af den såkaldte ACDEP model landsdækkende værdier for luftkoncentrationer og depositioner. Beregningsresultaterne angives for hvert kvadrat i et 40x40 km net dækkende dels dansk land og dels det danske søterritorium (Ellermann *et al.*, 2003).

5.1 Deposition af fosfor

Fosfordepositionen fra atmosfæren er lille i forhold til andre kilder, men den er meget vanskelig at måle. Bedømt ud fra DMUs målinger og målinger foretaget af Fyns Amt vurderer Ellermann *et al.*, 2003, at det bedste estimat af depositionen af uorganisk fosfor til de indre danske farvande (31.500 km²) er 4 kg P/km² pr. år eller i alt ca. 130 t P/år. Dette svarer til ca. 400 t P/år for hele det danske søterritorium. Depositionen af organisk fosfor kan være af samme størrelsesorden. Der er næppe sket nogen tidsmæssig udvikling i depositionen af fosfor.

5.2 Kvælstofforbindelser i luften

Årsmiddelkoncentrationerne i tabel 5.1 på målestationerne viser en meget stor forskel i ammoniakindhold i luften. Det skyldes, at størstedelen af luftens indhold af ammoniak stammer fra fordampning fra husdyrgødning, og at levetiden for ammoniak i atmosfæren er kort (timer), dvs. at der sker en hurtig kemisk omdannelse og afsætning på planter, jord m.v. Derimod er der mere ensartede indhold af de øvrige kvælstofforbindelser, der spredes over større afstande gennem atmosfæren, fordi de har længere levetid i atmosfæren (dage). Nitrat og kvælstofoxider stammer især fra forbrændingsprocesser.

Kvælstofdeposition ved målestationerne

De målte kvælstofdepositioner på landoverflader er generelt mellem 1,5 og 2 t N/km² pr. år. På landoverflader er tørdepositionerne langt større end på vandoverflader, fordi afstanden til kilderne er mindre og fordi kvælstofforbindelserne hurtigere tørdeponerer på planter og jord end på vandoverflader (tabel 5.2 og 5.3). Tabellerne viser også at depositionerne er størst i områder med mange husdyr (Lindet og Tange). Også en høj nedbør bidrager til en høj kvælstofdeposition.

VANDMILJØ 2003 – Tabel 5.1

Årsmiddelconc. (µg N/m ³)	Ammoniak	Ammonium	Sum-nitrat	Kvælstofdioxid
Anholt	0,17	1,13	0,79	1,82
Frederiksborg	0,27	1,25	0,75	-
Keldsnor	0,81	1,90	1,22	2,81
Lindet	1,43	1,87	1,17	-
Tange	1,11	1,53	0,86	-
Ulborg	0,41	1,06	0,64	1,51
Lille Valby	-	-	-	3,64

Tabel 5.1 Indhold af kvælstofforbindelser i luften på seks hovedstationer og Lille Valby i 2003. Tabel 2.3 i Ellermann *et al.*, 2003.

VANDMILJØ 2003 – Tabel 5.2

Årsdeposition – vand (kg N/km ²)	Tørdeposition	Våddeposition	Samlet deposition	Våddeposition andel (%)
Anholt	79	713	792	90
Keldsnor	240	771	1.011	76
Tange	260	1012	1.272	80

Tabel 5.2 Tørdeposition, våddeposition og samlet deposition af kvælstof til vandoverflader ved målestationerne i 2002. Tabel 2.7 i Ellermann *et al.*, 2003.

VANDMILJØ 2003 – Tabel 5.3

Årsdeposition – land (kg N/km ²)	Tørdeposition	Våddeposition	Samlet deposition	Våddeposition andel (%)
Anholt	413	713	1.126	63
Frederiksborg	622	762	1.384	55
Keldsnor	922	771	1.693	46
Lindet	1.198	1.071	2.269	47
Tange	879	1.012	1.891	54
Ulborg	471	611	1.082	56

Tabel 5.3 Tørdeposition, våddeposition og samlet deposition af kvælstof til landoverflader ved målestationerne i 2002 (tørdepositionen er beregnet for en landoverflade med 10 cm højt græs). Tabel 2.8 i Ellermann *et al.*, 2003.

5.3 Beregnet kvælstofdeposition fra atmosfæren

Deposition på havområder

Modelberegningerne viser, at den typiske kvælstofdeposition til danske havområder er mellem ca. 0,7 og 1,6 t N/km² pr. år (figur 5.1). De højeste depositioner i et åbent farvand er i Lillebælt med ca. 1,5 t N/km² pr. år. De mindste depositioner er for Skagerrak (0,8 t N/km² pr. år). I den sydlige del af den danske del af Nordsøen ses højere indhold, som stammer fra landene mod sydvest. Den beregnede totale kvælstofdeposition til danske

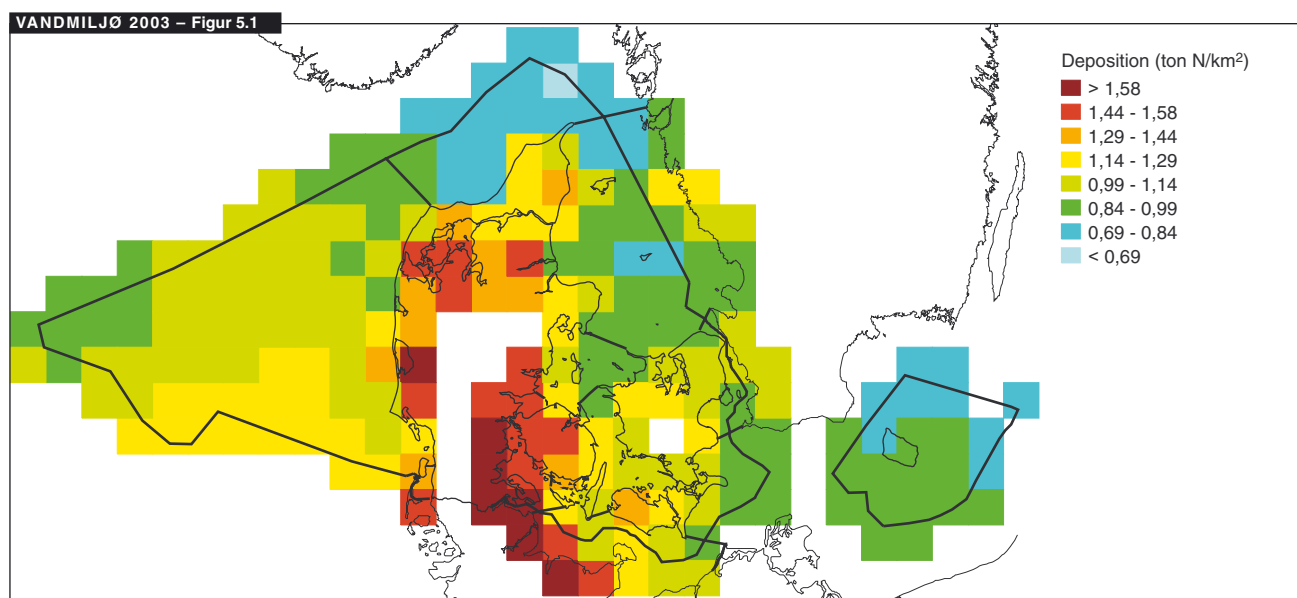
havområder (105.372 km²) på 107.000 t N i 2002 er ca. 9% mindre end rapporteret for 2001. Ca. 14% af kvælstofdepositionen på marine områder stammer fra danske kilder. Den største andel på 28% findes i Bælthavet (se kildefordeling for Kattegat i figur 2.13 i Ellermann *et al.*, 2003).

Deposition på landområder

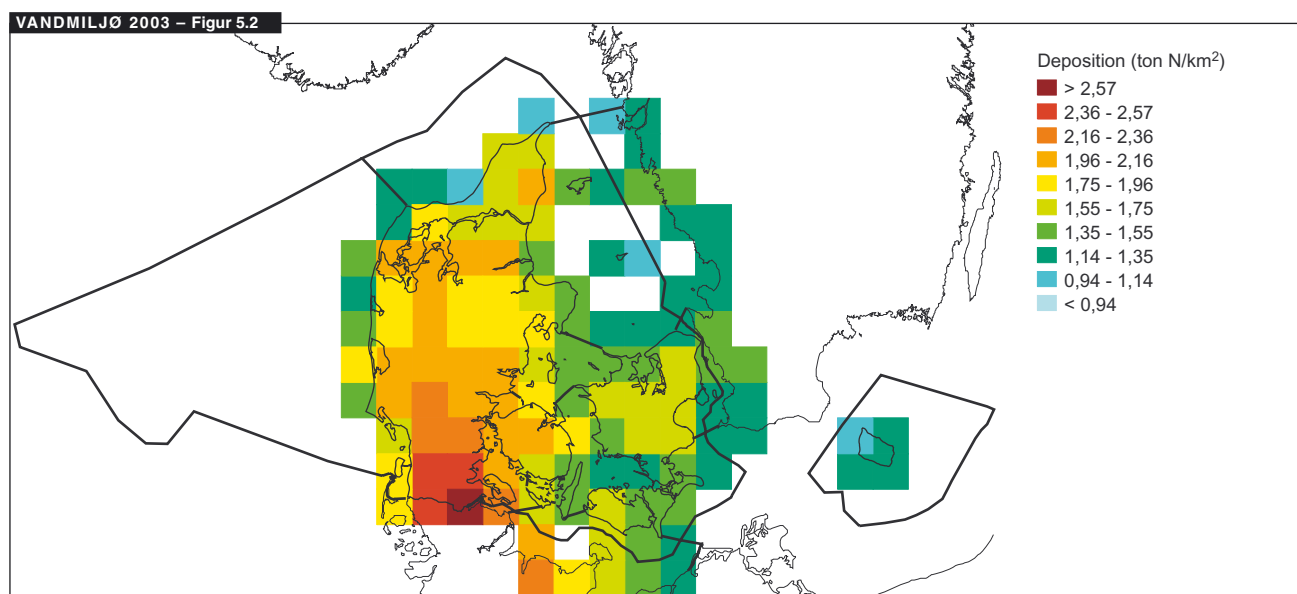
Den samlede kvælstofdeposition til danske landområder er beregnet til ca. 80.000 t N i 2002 (Tabel med amtsfordeling i tabel 2.10 i Ellermann *et al.*, 2003) (figur 5.2). Den samlede deposition i Danmark er større til landover-

flader (typisk omkring 1,8 t N/km²) sammenlignet med havområderne (typisk omkring 1,0 t N/km²). Årsagerne til forskellene er følgende:

- Landområder ligger tættere på kildeområderne og generelt set er turbulensen og dermed tørdepositions-hastighederne til landoverflader lidt større end over hav.
- Kvælstofdioxid tørdeponerer på planter over land, mens stoffet stort set ikke opløses i vand og derfor ikke deponerer på vandoverflader.
- Nedbørsmængden er generelt større over land end over hav.



Figur 5.1 Den totale deposition (tør+våd) af kvælstofforbindelser til havområder beregnet for 2002. Depositionen er givet i t N/km². Depositionen gælder kun for vandoverflader i felterne. Figur 2.11 i Ellermann *et al.*, 2003.



Figur 5.2 Den totale deposition (tør+våd) af kvælstofforbindelser til landområder beregnet for 2002. Depositionen er givet i t N/km². Depositionerne gælder kun for landoverflader i felterne. Figur 2.14 i Ellermann *et al.*, 2003.

5.4 Udvikling i kvælstofdeposition fra atmosfæren

For den samlede deposition af kvælstof – summen af våddeposition og tørdeposition – vurderes, at der er sket et lille fald på ca. 17% i perioden 1989-2002, når man vurderer depositionen til vandoverflader og midler over resultaterne for målestationerne (faldet er ikke signifikant på de enkelte målestationer). Når ændringerne ikke er større, skyldes det formentligt at to faktorer har modvirket faldet i depositionerne (figur 5.3).

Den vigtigste faktor er ændringerne i nedbørsmængderne, som medfører store variationer i våddepositionen fra år til år. De tre våde år i 1998-2000 har på flere af målestationerne givet en stigning i nedbørsmængderne i perioden 1989-2002, hvilket har modvirket et muligt fald i våddepositionen. Den anden faktor er, at et fald i luftens indhold af svovlforbindelser formentligt har medført, at ammoniak omdannes langsommere i atmosfæren, og at koncentrationen af ammoniak derfor er faldet mindre end forventet på basis af reduktionen i emissionerne.

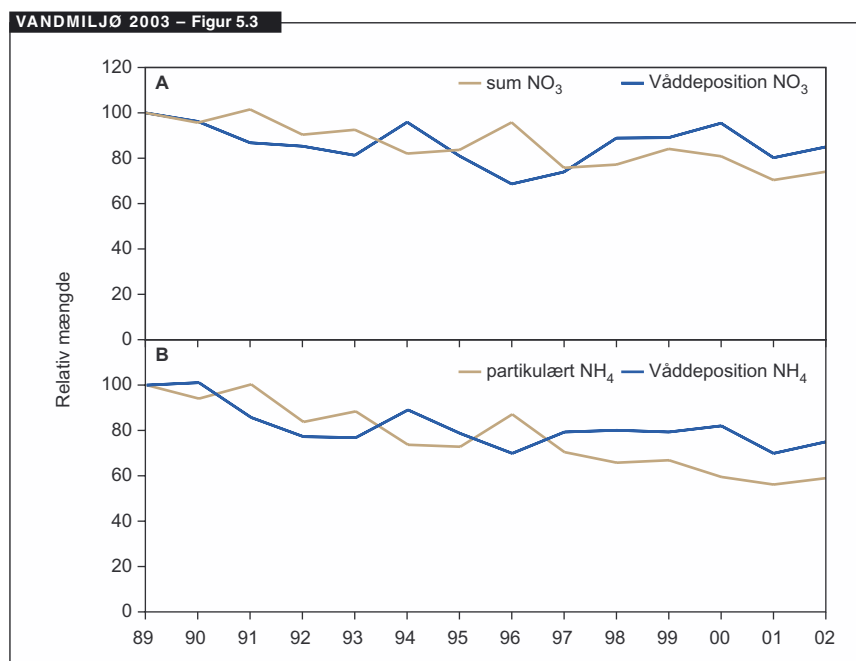
Kilder til kvælstofdeposition

Kvælstofforbindelserne kan alle relateres til to væsentlige kilder:

- Landbrug, der er ansvarlig for over 95% af den samlede emission af ammoniak.
- Forbrændingsprocesser (biler, kraftværker, industriel forbrænding, boligopvarmning, skibstrafik m.m.), som emitterer over 95% af den samlede mængde kvælstofilter.

Både målingerne og modelberegningerne viser, at 36-63% af kvælstofdepositionerne stammer fra ammoniakforbindelser og dermed fra landbrug. Den højeste andel af ammoniak ses i områder i Jylland med stort dyrehold, og den laveste andel ses i områder fjernt fra landbrug f.eks. Anholt og Frederiksborg.

Ved modelberegningerne har det endvidere været muligt at estimere bidraget fra danske kilder. Beregningerne viser, at de danske kilder udgør ca. 38 og 14% af depositionerne til hhv. landoverfladerne og vandoverfladerne.



Figur 5.3 Relative ændringer i våddepositioner eller koncentrationer af kvælstofforbindelser ammoniak i nederste del af figuren og NO_x i øverste del (gennemsnit for målestationer).

Figur 2.16 i Ellermann et al., 2003.

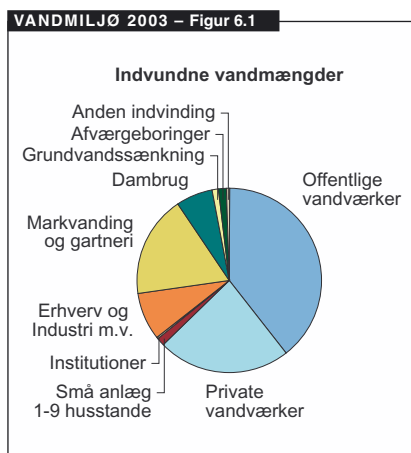
6 Grundvand

Forureningsproblemerne i grundvandet skyldes især forhøjede nitratindhold som følge af dyrkning af jorden. Dette kan give sundhedsmæssige problemer med drikkevand, og nitratholdigt 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.

Grundvandsovervågningsprogrammet
Grundvandsovervågningens vigtigste del er de 70 grundvandsovervågningsområder (GRUMO), der er etableret nogenlunde jævnt fordelt over Danmark (figur 1.1).

Grundvandsovervågning omfatter også ca. 85 indtag i det øvre grundvand i 5 landovervågningsoplande (LOOP), hvor bl.a. kvaliteten af det nydannede grundvand under dyrkede marker måles.

Endelig indgår de analyseresultater, der fremkommer ved vandværkernes kontrol med det vand, der indvindes til vandforsyning fra vandværkernes boringer (boringskontrol), i den årlige rapportering om grundvandets tilstand (GEUS, 2003).



Figur 6.1 Indvundne vandmængder i Danmark i 2002 fordelt på 10 indvindingskategorier.

Figur 6.3 i GEUS, 2003.

Amtfordeling: **Tabel 6.1** i GEUS, 2003.

6.1 Grundvandsressourcen

Størrelsen af grundvandsdannelsen bestemmes især af vinternebnedbørens størrelse. Ikke blot 2002 men også de foregående år var nedbørsrige med mellem 743 og 905 mm for landet som helhed mod en normalnedbør på 712 mm.

Indvundne grundvandsmængder

Den samlede grundvandsindvinding var i Danmark i 2002 på 653 mio. m³. Til sammenligning var den samlede vandløbsafstrømning til havet ca. 18.400 mio. m³. Af den samlede indvinding til vandforsyning sker 98% fra grundvand. Figur 6.1 viser, at langt størstedelen af indvindingerne foretages af vandværkerne.

Udvikling i vandindvinding

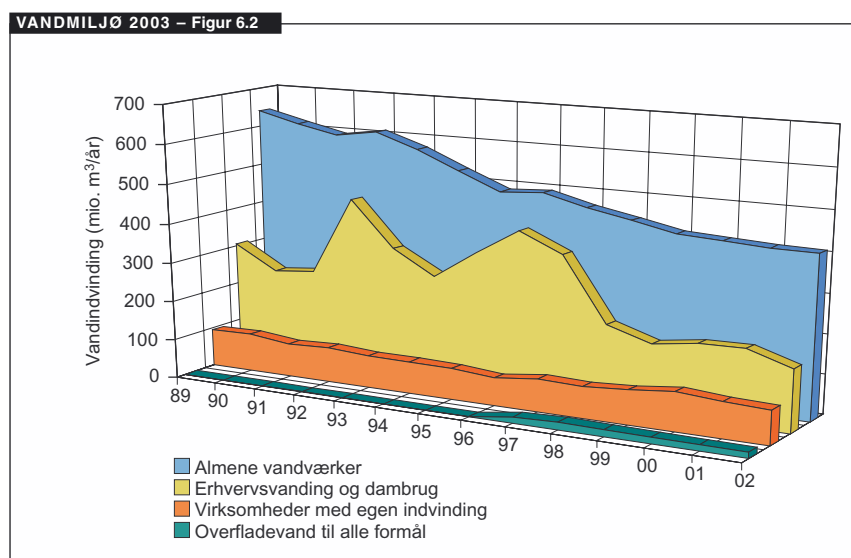
I figur 6.2 er vist vandindvindingen opgjort på fire hovedkategorier for perioden 1989-2002. Opgørelsen inkluderer ikke overfladevand, der anvendes til dambrugsdrift og kølevandsformål.

Særligt i Ringkjøbing og Ribe amter er der en stor grundvandsindvinding til markvanding. Denne udgjorde henholdsvis 61% og 39% af den samlede grundvandsindvinding i de to amter i 2002. I 2002 blev 26% af den totale grundvandsindvinding i Nordjyllands Amt brugt i dambrugserhvervet.

Den samlede vandindvinding i 2002 på vandværkerne var på 410 mio. m³ mod 640 mio. m³ i 1989. Indvindingen til markvanding var i 2002 på 158 mio. m³, hvilket er den lavest registrerede indvinding i overvågningsperioden.

