



Miljøbiblioteket



Vandmiljø- indsatsen

Red. Jens Møller Andersen

Hovedland



Redaktør

Jens Møller Andersen er kemiingeniør og projektchef ved Danmarks Miljøundersøgelser og har arbejdet med forurening af vandområder med næringssalte i 35 år ved Københavns Universitet, Århus Amt og Danmarks Miljøundersøgelser, samt i internationale projekter.

Øvrige bidragydere

Jørgen Bidstrup er biolog ved Vandmiljøkontoret ved Nordjyllands Amt og arbejder med forurening af søer, vandløb og fjorde med næringssalte.

Thomas Ellermann er seniorforsker ved Danmarks Miljøundersøgelser og arbejder med forskning i atmosfærekemi og overvågning af luftforureningen i Danmark. Ansvarlig for Det Nationale Overvågningsprogram for luftforurening.

Ruth Grant er seniorrådgiver ved Danmarks Miljøundersøgelser og arbejder med tab af næringssalte fra landbrug. Ansvarlig for Det Nationale Overvågningsprogram for landovervågningsoplande.

Inge Thorsgaard Grevy er biolog ved Jord- og Vandafdelingen i Københavns Amt og arbejder hovedsageligt med miljøovervågning og -planlægning i ferske vandområder.

Poul Nordemann Jensen er kontorchef ved Århus Amt med særligt ansvar for natur og vandmiljø. Medlem af Aftaleudvalget i NOVANA.

Lisbeth Flindt Jørgensen er geolog ved Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) og arbejder med grundvandsovervågning, grundvandsbeskyttelse, grundvandsindvinding mv. Ansvarlig for Det Nationale Overvågningsprogram for grundvand.

Torben L. Lauridsen er seniorforsker ved DMU og arbejder med økologien i danske og arktiske søer, herunder bl.a. undervandsplanternes rolle for den øvrige biologi. Ansvarlig for Det Nationale Overvågningsprogram for søer.

Karin Dahlgren Laursen er kemiingeniør i Miljøstyrelsen og arbejder med forurening af vandområder. Ansvarlig for Det Nationale Overvågningsprogram for spildevand.

Harley Bundgaard Madsen er kontorchef ved Fyns Amts Natur- og Vandmiljøafdeling og arbejder regionalt, nationalt og internationalt med overvågning af vandmiljøet, herunder implementering af Vandrammedirektivet.

Hans-Martin Olsen er biolog ved Århus Amt og arbejder især med planlægning, tilsyn og forvaltning vedrørende vandløb.

Mette Wolstrup Pedersen er geograf og arbejdede inden for spildevandsområdet i Miljøstyrelsen.

Jens Skriver er biolog ved Danmarks Miljøundersøgelser og arbejder med tilsyn og overvågning af biologiske forhold i vandløb.

Lars Moeslund Svendsen er projektchef ved Danmarks Miljøundersøgelser og arbejder med næringsstoffer i vandløb, dambrug, koordinering af Det Nationale Overvågningsprogram for vandmiljøet og naturen og international miljøovervågning.

Richard Thomsen er geolog og afdelingsleder ved Grundvandsafdelingen i Århus Amt.

Lærke Thorling er kemiker i Århus Amt og arbejder med grundvandskemi og vandkvalitet i forbindelse med grundvandsovervågning og grundvandsbeskyttelse.

Gunni Jørbjerg er havbiolog ved Danmarks Miljøundersøgelser og arbejder med nærings-saltes virkninger i havmiljøet og årsagerne til iltsvind, både nationalt og internationalt.



Vandmiljøindsatsen

Redigeret af:

Jens Møller Andersen

Med bidrag af:

Poul Nordemann Jensen

Hans-Martin Olsen

Richard Thomsen

Lærke Thorling

Århus Amt

Inge Thorsgaard Grevy

Københavns Amt

Jørgen Bidstrup

Nordjyllands Amt

Harley Bundgaard Madsen

Fyns Amt

Lisbeth Flindt Jørgensen

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse

Karin Dahlgren Laursen

Mette Wolstrup Pedersen

Miljøstyrelsen

Thomas Ellermann

Ruth Grant

Torben Lauridsen

Jens Skriver

Lars M. Svendsen

Gunni Ærtebjerg

Danmarks Miljøundersøgelser



Vandmiljøindsatsen

Redigeret af Jens Møller Andersen

Med bidrag af Jørgen Bidstrup, Thomas Ellermann, Ruth Grant, Inge Thorsgaard Grevy, Poul Nordemann Jensen, Lisbeth Flindt Jørgensen, Torben Lauridsen, Karin Dahlgren Laursen, Harley Bundgaard Madsen, Hans-Martin Olsen, Mette Wolstrup Pedersen, Jens Skriver, Lars M. Svendsen, Richard Thomsen, Lærke Thorling og Gunni Ærtebjerg

© 2005 Danmarks Miljøundersøgelser, forfatterne
og Forlaget Hovedland

Alle rettigheder forbeholdes.

Ingen del af denne bog må gengives, lagres i et søgesystem eller transmitteres i nogen form eller med nogen midler grafisk, elektronisk, mekanisk, fotografisk, indspillet på plade eller bånd, overført til databanker eller på anden måde, uden forlagets skriftlige tilladelse.

Enhver kopiering fra denne bog må kun ske efter reglerne i lov om ophavsret af 12. marts 2003 med evt. senere ændringer.

Det er tilladt at citere med kildeangivelse i anmeldelser.

Forlagsredaktion: Ole Jørgensen

Illustrationer og montage: Tinna Christensen og Kathe Møgelvang,
Grafisk værksted, Danmarks Miljøundersøgelser.

Omslag: Grafisk værksted, Danmarks Miljøundersøgelser.

Omslagsfotos: Bent Lauge Madsen, Århus Amt og CDanmark.

Scanning og tryk: Arco Grafisk A/S, Skive

Indbinding: Jysk Bogbind, Holstebro

Denne bog er trykt på 130 g Cyclus Print
Overskydende papir og pap er genbrugt.

ISBN 87-7739-795-9

1. udgave, 1. oplag 2005

Forlaget Hovedland
www.hovedland.dk
E-mail: mail@hovedland.dk



Forord 7

Vandmiljøovervågning og miljøindsats 9



Forureningskilder 21



Grundvand 51



Vandløb 69



Søer 89



Fjorde 103

7



Åbne farvande 119

8



På tværs af vandområderne 133

9



Sammenfatning og perspektivering 139

Litteratur 148

Stikordsregister 151

Forord

I denne bog beskriver vi udviklingen i og status for forurening med næringsstoffer i de forskellige kategorier af danske vandområder: grundvand, vandløb, søer, fjorde og åbne havområder. Derimod behandles ikke forurening med andre stoffer, fx tungmetaller, pesticider og andre miljøfremmede stoffer.

Vi har i bogen forsøgt at belyse, hvordan den viden, som er tilvejebragt gennem overvågning af vandområder og forureningskilder, er blevet anvendt i beslutningerne om miljøindsats. Samtidig beskriver vi, hvorledes denne indsats har forbedret miljøtilstanden i vore vandområder.

Kapitel 1 indeholder en generel beskrivelse af principper i overvågningen af vandmiljøet. Desuden indeholder kapitlet nogle mere tekniske informationer om lovgrundlaget og om de processer, der ligger bag en beslutning om indsats over for miljøet.

I kapitel 2 gennemgås bidragene fra de enkelte typer af forureningskilder: spildevandsudledninger, næringssalte fra landbrug og tilførsel af næringssalte til vandområder via atmosfæren.

I de følgende kapitler 3-7 beskrives miljøproblemerne og udviklingen i miljøtilstanden for hver kategori af vandområde: grundvand, vandløb, søer, fjorde og de åbne farvande.

Endelig er der i kapitel 8 lavet en sammenstilling af typiske koncentrationer af næringssalte i de forskellige typer af vandområder, og kapitel 9 er en sammenfatning og perspektivering.



Vandmiljøovervågning og miljøindsats



Forbedrede miljøforhold i vandområderne opnås kun, hvis man med en konkret indsats mindsker de miljøpåvirkninger, man udsætter vandområderne for. Dette kræver viden om sammenhængene mellem tilførsel af forurenende stoffer og miljøtilstand i det enkelte vandområde. En sådan viden får man først og fremmest gennem overvågningen af vandmiljøet. Fotografiet viser udsigten over den sydlige del af Roskilde Fjord.

Foto: Ole Malling.

Vandmiljøet for alvor på dagsordenen

De seneste mange år har vandmiljøet været et af de faste emner i nyhedsmedierne. En vigtig grund er, at vandmiljøet vedrører os alle. Vi tager det nærmest som en selvfølge at kunne drikke et glas vand tappet direkte fra hanen. Vandområderne beriger også vores dagligdag. Det er en levevej for fiskeriet og turisterhvervet, og vi andre får rekreative oplevelser, fx som strandgæster, lystsejlere eller lystfiskere eller bare ved at nyde udsigten over et vandløb, en sø eller en fjord.

Men et rent vandmiljø er ikke noget, som bare er der. Det er noget, vi er nødt til at beskytte. Mange menneskelige aktiviteter fører nemlig til, at vi forurener vandområderne – bl.a. med næringssaltene kvælstof og fosfor. I dag indeholder vandområderne langt flere næringssalte, end de naturligt ville have uden menneskelig påvirkning, og det er den vigtigste årsag til forurening. Stofferne kommer fra vores husholdninger, fra produktion og forarbejdning af fødevarer og industriprodukter og fra vores energiproduktion og transport. Dertil kommer, at de danske havområder får tilført de samme stoffer fra tilsvarende kilder fra andre lande.

Den første egentlige danske miljøreform trådte i kraft i 1974. Siden da er der sket en stadig øget indsats for at mindske forureningen af vandområderne med næringsstoffer. I første omgang var fokus rettet mod at fjerne organisk stof for at mindske forureningen af vandløb, dernæst mod at fjerne fosfor fra spildevand for at beskytte søer og fjorde. Senere har det mere været en generel indsats for effektivt at rense spildevandet og mindske tabet af kvælstof fra landbruget.

I de senere år er der også internationalt strammet op omkring beskyttelsen af vandmiljøet. Vigtigst er EU's Vandrammedirektiv, der fastsætter, at tilstanden i vandområderne generelt skal være tæt på uforurenet. Der er også et internationalt samarbejde for at forbedre vandmiljøet i Østersøen og Nordsøen.

Det danske samfund har brugt mange penge på at mindske udledningerne og dermed forbedre og beskytte vandmiljøet. Men har resultaterne været indsatsen værd? Har vi fået det for pengene, vi kunne forvente, og fået opfyldt de fastsatte mål?

Næringssalte og organisk stof – et forureningsproblem

Plante- og dyrelivet i vore vandområder er ændret, fordi vi har øget tilførslerne af næringssaltene fosfor og kvælstof langt ud over den naturbetingede tilførsel. Denne forurening kaldes næringsberigelse eller eutrofiering.

De biologiske forhold ændres også, når der tilføres ekstra mængder nedbrydeligt, organisk stof. Dermed får dyr og bakterier nemlig mere næring, end de naturligt vil få. Men da det organiske stof nedbrydes, er forureningen med udledt organisk stof begrænset til nærområder omkring udledningerne.

Fosfor, kvælstof og organisk stof kaldes under ét for næringsstoffer. Udledning af dem er den vigtigste årsag til forurening af vore vandområder. Virkningerne af forurening med fosfor, kvælstof og organisk stof er imidlertid forskellige fra vandområde til vandområde.

Boks 1

De almindeligst brugte vandkvalitetsudtryk

Totalkvælstof:	Det samlede indhold af kvælstofforbindelser.
Uorganisk kvælstof:	Opløste kvælstofforbindelser, der direkte kan optages af planter.
Nitrat:	NO_3^- , udgør normalt størstedelen af det uorganiske kvælstof.
Totalfosfor:	Det samlede indhold af fosforforbindelser.
Uorganisk fosfor:	Opløste fosforforbindelser, der direkte kan optages af planter.
Biokemisk iltforbrug (BI_5):	Den mængde ilt, vandets mikroorganismer i løbet af 5 døgn bruger til nedbrydning af dets indhold af letnedbrydeligt, organisk stof. Mål for mængden af let nedbrydeligt organisk stof.
Klorofyl:	Det grønne stof, der i planter (herunder alger) sørger for indfangning af solenergien; mængden af det kan bruges som mål for algemængden i vandet.
Sigtdybde:	Den dybde, hvor en hvid skive sænket ned i vandet, netop kan skimtes.
Næringssalte:	Kvælstof- og fosforforbindelser.
Næringsstoffer:	Næringssalte og organisk stof.