Faldet i de almene vandværkers vandindvinding stagnerede i 2000 i forhold til de foregående år. For perioden som helhed fra 1989 til 2002 er der sket et fald på 36% i denne indvindingskategori. Tilsvarende er den samlede grundvandsindvinding faldet 37% i perioden 1989 til 2002.

Vandforbruget til markvanding og gartneri har de seneste 5 år været markant lavere end i den forudgående periode fra 1989 til 1997. Dette skyldes den større og tidsmæssigt gunstige nedbør i vandingssæsonen maj til juni i de senere år.



Figur 6.2 Vandindvinding i Danmark (mio. m³/år) for perioden 1989-2002. Der er ingen opgørelse af indvinding af overfladevand før 1997.

Figur 6.4 i GEUS, 2003.

Grundvandsstand

I overvågningsperioden 1989-2002 er der målt store variationer i grundvandsstanden. I 1994-95 og igen 2000-2002 var grundvandsstanden høj. De meget store nedbørsmængder, som faldt i januar og især i februar 2002 (hvor der flere steder i landet faldt mere end tre gange den normale nedbør for februar måned), har betydet, at grundvandsstanden mange steder ved afslutningen af vinteren 2001/02 var på højde med den højeste grundvandstand registreret i den forudgående 20-årige periode. Tilsvarende betød de meget nedbørsfattige vintre 1995/96 og 1996/97, at grundvandsstanden i disse år faldt til et niveau svarende til det lavest målte i den forudgående 20-årige periode.

6.2 Nitrat i grundvand

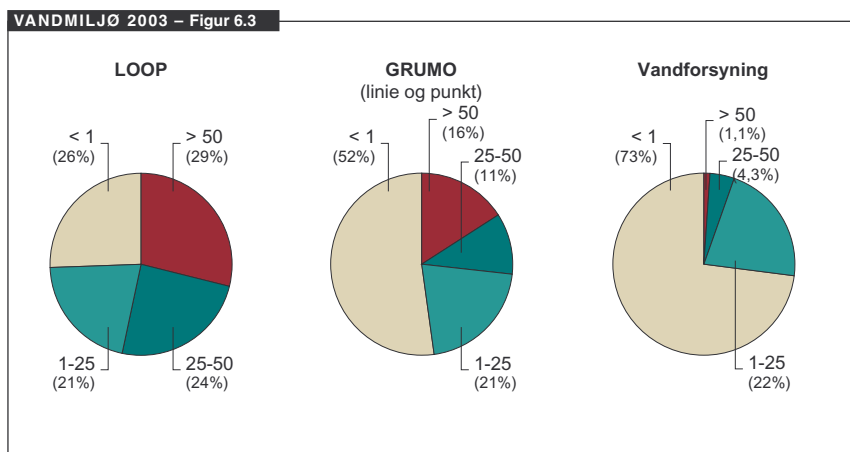
Som det fremgår af figur 6.3 er det LOOP-områderne med det yngste grundvand, der har det største andel af indtag med nitrat over 25 mg/l (den tidligere vejledende max. værdi for drikkevand) – ca. 53%. For linie- og punktmoniterende indtag i GRUMO er det ca. 27%, mens det for vandforsyningsboringerne er nede på 5,4%. Denne fordeling har stort set været uændret siden overvågningsprogrammets start.

Nitratindhold afhænger af dybden

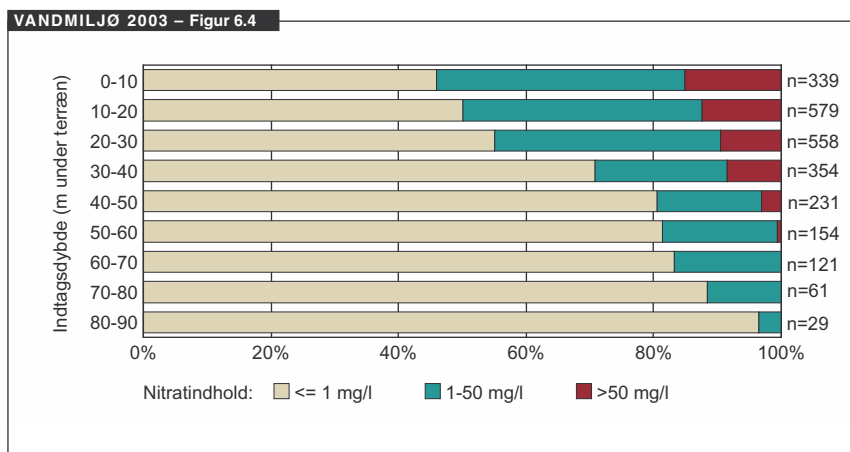
Den største del af analyserne med nitrat kommer fra indtag, der ligger ned til 30 - 40 meter under terræn. De højeste nitratindhold findes ikke uventet

i de øverste 10 meter af jordsøjlen med mere end 50 mg/l nitrat i over 15% af indtagene (figur 6.4).

Årsagen til denne fordeling af nitrat ned gennem jordsøjlen er ikke blot, at det gamle grundvand i stor dybde havde et mindre indhold af nitrat for mange årtier siden, da det blev dannet. Der sker også en reduktion af nitratindholdet (denitrifikation), når nitratrigt vand kommer ned i reducerende jordlag. De stoffer, der kan reducere nitratindholdet er f.eks. organisk stof, jernforbindelser (pyrit), metan og svovlbrinte.



Figur 6.3 Medianværdier for nitratindhold i grundvand (mg NO₃/l) i 2002 for de tre overvågningstyper: LOOP, GRUMO og vandforsyningsboringer. Figur 2.1 i *GEUS, 2003*.



Figur 6.4 Indtag fordelt efter nitratindholdet i mg/l og indtagsdybde under terræn for LOOP, GRUMO, boringskontrol (vandværksboringer) og 'Andre boringer'. Kun data for 2002 er medtaget. Figur 2.2 i *GEUS, 2003*.

6.3 Nitratudvikling i grundvandsovervågningsområderne

Det øverste iltede grundvand

Til illustrering af den tidsmæssige udvikling af nitratindholdet i det øverste, ofte nitratbelastede grundvand er der i figur 6.5 vist medianværdier for nitratindhold i det øverste, iltholdige grundvand.

Nitratindholdet i det iltholdige grundvand varierer meget for de enkelte år, mens variationen i median-

værdien (50% over og 50% under) for perioden 1990 – 2002 kun viser mindre udsving. Der var fra 1990 en svag stigning fra ca. 34 mg/l op til 50 mg/l nitrat frem til 1998, hvorpå der var et fald til ca. 35 mg/l i 2002.

Langt den største del af grundvandet i GRUMO-indtagene er dateret til at være dannet før 1990. Derfor kan en effekt af de tiltag, der blev gennemført som en del af vandmiljøplanerne, endnu ikke forventes at kunne erkendes i grundvandets gennemsnitlige indhold af nitrat. Det iltholdige

grundvand er det yngste, men består af grundvand med forskellige aldre.

Vurderes i stedet de enkelte indtag af ungt grundvand (6-8 år gammelt) i grundvandsovervågningsområderne, kan der ses et faldende nitratindhold indenfor de sidste 13 år i ca. 1/3 af indtagene (i 39 indtag).

LOOP områder: Overfladenært grundvand

Grundvandet i landovervågningsoplandene (LOOP) er det yngste vand, som overvåges. Nitratindholdet i dette grundvand, fordelt på sand- og lerområder, er vist som et boxdiagram i figur 6.6 sammen med vinternedbøren. Der er kun medtaget nitratdata fra grundvandsprøver indsamlet i kvartal 4 og 1.

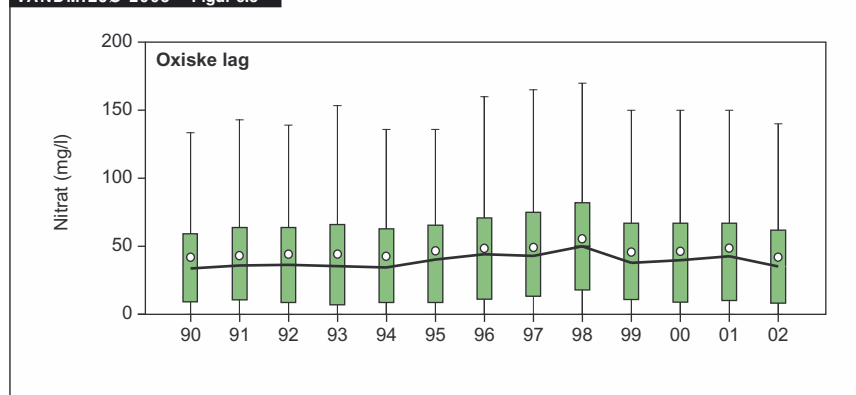
Af box-diagrammet i figur 6.6 fremgår det, at der i sandjordsområder er sammenhæng mellem vinternedbør og nitratindhold i sandjordsområderne frem til vinteren 97/98 hvor nitratindholdet i sandjordsområderne falder. Hvert år efter høst og evt.

nedvisning af markerne er der ved mineralisering af plantedelene dannet en pulje af nitrat i jorden. Kommer der et efterår og en vinter med stor nedbør, giver det et stort tilskud af nitrat til det unge grundvand. Det vurderes således, at grundvandet i LOOP-områderne har et nitratindhold, som er præget af vinternedbøren, og at der synes at vise sig et begyndende fald i det øverste grundvand i sandområderne. For lerjordsområderne ses ikke en tilsvarende klar tendens.

Sammenfatning vedrørende udvikling i nitrat i grundvand

Den generelle vurdering af nitratkoncentrationen i det øverste grundvand er, at der på landsplan nu kan konstateres et begyndende fald, som afspejler den målte og beregnede reduktion i udvaskningen fra de dyrkede arealer.

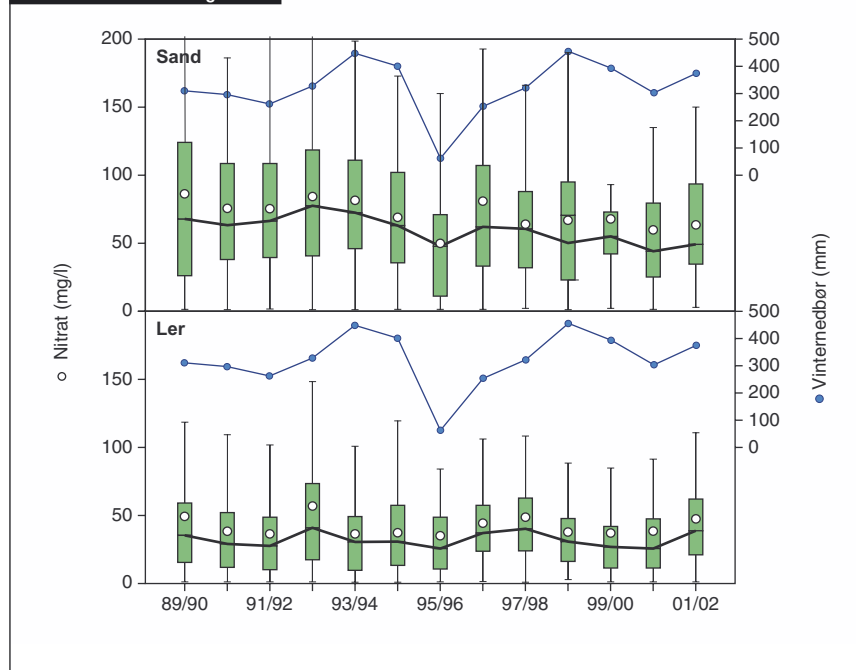
VANDMILJØ 2003 – Figur 6.5



Figur 6.5 Nitratudviklingen i mg NO₃/l i perioden 1990-2002 vist for vandprøver fra den øverste, iltede del af GRUMO områderne. Det er i denne del af grundvandsmagasinerne, at en reduktion i nitratindhold som følge af mindsket udvaskning først vil kunne registreres.

Figur 2.3 i GEUS, 2003.

VANDMILJØ 2003 – Figur 6.6



Figur 6.6 Nitrat i grundvand i landovervågningsoplandene, LOOP, fordelt på sand- og lerområder, sammenlignet med vinternedbøren (øverste kurve). Kun nitratdata fra kvartalerne 4 og 1, nitratanalyser over 1 mg/l og indtag i mindre end 5 m's dybde er medtaget.

Figur 2.5 i GEUS, 2003.

7 Søer

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

NOVA overvågningsprogrammet omfatter 27 ferskvands- og 4 brakvands-søer (se kort i figur 1.1). Generelle data for den enkelte sø er i [tabel 2.6](#) og [tabel 3.2](#) i *Jensen et al., 2003*.

7.1 Næringssalttilførsel til søerne

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

Kildefordeling af fosfor

Stoftilførslen af såvel fosfor som kvælstof til søerne har i 2002 som tidligere år været domineret af tilførslen fra det åbne land. Dette bidrag har i gennemsnit været ca. 70% af stoftilførslen for både fosfor og kvælstof. Det er vanskeligt at 'fordele' bidraget fra det åbne land mellem det naturbetingede bidrag og det bidrag, som skyldes dyrkningen af jorden. For NOVA vandløbsoplande har *Bøgestrand (red.), 2003* opgjort udvaskningen fra dyrkede arealer til at være ca. 2,5-4 gange udvaskningen fra naturarealer. Dette er formentlig også gældende for NOVA søoplandene.

Udvikling i fosfortilførsel

Gennemsnitsfosfortilførslen til søerne er reduceret med knap 50% i perioden 1996-2001 i forhold til 1989-95.

Siden overvågningsprogrammets iværksættelse i 1989 er fosforkoncentrationen i det vand, der strømmer til søerne, som helhed faldet markant (figur 7.2). Årsmiddelværdien af totalfosfor er næsten halveret fra 0,204 mg P/l i 1989 til 0,108 mg P/l i 2002. Faldet har været størst i de mest næringsrige og spildevandsbelastede søer. Mindsket tilførsel af fosfor har også ført til en lavere koncentration af fosfor i søvandet. I 16 af de 27 søer kan der nu konstateres et signifikant fald i fosforkoncentrationen i søvandet som årsgennemsnit, mens koncentrationen er steget i blot 2 søer. I alle søer uden spildevandstilførsel er der derimod ikke sket nogen ændring i fosfortilførsel.

Tilførslen af kvælstof til søerne er tilsvarende blevet reduceret signifikant i 15 af de 27 ferskvandssøer.

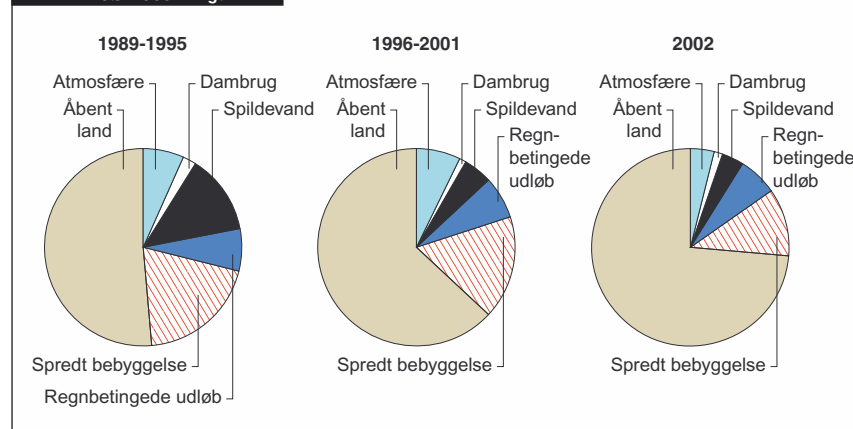
VANDMILJØ 2003 – Tabel 7.1

NOVA Søoplande 2002	Antal
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 Oplandekarakteristik for de 31 undersøgte søer.

Tal fra tabel 2.6 i *Jensen et al., 2003*.

VANDMILJØ 2003 – Figur 7.1



Figur 7.1 Den procentuelle kildefordeling for fosfortilførslen til overvågningssøerne for perioden 1989-95 (venstre) og perioden 1996-2001 (midten) som for 2002 (højre). Fordelingen er beregnet som gennemsnit af de enkelte søers procentfordeling. [Figur 2.6](#) i *Jensen et al., 2003*.

7.2 Udvikling i vandkvalitet

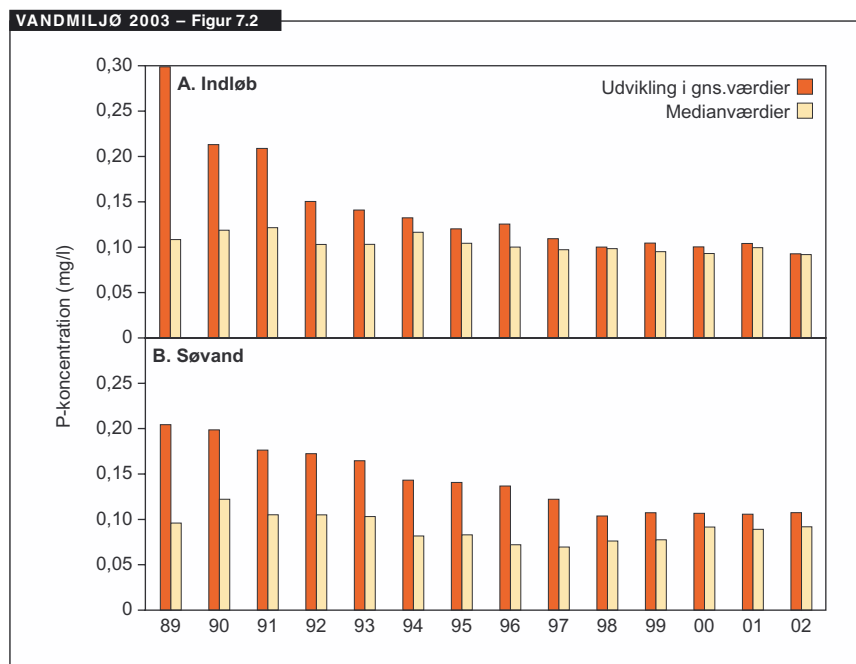
Generelt bedre vandkvalitet i søerne

Den gennemsnitlige sommersigtedybde er i perioden 1989 til 2002 steget fra 1,5 til 1,6 m. Dette modsvares af et fald i det gennemsnitlige klorofyl indhold fra 73 til 55 µg/l i samme tidsrum (figur 7.3). For henholdsvis 11 og

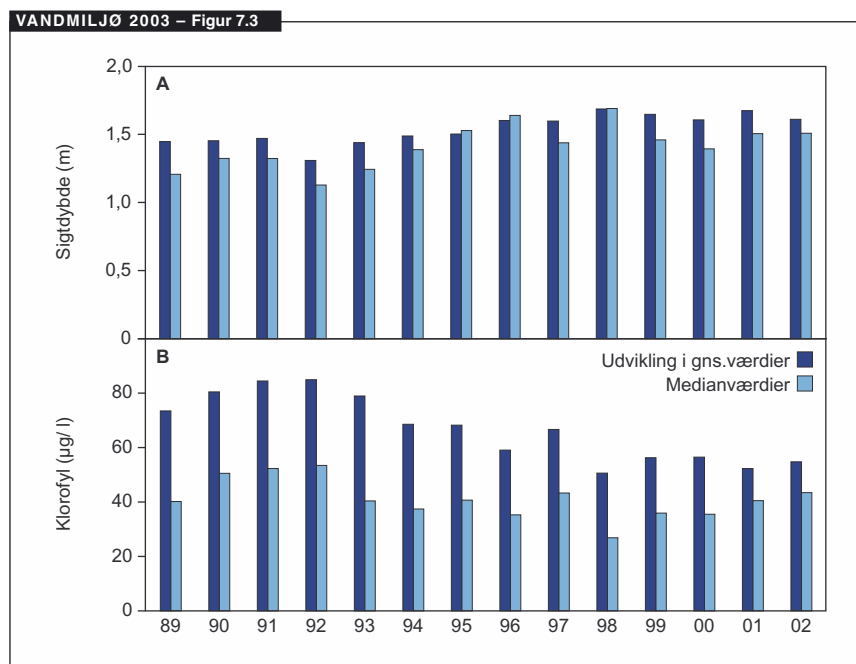
13 søer er der registreret signifikante forbedringer i klorofylmængden og sigtddybden. Og kun for 1 henholdsvis 3 søer er der registreret signifikante forværringer.