Ofte er der i teksten blot brugt betegnelserne kvælstof og fosfor for totalkvælstof og totalfosfor.



Figur 1-1

I næringsrige søer er der ofte et højt indhold af blågrønalger (Stilling-Solbjerg Sø).

Foto: Jens M. Andersen.

Vandløb forurenes især ved udledning af organisk stof. Det giver slamaflejringer på bunden og dårlige ilforhold. Søer, fjorde og havområder forurenes især af tilførslerne af fosfor og kvælstof. Algemængden i vandet øges, og vandet bliver grumset og uklart. Vandplanterne på bunden kan så ikke klare sig, fordi de ikke får lys nok. De øgede algemængder medfører også, at der bundfældes mere organisk stof, og omfanget af iltsvind ved bunden øges.

Velbegrundede beslutninger om at iværksætte en indsats mod næringsstofforurening forudsætter, at man har en målsætning for, hvilken tilstand man ønsker i et vandområde, og at man kan forudsige virkningerne af forskellige tiltag. Det kræver viden om både forureningskilder og det enkelte vandområde. En velbegrundet målsætning kan ikke fastlægges uden at vide, hvad der er opnåeligt, og hvad der skal til for at nå målsætningen. Det er her, at miljøovervågningen kommer ind i billedet.



Vandmiljøovervågning

Regional overvågning

Med miljøreformen i 1974 skete der ikke blot en opstramning med hensyn til regulering af de forurenende udledninger, men også med hensyn til overvågning af vandområderne, så man kunne træffe velbegrundede beslutninger på området.

Amternes overvågning var frem til 1988 især rettet mod forureningsproblemerne i det enkelte amt. Resultaterne af overvågningen blev brugt til at fastsætte rensekrav til spildevandsudledninger, så disse ikke forhindrede en opfyldelse af målsætningerne for vandløb, søer og kystvande.

Den generelle målsætning var og er fortsat, at der i vandområderne skal være et naturligt og alsidigt plante- og dyreliv, som højst må være svagt forureningspåvirket, jf. Miljøstyrelsens vejledninger herom fra 1983.

Figur 1-2

Systematisk overvågning af vandområderne startede i 1970'erne – ofte dog med interimistisk udstyr (Ravn Sø).

Foto: Jens M. Andersen.

National overvågning

For at kunne følge virkningerne af Vandmiljøplan I fra 1987 (VMP I) var det nødvendigt at have en koordineret, landsdækkende overvågning af forureningskildernes og forureningstilstandens udvikling i vandområderne. Derfor indeholdt VMP I en beslutning om at bruge ca. 100 mio. kr. om året til en national vandmiljøovervågning, der omfattede forureningskilder, grundvand, vandløb, søer og marine områder.

Der blev fra starten lagt størst vægt på at opgøre de forskellige kilder til forurening med næringssalte, især fra landbrug og spildevand, og på måling af transporten af næringssalte gennem vandløb til havet. I løbet af 1990'erne blev der ved revisioner af programmet lagt større vægt på beskrivelse af de biologiske ændringer i vandområderne, der var en følge af ændringer i næringssalttilførsel. Desuden blev der mere fokus på overvågning af miljøfremmede stoffer. Indtil 2004 bestod overvågningen (der blev kaldt Det Nationale Overvågningsprogram, forkortet NOVA) af 7 delprogrammer:

- Atmosfærisk afsætning af næringssalte
- Punktkilder
- Landovervågning
- Grundvand
- Vandløb
- Søer
- Fjorde og åbne havområder

Fra 2004 er programmet justeret til Det Nationale Overvågningsprogram for Vand og Natur (NOVANA) med yderligere 2 delprogrammer:

- Arter og terrestriske naturtyper
- Det Landsdækkende Luftkvalitetsmåleprogram (LMPIV).

Derfor omfatter programmet nu ikke blot overvågning af vandområder, men også af naturtyper på land, bl.a. heder, moser, overdrev og enge samt nogle højt værdsatte og sjældne arter af dyr og planter.

Langt størstedelen af Det Nationale Overvågningsprogram udføres af amterne, der gennemfører programmet for grundvand, landbrugsområder, vandløb, søer og kystvande, mens Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) foretager overvågningen af næringssalttilførsel via luften og af de åbne havområder. I overvågningsprogrammet indgår også anvendelse af målinger fra alle renseanlæg for spildevand og fra vandværkernes indvindingsboringer. DMU har det overordnede ansvar for hele overvågningsprogrammet. Styringen sker i Aftaleudvalget, der har repræsentanter fra alle de myndigheder, som udfører overvågningen.

For hvert delprogram er der et såkaldt *fagdatacenter*. Fagdatacentrene er ansvarlige for overvågningsprogrammets faglige niveau, herunder metodeudvikling, databehandling og kvalitetssikring. Fagdatacentrene laver også en landsdækkende sammenstilling af data og en årlig, faglig rapportering af overvågningsresultaterne. Miljøstyrelsen er fagdatacenter for punktkilder, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) for grundvand, mens DMU er fagdatacenter for de øvrige områder. DMU er desuden ansvarlig for, at der bliver lavet en årlig sammenfatning af resultaterne fra overvågningsprogrammet.

Information om overvågningsresultater

Resultaterne fra amternes vandmiljøovervågning bliver i vidt omfang offentliggjort som forureningskort eller rapporter om vandmiljøets tilstand. Disse rapporter dækker fra enkelte vandområder, fx en sø, til store områder, fx Gudenåens vandsystem eller Limfjorden. Rapporterne har ofte fået fyldig omtale i pressen, så resultaterne er blevet formidlet til ikke blot politikerne, men også til interesserede borgere. Denne alment udbredte viden om de aktuelle miljøproblemer har været et vigtigt element i beslutningsprocesserne vedrørende indsats mod forurening.

Resultaterne fra Det Nationale Overvågningsprogram bliver dels offentliggjort af amterne dels bearbejdet til sammenfattende, landsdækkende rapporter af DMU, GEUS og Miljøstyrelsen. Hvert år bliver en sammenfattende rapport forelagt Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg. Siden sidst i 1990'erne er alle rapporter lagt på internettet, og alle rapporter helt fra overvågningsprogrammets start i 1989

kan findes på DMU's hjemmeside www.dmu.dk under Udgivelser/Faglige rapporter.

Offentliggørelsen af overvågningsresultater og konklusioner muliggør, at offentligheden, politikere og faglig ekspertise fx på universiteter og i interesseorganisationer har mulighed for kritisk at vurdere de konklusioner, som myndighederne drager ud fra overvågningsresultaterne.

Endelig giver overvågningen af det danske vandmiljø et vigtigt datamateriale, som udnyttes videnskabeligt til at øge vores viden om sammenhængene i naturen. Dermed forbedres i sidste ende grundlaget for at træffe politiske beslutninger om miljøindsats.

Lovgrundlag for miljøindsats

Indsats mod vandforurening var før Miljøbeskyttelsesloven fra 1974 rettet mod at afhjælpe konkrete og lokale forureningspåvirkninger. Med Miljøbeskyttelsesloven blev det slået fast, at "stoffer, der kan forurene vandet, ikke må tilføres vandløb, søer eller havet". Herfra er dog undtaget spildevand, forudsat at det er rensat tilstrækkeligt.

Recipientkvalitetsplaner og spildevandsplaner

Med Miljøbeskyttelsesloven indførtes også en miljøplanlægning. Amterne fastsatte i deres regionale planer miljøkvalitetskriterier for de enkelte vandområder og skulle ved godkendelse af de kommunale spildevandsplaner sikre en tilstrækkelig rensning til, at miljømålene kunne nås.

Denne planlægning førte til en udbygning af renseanlæggene i 1970'erne og 1980'erne, især af anlæg med udledning til ferske vande og lukkede fjorde. Stærkt forurenede vandløbsstrækninger blev sjældnere, og fosfortilførslen til søerne blev mindsket. Den amtslige miljøplanlægning førte derimod ikke til en indsats mod forurening af de mere åbne havområder, fordi det her er nødvendigt at inkludere forureningsbidrag fra landbrug og atmosfæren.

Nationale vandmiljøplaner

Øgede næringssalttilførsler, iltsvind og fiskedød i de indre farvande førte til, at Folketinget i 1987 vedtog Vandmiljøplan I (VMP I). Medvirkende var også et øget nitratinhold i grundvandet i store dele af landet. For at modvirke disse forureningspåvirkninger vedtog Folketinget, at udled-

ningerne af kvælstof- og fosforforbindelser til det danske vandmiljø skulle mindskes med henholdsvis 50% og 80% i forhold til niveauet midt i 1980'erne.

Kvælstofudledningerne skulle især mindskes ved en bedre kvælstofhusholdning på dyrkede arealer og ved kvælstoffjernelse på store renseanlæg. Fosforreduktionen skulle opnås ved fosforfjernelse på renseanlæg for mere end 5.000 personer og ved ophør af ulovlige udledninger fra landbrugsejendomme (møddingsvand mv.).

Reduktionsmålene i VMP I blev fastholdt i VMP II i 1998. I VMP III, der blev vedtaget i 2004, er målet en yderligere reduktion af kvælstofudvaskningen på 13% i forhold til 2003. Desuden indeholder VMP III også foranstaltninger, som skal mindske fosfortilførslen fra dyrkede arealer.

Processen bag beslutninger om miljøindsats

De konkrete foranstaltninger mod miljøpåvirkning er normalt ikke nærmere angivet i lovene. Beslutninger om de konkrete foranstaltninger træffes i stedet ud fra resultaterne af overvågningen og ud fra den generelle viden om natur- og miljøforhold i vandområderne. Især to aspekter er vigtige i denne beslutningsproces:

- Ud fra viden om de fysisk-kemiske og biologiske forhold i vandområdet vurderer myndigheden, om målsætningen for vandområdet er opfyldt.
- Hvis målsætningen ikke er opfyldt vurderer myndigheden, hvilke foranstaltninger der vil kunne føre til målopfyldelse. Det sker ud fra opgørelser af forureningskilder og ud fra forholdene i vandområdet.

I figur 1-4 er det illustreret, hvorledes viden om vandområders miljøtilstand og om forureningskilder indgår i beslutninger om indsats mod forureningen. Størstedelen af denne viden er som tidligere nævnt skaffet gennem overvågning af forureningskilder og vandområder.

Data for miljøtilstand og forureningsbelastning (1) er grundlaget for at kunne foretage miljøvurderingerne, men måledata i sig selv er ikke nok. De skal bruges til at lave de nødvendige beskrivelser af miljøtilstanden, og af hvilke miljøforbedringer der kan opnås ved mulige foranstaltninger (2). Derved får beslutningstagerne og befolkningen

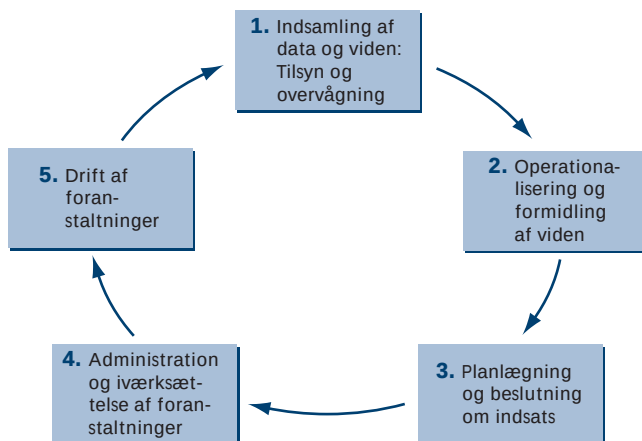
Figur 1-3
Stærk forurening med organisk stof giver opvækst af store bakteriekolonier i vandløb, de såkaldte "lam-mehaler" (tilløb til Karl Sø).

Foto: Jens M. Andersen.



Figur 1-4

Oversigt over, hvordan data og viden fra overvågningsprogrammerne anvendes i den beslutningsproces, der ligger bag indsatsen mod forurening.



mulighed for at tage stilling til, hvilke foranstaltninger og hvilke ressourcer man ønsker at anvende (3). Målsætninger for vandområderne fastsættes under hensyntagen til de samfundsmæssige og tekniske muligheder og ud fra politiske prioriteringer på både nationalt og internationalt plan.

Når beslutning om en bestemt miljøindsats så er truffet, skal der ske den nødvendige sagsbehandling og administration for at gennemføre de nødvendige renseforanstaltninger, adfældsændringer eller produktionsændringer (4). Det er en proces, der oftest vil vare adskillige år, og den skal naturligvis følges op, så foranstaltningerne fortsættes, fx driften af renseanlæg (5). I de to sidste processer (4 og 5) er tekniske aspekter dominerende.

Endelig skal tilsyn og overvågning efterfølgende bruges til at afklare, om miljøindsatsen gav de forventede resultater. Overvågningen skal også bruges til at vurdere, om der er behov for at justere på målsætning og indsats. Dermed er vi tilbage ved starten af beslutningsprocessen i figur 1-4.

Specifik eller generel regulering

Der er en karakteristisk forskel på, hvordan resultaterne fra amternes almindelige tilsyn og overvågning og resultaterne fra Det Nationale Overvågningsprogram anvendes. De amtslige målinger har i høj grad været rettet mod et konkret og stedfæstet miljøproblem, og måleresultaterne bruges til at fastlægge problemets omfang og virkningen

af mulige foranstaltninger herimod. Resultaterne bruges derfor som en del af grundlaget for en amtslig politisk beslutning om indsats.

Modsat er den nationale overvågning rettet mod at følge de nationale målsætninger, langtidsudviklinger, geografisk betingede forskelle og nationale opgørelser af forureningskilder og transport af næringssalte gennem vandets kredsløb. Resultaterne er ikke egnede til beslutning om regulering af enkelte forureningskilder, men derimod et grundlag man kan foretage mere generelle reguleringer og evt. justeringer af lovgivningen ud fra. De er fx brugt til regulering af dyrkningsforhold og håndtering af husdyrgødning, og i princippet er beslutningsprocessen den samme som vist i figur 1-4.

Vidensbehov

Beslutningscirklen i figur 1-4 er enkel i princippet, men kvaliteten af det politiske beslutningsgrundlag afhænger af den viden, man har om sammenhængene mellem miljøindsats og miljøtilstand.

Den samlede vandmiljøovervågning har især bidraget til konkret viden om:

- Næringssaltbidraget fra de forskellige samfundsaktiviteter og disses udøvelse.
- Sammenhænge mellem næringssalttab fra en aktivitet og næringssaltindhold i de forskellige typer af vandområder.
- Miljøforholdene i de forskellige typer af vandområder ved forskellige belastninger med næringssalte og organisk stof, herunder modeller for sammenhænge mellem forureningsbelastning og miljøtilstand.



Forureningskilder



For at kunne mindske et vandområdes forurening må man vide, hvor stort et forureningsbidrag, det pågældende område modtager fra de enkelte menneskeskabte forureningskilder. Samtidig skal man vide, hvor stor stoftilførslen ville være uden forurening. Foto af Søholt Renseanlæg, Silkeborg.

Foto: Silkeborg Kommune.

Samlet oversigt

I tabel 2-1 vises en samlet opgørelse over de danske kilder, hvorfra letnedbrydeligt organisk stof, kvælstof (N) og fosfor (P) ledtes til de danske vandområder i 2003. Tilførslen af fosfor og organisk stof kommer fra mange kilder: naturen selv, de forskellige typer spildevand og dyrkede arealer. Derimod kommer størstedelen af kvælstoffet fra de dyrkede arealer.

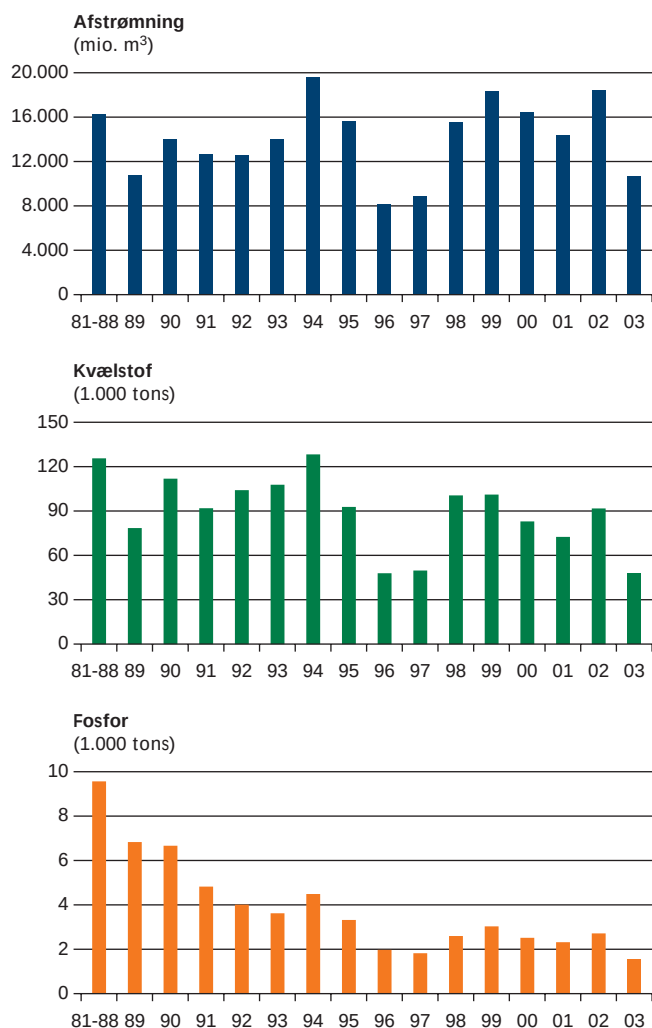
Den landsdækkende kildeopgørelse giver et generelt overblik over, hvor meget vandområderne samlet modtager fra den enkelte kildetype. Den viser derimod ikke, hvor meget de enkelte typer vandområde modtager. Tabel 2-1 omfatter ikke luften og havstrømmene, selv om de er vigtige transportveje for de åbne havområder; luften omtales senere i dette kapitel, og havstrømmene omtales i kapitel 7.

Tabel 2-1

Tilførsel af organisk stof og næringssalte fra forskellige typer af danske kilder til vandområder i Danmark i 2003. Forurening, som tilføres et givet vandområde med luften eller med havstrømme, er ikke medtaget i denne oversigt. Den naturbetingede tilførsel er den tilførsel, der ville være uden spildevandsudledninger og dyrkning af jorden. Dyrkningsbidraget er den forøgelse af udvaskningen fra jorden, der sker som følge af dyrkning.

Kilde 2003	Organisk stof (B ₁₅ , tons pr. år)	Kvælstof (tons pr. år)	Fosfor (tons pr. år)
Spildevand			
Kommunale renseanlæg	2.300	3.614	404
Regnbetingede udledninger	ca. 1.000	685	172
Spildevand fra spredt bebyggelse	3.700	957	218
Industri	3.800	509	33
Ferskvandsdambrug	3.100	1.119	90
Saltvandsdambrug	4.700	296	32
Landbrug			
Dyrkningsbidrag	2.300	40.100	440
Naturbetinget tilførsel	5.600	5.400	240
I alt	26.500	52.680	1.629

Den samlede udledning fra alle forureningskilderne er blevet mindre, siden Vandmiljøplan I blev iværksat i 1987. Det kan man se af figur 2-1, der viser den samlede transport af næringssalte fra land til havområder. For fosfors vedkommende skyldes faldet alene den effektive rensning af spildevand, men for kvælstofs vedkommende først og fremmest, at udvaskningen fra dyrkede arealer er blevet mindre.



Figur 2-1
Ferskvandsafstrømningen og den samlede tilførsel af kvælstof og fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger til havområder for hvert år i perioden 1989-2003 samt et gennemsnit for perioden 1981-1988.

I regnrige år bliver den samlede udledning større end i tørre år, især fordi udvaskningen af næringssalte fra jorden er større. Korrigerer man tallene for sådanne klimabetingede variationer er den mængde kvælstof, der løber ud i havområderne, faldet med ca. 43 % fra 1989 til 2003 og mængden af fosfor med 81 % i samme periode.

Stofomsætning- og tilbageholdelse

Det letnedbrydelige organiske stof, der udledes med spildevand, forurener kun i nærområdet omkring udledningen, fordi det hurtigt nedbrydes. Kvælstof og fosfor kan derimod transporteres med vandet over lange afstande. Det er dog ikke alt kvælstof og fosfor, der når frem til havet. I oversvømmede ådale, i søer og i fjorde sker der nemlig en betydelig bundfældning og omsætning.

Det gælder især i områder, hvor vandet opholder sig længe. For eksempel eksporterer Roskilde Fjord, hvor vandet har en opholdstid på ca. 90 dage, kun 10-20 % af det tilførte kvælstof og fosfor videre til Isefjord, mens Randers Fjord med en opholdstid på kun ca. 5 dage eksporterer 80-90 % af kvælstoffet og ca. 100 % af fosforen ud i Kattegat.

En del af det kvælstof, der tilbageholdes i fjordene, forsvinder ved at nitrat i fjordbunden omdannes til atmosfærisk kvælstof, mens resten af det tilbageholdte kvælstof og alt tilbageholdt fosfor lagres i fjordbunden. Af de totale tilførsler fra dansk land til Kattegat og de tilstødende fjorde blev i 2003 knap halvdelen af kvælstoffet og ca. 20 % af fosforen tilbageholdt i fjordene.

Spildevand

Spildevandsforurening af vore vandområder begyndte for over 100 år siden, fordi der blev etableret vandklosetter (WC) og kloaker og en industriel produktion med spildevandsafløb, fx mejerier og slagterier. Forureningen med organisk stof var direkte synlig i vandløbene, og rensning af spildevandet sigtede frem til 1970'erne mod at mindske denne forurening. I 1970'erne og 1980'erne blev den kommunale spildevandsrensning udbygget, så man også kunne fjerne fosfor i oplandene til mange søer og fjorde.

Efter vedtagelsen af Vandmiljøplan I (VMP I) i 1987 blev alle anlæg for mere end 5.000 personer udbygget med vidtgående fjernelse af organisk stof, fosfor og kvælstof.

Udviklingen i renseteknologi har ændret renseanlæggenes karakter fra simple bundfældnings- og luftningsanlæg til noget, der nærmer sig rentvandsfabrikker. Dette har tilskyndet til en centralisering af spildevandsrensningen på færre og færre anlæg. I alt var der 1.240 renseanlæg for mere end 30 personer i 2003, og 94% af alt byspildevand blev rensat på 273 anlæg for mere end 5.000 personer.

Overvågningsprogrammet

I afløbet fra kommunale renseanlæg tages der prøver af vandet, normalt én gang pr. måned, og den udledte vandmængde måles. På renseanlæg for mere end 50.000 personer måles dog mindst 2 gange pr. måned. Udledningerne fra industrier måles på samme måde. Ud fra disse målinger kan den samlede årlige udledning af vand, organisk stof, fosfor og kvælstof fra det enkelte anlæg beregnes med god præcision. For anlæg for under 1.000 personer måles evt. kun 2-4 gange pr. år.

I regnvejr strømmer der vand til vandområderne fra de befæstede arealer i byerne og eventuelle overløb fra kloaksystemerne. Disse regnbetingede udledninger er også forurenende, men det er vanskeligt at måle deres størrelse. De bliver i stedet beregnet ved hjælp af modeller på basis af de kloakerede områders karakter og nedbørsforholdene.

Udledningen fra spredt bebyggelse uden for kloakerede områder bliver også beregnet. Det gøres bl.a. ud fra antallet af beboelser. Endelig bliver udledningerne fra dambrug beregnet ud fra foderforbrug mv.