Biomassen af planteplankton er faldet signifikant i 6 af de 27 søer, mens den er steget i 2 søer. Det er især indenfor gruppen af blågrønalger og

grønalger, men også fure- og gulalger, at ændringerne har fundet sted. Biomassen af blågrønalger og grønalger er generelt faldet, mens biomassen af fure- og gulalger er steget i overvågningsperioden. Den relative sammensætning af planteplanktonet har også ændret sig i mange søer, blandt andet er procenten af blågrønalger steget i 7 søer, mens den er faldet i 6 søer. Rentvandsgruppen gulalger er også gået væsentligt frem i mange søer – især i de seneste år (tabel 2.6 i Jensen et al., 2003).



Figur 7.2 Udviklingen i gennemsnits- og medianværdier (årgennemsnit) af fosforkoncentrationer i indløb og i søvand for de 27 ferske overvågnings søer i perioden 1989-2002. **Figur 0.2** i Jensen et al., 2003.



Figur 7.3 Udviklingen i gennemsnits- og medianværdier (sommer) for sigtddybde og klorofylindhold i de 27 ferske overvågnings søer i perioden 1989-2002. **Figur 0.2** i Jensen et al., 2003.

Næringsalttilbageholdelse i søerne

Kvælstof og fosfor tilbageholdes i søer. Denne tilbageholdelse mindsker koncentrationerne i søvandet og mindsker samtidig tilførsel af næringsalte til nedstrøms liggende vandområder, f.eks. søer og fjorde. Fosfortilbageholdelsen sker ved bundfældning og ophobning af mudder i søerne, mens kvælstoffjernelsen især sker ved omsætning af nitrat til atmosfærisk kvælstof (denitrifikation).

I 2002 havde omkring en 1/3 af søerne en negativ fosforbalance, dvs. at de afgav mere, end de modtog, som følge af frigørelse af fosfor fra søbunden efter at belastningen er reduceret (figur 7.4). Men den interne fosforfrigivelse fra sedimentet vurderes at være på retur i flere af søerne, og der kan i løbet af de nærmeste årtier forventes en forøgelse af fosfortilbageholdelsen i de tidligere spildevandspåvirkede søer.

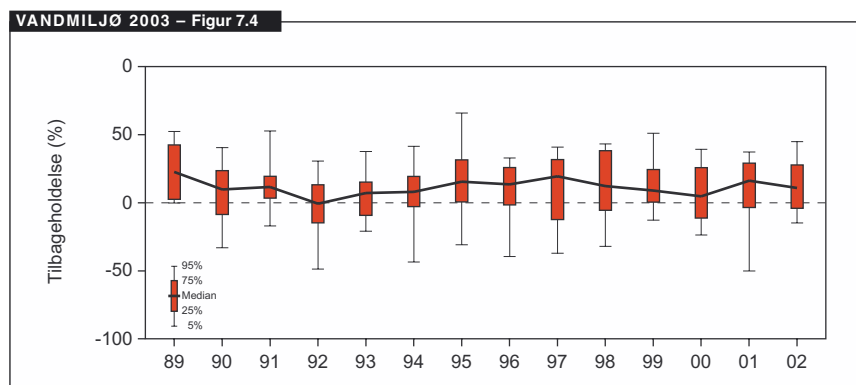
Der sker næsten altid en netto tilbageholdelse af kvælstof i søerne, og det må forventes at den nuværende procentvise tilbageholdelse (figur 7.5) vil være omtrent uændret i fremtiden. Denne tilbageholdelse sker især ved omsætning af nitrat til atmosfærisk kvælstof. Derved mindskes kvælstofindholdet både i søen og i nedstrøms vandområder.

Udvikling i miljøtilstand i søerne

Miljøtilstanden er samlet set forbedret væsentligt i overvågningssøerne fra 1989 til 2002, især på grund af reduktioner i fosfortilførslen. Udviklingen i de enkelte NOVA søer findes i [tabel 1.2](#) og [tabel 1.8](#) i *Jensen et al., 2002*. Forbedringer i miljøtilstanden er registreret især for de vandkemiske parametre (bl.a. fosforkoncentration og sigtddybde) og også i den biologiske struktur (især planteplankton). Reduktionen i fosfortilførslen til søerne

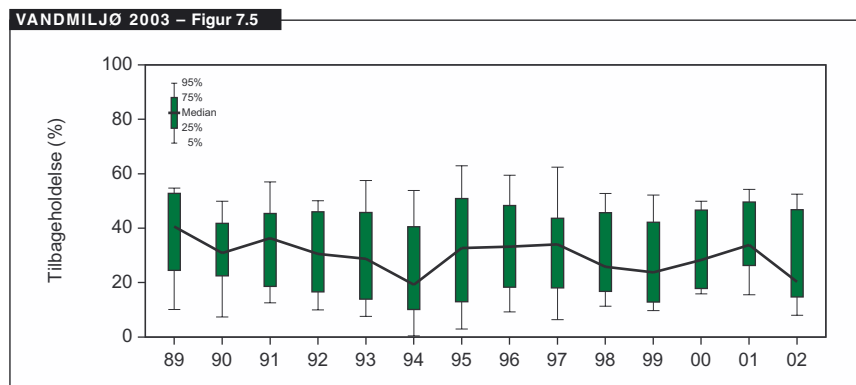
hidrører både fra regionale tiltag til forbedring af spildevandsrensningen fra før 1989 og fra kravene til samme i medfør af Vandmiljøplanen. Kun den diffuse fosfortilførsel inklusiv landbrugsbidraget fra det åbne land er ikke reduceret igennem perioden. Denne er således sammen med spredt bebyggelse i oplandene de sidste væsentlige kilder, der kan justeres på, for at tilstanden i søerne kan forbedres. Som situationen er i dag, har de hidtidige forbedringer i miljøtilstanden ikke været tilstrækkelige til, at søernes målsætninger generelt har kunnet opfyldes.

Målsætningen for søer, hvor størstedelen af oplandet er opdyrket, vil kun kunne opfyldes, hvis udvaskningen af fosfor fra dyrkede arealer mindskes. Dette gælder for hovedparten af danske søer.



Figur 7.4 Tilbageholdelse af totalfosfor (%) for 16 søer i perioden 1989 til 2002. Variationsbredden for søerne er vist for det enkelte år.

[Figur 2.2](#) i *Jensen et al., 2003*.



Figur 7.5 Tilbageholdelse af totalkvælstof (%) for de 16 søer i perioden 1989 til 2002. Variationsbredden for søerne er vist for det enkelte år.

[Figur 2.4](#) i *Jensen et al., 2003*.

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 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.

NOVA overvågningsprogrammet omfatter 231 vandkemimålestationer (figur 1.1) og ca. 1.000 biologistationer. Vandkemiretultaterne bruges til at finde sammenhænge mellem vandløbets opland og vandkvaliteten i vandløbet, samt til at opgøre transporten af næringsalte til søer og marine områder (*Bøgestrand (red.), 2003*).

8.1 Transport af næringsalte gennem vandløb

Den samlede ferskvandsafstrømning til de danske farvande er for 2002 opgjort til ca. 18.434 mio. m³ svarende til en afstrømning fra hele Danmark på 429 mm. Det er væsentligt mere end normalt, og især i de 3 første af årets måneder var den særdeles stor. Også sommermånederne juli og august havde langt større afstrømning end normalt (se figur 1.2).

Variation i transport af næringsalte

Årstidsvariationen i transport af næringsalte fra land til marine områder (figur 8.1) afspejler variationen i vandafstrømning. På trods af den generelle reduktion i næringsalttilførsler fra land var afstrømningen i flere af månederne i 2002 over gennemsnittet for perioden 1993-2002. Dette har øget mængden af tilgængelige næringsalte i kystvandene. Samtidig har der formentlig også været et højt nedbørsbidrag direkte til havområderne.

Stoftilførslerne til marine områder i 2002

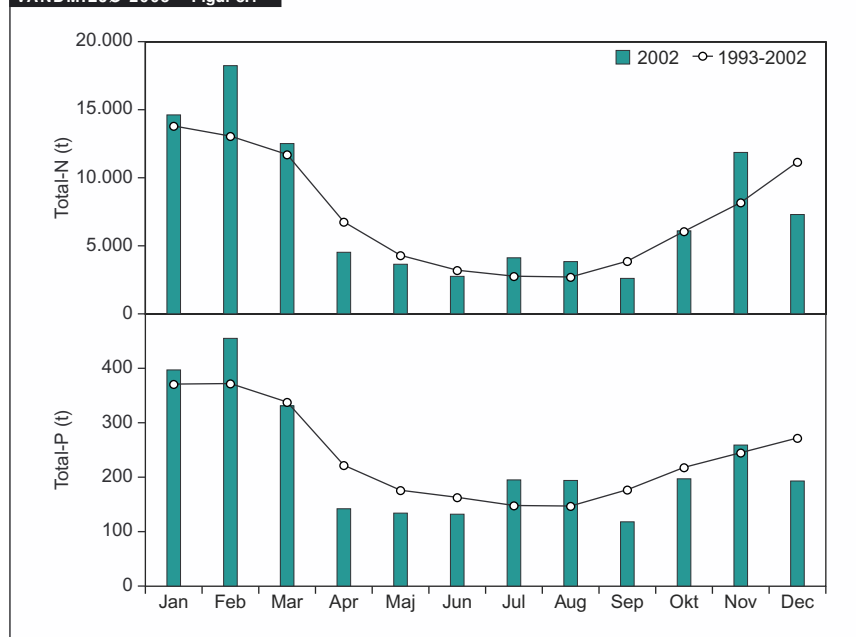
Samlet blev der i 2002 tilført 92.100 t kvælstof og 2.750 t fosfor til marine områder (tabel 8.1). Transporten af kvælstof fra Danmark som helhed via ferskvandsafstrømningen var på ca. 21 kg/ha.

VANDMILJØ 2003 – Tabel 8.1

	Organisk stof (Bl ₅) (t)	Kvælstof (t)	Fosfor (t)
Baggrundsbidrag	11.100	12.700	440
Dyrkningsbidrag	7.300	74.900	1.160
Spredt bebyggelse	3.800	1.000	220
Punktkilder til ferskvand	6.500	4.200	480
Tilbageholdelse i ferskvand	-	-4.300	-10
Afstrømning til havet via vandløb	28.700	88.500	2.290
Spildevand direkte til havet	8.100	3.300	430
Havdambrug	1.700	300	30
Total til havet	38.500	92.100	2.750

Tabel 8.1 Tilførslen af Bl₅, kvælstof og fosfor via vandløb og direkte udledninger til marine områder i 2002. Tabel 7.1 i *Bøgestrand (red.), 2003*.

VANDMILJØ 2003 – Figur 8.1



Figur 8.1 Månedstilførsel af kvælstof (N) og fosfor (P) via vandløb og direkte spildevandsudledninger til marine områder i 2002, sammenlignet med middelværdierne for perioden 1993-2002.

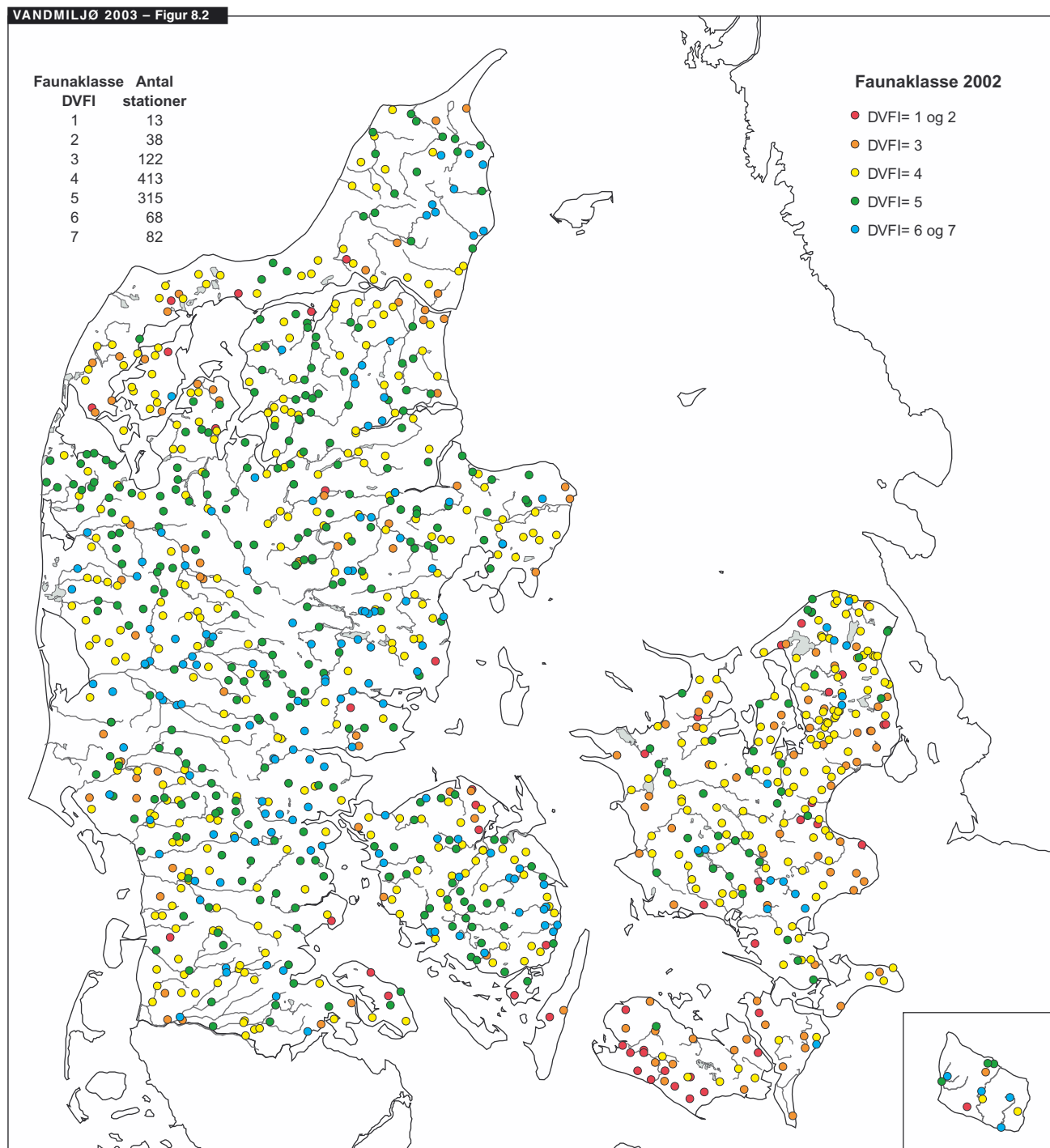
Figur 7.2 i *Bøgestrand (red.), 2003*.

8.2 Biologisk vandløbskvalitet

Vandløbenes biologiske kvalitet bedømmes hvert år ud fra sammensætningen af smådyrfaunaen på mere end 1.000 lokaliteter. Tilstanden udtrykkes ved hjælp af Dansk Vandløbsfaunaindeks (DVFI) som antager værdier (faunaklasser) fra 1 til 7, hvor værdien 7 angiver den bedste tilstand.

Faunaklasserne 5, 6 og 7 fandtes i 2002 i godt 44% af vandløbene og er karakteristiske for forholdsvis rene og fysisk varierede vandløb (figur 8.2). Yderligere 39% af vandløbene havde en moderat påvirket smådyrfauna (faunaklasse 4). Faunaklasserne 1, 2 og 3 der karakteriserer en meget dårlig tilstand, fandtes i mindre end 17% af vandløbene.

Generelt var der i de større vandløb en bedre miljøkvalitet end i de små vandløb (tabel 3.1 i *Bøgestrand (red.), 2003*). Andelen af vandløb med faunaklasserne 6 og 7 steg således med stigende bredde fra 10% (0-2 m) til 36% (>10 m). Samtidig er der kun meget få af de større vandløb, der har faunaklasserne 1, 2 og 3.



Figur 8.2 Miljøtilstanden i danske vandløb illustreret ved hjælp af smådyrfaunaen. Blå cirkler (DVFI 6 og 7) illustrerer 'stort set upåvirkede' vandløb, mens røde og orange cirkler (DVFI 1-3) viser en meget dårlig vandløbstilstand. Figur 3.1 i *Bøgestrand (red.), 2003*.

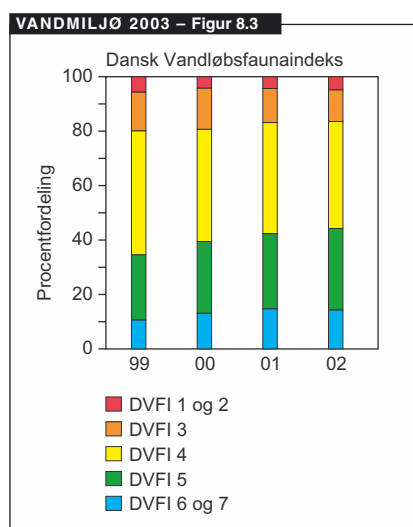
8.3 Udvikling i den biologiske vandløbskvalitet

Siden 1999 har det samme stationsnet med mere end 1.000 lokaliteter været brugt i monitoringen. Der er i perioden 1999-2002 sket en klar forbedring med stadig flere vandløb i faunaklasse 5, 6 og 7 (upåvirkede eller kun svagt påvirkede) (figur 8.3). Andelen af vandløb i disse faunaklasser er inden for denne periode øget fra knap 35% til godt 44%.

Forbedringen i den biologiske vandløbskvalitet har i perioden 1999-2002 betydet, at opfyldelsen af målsætningerne på landsplan er steget fra 39% til 50%. Forbedringerne har været gradvise og er sket gennem hele perioden.

Målopfyldelsen i de mindre vandløb er øget fra 37% til 48%. I de større vandløb er målopfyldelsen øget fra 46% til 58%.

Forbedringerne i den biologiske vandløbskvalitet skyldes i de mindre vandløb både en forbedring af vandkvaliteten og en forbedring af de fysiske forhold. I de større vandløb er der frem til 1990 sket en forbedring af vandkvaliteten, mens forbedringerne gennem de senere år primært har bestået i en forbedring af de fysiske forhold.



Figur 8.3 Miljøtilstanden i de danske vandløb i perioden 1999-2002. Blå og grøn illustrerer de rene og fysisk gode vandløb (faunaklasserne 5, 6 og 7).

Figur 3.2 i *Bøgestrand (red.)*, 2003.

Smådyrsfaunaen ændrer sig gradvist, når livsbetingelser i vandløb forbedres, men processen er langsom, og det kan tage lang tid før faunaen spredes og koloniserer tidligere forurenede vandløbsstrækninger. En del forbedringer i form af bedre vandkvalitet og bedre fysiske forhold slår således først tydeligere igennem med års forsinkelse.

Virkning af grødeskæring på vandløbenes planter og dyr

En analyse af effekter af grødeskæring på planter, smådyr og fisk viser, at artsrigdommen af planter er mindst i de grødeskårne vandløb (tabel 8.2). Det skyldes, at nogle få arter bedre end andre tåler grødeskæring og derfor bedre klarer sig. Skæring af grøde påvirker også smådyr og fisk i vandløbene. Individantallet af døgnfluer, slørvinger og vårfluer, som er karakteristiske for rene vandløb, og ferskvandstangloppen mere end halveres ved grødeskæring, både med hensyn til artsantal og individantal. Også ørredtætheden er mindre i gruppen af vandløb, der grødeskæres.

Regionale kvalitetsforskelle i vandløb

Regionalt var vandløbenes tilstand bedst i Jylland, Fyn og på Bornholm (figur 8.2). Den generelt bedre tilstand i disse områder betyder, at ca. 55% af vandløbenes målsætninger her er opfyldt (tabel 8.3). I modsætning hertil er kun cirka en tredjedel af vandløbenes målsætninger opfyldt på øerne øst for Storebælt.

De regionale forskelle i vandløbenes tilstand skyldes dels de naturbetingede forskelle med lille vandføring og ofte ringe fald på vandløb på øerne, dels en større befolkningstæthed og dermed større spildevandsudledning og vandindvinding på øerne.

De ændringer, som vil være nødvendige, for at vandløbene kan opnå en god kvalitet, er først og fremmest, at de fysiske forhold i vandløbene 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.