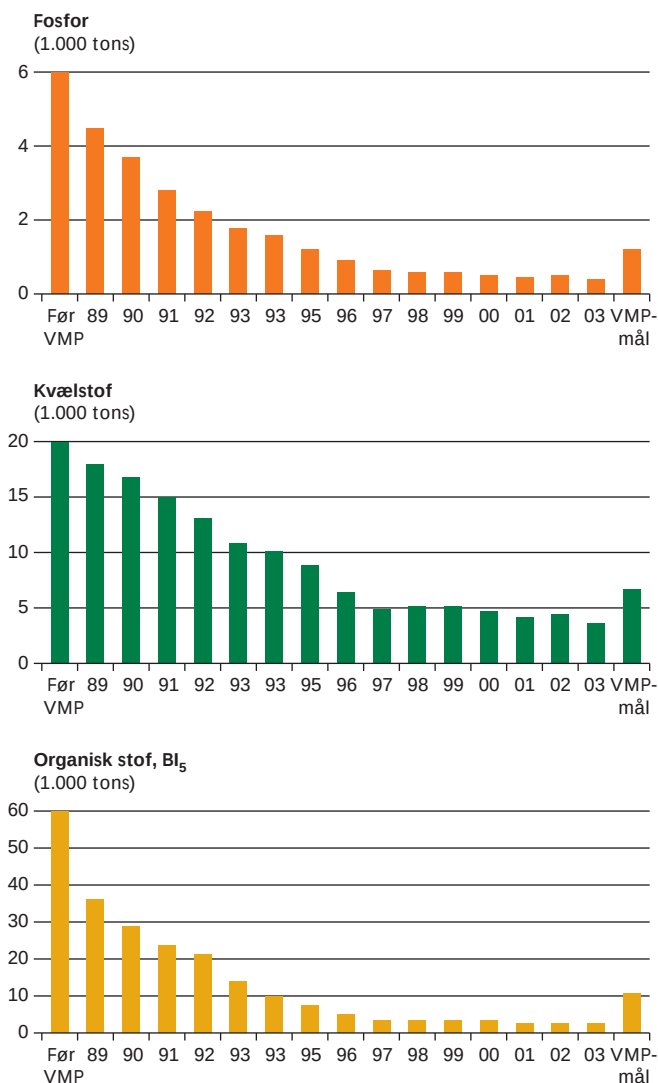
De beregnede udledninger, dvs. de regnbetingede og dem fra hhv. spredt bebyggelse og dambrug, er betydeligt mere usikre end de målte udledninger fra renseanlæg og industri.

	VMP I-krav, anlæg for mere end 5.000 personer (mg pr. liter)	Gennemsnit 2003, alle anlæg (mg pr. liter)
Organisk stof målt som B_5	15	3,8
Kvælstof	8	5,9
Fosfor	1,5	0,66

Tabel 2-2

Vandmiljøplanens generelle krav til kvaliteten af det vand, der løber fra renseanlæg for mere end 5.000 personer og den gennemsnitlige afløbskvalitet i 2003 for alle renseanlæg for mere end 30 personer.

Figur 2-2
Udviklingen i den årlige
udledning af organisk stof
(BI₅), kvælstof og fosfor fra
renseanlæg frem til 2003.
Yderst til højre vises Vand-
miljøplanens mål



Kommunale renseanlæg

Renseanlæggene er udbygget, så de som minimum kan rense spildevandet i overensstemmelse med de generelle krav, der blev fastsat i VMP I i 1987 (tabel 2-2). Især er indholdet af organisk stof i udledningerne langt lavere end de generelle VMP-krav. Også fosforindholdet er generelt betydeligt lavere. At vandet fra renseanlæggene har en bedre kvalitet end VMP I kræver, afspejler, at lokale krav

**Figur 2-3**

Også små renseanlæg kan give en god rensning af spildevand, her Ornum Renseanlæg på Vestsjælland.

Foto: I. Krüger A/S.

ofte er mere vidtgående, og at renseteknologien er blevet forbedret siden 1987.

Figur 2-2 viser udledningen af organisk stof (BI_5), kvælstof og fosfor før Vandmiljøplan I (dvs. midten af 1980'erne) og i årene 1989 til 2003. Desuden kan man i figuren sammenligne disse størrelser med Vandmiljøplan I's mål. Især udledningerne af organisk stof (BI_5) og fosfor er samlet set betydeligt mindre end målene i VMP I. Den reduktion, der har fundet sted fra før Vandmiljøplanens vedtagelse og frem til 2003, er 96 % for organisk stofs vedkommende, 81 % for kvælstofs og 93 % for fosfors.

Gudenåen – et eksempel på udvikling i spildevandsrensning

Udvikling i spildevandsrensning i Gudenåens opland er et illustrativt eksempel på ændringer i perioden 1974-2005. I 1974 blev langt størstedelen af spildevandet kun rensat mekanisk, og det virkede umiddelbart tilfældigt, hvor der herudover var etableret biologisk rensning (figur 2-4).

Derfor fandt der i 1974 en omfattende forurening af vandløbene sted med organisk stof. Og søerne blev forurenet som følge af fosforudledningen med spildevand.

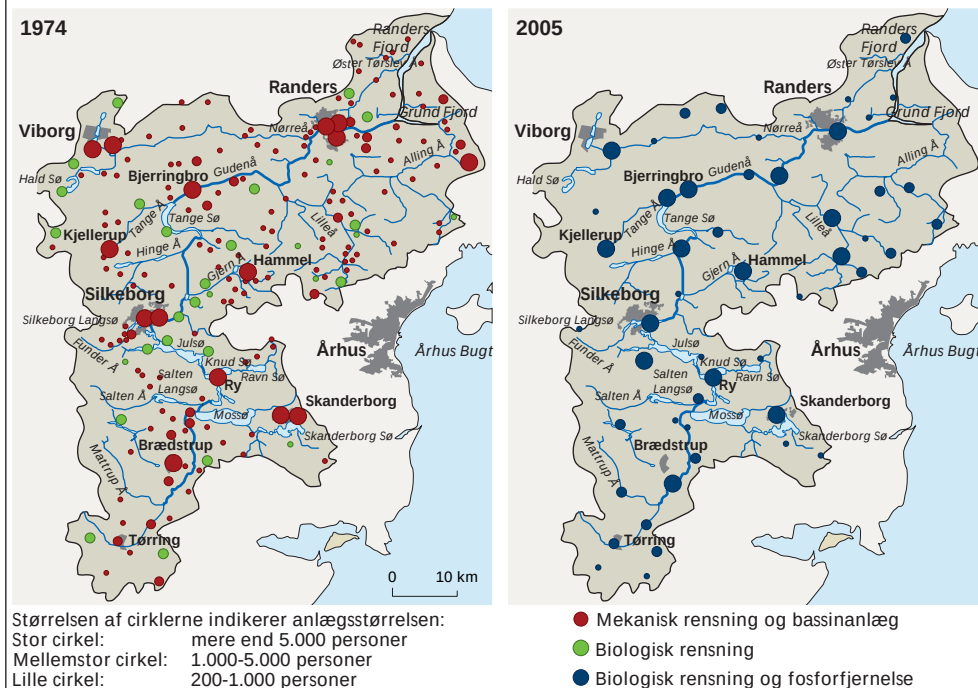
Situationen er markant anderledes i 2005 (figur 2-4). For alle spildevandsudledninger fra mere end 200 personer sker der nu biologisk rensning og fosforfjernelse. Fosforfjernelsen blev først iværksat i oplandene til sårbare søer i 1970'erne. Herefter fulgte fosforfjernelse i alle byer opstrøms Tange Sø for at mindske belastningen af søerne langs Gudenåens hovedløb. Til slut iværksatte man fosforfjernelse i byerne i den nedre del af vandsystemet for at forbedre forholdene i Randers Fjord.

I alle byer er rensgraden for fosfor betydeligt bedre end de generelle landsdækkende krav, fordi søerne og Randers Fjord er langt mere sårbare over for fosfortilførsel end de mere åbne danske havområder, som de landsdækkende krav er fastsat af hensyn til.

For at opfylde målsætningerne har det været nødvendigt at differentiere udlederkravene i Gudenåsystemet.

Figur 2-4

Kort over spildevandsudledninger i Gudenåsystemet i 1974 (tv) og 2005 (th). Renseanlæg og rensningstyper er vist for anlæg for mere end 200 personer. I 2005 har alle anlæg biologisk rensning og fosforfjernelse, og der er langt færre anlæg end i 1974.





Figur 2-5
Cheminova ved Thyborøn producerer pesticider. I 1980'erne udledte virksomheden 1.100 tons fosfor pr. år til Nordsøen. Udledningen er nu reduceret til 5 tons om året.

Foto: Cheminova A/S.

Ved udledning til små vandløb og søer er der således også krav om biologisk rensning og fosforfjernelse på renseanlæg med mindre end 200 personer. Det samme krav gælder for udledninger fra enkeltliggende huse. I disse områder er udlederkravene også skærpet for de større anlæg, fx med særligt vidtgående krav om fosforfjernelse i Skanderborg.

Industrier

I 2003 blev der udledt spildevand fra 179 industrivirksomheder med egen udledning direkte til et vandområde. Især levnedsmiddelindustri og kemisk industri bidrager med udledninger.

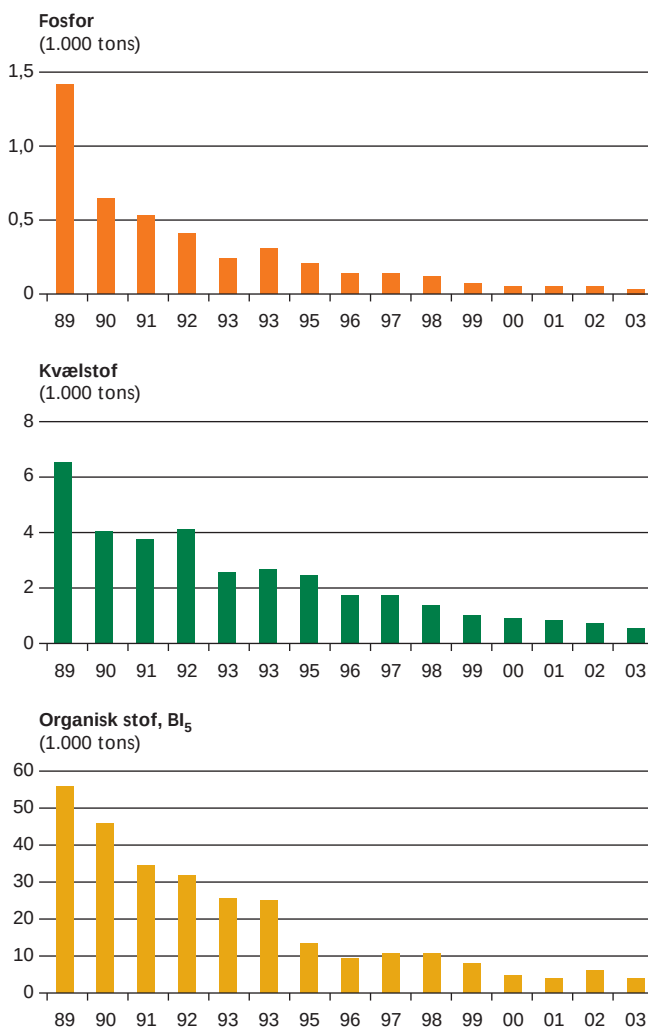
Næsten alle udledninger skete til kystvandene. Det samlede industribidrag var i 2003 på 3.750 tons BI_5 , 509 tons kvælstof og 33 tons fosfor. For fosfor og kvælstof, men ikke for organisk stof, er dette langt mindre end udledningen fra de kommunale renseanlæg (tabel 2-1).

Figur 2-6 viser udvikling i den samlede udledning fra industrier gennem perioden 1989-2003. I perioden er BI_5 mindsket med 93%, kvælstofudledningen med 92% og fosforudledningen med 98%. Størstedelen af disse reduk-

tioner er tilvejebragt gennem ændrede produktionsforhold og spildevandsrensning på virksomhederne. En væsentlig del af reduktionen skyldes dog, at spildevandet ledes til et kommunalt renseanlæg, eller at virksomheden er lukket.

Især bedre spildevandsrensning inden for fiskeindustrien, medicinalindustrien og på sukkerfabrikkerne har gjort udledningen af organisk stof mindre. På fosforsiden spiller især bedre rensning af spildevandet fra Cheminova (pesticidfabrikation) ved Thyborøn og Superfos i Fredericia (gødningsfabrikation) en afgørende rolle.

Figur 2-6
Udvikling i den årlige
udledning af organisk stof
(BI₅), kvælstof og fosfor fra
industri med egen udled-
ning i perioden 1989-2003.



Dambrug

I 2003 havde vi i Danmark opdræt af fisk, især ørred, på 347 ferskvandsdambrug, på 12 saltvandsdambrug med indpumpning af saltvand til anlæg på land og på 23 havbrug, hvor fiskeproduktionen foregår i netbure. De samlede udledninger fra produktionsanlæggene blev beregnet til ca. 120 tons fosfor og 1.400 tons kvælstof (tabel 2-1). Udledningen af organisk stof er blevet beregnet for ferskvandsdambrugenes vedkommende, og her lå den – udtrykt som BI_5 – på 3.100 tons. Konkrete målinger på 150 dambrug i 2003 har dog vist, at de beregnede værdier er større end de målte udledninger.

Dambrugene har de seneste 15 år ændret drifts- og produktionsform. Selv om foderforbruget er faldet fra over 40.000 tons i slutningen af 1980'erne til ca. 30.000 tons i dag, er produktionen af ørred uændret ca. 35.000 tons. Foderkvaliteten er forbedret, så næsten al foderet ædes og udnyttes af fiskene, og der er bygget anlæg, som fjerner fiskenes fækalier og hvor udløbsvandet renses biologisk, fx i biofiltre og plantelaguner.

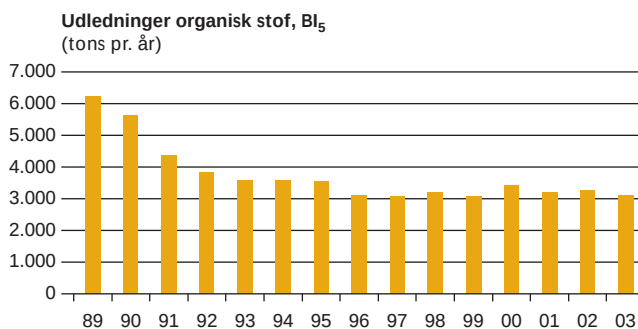
Figur 2-7

Ferskvandsdambrug omdannes i disse år til højteknologiske anlæg, der forurener langt mindre end tidligere (Tingkærvad dambrug).

Foto: Lars M. Svendsen.



Figur 2-8
Udvikling i de beregnede udledninger af organisk stof (BI_5) fra ferskvandsdambrug i perioden 1989-2003. De beregnede udledninger af kvælstof og fosfor har et lignende forløb.



Udledningerne fra ferskvandsdambrug er mindsket siden 1989 med ca. 60 % for fosfors vedkommende og med ca. 50 % for BI_5 's (figur 2-8) og kvælstofs. For saltvandsdambrug og havbrug er der også sket reduktioner, men de er betydeligt mindre end for ferskvandsdambrugenes vedkommende, idet fækalier og foderrester ikke kan renses fra på havbrug.

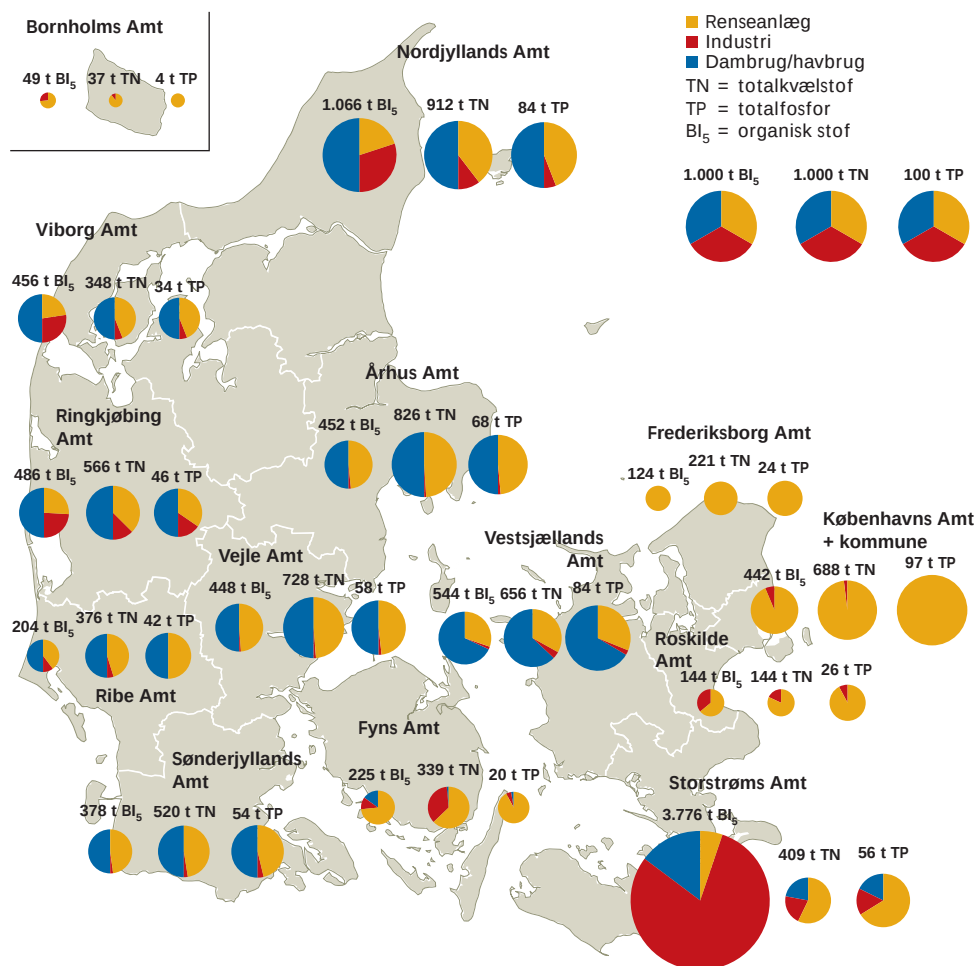
Der gennemføres for tiden forsøg på såkaldte model-ferskvandsdambrug med en miljømæssig forbedring af indretning og drift. Samtidig måles udledningerne fra dambrugene for at skaffe dokumentation for den miljømæssige virkning. Målet med projektet er at dokumentere, om det er muligt at øge produktionen af fisk og samtidig mindske miljøbelastningen.

Spildevandsudledningernes geografiske fordeling

Udledningen fra kommunale renseanlæg følger befolkningstætheden. Industrier med væsentlig spildevandsudledning ligger generelt ud til kysten, så spildevandet kan ledes ud i et område (en såkaldt recipient), hvor det fortyndes godt og derfor er uden stor lokal betydning. Industriudledninger er derfor ikke væsentlige for forureningsforholdene i de ferske vande.

Det samme er naturligvis tilfældet med havbrug og saltvandsdambrug, mens ferskvandsdambrugene alle ligger ved jyske vandløb og derfor kun er et problem her og i de søer og fjorde, som vandet løber ud i.

Opgørelser af udledningerne i 2003 (figur 2-9) viser delvist denne fordeling, men også at de samlede udledninger er nogenlunde jævnt fordelt ud over hele landet.



Figur 2-9

Amtsvis samlet udledning af organisk stof (BI₅), kvælstof og fosfor fra renselanlæg, industri og dambrug i 2003. De samlede udledninger fra hele landet var 8.800 tons BI₅, 6.770 tons N og 695 tons P. Udledningen af organisk stof fra Storstrøms Amt blev formindsket stærkt i slutningen af 2003.

Anvendelse af overvågningsresultaterne

Målingerne på spildevandsudledninger bruges til at afgøre, om de fastsatte udlederkrav er opfyldt for de enkelte udledninger. Desuden opgør man, hvor meget organisk stof, fosfor og kvælstof, der er udledt fra det enkelte renselanlæg eller den enkelte virksomhed. Udlederkrav er juridisk bindende for den ansvarlige for udledningen (kommune eller virksomhed), og den ansvarlige kan retsforfølges, hvis det udledte spildevand er mere forurenet end tilladt.

Oplysningerne om, hvor meget organisk stof, fosfor og kvælstof, der udledes, bruges på to måder. Dels bruges de nationalt til at kontrollere, at vandmiljøplanernes mål vedrørende spildevand opfyldes. Dels bruges de af amterne til at revidere de udlederkrav, der skal til, for at målsætningerne for de enkelte vandområder kan blive opfyldt. Disse revisioner har medført, at spildevand, der løber til søer, små vandløb og lukkede fjorde, oftest skal renses bedre, end de generelle Vandmiljøplankrav kræver.

Landbrug

Kvælstof og fosfor er nødvendige næringsstoffer i landbrugets produktion af både afgrøder og dyr. Stofferne kommer ind i landbruget med gødning og foder, og de fjernes igen med landbrugsprodukterne – animalske såvel som vegetabiliske. Noget af det kvælstof og fosfor, der cirkulerer rundt i "landbrugssystemet", vil uvægerligt gå tabt og ende i vandområderne, men tabet afhænger af driftsforhold og produktionsniveau. I 2003 blev ca. 36% af det tilførte kvælstof og 52% af det tilførte fosfor fjernet igen med landbrugsprodukterne. Den resterende del blev indbygget i jorden eller tabt til omgivelserne.

I modsætning til kvælstof og fosfor er landbrugets tab af organisk stof til vandområderne lille, efter at udledning af møddingsvand mv. er bragt til ophør.

Landbruget som kvælstofkilde

En del af det kvælstof, der spredes ud på markerne som gødning, bliver vasket ud af jorden med nedbør og ender i grundvandet og vandløbene. Dette kvælstof findes bundet i nitrat. Udvaskningen er størst, når der både er et betydeligt nedbørsoverskud med deraf følgende vandbevægelse ud af rodzonen og et højt indhold af kvælstof i jordvæskens. Udvaskningen er størst i vinterperioden, fordi der da dels er nedbørsoverskud, og dels ikke er en tilstrækkelig plantevækst til at optage kvælstoffet.

Landbruget taber også kvælstof bundet i ammoniak fra husdyrene og deres gødning. Dette ammoniak-kvælstof fordampes til atmosfæren, og noget af det ender i vandområderne; se nærmere side 42.

Endelig skal det nævnes, at en del kvælstof tabes fra landbruget i form af frit kvælstof (N_2). Det opstår i iltfrie

områder, hvor særlige bakterier skiller nitratsens ilt og kvælstof fra hinanden. Processen giver dog ikke anledning til forurening, for frit kvælstof er uskadeligt. Faktisk er processen, som kaldes denitrifikation, en miljømæssig gevinst, fordi den fjerner nitrat, som ellers kunne risikere at blive udvasket.

Landbruget som fosforkilde

Jorden har gennem de sidste 50 år fået tilført mere fosfor, end der er fjernet med afgrøderne. Derfor er jordens fosforindhold steget stærkt i denne periode, men udvaskningen er ikke steget i samme grad. Det skyldes, at fosfor bindes til lerpartikler og jernforbindelser. Der er dog en grænse for, hvor meget fosfor der kan bindes, og overskrides denne såkaldte fosforbindingskapacitet, vil udvaskningen stige dramatisk.



Figur 2-10
Overfladisk afstrømning efter stærk nedbør kan transportere store mængder af jord og fosfor ud i vandområderne.

Foto: Jens M. Andersen.

Landbruget fungerer som fosforkilde for vandområderne, når kraftig nedbør skyller jordpartikler til dræn eller vandløb, eller når vandløbene gnaver sig ind i brinkerne. Endelig kan fosfor transporteres fra bare marker ud i vandområder ved jordfygning.

Fælles for disse forhold er, at tabene vokser ved øget fosforindhold i jorden, og at de kan nedsættes af et tæt, vedvarende plantedække.

Overvågningsprogrammet

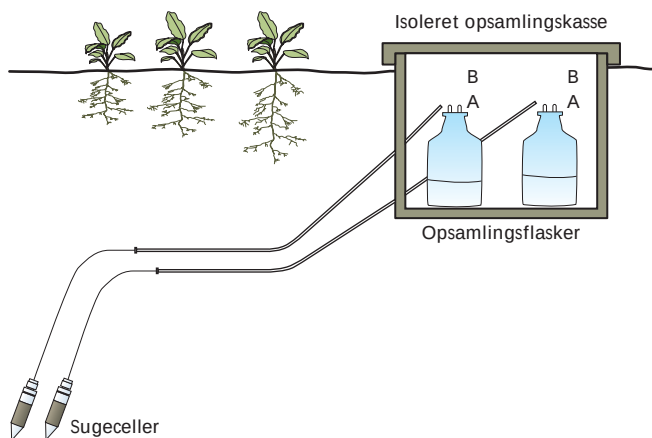
Overvågning af udvaskningen fra dyrkede arealer er koncentreret om nitratudvaskningen i 5 landbrugsdominerede vandløbsoplande på ca. 10 km². Områderne har ingen spildevandsudledning fra byer, og derfor kan måleresultaterne i overvejende grad henføres til landbrugsdriften i områderne. 3 af de 5 oplande er lerjordsområder i Østdanmark, og 2 af dem er sandjordsområder i Vestdanmark (figur 3-2). Områderne repræsenterer samtidig de almindelige brugstyper, kvægbrug, svinebrug og plantebrug.