VANDMILJØ 2003 – Tabel 8.2

Parameter	Uden grødeskæring	Med grødeskæring
Plantedækning %	72%	68%
Antal plantearter	17,3	10,9
Antal af ferskvandstangloppen	790	420
Antal af slørvinger, døgnfluer og vårfluer	434	108
Antal arter af slørvinger, døgnfluer og vårfluer	7,7	3,6
Antal ørred/m ²	108	22

Tabel 8.2 Karakteristiske forskelle mellem grødeskårne vandløb og ikke grødeskårne vandløb. Data fra *Bøgestrand (red.)*, 2003.

VANDMILJØ 2003 – Tabel 8.3

Region	Opfyldt	Ikke opfyldt	Andel, opfyldt
Jylland	365	299	55%
Fyn	58	46	56%
Sjælland, Falster, Møn	93	179	34%
Bornholm	7	4	64%
Hele landet	523	528	50%

Tabel 8.3 Målopfyldelse for vandløbene i det nationale overvågningsnet. Tabel 3.2 i *Bøgestrand (red.)*, 2003.

8.4 Kvælstof og fosfor i vandløb

Kvælstof- og fosforindholdet i danske vandløb har ikke afgørende betydning for dyre- og plantelivet i vandløbene, men derimod stor betydning for tilstanden i de søer og kystvande, som vandløb løber ud i. Målingerne i vandløb bruges til at kvantificere kilderne til kvælstof og fosfor og til at opgøre tilførslerne til søer og kystvande, samt til at beskrive udviklingerne heri.

Kvælstof- og fosforniveauer i 2002

De vandføringsvægtede årsgennemsnit af koncentrationer af total kvælstof (N) og total fosfor (P) er vist på figur 8.4 og 8.5. Der er høje P indhold, hvor en stor del af vandet i vandløbene er spildevand, og højt N indhold i dyrkede oplande. Omsætning af nitrat i grundvand og i søer kan dog føre til lave indhold i vandløb, f.eks. i Gudenå-systemet og i Vestjylland.

Kvælstof- og fosforniveauer i forskellige oplandstyper

Der er som tidligere år de samme karakteristiske, gennemsnitlige forskelle i koncentrationsniveauer mellem vandløb i de tre typeoplande angivet i tabel 8.4. De vandføringvægtede koncentrationer af N og P i vandløb i landbrugsoplande er ca. 3-4 gange højere end i naturoplande. Forskellene mellem naturoplande og landbrugsoplande er større, hvis den bedømmes ud fra arealkoefficienten, dvs. den transporterede mængde pr. ha opland. I så fald er forskellen en faktor ca. 4-7. Dette skyldes, at vandføringen i de små naturvandløb er relativt mindre end i vandløbene i landbrugsområder.

Figur 8.4 Koncentration af total kvælstof i vandløb i 2002. Figur 4.1 i *Bøgestrand (red.)*, 2003.

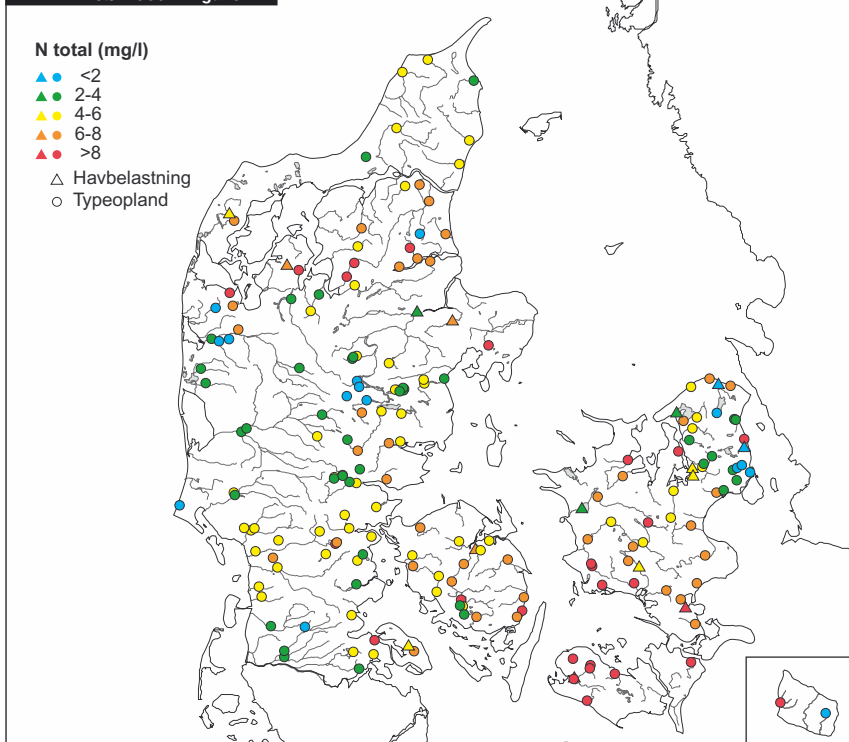
Figur 8.5 Koncentration af total fosfor i vandløb i 2002. Figur 5.1 i *Bøgestrand (red.)*, 2003.

VANDMILJØ 2003 – Tabel 8.4

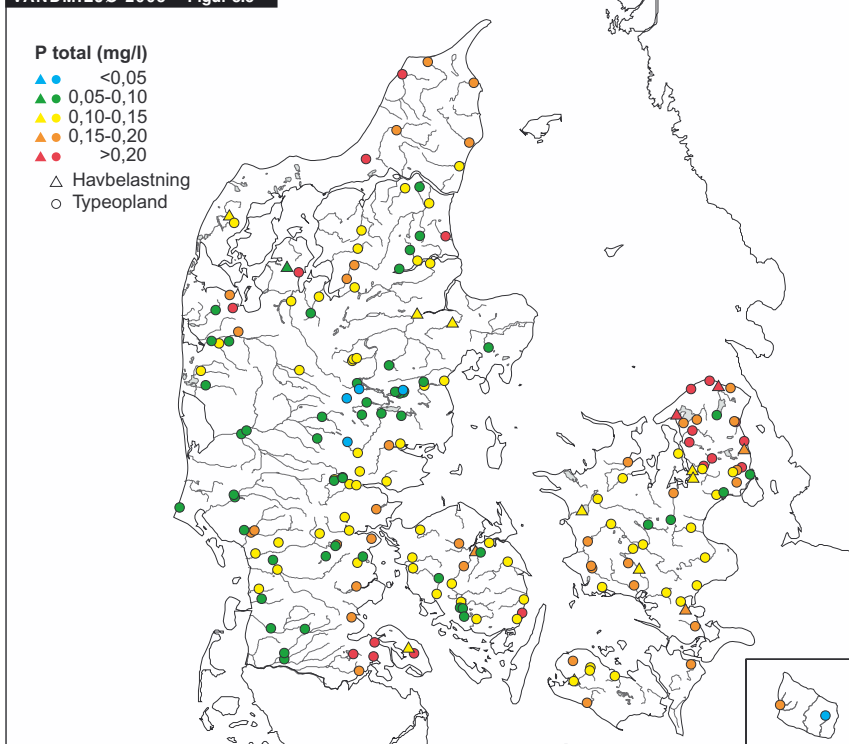
Oplandstype	N-koncentration (mg N/l)	N-arealkoefficient (kg N/ha pr. år)	P-koncentration (mg P/l)	P-arealkoefficient (kg P/ha pr. år)
Naturvandløb	1,52	3,40	0,05	0,11
Landbrug og punktkilder	5,26	21,2	0,16	0,60
Landbrug uden punktkilder	6,12	21,4	0,13	0,45

Tabel 8.4 Gennemsnit af vandføringsvægtede middelkoncentrationer og af arealkoefficient af N og P i typevandløb i 2002. Tabel 4.1 og 5.1 i *Bøgestrand (red.)* 2003.

VANDMILJØ 2003 – Figur 8.4



VANDMILJØ 2003 – Figur 8.5



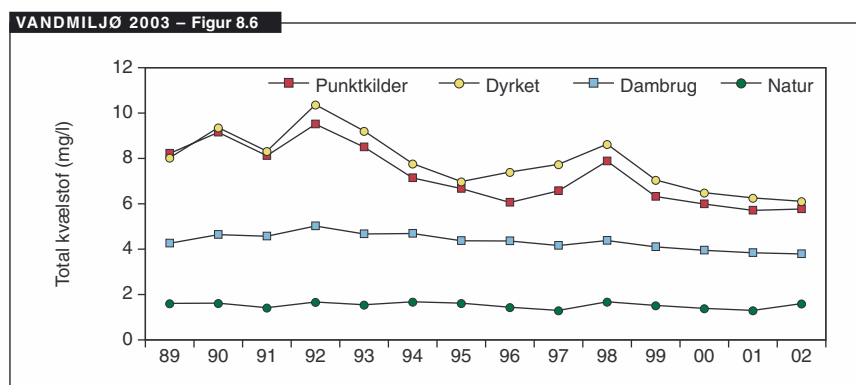
8.5 Udvikling i næringsstoffindhold i vandløb

Kvælstof

Kvælstofkoncentrationen i vandløbene er generelt faldende, i naturvandløbene er den dog stort set uændret. Faldet har været tydeligst i de vandløb, der løber i dyrkede oplande, eller som er udsat for betydende udledninger af spildevand (figur 8.6). De vandføringskorrigerede tal for koncentration og transport af kvælstof i vandløb i dyrkede oplande og i oplande med spildevandstilførsel viser et fald på ca. 30% i perioden 1989-2002, svarende til en reduktion i kvælstofindholdet i disse vandløb på lidt over 2 mg/l.

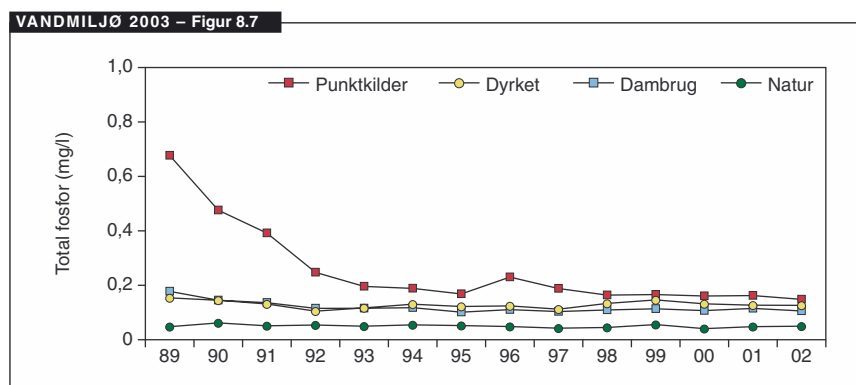
Fosfor

Koncentration og transport af total fosfor er i de spildevandspåvirkede vandløb faldet med i gennemsnit ca. 40% siden 1989 (figur 8.7). Faldet skyldes forbedringer i fosforfjernelse fra spildevand, især i begyndelsen af 1990'erne. Niveaulet har været øget i det tørre år 1996, men stabilt siden 1998. Der ikke er sket væsentlige ændringer i fosforindhold i vandløb i de dyrkede oplande uden spildevand.



Figur 8.6 Udvikling i kvælstofkoncentration siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger.

Figur 4.2 i *Bøgestrand (red.)*, 2003.



Figur 8.7 Udvikling i fosforkoncentration siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger.

Figur 5.2 i *Bøgestrand (red.)*, 2003.

8.6 Udvikling i tilførsel af næringssalte med ferskvand til kystvande

Spildevandsrensning

Den store renseindsats over for spildevand har haft væsentlig betydning for tilførslen af næringssalte til de marine områder. De samlede spildevandsudledninger faldt fra ca. 9.000 t fosfor i perioden 1981-88 til ca. 1.000 t fosfor i 2002, eller med ca. 90%. Tilsvarende faldt de samlede spildevandsudledninger af kvælstof fra ca. 28.000 t i perioden 1981-88 til ca. 8.000 t i 2002 svarende til en reduktion på ca. 70%. I de senere år (fra omkring 1996) har der kun været et mindre fald i spildevandsudledningerne til ferskvand, og det betydelige fald, der skete i begyndelsen af 1990'erne, er nu stagneret (figur 8.8).

Samlet næringssalttilførsel fra land

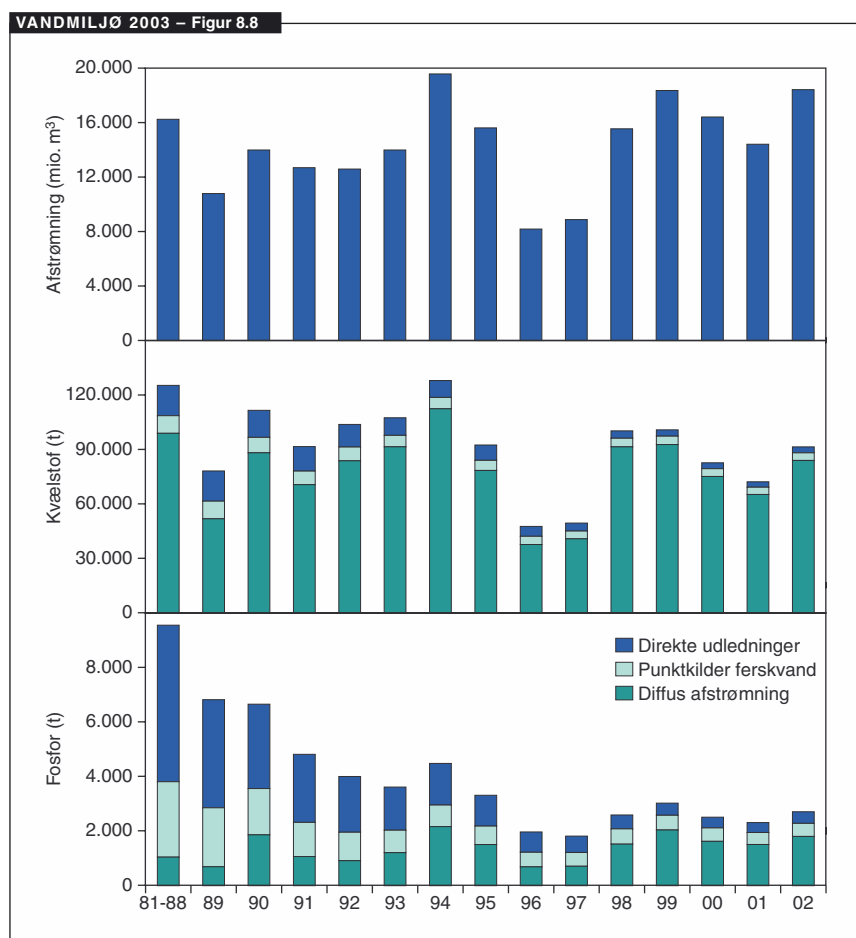
Siden iværksættelse af den første vandmiljøplan er der sket et signifikant fald i de samlede udledninger til de marine kystafsnit for både kvælstof og fosfor. For fosfor skyldes faldet den forbedrede rensning af spildevand, men for kvælstof er der sket en væsentlig reduktion både af udvaskningen fra dyrkede marker og af spildevandsudledningerne.

Med korrektion for variationer i vandafstrømningen er reduktionen i den marine kvælstofbelastning opgjort til omkring 40% (med 95% sandsynlighed mellem 10 og 57%). For fosfor er der i løbet af den samme periode sket en tilsvarende reduktion på omkring 75%.

Den samlede kvælstofstoftilførsel i t/år fra land til marine områder (figur 8.8) er ikke mindsket i perioden 1989

til 2002. Derimod er fosformængden målt på de absolutte tal mindsket med ca. 60%. Den samlede kvælstoftilførsel er ikke mindsket, fordi nedbørsmængderne gennem de seneste 5 år har ligget over middel.

Ud over næringssalttilførslerne vist i figur 8.8 sker der en tilførsel til de danske havområder fra vore nabolande og fra tilgrænsende havområder med havstrømmene. Disse tilførsler er beskrevet i *Ærtebjerg (red.), 2002*.



Figur 8.8 Årlig ferskvandsafstrømning og tilførsel af kvælstof og fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger til marine områder for 1989 til 2002 og et gennemsnit for perioden 1981-88. **Figur 7.3** i *Bøgestrand (red.), 2003*.

9 Marine områder

Den største, generelle forureningspåvirkning af vore marine områder skyldes de store tilførsler 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, fordi vandudvekslingen med åbent hav ofte er lille, og fordi lagdeling af vandmasserne ofte begrænser tilførsel af ilt til bundvandet.

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

- Målinger af de frie vandmasse (figur 1.1)
- Bundplanter og bunddyr
- Tungmetaller og miljøfarlige stoffer.

Målingerne koncentrerer sig i de kystnære og i de indre farvande, men især for vandkemi også med en del stationer i Nordsøen (Rasmussen *et al.*, 2003).

VANDMILJØ 2003 – Tabel 9.1

N og P tilførsel til det danske søterritorium 2002	Kvælstof (t/år)	Fosfor (t/år)
Ferskvandsafstrømning	88.500	2.290
Punktkilder direkte til hav	3.600	460
Tilførsel fra atmosfæren	107.000	ca. 400
Samlet tilførsel	199.100	3.150

Tabel 9.1

Tilførsel af kvælstof og fosfor til det danske søterritorium fra land og via atmosfæren i 2002. Bøgestrand (red.), 2003 og Ellermann *et al.*, 2003.

Figur 9.1 Udbredelsen af iltvind og kraftigt iltvind i perioden 30. september til 4. oktober 2002. Figur 2.6 i Rasmussen *et al.*, 2003.

9.1 Generelt om tilstanden – iltvind

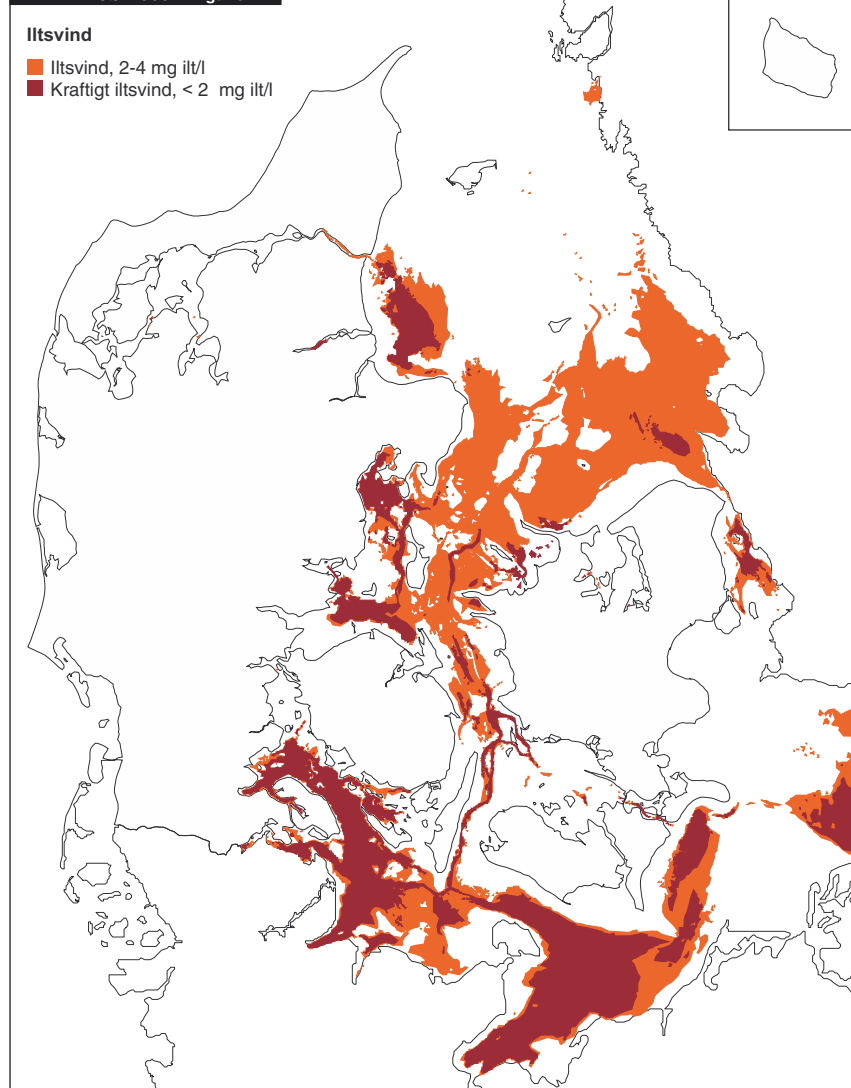
Næringssalttilførsler bestemmer generelt graden af eutrofieringspåvirkning af et marint område, men den konkrete tilstand det enkelte år afhænger også stærkt af vejr og vind. Af særlig betydning for tilstanden i 2002 var den store nedbørsmængde, især i vintermånederne og i juli-august, samt den varme sommer og den lave vindhastighed igennem hele 2. halvår (figur 2.1 i Rasmussen *et al.*, 2003).

Disse forhold førte til det mest omfattende iltvind, der hidtil er målt i de danske farvande.

Næringssalttilførsel

Ferskvandsafstrømningen var i 2002 på 18.400 mio. m³ (429 mm), hvilket er ca. 30% over normalen for 1971-2000. Stofftilførslen til kystområder via vandløb og direkte spildevandsudledninger, inklusive havdambrug, var i 2002 på 92.100 t kvælstof og 2.750 t fosfor. Variationerne i stofftilførslerne over året afveg fra det normale med meget store afstrømninger i månederne februar, juli, august og november (figur 1.2).

VANDMILJØ 2003 – Figur 9.1



Iltsvindet i 2002

I slutningen af juli og begyndelsen af august faldt iltkoncentrationen i bundvandet i de indre farvande til usædvanligt lave værdier, og der opstod et udbredt og kraftigt iltsvind i Bælthavet, Øresund, Kattegat og Arkonahavet. Iltsvindet kulminerede i slutningen af september og begyndelsen af oktober. På dette tidspunkt var knap 15.000 km² af de indre farvande med tilstødende fjorde ramt af iltsvind (<4 mg O₂/l) (figur 9.1), og heraf var 5.500 km² ramt af kraftigt iltsvind (<2 mg O₂/l). I det sydlige Lillebælt, Flensborg Fjord, Det sydfynske Øhav og farvan-

det nord for Fyn observeredes svovlbrinte i bundvandet. Forekomst af svovlbrinte viser, at vandet har været helt iltfrit. Svovlbrinte er en stærk gift for de fleste organismer.

I begyndelsen af oktober var der perioder med kraftig vind fra vestlige og nordlige retninger. Det medførte tilstrømning af iltfattigt bundvand fra Kattegat til den jyske østkyst, og døde bunddyr og fisk skyllede op på strandene i Ålborg Bugt, Vejle Fjord, Kalø Vig, Ebeltøft Vig og det sydøstlige Djursland.

Gennem oktober blev iltforsyningerne normale.

9.2 Iltsvind 2002: Årsagssammenhænge

Naturbetingede forhold

De indre farvande er fra naturens side følsomme over for eutrofiering, der her nemt kan resultere i iltsvind. Den kraftige lagdeling af vandsøjlen pga. det brakke udstrømmende Østersøvand i overfladen og indstrømning af salt vand fra Skagerrak i bunden forhindrer i høj grad transport af ilt fra luften og overfladelaget til bundvandet. Lagdelingen er om sommeren yderligere forstærket af solens opvarmning af overfladelaget. Desuden er de indre farvande lavvandede med en middeldybde på ca. 19 m. Skillefladen ligger i middel i ca. 13 m dybde. Bundvandets volumen er derfor relativt lille (~250 km³) og iltmængden til rådighed for respiration dermed begrænset.

De frie vandmasser i Lillebælt i 2002

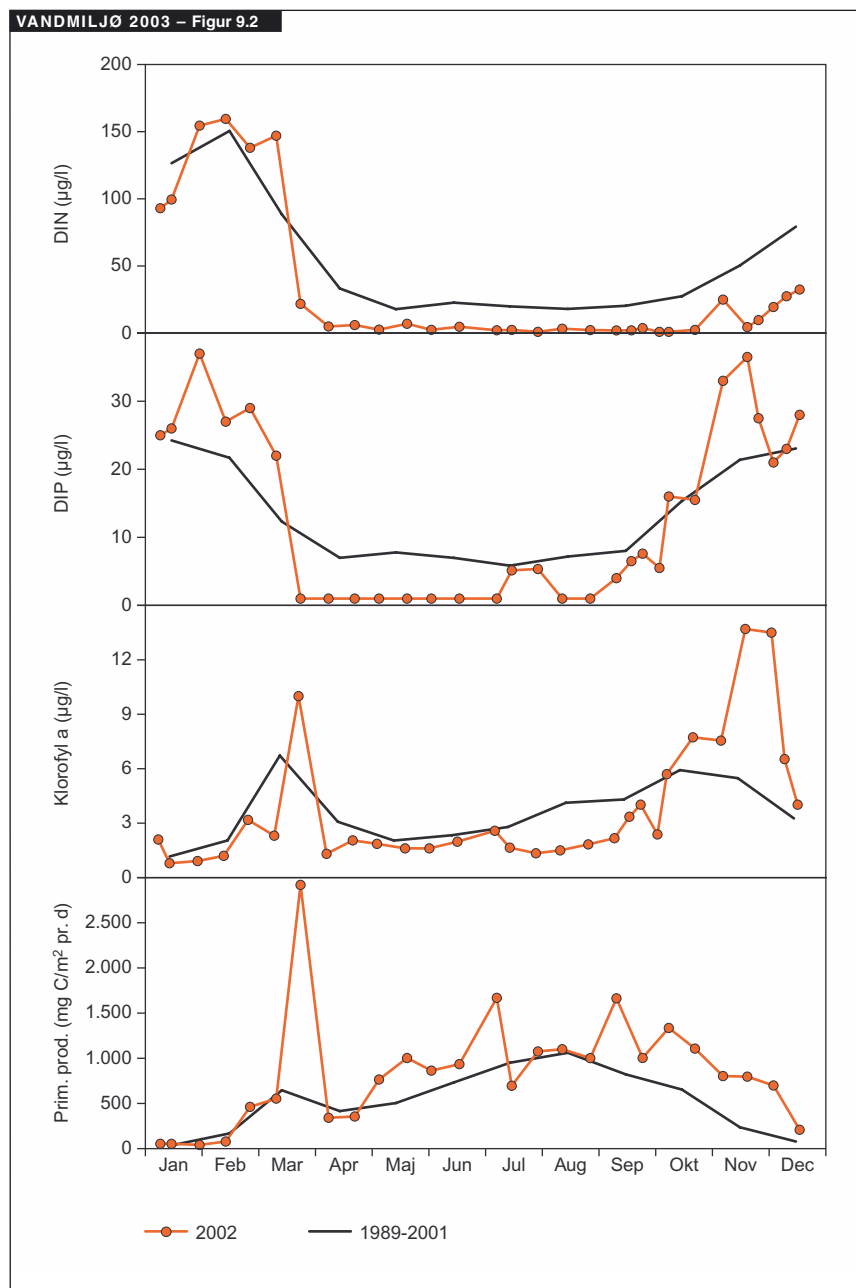
De usædvanligt store tilførsler af næringssalte fra land og fra atmosfæren i vinteren 2002 afspejler sig i de vandkemiske forhold. Som et eksempel viser figur 9.2 forholdene i den sydlige del af Lillebælt igennem 2002 sammenlignet med gennemsnit for 1989-2002.

Vinterniveauerne af både N og P var i 2002 betydeligt højere end i 2001 og højere end eller på niveau med gennemsnit for 1989-2002. Dette førte til en stor forårsopblomstring af alger i vandet i marts-april og dermed også en stor sedimentation af alger til bunden.

Algemængde og algeproduktion var i løbet af sommeren på det normale niveau, og indholdet af uorganisk N og P generelt meget lavt. I forbindelse med opblandingen af bundvandet i oktober måned blev der ført meget store mængder af N og P til overfladevandet. Dette stimulerede algeproduktionen, og de højeste indhold af klorofyl i Lillebælt blev målt i november 2002 (figur 9.2).

Figur 9.2 Tidslig variation i koncentrationer af uorganisk N (DIN), uorganisk P (DIP), klorofyl og primærproduktion i det sydlige Lillebælt i 2002 sammenlignet med gennemsnit for perioden 1989-2001.

Figur 17.5 i Rasmussen et al., 2003.



Iltforbruget i bundvandet har formentlig i 2002 været højere end sædvanligt. Planteplanktonets biomasse var i 2002 generelt over middel og den høje biomasse var domineret af kiselalger, der er kendt for at sedimentere ved næringsbegrænsning. Derfor har mængden af sedimenteret organisk stof på havbunden formentlig været større end normalt. Hertil kommer, at temperaturen ved bunden var lidt hø-

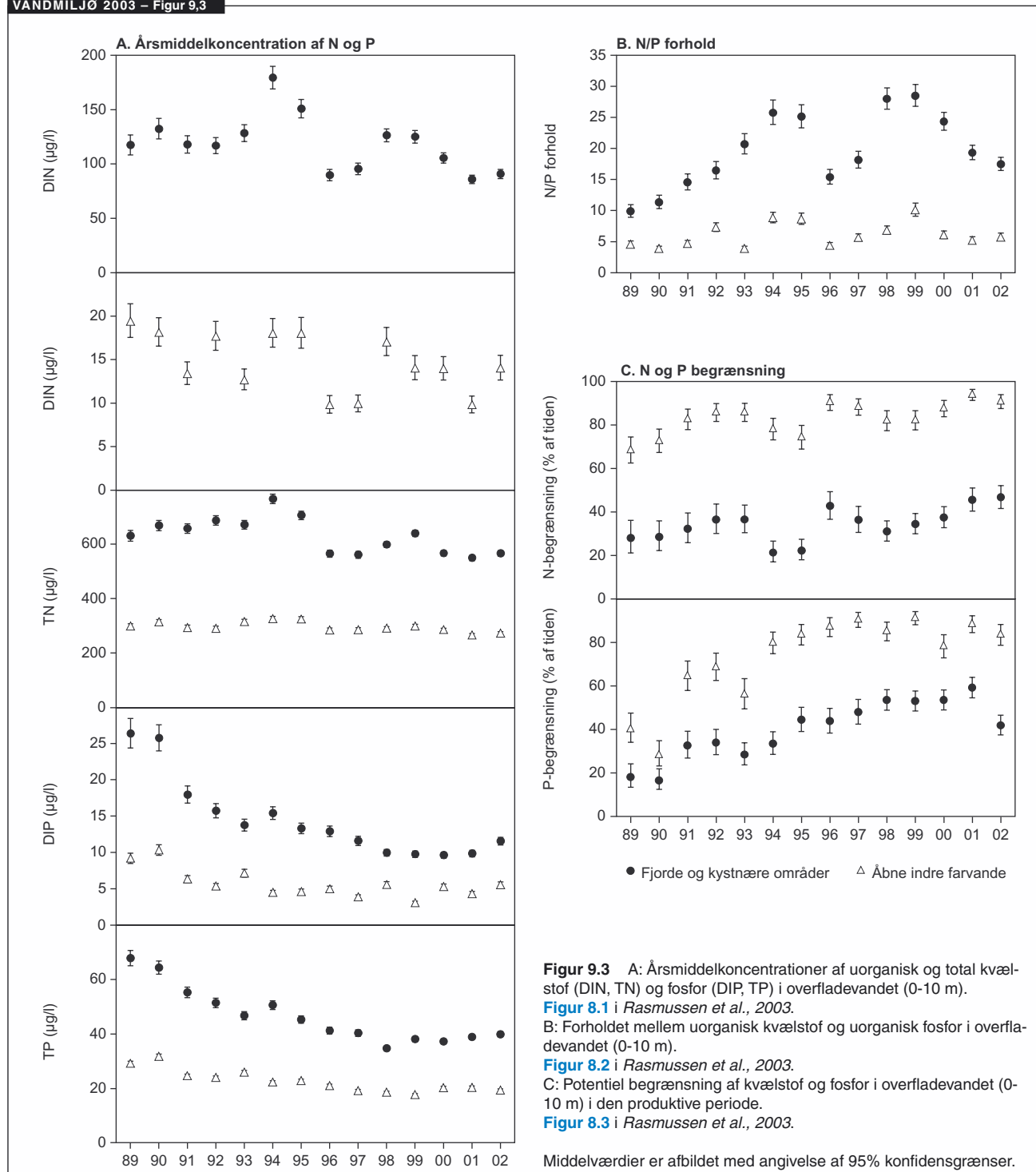
jere end normalt med den største afvigelse på ca. 1 °C i august (Rasmussen *et al.*, 2003). Den uheldige kombination af høj næringssalttilførsel, varm sommer og fravær af kraftig vind er derfor de identificerede årsager til iltsvindet i 2002. Det er ikke muligt kvantitativt at vægte betydningen af de enkelte faktorer, der har bidraget, i forhold til hinanden.

9.3 Udvikling i marine områder

Udvikling i næringssaltkoncentrationer i fjorde og indre åbne farvande

Kvælstof- og fosforkoncentrationerne i både fjorde og de åbne kystvande er mindsket i perioden 1989-2002. Der er dog ikke tale om et jævnt fald, fordi niveauet for det enkelte år afhænger af nedbør og ferskvandsafstrømning. Disse resultater skyldes i stor ud-

VANDMILJØ 2003 – Figur 9.3



strækning Vandmiljøplan I for fosfor og Vandmiljøplan I og II for kvælstof. Tilsvarende initiativer i vores nabo-lande kan ligeledes have medvirket til de lavere koncentrationer i de åbne danske farvande.

Faldet i N og P indhold er størst i fjordene, hvor stort set hele tilførslen sker fra land (figur 9.3A). Der er tendens til, at fosforindholdet især mindskedes i begyndelsen af 1990'erne, mens faldet i kvælstofindhold først er sket omkring 2000.

Som følge af reduktionerne i fosfortilførsel fra land steg N/P forholdet i fjorde og indre farvande i løbet af 1990'erne, dog skiller årene 1996 og 1997 sig markant ud, fordi kvælstoftilførslen var meget lille i disse nedbørsfattede år (figur 9.3B). Omkring år 2000 er der et fald i N/P forhold, formentlig først og fremmest fordi kvælstoftilførslerne fra land er mindskede.

Øget næringssaltbegrænsning

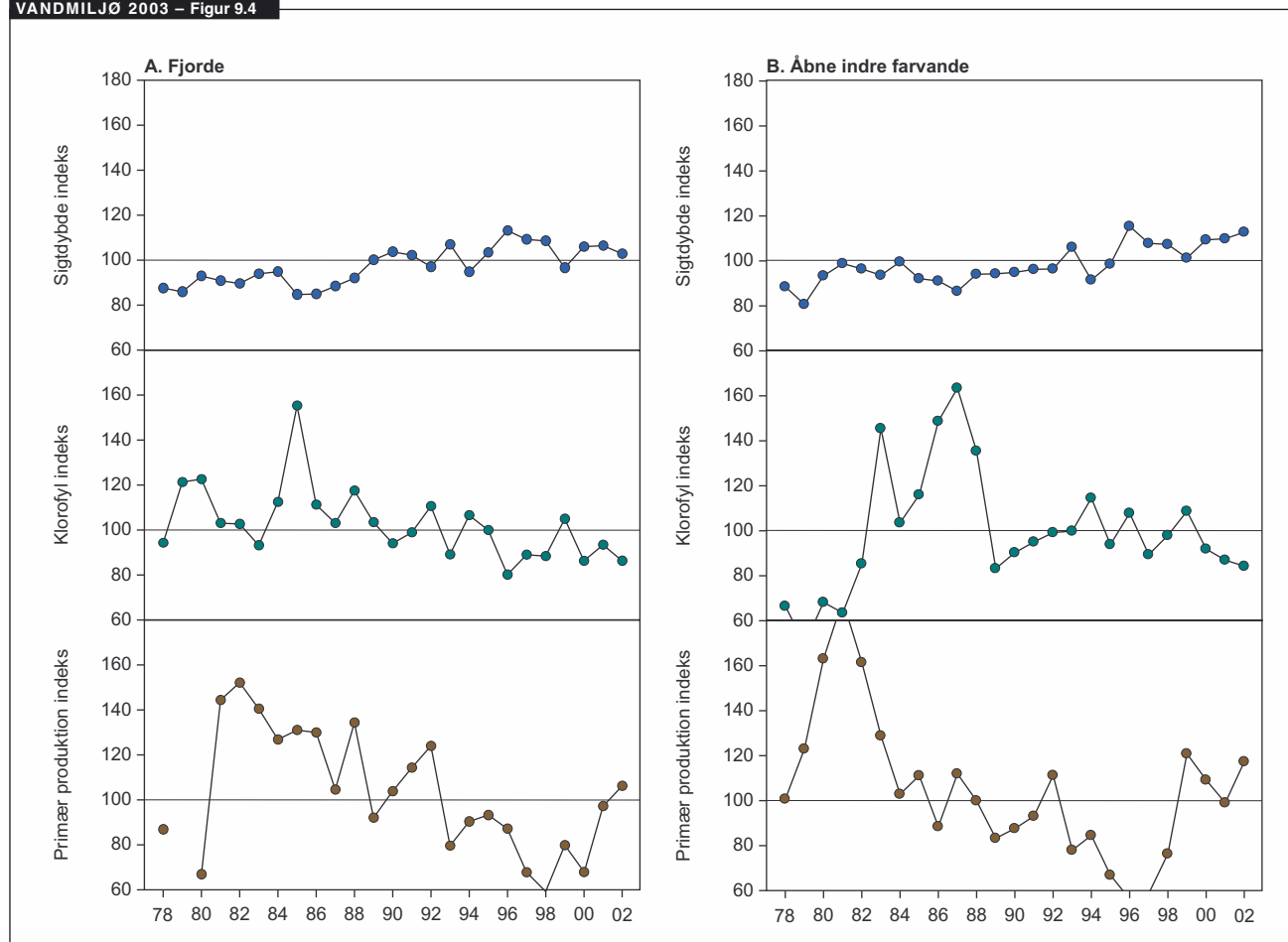
Faldene i N og P indhold i vandet har ført til, at algevæksten i højere grad er blevet næringssaltbegrænset. De beregnede potentielle omfang af begrænsning af algevæksten i fjorde og i de indre farvande som følge af mangel på kvælstof og/eller fosfor er vist i figur 9.3C. Det er ved beregningerne antaget, at der er potentiel begrænsning ved koncentrationer mindre end 28 µg l/l for uorganisk N og 6,2 µg/l for uorganisk P. Især i fjordene er der en øget potentiel begrænsning. Den aktuelle algemængde i vandet bestemmes dog ikke kun af en mulig næringssaltbegrænsning, men f.eks. også af i hvilket omfang algerne græses, typisk af zooplankton eller muslinger.

9.4 Udvikling i algemængde og iltsvind

Algemængde

Der er en tendens til, at algemængde (klorofyl) og produktion af alger er mindsket, samtidig med at sigtddyben er øget siden 1980'erne både i fjordene og i de åbne indre farvande (figur 9.4). Hvis tallene i figur 9.4 korrigeres for forskelle i vejrforhold fra år til år, synes der kun at være sket ubetydelige ændringer i fjordene siden 1993, men en forøgelse af sigtddyben og en reduktion i algemængden bliver tydeligere for de åbne indre farvande (figur 9.2 og figur 9.3 i Rasmussen et al., 2003).

VANDMILJØ 2003 – Figur 9.4



Figur 9.4 Udvikling i indeks for sigtddybe, klorofylkoncentration og primærproduktion i A: Fjorde (figur 9.2 i Rasmussen et al., 2003) og B: Åbne indre farvande (figur 9.3 i Rasmussen et al., 2003).

Relation mellem algemængder og iltsvind

Det mindskede næringsaltindhold og den øgede potentielle begrænsning af algeproduktionen kunne forventes at have ført til mindsket risiko for iltsvind i de marine områder. Målingerne af iltindhold gennem perioden siden 1981 viser dog endnu ikke tegn på, at iltsvindshyppigheden skulle være for nedadgående. Måleresultaterne (figur 9.5) viser tværtimod, at der indtil 2002 er tendens til faldende iltindhold i bundvandet både i fjorde og kystnære stationer og i åbne havområder. Dette viser, at iltsvind ikke kun relaterer sig til den aktuelle næringsalttilførsel, men at også andre faktorer spiller ind. Ud over de meteorologiske forhold er det sandsynligt, at kemisk og biologisk respons på ændringer i tilførsler kan være forsinkede, og at ændringer i biologisk struktur i de marine økosystemer kan spille en rolle. De eutrofieringsbetingede påvirkninger vil dog i sidste ende være styret af den tilførte mængde næringsalte.