I de 5 oplande måles udvaskningen af nitrat på i alt 32 lokaliteter. Der udtages vandprøver i 1 m's dybde én gang om ugen i sugeceller, hvorfra der ved undertryk suges jordvand op i en opsamlingsbeholder til analyse (figur 2-11). Dette vand repræsenterer det vand, der forlader rodzonen. Udvasningen fra oplandene som helhed beregnes herefter ved hjælp af matematiske modeller for udvask-

Figur 2-11

Opsamlingsystem for vandprøver til bestemmelse af udvaskning af næringssalte fra marker. Der er undertryk i opsamlingsflaskerne, der står i en brønd på marken. Derved suges der efterhånden vand gennem sugecellerne ind i flaskerne. Det opsamlende vand analyseres, og udvaskningen beregnes bl.a. herudfra.

Foto: Kathe Møgelvang.



ning. I disse beregninger bruges oplysninger om landbrugspraksis på hver enkelt mark i oplandene (fx afgrøde og gødskning) samt oplysninger om jordtype og klima.

For at undersøge stoffernes videre transport ned i jorden er der på de samme lokaliteter sat grundvandsfiltre i 1½, 3 og 5 m's dybde. Seks gange om året, og når grundvandet står over disse filterdybder, tages der vand ud til analyse. For at opgøre, hvor meget kvælstof og fosfor, der transporteres ud af området, suppleres disse undersøgelser med prøver fra dræn og vandløb.

Overvågningsresultaterne

Figur 2-12 viser udviklingen i det gennemsnitlige nitratindhold i rodzonevandet i de overvågede lerjords- og sandjordsoplande. Der er betydelige år-til-år-variationer, fordi udvaskningen er stærkt afhængig af nedbøren det enkelte år. Når der korrigeres for nedbørsvariationer (egentligt vandafstrømningsvariationer), er kvælstofindholdet i rodzonevandet mindsket med ca. 38 % for lerjordene og ca. 50 % for sandjordene fra 1990 til 2003.

Figuren viser også nitratindholdet i det øvre grundvand i 1½-5 m's dybde. Der er et betydeligt fald i nitratindholdet fra vandet forlader rodzonen, til det når ned i det øvre grundvand. Det skyldes den tidligere omtalte denitrifikation.

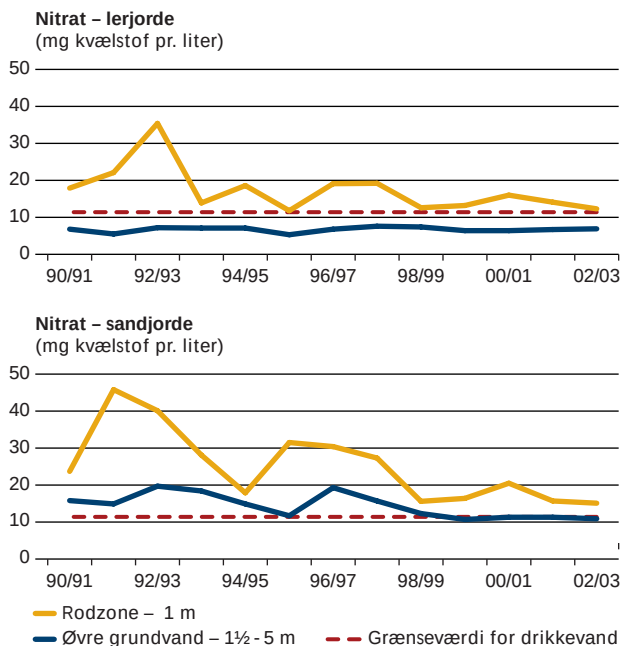
Det gennemsnitlige nitratindhold i rodzonevandet har i hele perioden ligget over EU's krav til drikkevand. Der er dog tendens til, at indholdet nærmer sig denne grænseværdi. I det øvre grundvand under lerjord har indholdet ligget under grænseværdien for drikkevand i hele perioden, og under sandjord har indholdet siden 1999/2000 ligget på niveau med grænseværdien for drikkevand.

Modelberegninger af udvaskningen af nitrat fra rodzonen fra alle markerne i overvågningsområderne viser for perioden 1990-2003 et fald på 42 og 52 % for henholdsvis sandjordene og lerjordene (figur 2-13). Denne beregnede udvaskning er meget tæt på de målte reduktioner, der er vist i figur 2-12.

Tabet af fosfor fra markerne kan ikke måles på samme måde som kvælstoftabet, fordi fosfortabet overvejende sker ved udskylning af jordpartikler gennem dræn og ved overfladeafstrømning.

Figur 2-12

Udviklingen i det gennemsnitlige indhold af nitrat i rodzonevand og i det øvre grundvand i tre lerjords- og to sandjordsoplande i perioden 1990/91 til 2002/03.

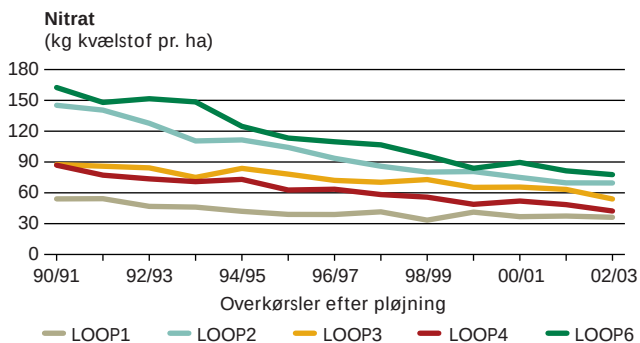


Anvendelse af overvågningsresultaterne

Resultater og vurderinger baseret på overvågningen af landbruget som kilde til næringssalte har især været brugt i forbindelse med gennemførelsen af EU's Nitratdirektiv, i den nationale miljøregulering af landbrugsdriften i vandmiljøplanerne og regionalt ved amternes VVM-vurdering af husdyrbrug.

Figur 2-13

Modelberegnet udvaskning af nitrat ved gennemsnitsklima for de 5 landovervågningsoplande (LOOP) 1990-2003.



Boks 2

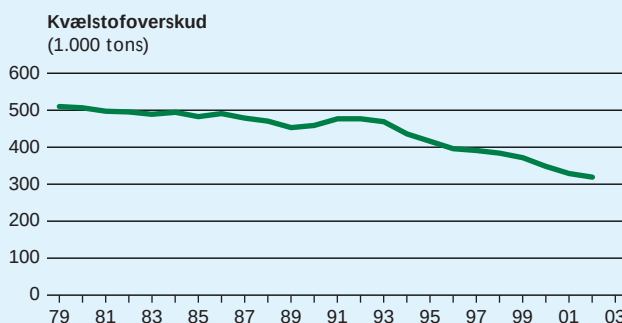
Årsagerne til at nitratudvaskningen er mindsket

Nitratudvaskningen fra dyrkede marker er mindsket af tre grunde:

- fordi den samlede gødningsmængde er mindsket,
- fordi husdyrgødningen udnyttes mere effektivt, og
- fordi markdrift tilrettelægges for at mindske tab.

Faldet i gødningsmængderne kan ses af de landsdækkende næringssaltbalancer for markdriften. De viser et fald i det årlige overskud af kvælstof og fosfor siden 1980 (se figur). Overskuddet er opgjort som forskellen mellem de samlede tilførsler til markerne (gødning, tilførsel fra luften og kvælstoffiksering) minus de med afgrøderne fjernede mængder. Selv om den samlede gødningsmængde er mindsket, er der ikke sket et fald i landbrugsproduktionen.

Forskellen mellem til- og fraførsler af kvælstof for de dyrkede arealer i Danmark for perioden 1980-2002.



Der er sket en væsentlig forbedring af husdyrgødningens anvendelse siden 1990, fordi en stigende del af gødningen udbringes om foråret og sommeren, når planterne kan udnytte den, og fordi man bruger forbedrede udbringningsteknikker som nedfældning og slæbeslanger (se tabel). På husdyrbrug er der dog stadig et stort markoverskud, dvs. at der tilføres betydeligt større mængder næringssalte til marken end der fjernes med afgrøden.

Markdrift og afgrødevalg er ændret. En stor del af markerne er efterhånden bevokset med afgrøder, der kan optage kvælstof en stor del af året. Det har mindsket nitratinholdet i jorden om vinteren og dermed også udvaskningen.

Nøgleforhold for anvendelse af husdyrgødning i landovervågningsoplande i 1990 og 2003.

	1990	2003
Forårsudbringning af husdyrgødning, % af den samlede udbringning	55	91
Udbringning med slæbeslanger eller nedfældning, % af den flydende husdyrgødning	8	84



Figur 2-14
Udvaskningen af kvælstof fra de dyrkede marker er mindsket som følge af ændret landbrugspraksis. Også tabet af ammoniak fra dyrehold til atmosfæren er mindsket. Derimod er tabet af fosfor til vandområderne ikke mindsket (udsigt fra Ejer Bavnehøj).

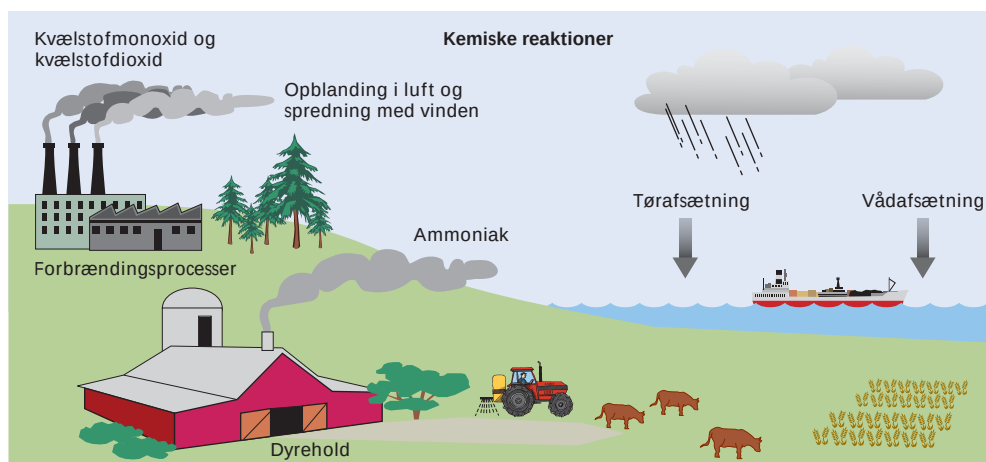
Foto: Jens M. Andersen.

I de årlige rapporter fra 1995-1997 med resultater af overvågningen konkluderede Danmarks Miljøundersøgelser, at det med de dengang fastsatte tiltag ikke ville være muligt at nå Vandmiljøplanens mål om en 50 %'s reduktion af kvælstofudvaskningen. Med Vandmiljøplan II fra 1998 (VMP II) besluttede Folketinget derfor yderligere indsats. På tilsvarende vis var overvågningsresultaterne en forudsætning for evalueringen af VMP II i 2003 og gav en vigtig baggrundsviden til Vandmiljøplan III i 2004 (VMP III).

Et formål med VMP II var også at opfylde EU's Nitratdirektiv. Den intensive overvågning af landbruget har tydeligt dokumenteret virkningerne af den danske miljøindsats. På den baggrund har Danmark fået en undtagelse fra Nitratdirektivets krav, der gælder frem til 2008. Direktivet kræver, at der maksimalt må tilføres 170 kg kvælstof pr. ha med husdyrgødning. Undtagelsen giver imidlertid tilladelse til, at kvægbrug med mere end 70 % grovfoderareal må anvende op til 230 kg kvælstof pr. ha i husdyrgødningen. Undtagelsen har således muliggjort en højere produktion på kvægbrug.

Atmosfæren

De danske farvande modtager årligt ca. 120.000 tons kvælstof fra atmosfæren. Forureningen med kvælstof fra atmosfæren er dermed meget vigtig for havområderne, men for vandløbene og de fleste søer er denne kilde ubetydelig.



De mange tons kvælstof stammer fra menneskets basale daglige aktiviteter: forbrug af energi og produktion af mad. I figur 2-15 skitseres kvælstofs vej fra produktion af energi og mad til afsætningen i farvandene.

Luften indeholder også fosfor fra menneskets aktiviteter. I forbindelse med afbrænding af fossile brændsler, markafbrænding m.m. tilføres luften bl.a. fosfatholdige partikler. Men i sammenligning med kvælstof er det meget små mængder, der er tale om. De bedste skøn viser, at afsætningen af fosfor fra luften er langt under en hundrededel af kvælstofafsætningen, og i det følgende har vi derfor valgt alene at beskrive afsætningen af kvælstof.

Hvor kommer kvælstoffet fra?

En stor del af atmosfærens kvælstofindhold stammer fra forbrændingsprocesser. Ved alle typer forbrænding produceres der nemlig iltede kvælstofgasser kaldet kvælstofmonoxid (NO) og kvælstofdioxid (NO_2). Energiproduktion, transport, industriproduktion m.m. fører derfor til udslip af store mængder af disse to gasser (tabel 2-3). Hovedparten slippes ud som kvælstofmonoxid, som i løbet af ganske kort tid omdannes til kvælstofdioxid, der er en sundhedsskadelig gas. Høje koncentrationer af kvælstofdioxid kan derfor give anledning til sundhedsproblemer i byer med tæt biltrafik.

En del af kvælstofdioxiden bliver afsat på jord- eller vandoverflader, og her bliver den omdannet til nitrat.

Figur 2-15

Kvælstof slippes ud fra forbrændingsprocesser og landbrug og transporteres afsted med vinden. Samtidig bliver det opblandet i den nederste del af atmosfæren og omdannes til andre kvælstof-forbindelser ved de kemiske reaktioner her. Til sidst afsættes kvælstoffet igen; enten vaskes det ud af luften med regn, hvilket kaldes vådafsætning, eller også afsættes det via luftens kontakt med fx vandoverflader. Dette kaldes tøraf sætning.

Tabel 2-3

Danske udslip af kvælstofilter til luften i 2003.

Oprindelse	Mængde kvælstof i kvælstofilter (tons pr. år)
Transport	23.600
Energiproduktion	19.600
Industri og byggeri	7.500
Andre kilder	12.800
Samlet udslip	63.500



Figur 2-16

Den sorte tragt opsamler nedbøren fra et areal på 314 cm². Nedbøren ledes ned i en 2 liters opsamlingsflaske placeret inde i det lyseblå rør. Hver halve måned skiftes opsamlingsflasken, og indholdet af kvælstof måles. Nedbørsmængden bestemmes ved vejning.

Foto: Thomas Ellermann.

Afsætningen sker enten via luftens kontakt med planter, jord eller vand, hvilket kaldes tøraftsætning, eller i forbindelse med nedbør, hvilket kaldes vådaftsætning. Resten af kvælstofdioxiden deltager i de kemiske reaktioner i luften og omdannes til salpetersyre (HNO₃) og forskellige nitratsalte (fx ammoniumnitrat, NH₄NO₃) i luftens partikler. Disse afsættes kun meget langsomt, og nitrat kan derfor transporteres 500-2.000 km i luften, inden det afsættes på jord- eller vandoverflader.

En anden del af det kvælstof, der kommer op i atmosfæren, stammer fra landbrugsproduktionen. Som tidligere nævnt sker der nemlig en vis fordampning af ammoniak fra husdyrene og deres gødning (tabel 2-4). Op mod en tredjedel af ammoniakken afsættes igen inden for 3-5 km fra kilderne.

Tabel 2-4

Udslip af ammoniak i 2003 fra dansk landbrug og transport.

Oprindelse	Mængde kvælstof i ammoniak (tons pr. år)
Stalde og lagre af husdyr-gødning	37.300
Udbringning af husdyr-gødning	20.300
Handelsgødning	4.400
Afgrøder	11.500
Afgræsning	2.300
Halmludning	600
Trafik	2.000
Samlet udslip	80.400

Resten blandes op i den nedre del af atmosfæren, hvor en stor del omdannes kemisk til ammoniumsalte i luftens partikler.

Navnlig dannes meget ammoniumsulfat $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ via reaktion mellem ammoniak og sure sulfatholdige partikler. Ammonium i luftens partikler kan ligesom nitrat transporteres over store afstande, før det bliver afsat igen via tør- eller vådafsætning.

Afsætning af kvælstof fra luften skyldes derfor såvel kvælstof, som afsættes i lokalområdet tæt på kilderne, som grænseoverskridende luftforurening fra store dele af Europa. En mindre del af ammoniakken kommer fra andre aktiviteter, som det ses af tabel 2-4.

Overvågningsprogrammet

I overvågningsprogrammet bestemmer Danmarks Miljøundersøgelser afsætning af kvælstof i vandmiljøet ved en kombination af målinger og modelberegninger.

Målingerne, der er foretaget siden slutningen af 1980'erne, foretages ved 9 målestationer fordelt over hele landet (figur 2-17). Vådafsætningen af kvælstof måles ganske simpelt ved at indsamle nogle nedbørsprøver, som efterfølgende i laboratoriet analyseres for indholdet af nitrat og ammonium.



Figur 2-17
Måling af kvælstofafsætningen foretages ved ni målestationer placeret på udvalgte lokaliteter; typisk i en lille skov, på en ø, en kyststrækning eller en hede. Herved undgås påvirkning fra meget lokale kilder.

Figur 2-18
Filterpack-opsamleren fungerer ved, at der for enden af hvert rør er placeret en filterholder med tre filtre. I løbet af et døgn suges 58 m³ luft igennem filterholderen, således at luftens kvælstofgasser og kvælstofholdige partikler fanges på de tre filtre. Filterpack-opsamleren skifter automatisk mellem de otte filterholdere. Efter en uge analyseres filtrene for mængden af opsamlede kvælstofforbindelser.

Foto: Lone R. Christensen.

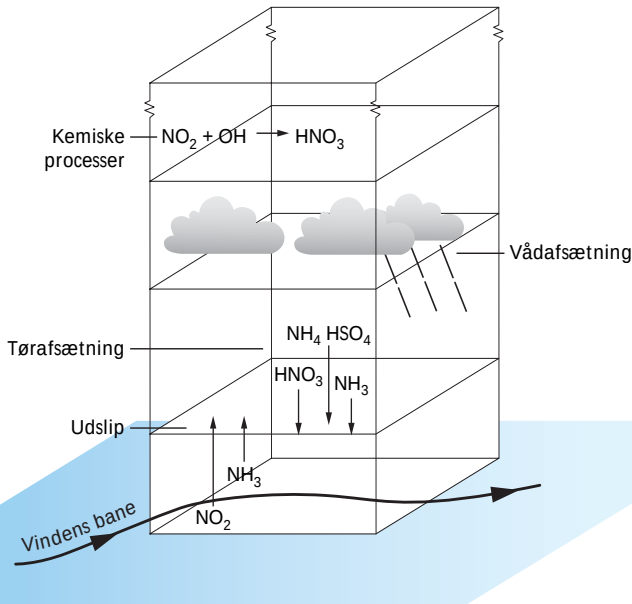
Tøraftsætningen bestemmes ved først at måle luftens indhold af de mange forskellige kvælstofforbindelser. Ud fra disse oplysninger kan afsætningen beregnes, når man også kender de meteorologiske forhold og den såkaldte tøraftsætningshastighed, som angiver, hvor hurtigt de forskellige kvælstofforbindelser kan afsættes på vandoverflader.

Der benyttes flere forskellige metoder til bestemmelse af luftens kvælstofindhold. Figur 2-18 viser den såkaldte filterpack-opsamler. I løbet af et døgn suges 58 m³ luft gennem en stribe filtre, som fanger luftens kvælstofholdige gasser og partikler. Filtrene analyseres i laboratoriet for bl.a. ammonium og nitrat.

Modelberegninger bruges til at finde ud af, hvor meget kvælstof, der afsættes i de områder, hvor der ikke måles.

Der anvendes store matematiske modeller, som kan beskrive, hvordan luften transporteres rundt, og hvor meget og hvornår det regner, samtidig med at de kan holde styr på luftforureningen. Figur 2-19 viser en skitse af



**Figur 2-19**

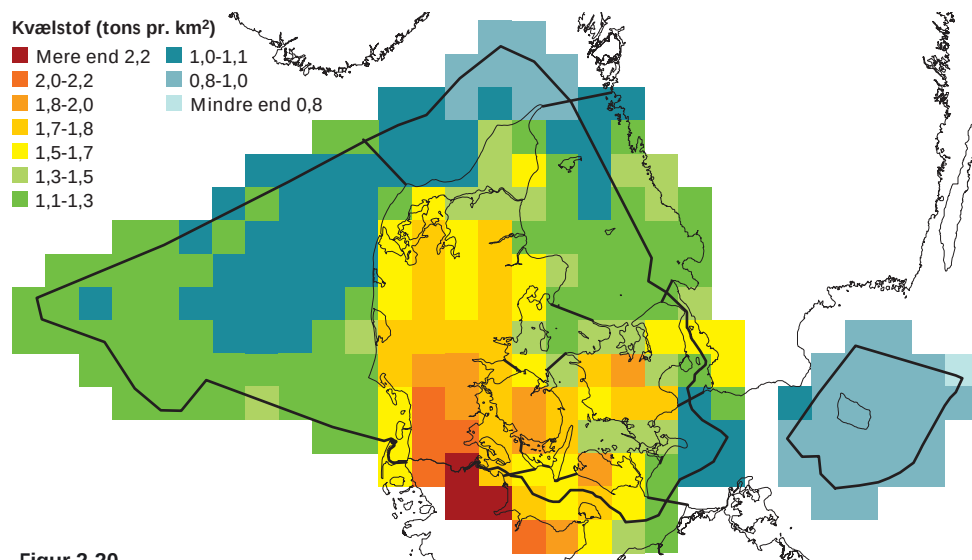
Modelberegningerne foretages med komplicerede matematiske modeller. De tager hensyn til luftmassernes bevægelser, udslip fra de forskellige kilder og de kemiske reaktioner i atmosfæren. Samtidig beregner modellerne, hvor meget kvælstof, der bliver afsat via våd- og tøraftsætning.

modellen, som ud fra input om de meteorologiske forhold og udslip af luftforurening i hele Europa kan beregne, hvor meget kvælstof der falder ned i danske farvande, fjorde, vige og bugter.

Overvågningsresultaterne

Modelberegningerne viser, at der som gennemsnit for havområderne årligt afsættes omkring 12 kg kvælstof pr. ha. Helt uden luftforurening ville den årlige afsætning formentlig være ca. 1 kg pr. ha. Med et samlet areal på 105.000 km² er den samlede afsætning på omkring 120.000 tons kvælstof i form af ammonium og nitrat, der er umiddelbart tilgængeligt som næringsstof for vandområdernes planter (se figur 2-20).

Modellen kan også give information om, hvor kvælstofet stammer fra. Man kan nemlig "slukke" for de danske kilder i den – det, der bliver tilbage, stammer altså fra udlandet. I gennemsnit kommer kun omkring 12-15% af den samlede afsætning fra danske kilder, men der er stor forskel mellem de enkelte farvandsområder. Bælthavet og Limfjorden, som ligger tæt på danske landbrugsområder, modtager henholdsvis 18 og 35% fra danske kilder, mens

**Figur 2-20**

Modellen beregner afsætningen af kvælstof i et net af gitterceller på 30 × 30 km. Den største afsætning sker på og tæt ved land på grund af den korte afstand til de steder, kvælstoffet stammer fra. Tallene angiver afsætning i år 2003 i tons kvælstof pr. km². Ved at gange tallene med 10 fås kg kvælstof pr. ha. Angivelserne gælder kun for vandoverfladerne i gittercellerne.

Nordsøen modtager så lidt som 7% fra danske kilder (se figur 2-22).