9.5 Bundvegetation og bundfauna

Et fald i tilførslen af næringsalte vil føre til større sigtddybe og bedre lysforhold, og vegetationen vil derved få større dybdeudbredelse og større dækningsgrad på dybt vand. Samtidig vil en reduktion i næringsaltindhold mindske mængden af eutrofieringsbetingede alger og dermed yderligere forbedre forholdene for ålegræs og flerårige alger. På sigt vil færre næringsalte føre til færre iltsvind og dermed til bedre forhold for bunddyr og planter.

Ålegræs

Ålegræssets dybdegrænse var størst langs de åbne kyster (4,7-6,2 m), lidt mindre i yderfjordene (3,3-4,2 m) og mindst i inderfjordene (2,6-3,6 m) i perioden 1989-2002.

For de åbne kyster er der ingen signifikant udvikling i dybdeudbredelsen. I de ydre dele af fjordene er udbredelsen blevet mindre, men dog var udbredelsen betydeligt større i 2002 end i 2001. Også i inderfjordene er udbredelsen generelt mindsket.

Tendensen til forbedret sigtddybe afspejler sig altså endnu ikke i større dybdeudbredelser og forøget dækningsgrad og arealudbredelse for ålegræsset på landsplan. Mange enkeltområder viste heller ingen sammenhæng mellem sigtddybe og dybdegrænse. I områder med store forekomster af løstliggende alger (eksempelvis Køge Bugt) er det formentlig algerne, der forhindrer ålegræsset i at vokse så dybt som sigtddyben tillader, mens det i andre områder (eksempelvis Århus Bugt) ser ud til, at iltsvind i nogle år har været regulerende for dybdegrænsen.

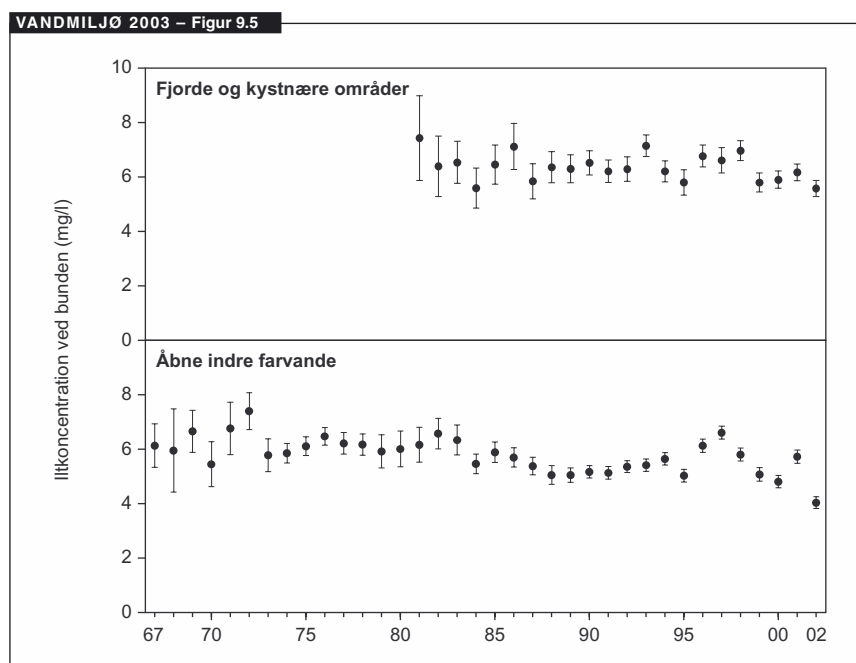
Eutrofieringsbetingede alger

I inder- og yderfjorde er der ikke sket signifikante ændringer i dækningsgraden af eutrofieringsbetingede alger gennem perioden 1993/94-2002, selv om dækningsgraden de seneste år har været lavere end sidst i 1990'erne. Yderfjordene har derimod oplevet en reduktion i dækningsgraden på vanddybder fra 1 til 6 m siden 1994 (figur 11.3 i Rasmussen et al., 2003).

Bundfauna

I perioden 1998-2002 har bundfaunaen været meget stabil både i de kystnære områder og i de åbne farvande. Dette gælder for det totale antal bunddyr, biomassen, antallet af arter og artsammensætning. Det usædvanligt kraftige iltsvind i efteråret 2002 medførte, at bundfaunaen stort set forsvandt i store dele af de værst ramte iltsvindsområder (Hansen et al., 2003).

På de tre stationer i de indre danske farvande har den totale bundfaunatæthed svinget over de sidste 22 år med høje værdier i begyndelsen af 1980'erne og midt i 1990'erne efterfulgt af et markant fald. Værdierne fra 2002 ligger stadig på et lavt niveau. Sammensætning af bundfaunaen viste en forandring gennem denne periode. Mens en top i firserne var domineret af både børsteorme og krebsdyr, så var der i halvfemserne dominans af børsteorme (figur 12.1 i Rasmussen et al., 2003).



Figur 9.5 Middeliltkoncentration i bundvandet for NOVA-stationer i fjorde og kystnære områder og åbne indre farvande. Beregnet ud fra prøvetagninger over bunden i juli-november ved veldefineret springlag.

Figur 10.1 i Rasmussen et al., 2003.

9.6 Strukturskift i Ringkøbing Fjord

Historie

I 1700-tallet var saltholdigheden i fjorden sandsynligvis omkring 25-30%, men den blev gradvist reduceret i takt med, at vandudskiftningen mellem fjorden og Vesterhavet blev reduceret til en åbning ved Nymindegab. I 1910 blev der gravet en kanal ved Hvide Sande, som førte til øget saltholdighed (15-25%) i fjorden frem til 1915, hvor hullet igen blev lukket. Frem til 1931, hvor den nuværende sluse blev etableret, og videre frem til 1995 har den gennemsnitlige saltholdighed stort set ligget på 6-11%. Efter beslutningen om at ændre slusepraksis har saltholdigheden siden 1995 skullet ligge på 8-15%, dog på 12-15% i maj-september. Foruden ændringer i saltholdighed er de væsentligste ændringer de øgede næringssalttilførsler frem til ca. 1980 og de seneste årtiers reduktion i næringssalttilførsel som følge af forbedret spildevandsrensning.

Ændringer i vandkvalitet og biologi

Der er sket dramatiske forbedringer i vandkvaliteten i Ringkøbing Fjord siden forøgelsen af saltholdigheden fra 1995 (figur 9.6). Algemængden er mindsket med mere end en faktor 5 og sigtddybden øget fra ca. 0,7 m til ca. 2 m. Dybdegrænsen for undervandsplanter er øget, men dækningsgraden mindsket drastisk. Dette skyldes, at den indtil 1995 dominerende plante, Børstebledet Vandaks, trives dårligt ved den pludseligt ændrede saltholdighed, men den forventes med tiden at kunne tilpasse sig de nye vilkår. Den ringe dækningsgrad af planter skyldes også, at de mere salttolerante blomsterplanter, ålegræs og havgræs endnu ikke har kunnet opveje nedgangen i vandaks. Reduktionen i plantemængden i fjorden har ført til en voldsom nedgang i antallet af planteædende fugle, især pibesvane og spidsand.

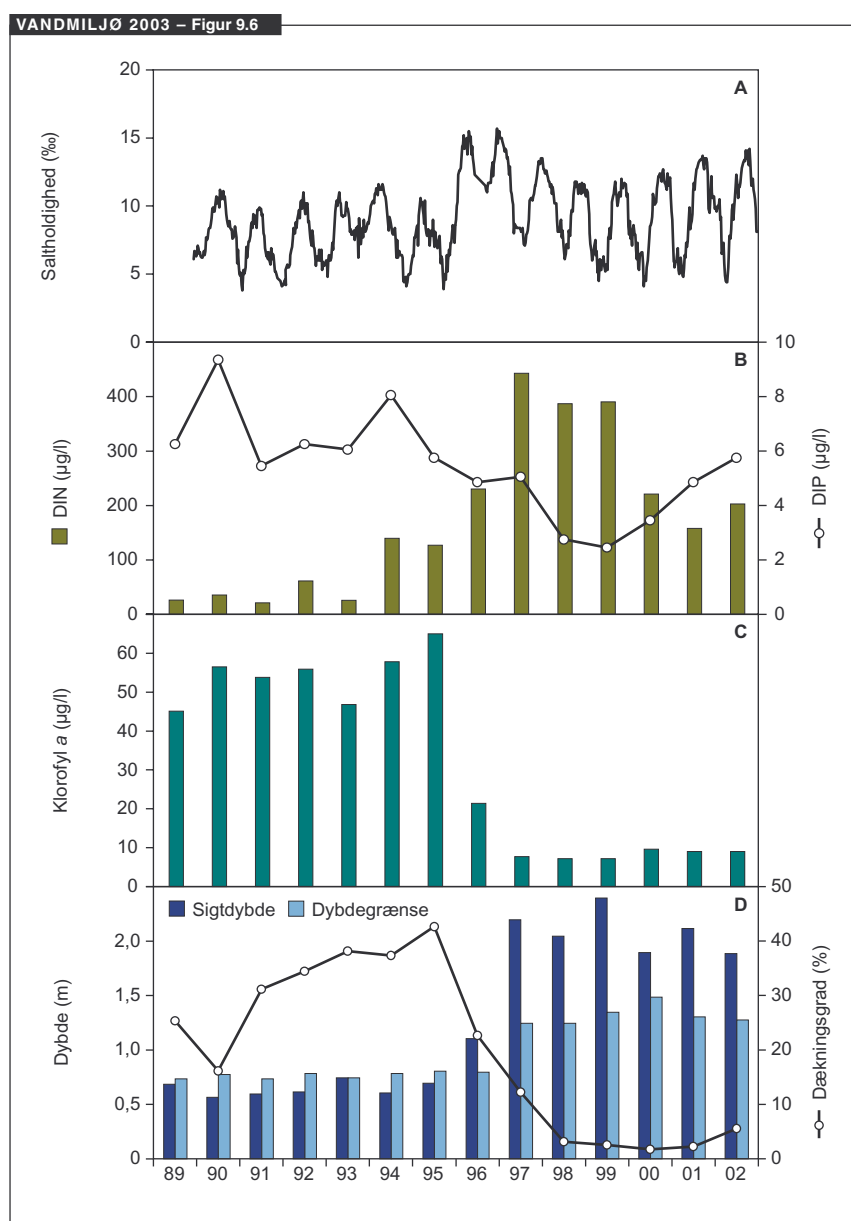
Perspektivering

Det økologiske skift i Ringkøbing Fjord illustrerer, at forandringer i et eutrofieret vandområde ikke nødvendigvis skyldes ændringer i næringssalttilførsel eller er letforudsigelige. Resultaterne viser, at svagt ændrede betingelser kan ændre konkurrencevilkår og overlevelsesmulighed for arter, der kan have stor betydning for hele økosystemet.

Det er usikkert om de konstaterede ændringer alene skyldes ændringer i slusepraksis. Fosforfjernelse fra spildevand i oplandet har mindsket fos-

forindhold i fjorden (se figur 9.6), så at fosfor i højere grad er blevet potentielt begrænsende for algevækst. Fosforindholdet har dog været stigende de seneste år.

Vandkvaliteten i Ringkøbing Fjord er stærkt forbedret som følge af øget saltholdighed og mindsket fosfortilførsel. Samtidig har ændringer i fjorden medført en stærk reduktion i antallet af visse fugle. Tiltag, der forbedrer vandkvaliteten i et område, kan således være i modstrid med fuglebeskyttelsesinteresser i samme område.



Figur 9.6 Ringkøbing Fjord. Gennemsnitlige værdier for perioden 1989-2002. A: Saltholdighed. B: Sommerkoncentration af opløst uorganisk kvælstof (DIN) og fosfor (DIP). C: Årlig tidsvægtet koncentration af klorofyl a. D: Sommersigtddybde, dybdegrænse og dækningsgrad for blomsterplanterne. **Figur 18.2** i Rasmussen et al., 2003.

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 ved lave koncentrationer. Andre er nødvendige for den menneskelige organisme i små mængder og sundheds- og miljøskadelige i større mængder (box 1).

Overvågning af tungmetaller omfatter i 2002 punktkilder, atmosfæren, grundvand og marine områder. Omfanget af metalanalyser varierer i de enkelte delprogrammer. En oversigt over undersøgelsesprogrammet for tungmetaller findes i *Miljøstyrelsen, 2000 (oversigt for 2003)*.

VANDMILJØ 2003 – Box 1

Karakter af tungmetaller og andre uorganiske sporstoffer

- 1 De toksiske, der har sundheds- og miljømæssigt skadelige effekter (humantoksiske og økotoxiske) selv ved små koncentrationer. Hertil hører arsen, bly, cadmium og kviksølv. Bly, cadmium og kviksølv kan ophobes i fødekæden.
- 2 De såkaldt essentielle, der omfatter stoffer, som er nødvendige for den menneskelige organisme i små mængder, men som er sundhedsskadelige og økotoxiske i større koncentrationer. Hertil hører krom, kobber, nikkel, zink og selen.
- 3 En tredje gruppe af stoffer, som normalt ikke optræder i så høje koncentrationer, at de udgør et problem. Men hvis baggrundskoncentrationer har relevans, og som i den rette mængde og form kan have både humantoksikologiske og økotoxikologiske effekter.

10.1 Kilder

Atmosfærisk deposition

Den atmosfæriske deposition af tungmetaller er målt som summen af indholdet i nedbør og i den deposition, der har været i perioder uden nedbør, den såkaldte tørdeposition. Desuden er koncentrationen af metaller bundet til partikler i luften målt.

Depositionen og luftens indhold af tungmetaller har for perioden 1990 til 2002 været stadig faldende. Nedgangen i tungmetalniveauerne har været 50-70%. Størst nedgang er målt for bly og cadmium (figur 10.1).

VANDMILJØ 2003 – Tabel 10.1

	Atmosfærisk deposition (mg/m ²)	Partikulært bundet indhold i luften (ng/m ³)
Krom	0,12	0,5
Nikkel	0,22	1,5
Kobber	0,75	1,5
Zink	7,4	13
Arsen	0,12	0,6
Cadmium	0,04	0,3
Bly	1,0	5,3

Tabel 10.1 Gennemsnitlig deposition for det danske baggrundsområde (fjernt fra forureningskilder) og gennemsnitlig koncentration af partikulært bundet metal i 2002. *Ellermann et al, 2003.*

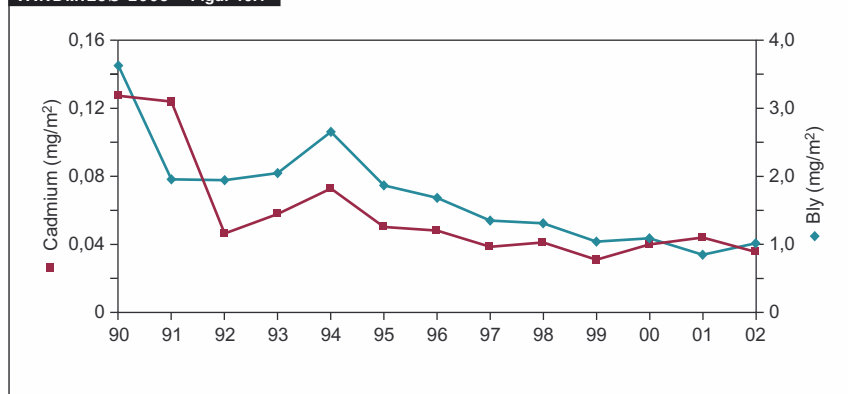
Udviklingstendenserne følger ændringerne i emissionerne af tungmetallerne. I Danmark og mange andre europæiske lande er der sket betydelige reduktioner i emissionerne. For enkelte tungmetaller er der dog ikke sket nævneværdige reduktioner i danske udledninger, og de observerede ændringer skyldes derfor navnlig emissionsreduktioner i Nordeuropa.

Spildevand

Indholdet af tungmetaller i spildevand er meget varierende afhængig af, hvilke industrier mv. der er tilsluttet det enkelte anlæg. I forhold til undersøgelser, som Miljøstyrelsen gennemførte i 1994 og 1996, ligger de målte værdier inden for den samme størrelsesorden.

Sammenlignes koncentrationerne af tungmetaller i spildevandet med de kvalitetskrav, der skal være opfyldt i vandmiljøet, ligger udløbskoncentrationerne generelt på niveau med eller under de nationalt fastsatte kvalitetskrav (*Miljø- og Energiministeriet, 1996, tabel 10.2*). De målte koncentrationer i det udledte spildevand vurderes ikke umiddelbart at give anledning til kritiske forhold i forhold til de fastlagte krav til vandmiljøet.

VANDMILJØ 2003 – Figur 10.1



Figur 10.1 Tidsudvikling i våddeposition over en 13 årig periode af bly (Pb) og cadmium (Cd). Enhed: mg/m² pr. år.

Figur 5.1 i *Ellermann et al, 2003.*

VANDMILJØ 2003 – Tabel 10.2

	Indløb (µg/l)			Udløb (µg/l)			Kvalitetskrav for ferskvand (µg/l)
	Middel	5%	95%	Middel	5%	95%	
Arsen	3,3	1,0	9,8	2,0	0,4	5,8	4
Bly	17	4,2	36	2,4	0,4	7,6	3,2 ¹⁾
Cadmium	0,6	0,1	1,8	0,1	0,01	0,7	5
Chrom	9,5	2,1	20	1,9	0,4	4,5	10 ¹⁾
Kobber	87	20	239	7,7	1,8	27	12 ¹⁾
Kviksølv	0,5	0,1	1,6	0,2	0,02	0,4	1
Nikkel	12,5	3,3	34	7,3	1,7	20	160 ¹⁾
Zink	272	86	618	110	33	364	110 ¹⁾

¹⁾ forslag til kvalitetskrav.

Tabel 10.2 Middelværdier og fraktiler for tungmetaller i indløb til og afløb fra renseanlæg, 1998-2002 samt nationalt fastsatte kvalitetskrav til fersk overfladevand. Tabel 2.7 i *Miljøstyrelsen, 2003; Miljø- og energiministeriet, 1996*.

VANDMILJØ 2003 – Tabel 10.3

	LOOP (µg/l)	GRUMO (µg/l)	Vandværk (µg/l)	Grænseværdi (µg/l)
Arsen	0,2	0,8	1,3	5
Bly	0,6	0,05	0,2	5
Cadmium	0,1	0,008	0,02	2
Selen	0,2	0,10	0,1	10
Nikkel	6,0	0,5	2,0	20
Zink	30	3,0	5,3	100
Kobber	2,1	0,3	0,8	100
Krom	0,2	0,09	1,0	20
Aluminium	1,9	2,1	5	100

Tabel 10.3 Mediankoncentration af udvalgte metaller i grundvandet i LOOP, GRUMO og vandværkernes boringskontrol. Grænseværdien for drikkevand er 'ved indgang til ejendom'. Uddybende oplysninger findes i [Bilag 3.1](#), [Bilag 3.2](#) og [Bilag 3.3](#) i *GEUS, 2003* og vedrørende grænseværdier i *Miljø- og Energiministeriet, 2001*.

VANDMILJØ 2003 – Tabel 10.4

	LOOP (%)	GRUMO (%)	Vandværksboringer (%)
Arsen	9	16	16
Bly	31	1	1
Zink	40	6	2
Nikkel	51	6	3

Tabel 10.4 Overskridelse af grænseværdier for drikkevand for perioden 1993-2002 (LOOP dog kun 1998-2002). Procent af analyserede indtag med overskridelse af grænseværdierne i mindst en analyse. Uddrag fra [Tabel 3.3](#) i *GEUS, 2003*.

10.2 Tilstand og udvikling

Grundvand

Grundvandets indhold af tungmetaller måles i overvågningsboringer i GRUMO (Grundvandsovervågningsområder) og LOOP (Landovervågningsoplande) samt i forbindelse med vandværkernes boringskontrol.

Overvågningen i LOOP sker generelt i mere overfladenært grundvand end i GRUMO. Overvågningen i LOOP omfatter metaller, som formodes at blive tilført det nydannede grundvand fra overfladen, mens overvågningen i GRUMO også omfatter metaller, som er naturligt forekommende i grundvand, eller som findes i dybereliggende grundvand som følge af menneskelige aktiviteter, f.eks. som følge af grundvandssænkning.

Det terrænnære grundvand i LOOP skiller sig klart ud fra det øvrige grundvand ved at have højere indhold af zink, nikkel og kobber samt i mindre grad af bly (tabel 10.3).

Nikkel, zink og kobber er blandt de metaller, der er findes i høje koncentrationer i gylle, især svinegylle (*Schwærter et al., 2003*). Der findes dog ikke undersøgelser, der dokumenterer sammenhæng mellem de høje koncentrationer i gylle og i tertiært grundvand.

Højt nikkelindhold ses også i dybereliggende grundvand, idet sænkning af grundvandsstanden kan medføre, at der sker en iltning af sulfidmineraller og dermed frigivelse af bl.a. nikkel.

Indholdet af arsen i grundvandet bestemmes blandt andet af redoxforholdene, idet arsenindholdet under reducerende (iltforbrugende) betingelser er ca. 10 gange højere end under iltholdige betingelser. Det kan forklare det generelt lavere niveau for arsenindholdet i det terrænnære grundvand i LOOP end i grundvandet i GRUMO og ved vandværkerne.

Generelt ses der overskridelser af grænseværdierne for drikkevand i alle måleprogrammer, dvs. i både GRUMO, LOOP og vandværkernes boringskontrol. I boringskontrollen er der således fundet overskridelser af

grænseværdierne for et eller flere uorganiske sporstoffer i 35% af indtagene i perioden 1993-2002. Grundvandet i LOOP skiller sig klart ud med hyppigere overskridelser af grænseværdien for drikkevand (tabel 10.4).

For flere tungmetaller er kvalitetskravene til overfladevand (*Miljø- og Energiministeriet, 1996*) lavere end grænseværdien for drikkevand. Det betyder, at grundvandsudstrømning til vandløb, f.eks. i kilder, kan medføre overskridelse af kvalitetskriterier for vandløb, selv om tungmetalindholdet i grundvandet er mindre end grænseværdien for drikkevand.

Marine områder

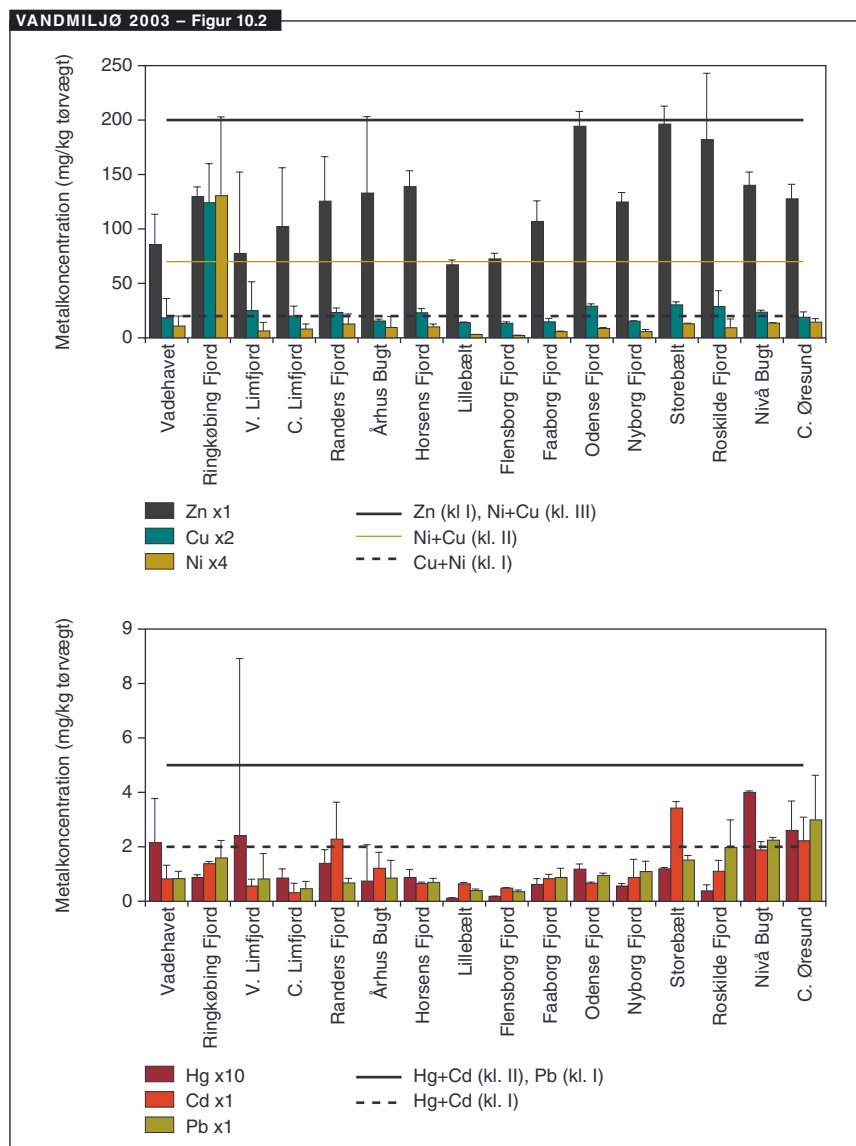
Overvågningen af tungmetaller i det marine miljø omfatter i 2002 målinger på muslinger og fisk.

Koncentrationerne af tungmetaller i muslinger i 2002 svarer i vid udstrækning til klassificeringen 'ubetydeligt til moderat forurenset' ifølge det vejledende norske klassificeringssystem udarbejdet af *Statens Forurensningstilsyn, 1997* (figur 10.2).

I den vestlige del af Limfjorden er kviksølvindholdet i muslingerne dog på et niveau, der svarer til 'markant forurenset', og i Ringkjøbing Fjord er indholdet af nikkel og kobber i sand-

muslinger ligeledes på et niveau, der svarer til 'markant forurenset'. For Ringkjøbing Fjord er der det forbehold, at kriteriet gælder for blåmuslingerne. Det forhøjede kviksølvniveau i den vestlige del af Limfjorden forekommer i et område, der ikke tidligere har været med i NOVA 2003, men med en kendt punktkilde til kviksølvforurening (Cheminova).

Indholdet af tungmetaller i fisk er varierende mellem de lokaliteter, der er indsamlet prøver fra. Fisk fra Øresund har generelt et kviksølv-indhold, der er en faktor 2-3 højere end en baggrundsværdi fastsat af OSPAR (*OSPAR, 1998*). I Københavns Havn er der i en enkelt skrubbefilet fundet et kviksølvindhold, der overskrider konsumgrænseværdien.



Figur 10.2 Metalkoncentrationer (mg/kg tørvægt) 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) og markant (klasse II) forurening i SFT's klassificering. Bemærk: opskalering af Hg, Cu og Ni i forhold til skalaen på aksens.

Figur 14.1 i *Rasmussen et al., 2003; Statens Forurensningstilsyn, 1997*.

11 Pesticider

Pesticider har udbredt anvendelse til bl.a. ukrudts- og skadedyrsbekæmpelse i landbruget og andre dele af jordbrugserhvervet 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. Særligt i grundvandet findes der rester af pesticider og deres nedbrydningsprodukter.

Overvågning af pesticider og nedbrydningsprodukter af pesticider omfatter i 2002 spildevand fra renseanlæg, grundvand og vandløb.

De pesticider, der undersøges for i grundvand og vandløb, er primært herbicider, der har landbrugsmæssig anvendelse eller anvendelse i skovbrug. Det hyppigst årsag til pesticidforurening i grundvand er imidlertid BAM, som stammer fra nedbrydning af dichlobenil (Prefix og Casoron G) og chlorthiamid (Casoron). 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 hverken spildevand eller slam.

En oversigt over undersøgelsesprogrammet for pesticider findes i *Miljøstyrelsen, 2000 (oversigt for 2003)*.

Figur 11.1 Fundprocent af udvalgte hyppigt fundne pesticider i LOOP, GRUMO og boringskontrol samt vandløb. Fundprocenten i grundvand er opgjørt som % af analyserede indtag med fund (indhold over detektionsgrænsen). Fundprocenten i vandløb er er opgjørt som % af analyserede prøver med fund. Data fra GEUS, 2003 og Bøgestrand (red.), 2003.

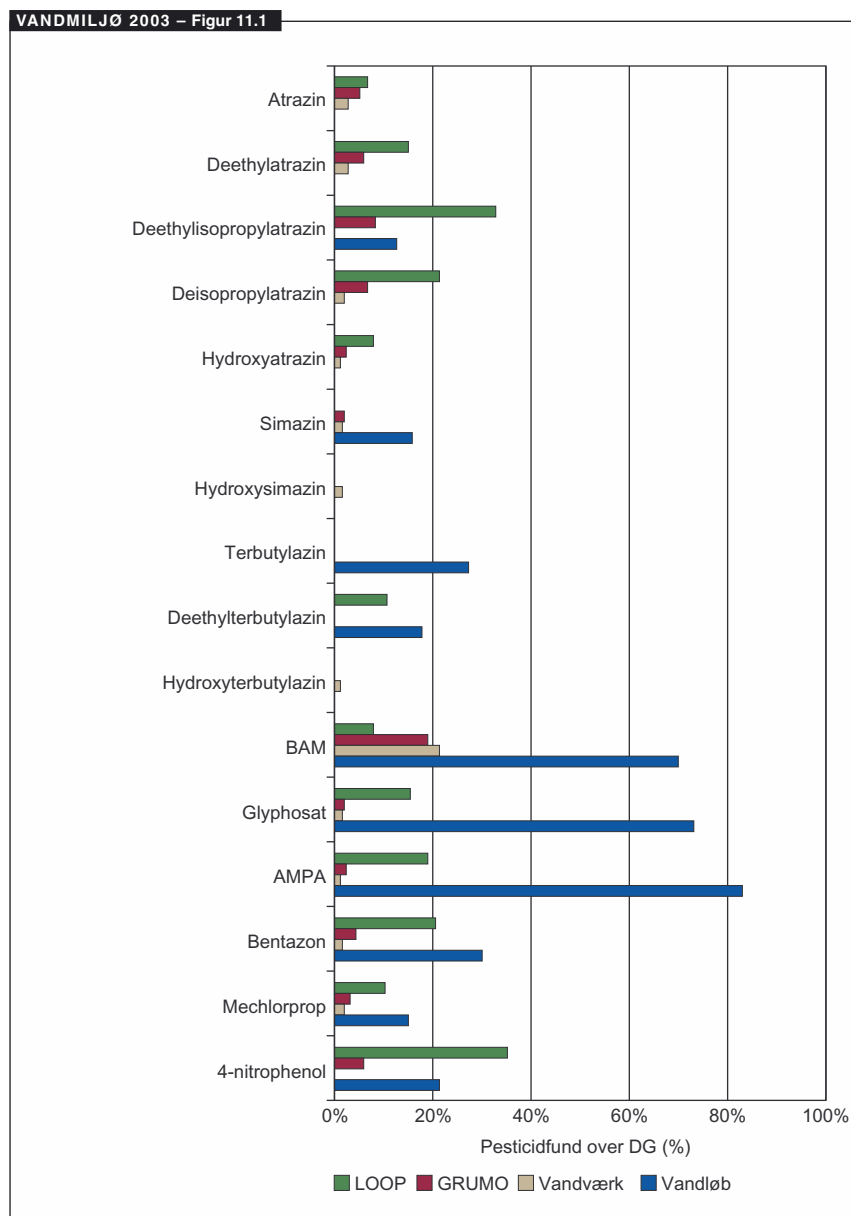
11.1 Grundvand og vandløb

Grundvand i landovervågningsoplande

Triaziner (bl.a. atrazin og simazin) og nedbrydningsprodukter heraf har en dominerende rolle i såvel det overfladenære grundvand i landovervågningsoplandene (LOOP) som i det dybereliggende grundvand og i vandløb. Blandt de 15 hyppigst fundne pesticider og nedbrydningsprodukter i henholdsvis LOOP, GRUMO og vandløb er der fra denne stofgruppe 6 stoffer i LOOP, 6 i GRUMO og 4 i vandløb (figur 11.1).

Atrazin blev sidste gang anvendt lovligt i Danmark i 1994. Det formodes, at der i rodzonen er opbygget en pulje af stoffet, som langsomt frigives. Dette kan forklare hvorfor stoffet og dets nedbrydningsprodukter fortsat findes i vandløb og grundvand. I LOOP er der i løbet af overvågningsperioden fundet forskellige nedbrydningsprodukter af triaziner med en svag tendens til stigende koncentrationer og hyppighed (figur 11.2).

BAM, glyphosat og dets nedbrydningsprodukt AMPA samt bentazon



og mechlorprop er ligeledes blandt de hyppigst fundne pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvand i såvel LOOP, GRUMO som vandværksboringer samt i vandløb. Glyphosat, bentazon og mechlorprop er fortsat tilladt til anvendelse, mens brugen af dichlobenil ikke længere er tilladt (*Miljøstyrelsen, 2002*).

Den dybdemæssige fordeling af pesticidfund viser, at det sårbare grundvand særligt ligger tæt ved terræn, men også at der er mange fund i mere end 30 meters dybde (figur 11.3). I perioden 1990-2002 er fundet pesticider i ca. 55% af indtagene i dybdeintervallet 0-10 meter under terræn. De hyppige fund i det højtliggende grundvand skyldes især forekomsten af BAM og nedbrydningsprodukter fra triazin- og phenoxy-syrer (mechlorprop, dichlorprop).

11.2 Overskridelse af grænseværdier

Samlet set er der i 2002 fundet pesticider i, hvad der svarer til 37% af det grundvand, der indvindes til drikkevandsproduktion (sv.t. 33% af de analyserede indtag). Grænseværdien for drikkevand er overskredet i 4% heraf (sv.t. 7% af de analyserede indtag).

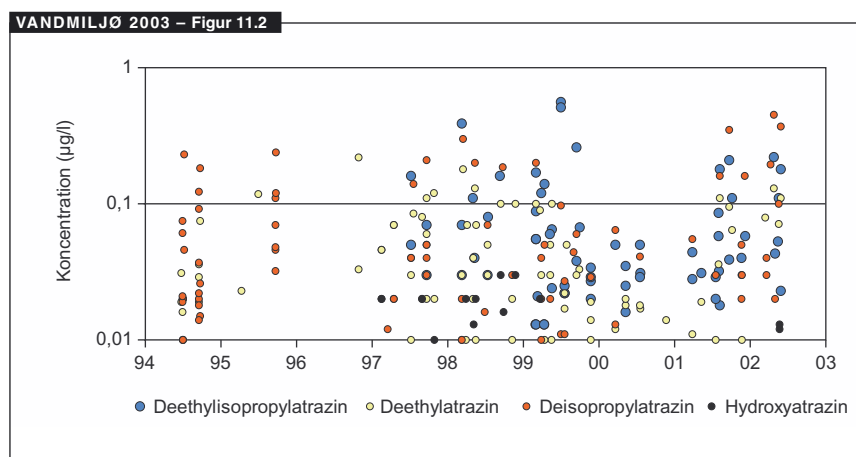
BAM er i GRUMO og i vandværksboringerne den hyppigste årsag til overskridelserne (henholdsvis 7,5% og 6,6%). I LOOP er glyphosat den hyppigste årsag til overskridelse af grænseværdien (12,1%).

Der er kun fastsat danske vandkvalitetskrav for få pesticider. Med udgangspunkt i de foreliggende danske samt hollandske og norske kvalitetskrav er der for 9 pesticider fundet højere værdier end kravværdierne for

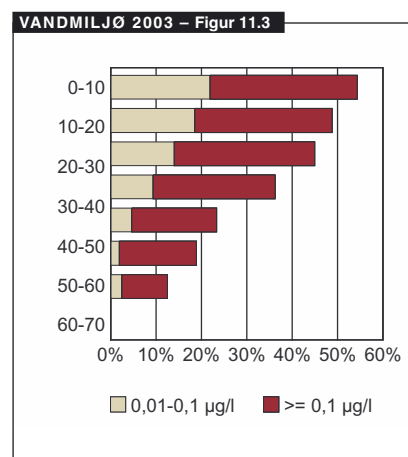
gennemsnitskoncentrationer i vandløb i 2002 (tabel 11.1). De hyppigste overskridelser ses for terbutylazin og propiconazol. Propiconazol er tilladt og anvendes bl.a. ved dyrkning af korn, mens terbutylazin er tilladt til anvendelse ved dyrkning af majs (*Miljøstyrelsen, 2002*).

Udvikling

Hyppigheden af indtag med fund af pesticider er stort set uændret i 2002 i forhold de foregående år i såvel GRUMO som ved vandværkernes boringskontrol. Hyppigheden i 2002 er på henholdsvis 27% og 33%. Hyppigheden af indtag, hvor grænseværdien for drikkevand er overskredet, er ligeledes stort set uændret i GRUMO i 2002 i forhold til de foregående år.



Figur 11.2 Udvalgte triazinmetabolitter målt i vandprøver udtaget i juli i 5 LOOP oplande. [Figur 5.1](#) i *GEUS, 2003*.



Figur 11.3 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsboringerne fra forskellige dybdeintervaller for perioden 1990-2002. Det yngste vand findes primært i intervallet 0-10 meter under terræn, hvor antallet af indtag med fund er mere end 50% for perioden 1990-2002. Der forekommer også fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i mere end 80 meters dybde, men da der kun er analyseret få indtag, er disse udeladt. [Figur 5.3](#) i *GEUS, 2003*.

VANDMILJØ 2003 – Tabel 11.1

Pesticid	Antal fund	Antal overskridelser	Maksimale værdier (µg/l)	Kravværdier (µg/l)	
Dinoseb	7	3	1,3	0,025	NL
Glyphosat	164	1	15	12	N
Isoproturon	67	4	2	0,3	N
Metamitron	19	1	1,6	1,1	N
Primicarb	7	1	0,15	0,09	NL
Propiconazol	14	11	0,161	0,02	N
Terbutylazin	62	12	1,4	0,16	N
Trichloredikesyre	103	1	2,4	1	DK
Trifluralin	1	1	0,1	0,037	NL
Total antal	444	35			

Tabel 11.1 Overskridelser af kravværdier til pesticider i vandløb i 2002. Tabel 6.1 i *Bøgestrand (red.), 2003*.

12 Andre organiske miljøfremmede stoffer

Miljøfremmede organiske stoffer omfatter bl.a. en række stoffer, som er på EU's liste over stoffer, der anses for at have hormonforstyrrende effekt. Blandt disse har især nonylphenoler, DEHP og bisphenol A været i fokus, efter at der har været konstateret ændringer i kønsorganerne og andre effekter på reproduktionssystemet hos fisk i vandløb i Århus Amt (*Christiansen og Plesner, 2001*).

Gruppen af andre organiske miljøfremmede stoffer end pesticider indgår i 2002 i overvågningen af spildevand, grundvand, vandløb og muslinger fra marine områder. Eksempelvis indgår blødgørere, detergenter (vaskeaktive stoffer), tjærestoffer (PAH) og PCB i denne del af overvågningen. En oversigt over undersøgelsesprogrammet for miljøfremmede stoffer findes i *Miljøstyrelsen, 2000 (oversigt for 2003)*.

12.1 Kilder

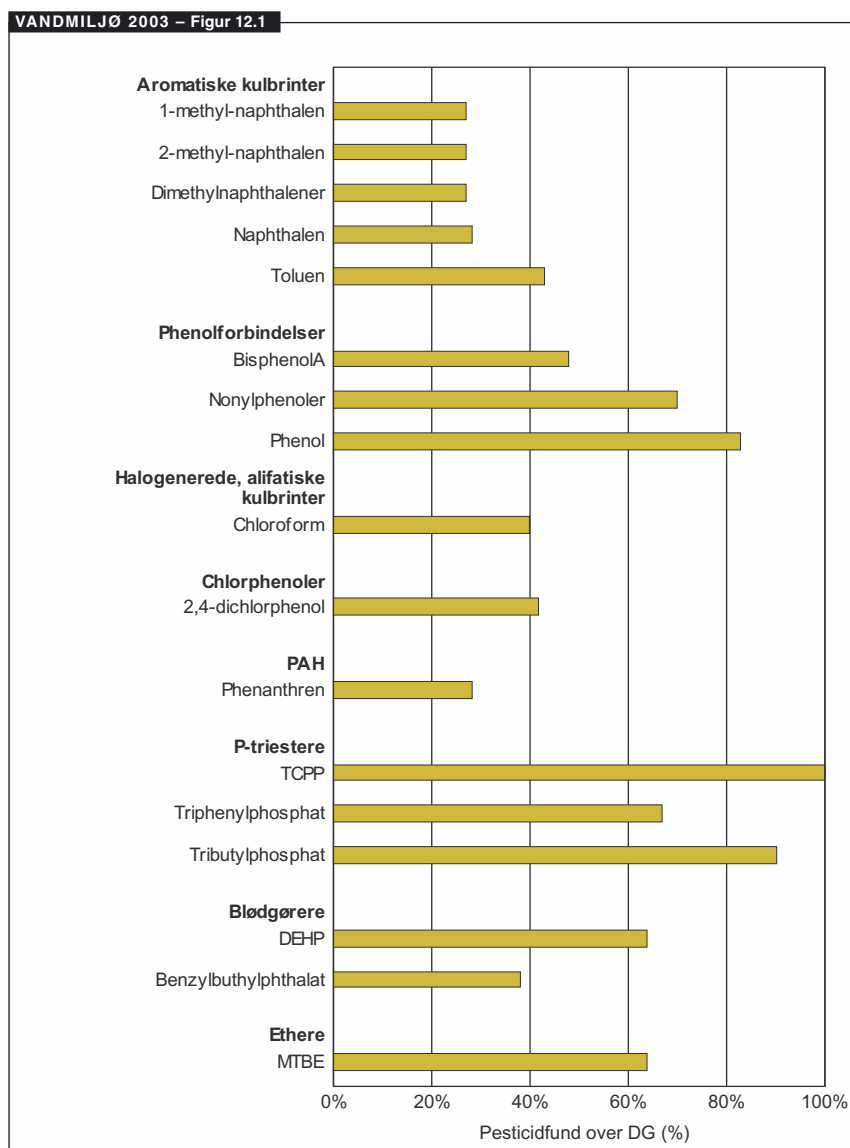
Spildevand

Spildevandet er den væsentligste kilde til stoffernes forekomst i vandmiljøet. De fleste stoffer findes hyppigt i indløbet til renseanlæggene, mens der i udløbet kun er få stoffer, der findes i mere end 25% af de analyserede prøver (fig 12.1).

De stoffer, som findes hyppigt i udløbet, er nonylphenoler og phenol, blødgøreren DEHP, MTBE (benzin-

sætningsmiddel), 2-methyl-naphthalen samt P-triesterer. Alle er fundet i mere end 50% af de analyserede udløbsprøver.

Ingen af de stoffer, der er fundet i udløb fra renseanlæg, er fundet i koncentrationer der overskrider nationalt fastsatte kvalitetskrav for vandområder (*Miljø- og Energiministeriet, 1996*). Der er dog ikke fastsat kvalitetskrav for alle de stoffer, der indgår i måleprogrammet.



Figur 12.1 Fundprocent i udløbsprøver fra renseanlæg. Fundprocenten er opgjort som antallet af prøver med indhold over detektionsgrænsen (DG) i forhold til antal af analyserede prøver. Beregnet ud fra *Miljøstyrelsen, 2003*.

Figurdata.

12.2 Tilstand og udvikling

Vandløb

Blandt de fem vandløb, der er undersøgt, adskiller Damhusåen i København sig ved, at enkelte miljøfremmede stoffer er fundet i mere end halvdelen af de 12 årlige vandprøver. For disse er den stofmængde, der transporteres til havet via vandløbet, beregnet. Det drejer sig om trichloroethylen, acenaphthen, flouranthen, pyren og LAS (tabel 12.1).

En række stoffer (25) er ikke fundet hyppigt nok til, at der kan laves en pålidelig beregning af tilførslen til havet.

Tre af de 5 hyppigst fundne stoffer er polycykliske aromatiske kulbrinter

(PAH), som stammer fra bilers udstødning og andre forbrændingsprocesser. Disse stoffer blev også i 2001 fundet hyppigt nok til, at der kunne udføres en transportberegning, hvorefter der ikke længere kunne beregnes for nonylphenolere og Benz(b)flouranthenere.

Ingen af de stoffer, der er fundet hyppigst i vandløb, er blandt de hyppigst fundne i udløb fra renseanlæg.

Grundvand

I det undersøgte grundvand er der i 2002 ingen større ændringer i indholdet af organiske mikroforureninger i forhold til foregående år (**bilag 4.1**, **bilag 4.2** og **bilag 4.3** i *GEUS, 2003*).

Dog er hyppigheden af fund af organiske mikroforureninger i vandværkernes boringskontrol igen oppe på gennemsnitsniveauet for den foregående periode med 31%, mod 23% i 2001. Hyppigheden af fund opgjort i de enkelte stofgrupper er størst i LOOP, mens hyppigheden i GRUMO og ved vandværkerne er stort set på samme niveau (figur 12.2).

Fælles for fundene i LOOP, GRUMO og vandværkernes boringskontrol er, at grænseværdierne kun er overskredet i enkelte tilfælde, typisk omkring eller under 1% af de undersøgte boringer eller indtag. Den hyppigste overskridelse af grænseværdien ses for blødgøreren dibuthylphthalat (DBP), hvor grænseværdien i LOOP er overskredet i 15,2% af de analyserede indtag, og i GRUMO i 3,5% af de analyserede indtag. Der er kun analyseret for DBP i få vandværksboringer.

Marine områder

I de undersøgte danske fjorde og indre farvande er der i 2002 ligesom de foregående år fundet så høje koncentrationer af TBT, at der må forventes at forekomme effekter heraf. Generelt er koncentrationerne af PCB og de øvrige chlorerede forbindelser på et lavere niveau, men dog stadig på niveauer, hvor det ikke kan udelukkes, at de kan medføre effekter på miljøet.

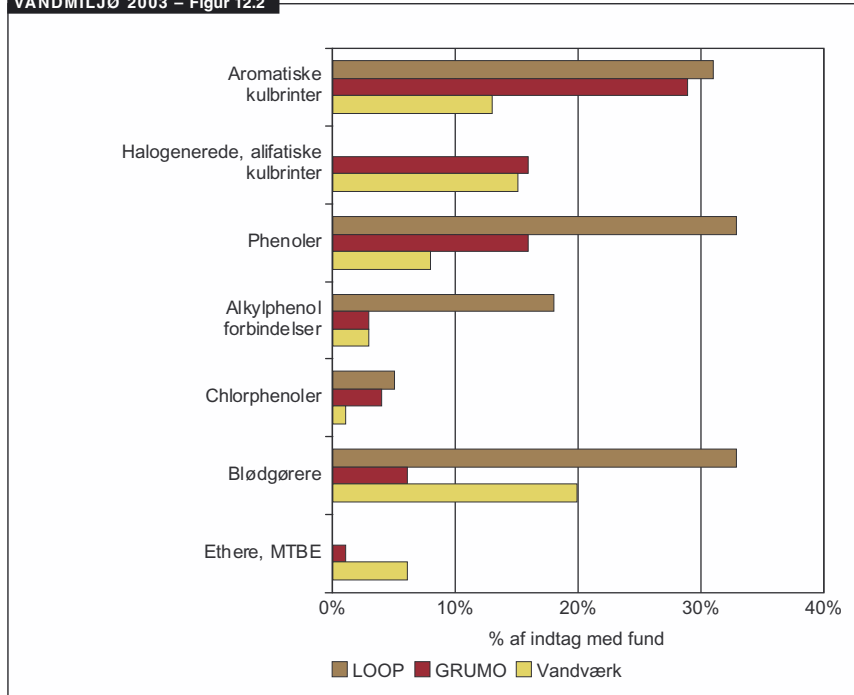
Undersøgelserne af imposex og intersex (ændringer i kønsorganer) som biomarkører for TBT viste, at disse fænomener i 2002 stadig er udbredte i de fire undersøgte arter af havsnegle. Især i havne, hvor TBT-niveauet forventeligt er højest, er mange strandnegle sterile pga. intersex. Flere amter har foretaget supplerende undersøgelser af strandsnegle. Dette har givet grundlag for at vurdere, at der er tale om et landsdækkende problem for havneområder både i de kommercielle havne og i marinaer til lystbåde. I konksnegle forekommer høje niveauer af imposex også i mange kystnære områder, og i de mest følsomme arter også i de åbne farvande.

VANDMILJØ 2003 – Tabel 12.1

Miljøfremmede stoffer	Antal fund	Medianværdi (µg/l)	Maksimalværdier (µg/l)	Årlig transport (kg)
Trichlorethylen	12	0,285	1	3,479
Acenaphthen	6	0,0085	0,025	0,099
Flouranthen	7	0,0105	0,033	0,111
Pyren	8	0,0115	0,031	0,115
Lineære alkylbenzensulfonater	6	1,75	14	38,243

Tabel 12.1 Koncentration og transport i Damhusåen i 2002 af de hyppigst fundne miljøfremmede stoffer. Tabel 6.2 i *Bøgestrand (red.)*, 2003.

VANDMILJØ 2003 – Figur 12.2



Figur 12.2 Fundprocent af miljøfremmede stoffer opgjort stofgruppevis i LOOP, GRUMO og vandværksboringer (boringskontrol). Fundprocenten i grundvand er opgjort som antallet af indtag med fund (indhold over detektionsgrænsen) i forhold til antallet af analyserede indtag. Beregnet ud fra *GEUS, 2003*.

Figurdata.

13 Referencer

- Andersen, J.M., Boutrup, S., Svendsen, L.M., Bøgestrand, J., Grant, R., Jensen, J.P., Ellermann, T., Ærtebjerg, G., Jørgensen, L.F. & Laursen, K.D. (2002): Vandmiljø 2002. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Danmarks Miljøundersøgelser. 56 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 423.
- Bøgestrand, J. (red.) (2003): Vandløb 2002. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. – Faglig rapport fra DMU nr. 470 (elektronisk). <http://faglige-rapporter.dmu.dk>
- Cappelen, J. & Jørgensen, B.V. (2003): Danmarks Klima 2002. Danmarks Meteorologiske Institut. – Teknisk rapport 03-02. 87 pp.
- Christiansen, L.B. & Plesner, T. (2001): Intersex og andre effekter på reproduktionssystemet i skalle og bækørred – relationer til østrogener og østrogenlignende stoffer. Århus Amt. – Teknisk rapport.
- 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>
- GEUS (2003): Grundvandsovervågning 2003. (primo december).
- Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Pedersen, M.P., Jensen, P.G., Pedersen, M. & Rasmussen, P. (2003): Landovervågningsoplande 2002. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. – Faglig rapport fra DMU nr. 468 (elektronisk). <http://faglige-rapporter.dmu.dk>
- Grant, R. & Waagepetersen, J. (2003): Vandmiljøplan II – slutevaluering. Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks JordbrugsForskning. (primo december) (elektronisk). <http://enkeltudgivelser.dmu.dk>
- Hansen, J., Josefson, A.B. & Carstensen, J. (2003): Opgørelse af skadevirkninger på bundfaunaen efter iltsvindet i 2002 i de indre danske farvande. 32 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 456. (elektronisk). <http://faglige-rapporter.dmu.dk>
- Hultberg, H. (1988): Critical Loads for sulphur to lakes and streams, In.: Nilsson, J. and Grennfelt, P. (eds.): Critical loads for sulphur and nitrogen. Report from a workshop held at Skokloster, Sweden, 19.-24. march 1988. Nordic Council of Ministers, København. pp 185-200. – Nord 1988:15.
- Kronvang, B. (red.) (2001): Fosfor i jord og vand. 90 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 380.
- Jensen, J.P., Bjerring, R., Jakobsen, T.S., Søndergaard, M., Lauridsen, T.L., Poulsen, A.M. & Sortkjær, L. (2003): Søer 2002. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. – Faglig rapport fra DMU nr. 469 (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 (2000): NOVA-2003 Programbeskrivelse for det nationale program for overvågning af vandmiljøet 1998-2003. 397 s. – Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 1.
- Miljøstyrelsen (2002): Oversigt over godkendte bekæmpelsesmidler 2002. 120 s. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 4.
- Miljøstyrelsen (2003): Punktkilder 2002. Orientering fra miljøstyrelsen, 2002 (primo december) (elektronisk). <http://www.mst.dk>
- Ovesen, N.B., Iversen, H.L., Larsen, S.E., Müller-Wohlfeil, D.-I., Svendsen, L.M., Blicher, A.S. & Jensen, P.M. (2000): Afstrømningsforhold i danske vandløb. Danmarks Miljøundersøgelser. 236 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 340.
- 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>
- Samsø-Petersen, L. & Pedersen, F. (1995): Water Quality Criteria for Selected Priority Substances. Danish Environment Protection Agency. 83 pp. – Working Report No. 44.
- Scharling, M. (2000): Klimagrid – Danmark, normaler 1961-90, måneds- og årsværdier. Nedbør 10-10, 20-20 & 40-40 km, temperatur og potentiel fordampning 20-20 & 40-40 km. Metodebeskrivelse og datasæt. Danish Meteorological Institute. 17 s. – Technical report No. 00-11.
- Schwærter, R.C. & Grant, R. (2003): Undersøgelse af miljøfremmede stoffer i gylle. Danmarks Miljøundersøgelser. 60 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 430 (elektronisk). <http://faglige-rapporter.dmu.dk>
- Statens Forurensningstilsyn (SFT) (1997): Klassificering af miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. 360 s. – SFT-Veiledning nr. 97:03.
- Ærtebjerg, G. (red.) (2002): Marine områder 2001 – Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 92 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 419 (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- og Udviklingssektion
Afd. for Systemanalyse
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Marin Økologi
Afd. for Miljøkemi og Mikrobiologi
Afd. for Arktisk Miljø
Projektchef for kvalitets- og analyseområdet*

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

*Overvågningssektionen
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Ferskvandsøkologi
Afd. for Marin Økologi
Projektchef for det akvatiske område*

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

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

2002

- Nr. 426: Statistisk optimering af monitoringsprogrammer på miljøområdet. Eksempler fra NOVA-2003. Af Larsen, S.E., Jensen, C. & Carstensen, J. 195 s. (elektronisk)
- Nr. 427: Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2001. By Kemp, K. & Palmgren, F. 32 pp. (electronic)

2003

- Nr. 428: Vildtbestande, jagt og jagttider i Danmark 2002. En biologisk vurdering af jagtens bæredygtighed som grundlag for jagttidsrevisionen 2003. Af Bregnballe, T. et al. 227 s. (elektronisk)
- Nr. 429: Movements of Seals from Rødsand Seal Sanctuary Monitored by Satellite Telemetry. Relative Importance of the Nysted Offshore Wind Farm Area to the Seals. By Dietz, R. et al. 44 pp. (electronic)
- Nr. 430: Undersøgelse af miljøfremmede stoffer i gylle. Af Schwærter, R.C. & Grant, R. 60 s. (elektronisk)
- Nr. 432: Metoder til miljøkonsekvensvurdering af økonomisk politik. Af Møller, F. 65 s. (elektronisk)
- Nr. 433: Luftforurening med partikler i København. En oversigt. Af Palmgren, F., Wählin, P. & Loft, S. 77 s. (elektronisk)
- Nr. 434: Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug. Resultater og konklusioner. Af Fjordback, C. et al. 270 s., 150,00 kr.
- Nr. 435: Preliminary Assessment based on AQ Modelling. Ploiesti Agglomeration in Romania. Assistance to Romania on Transposition and Implementation of the EU Ambient Air Quality Directives. By Jensen, S.S. et al. 53 pp. (electronic)
- Nr. 436: Naturplanlægning - et system til tilstandsvurdering i naturområder. Af Skov, F., Buttenschøn, R. & Clemmensen, K.B. 101 s. (elektronisk)
- Nr. 437: Naturen i hverdagslivsperspektiv. En kvalitativ interviewundersøgelse af forskellige danskeres forhold til naturen. Af Læssøe, J. & Iversen, T.L. 106 s. (elektronisk)
- Nr. 438: Havternen i Grønland. Status og undersøgelser. Af Egevang, C. & Boertmann, D. 69 s. (elektronisk)
- Nr. 439: Anvendelse af genmodificerede planter. Velfærdsøkonomisk vurdering og etiske aspekter. Af Møller, F. 57 s. (elektronisk)
- Nr. 440: Thermal Animal Detection System (TADS). Development of a Method for Estimating Collision Frequency of Migrating Birds at Offshore Wind Turbines. By Desholm, M. 25 pp. (electronic)
- Nr. 441: Næringsstofbalancer på udvalgte bedrifter i Landovervågningen. Af Hansen, T.V. & Grant, R. 26s. (elektronisk)
- Nr. 442: Emissionsfaktorer og emissionsopgørelse for decentral kraftvarme. Eltra PSO projekt 3141. Kortlægning af emissioner fra decentrale kraftvarmeværker. Delrapport 6. Af Nielsen, M. & Illerup, J.B. 113 s. (elektronisk)
- Nr. 443: Miljøøkonomisk analyse af skovrejsning og braklægning som strategier til drikkevandsbeskyttelse. Af Schou, J.S. 43 s. (elektronisk)
- Nr. 444: Tungmetaller i tang og musling ved Ivittuut 2001. Af Johansen, P. & Asmund, G. 32 s. (elektronisk)
- Nr. 445: Modeller til beskrivelse af iltsvind. Analyse af data fra 2002. Af Carstensen, J. & Erichsen, A.C. 60 s. (elektronisk)
- Nr. 447: Modelanalyser af mobilitet og miljø. Slutrapport fra TRANS og AMOR II. Af Christensen, L. & Gudmundsson, H. 114 s. (elektronisk)
- Nr. 448: Newcastle Disease i vilde fugle. En gennemgang af litteraturen med henblik på at udpege mulige smitekilder for dansk fjerkræ. Af Therkildsen, O.R. 61 s. (elektronisk)
- Nr. 449: Marin recipientundersøgelse ved Thule Air Base 2002. Af Glahder, C.M. et al. 143 s. (elektronisk)
- Nr. 450: Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2002. By Kemp, K. & Palmgren, F. 36 pp. (electronic)
- Nr. 451: Effekter på havbunden ved passage af højhastighedsfærger. Af Dahl, K. & Kofoed-Hansen, H. 33 s. (elektronisk)
- Nr. 452: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 2002/03 i Danmark. Wing Survey from the 2002/03 Hunting Season in Denmark. Af Clausager, I. 66 s.
- Nr. 453: Tålegrænser for kvælstof for Idom Hede, Ringkøbing Amt. Af Nielsen, K.E. & Bak, J.L. 48 s. (elektronisk)
- Nr. 454: Naturintegration i Vandmiljøplan III. Beskrivelse af tiltag der, ud over at mindske tilførsel af næringsalte fra landbrugsdrift til vandområder, også på anden vis kan øge akvatiske og terrestriske naturværdier. Af Andersen, J.M. et al. 67 s. (elektronisk)
- Nr. 455: Kvantificering af næringsstoffers transport fra kilde til recipient samt effekt i vandmiljøet. Modeltyper og deres anvendelse illustreret ved eksempler. Nielsen, K. et al. 114 s. (elektronisk)
- Nr. 456: Opgørelse af skadevirkninger på bundfaunaen efter iltsvindet i 2002 i de indre danske farvande. Af Hansen, J.L.S. & Josefson, A.B. 32 s. (elektronisk)
- Nr. 457: Kriterier for gunstig bevaringsstatus. Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fugle omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. Af Søgaard, B. et al. 2. udg. 460 s. (elektronisk)
- Nr. 458: Udviklingen i Vest Stadil Fjord 2001-2002. Af Søndergaard, M. et al. 25 s. (elektronisk)
- Nr. 459: Miljøøkonomiske beregningspriser. Forprojekt. Af Andersen, M.S. & Strange, N. 88 s. (elektronisk)
- Nr. 460: Aerosols in Danish Air (AIDA). Mid-term report 2000-2002. By Palmgren, F. et al. 92 pp. (electronic)

“Vandmiljø 2003. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning.”
indeholder resultater fra 2002 af det nationale program for
overvågning af vandmiljøet 1998-2003, NOVA 2003.

Rapporten indeholder de faglige konklusioner på 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 87-7772-774-6
ISSN 0905-815X