Hovedparten af det kvælstof, der fra atmosfæren afsættes i de danske farvande, stammer altså fra udlandet. Modelberegninger fra det fælles europæiske luftovervågningsprogram EMEP viser, at det er de store lande mod syd og vest, som er ansvarlige for en meget stor del af kvælstofafsætningen i de danske farvande. Dette skyldes dels, at disse lande har meget store udslip af såvel kvælstofoxider som ammoniak, og dels at de ligger i de mest hyppige vindretninger.

Man kan også vurdere, hvor stor en del af afsætningen, som kommer fra henholdsvis forbrændingsprocesser og landbruget. Adskillelsen mellem forbrænding og landbrug kan laves ganske simpelt, fordi forbrændingsprocesserne udsender kvælstofilter, og landbrug udsender ammoniak. I gennemsnit kommer lidt over halvdelen af kvælstofafsætningen fra forbrændingsprocesser, men igen er der variationer mellem farvandene.

I områder tæt på landbrug, fx Limfjorden, kommer kun ca. 40% fra forbrændingsprocesser, mens der i områder langt fra landbrug, fx Nordsøen, kommer op til 60% fra forbrændingsprocesser (se figur 2-22). Den resterende



Figur 2-21

De vigtigste kilder til atmosfærens indhold af forurenende kvælstofforbindelser er forbrændingsprocesser i industrianlæg (øverst) og motorkøretøjer samt for-dampning fra husdyrproduktionen. Udbringning af gylle med slæbeslanger (nederst) har dog mindsket det tab, der finder sted i forbindelse med udbringning af husdyrgødning.

Fotos: Highlight (øverst),
Sonja Iliskov (midt) og
Bent Lauge Madsen (nederst).

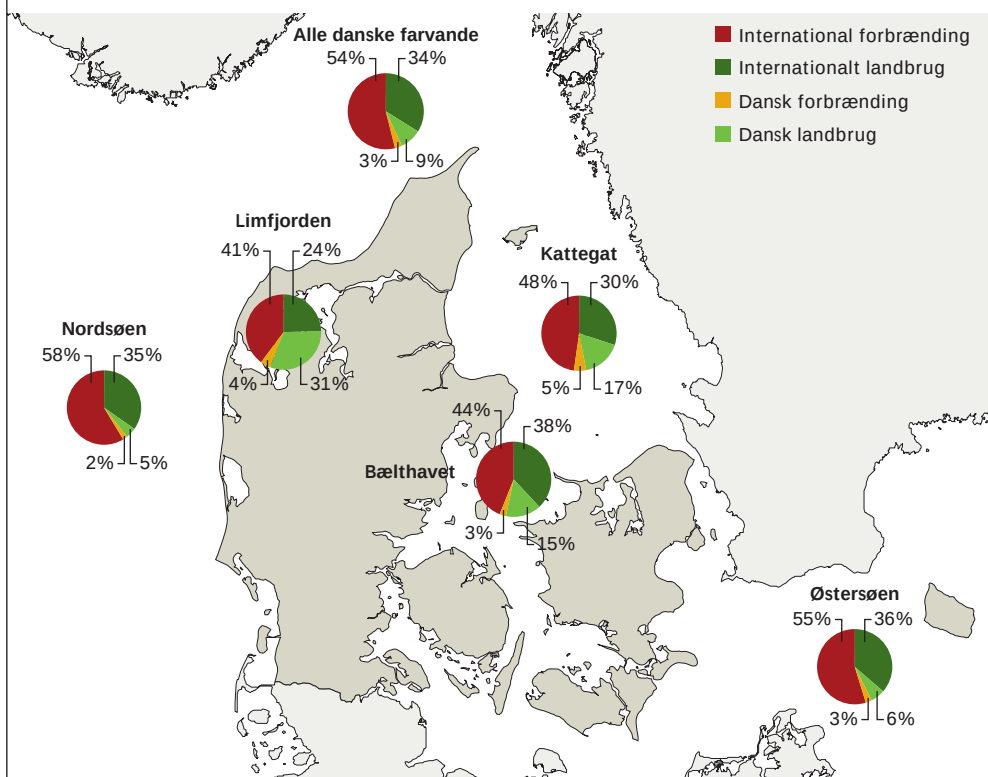
Figur 2-22

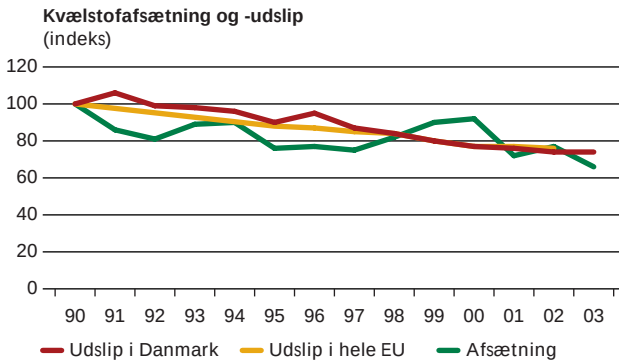
Lagkagediagrammerne viser, hvor stor en del af den samlede kvælstofafsætning, der stammer fra forbrændingsprocesser og landbrug. Diagrammerne er også delt op i den kvælstofafsætning, som stammer fra henholdsvis danske og udenlandske kilder. Tallene er for 2003, men de ændrer sig kun lidt fra år til år.

kvælstofafsætning kommer fra landbrugsproduktionen, dog kun en lille del fra dansk landbrug.

Afsætningen af kvælstof i det danske vandmiljø er begyndt at aftage, bl.a. som følge af internationale aftaler og EU-direktiver. For Danmarks vedkommende betyder disse reguleringer, at udslippet af kvælstofoxider og ammoniak inden 2010 skal begrænses med henholdsvis 60% og 43% i forhold til udslippet i 1990, og at det samlede europæiske udslip mindskes med 41% og 17%.

Målingerne ved de danske målestationer har vist et fald i kvælstofafsætningen i det danske vandmiljø på ca. 20% siden 1989 (se figur 2-23). Faldet i afsætningen svarer til faldet i udslippene i Danmark og resten af Europa, og der er derfor god mening i at konkludere, at de mange ressourcer, som der har været brugt til begrænsning af udslippene, har båret frugt.





Figur 2-23

Udviklingstendenser for den samlede afsætning og det samlede udslip af kvælstof. Værdien for 1990 er sat til 100, og værdien for alle de andre år er omregnet i forhold hertil (indekseret).

Anvendelse af overvågningsresultaterne

Den viden, som er blevet indhøstet i forbindelse med den nationale og internationale overvågning af luftforureningen, har dannet beslutningsgrundlaget for en række handlingsplaner, som er sat i værk for at reducere afsætningen af næringsstoffer. Senest har overvågningsresultater været anvendt som tekniske grundlag for beslutningerne om at beskytte sårbar natur yderligere i forbindelse med VMP III.

Overvågningen har endvidere givet grundlæggende viden om betydningen af de forskellige kilder, hvilket er vigtigt for en målrettet indsats mod forureningen. Endelig anvendes modelresultaterne som basis for miljøvurdering af udvidelser i husdyrproduktionen.





Grundvand

Det er af afgørende samfundsmæssig betydning, at grundvandet har en kvalitet, der gør det egnet som drikkevand. Rent grundvand er også vigtigt for vore vandløb, søer og fjorde. En stor del af vandet heri kommer nemlig fra grundvandet. Billedet viser Store Blåkilde i Himmerland, der dannes af udstrømmende grundvand.

Foto: Jens M. Andersen.

Figur 3-1
Udtagning af prøver af
grundvandet i en overvåg-
ningsboring.

Foto: Århus Amt.



Kvælstof og fosfor i grundvand

Kvælstof og fosfor forekommer naturligt i jorden og i grundvandet. De naturbetingede mængder er dog så små, at de næsten aldrig gør vandet uegnet til vandforsyning.

Indeholder grundvand så høje kvælstofkoncentrationer, at det er uegnet til vandforsyning, er årsagen derfor som regel menneskets aktivitet – først og fremmest dyrkning af jorden, som fører til nitratudvaskning. Forhøjet nitratindhold i drikkevand er sundhedsmæssigt et problem, fordi høje koncentrationer kan mindske transporten af ilt med blodet rundt i kroppen. Desuden kan nitrat i mave-tarm-systemet omdannes til stoffer, der er kræftfremkaldende.

I Danmark har vi ikke tradition for at rense grundvand for nitrat. Derfor har vandværkerne lukket nitratformurene borer og enten boret dybere samme sted eller boret et andet sted. Nogle gange har de blandet det nitratholdige vand med nitrattfrit vand fra andre borer for at komme under grænseværdien.

Et højt indhold af fosfor er oftest problemfrit i drikkevandsmæssig sammenhæng, da stoffet udfældes i vandværkernes sandfiltre og i øvrigt næppe har sundhedsmæssig betydning. Højt fosforindhold i det allerøverste grundvand fx i brønde kan dog indikere, at vandet er blevet forurenet med spildevand eller snavset overfladevand.

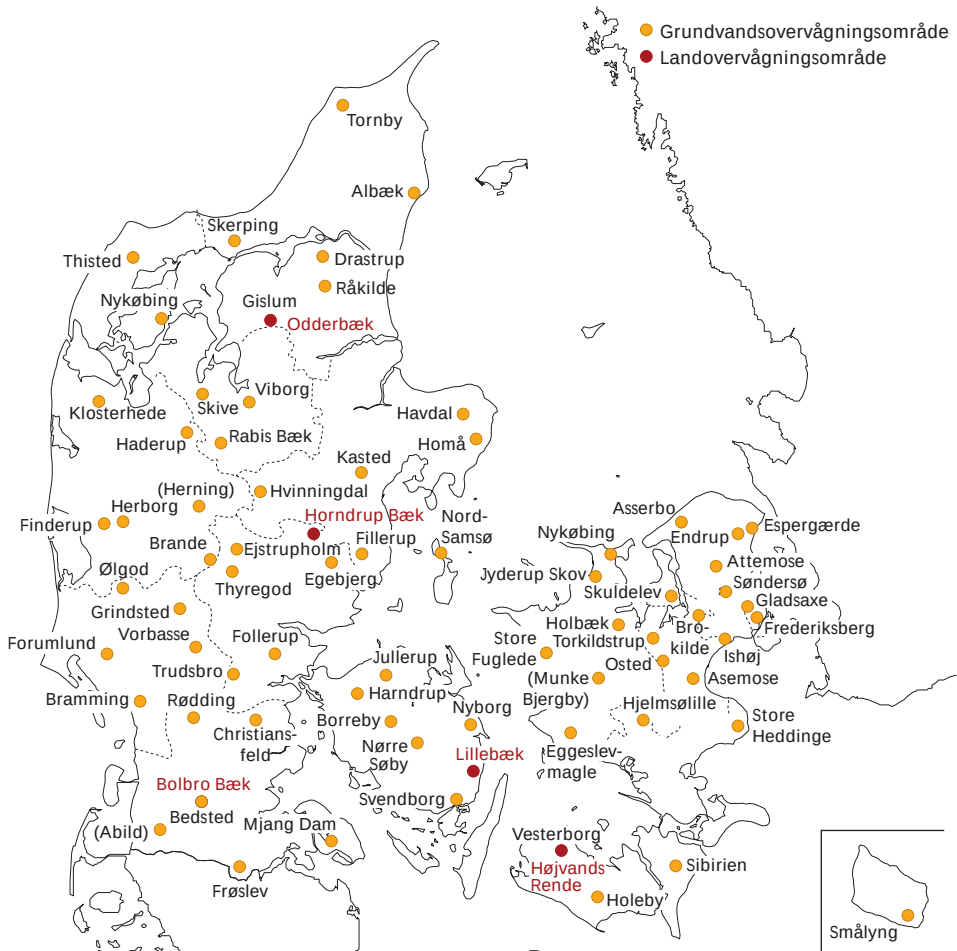
Drikkevand må ikke indeholde mere end 50 mg nitrat pr. liter og ikke mere end 0,15 mg fosfor pr. liter.

Grundvandsovervågning

Overvågning af grundvandskvalitet og indsats til beskyttelse af grundvandsforekomsterne sker først og fremmest for at sikre befolkningens vandforsyning. I de seneste år er der dog lagt en stadig stigende vægt på at inddrage hele naturens vandkredsløb i en samlet beskyttelse af vandmiljøet. Derfor overvåges grundvandet i dag med det formål at beskrive tilstand og udvikling i stort set alt det grundvand, der findes i landet, og ikke kun i den del, der er relevant af drikkevandshensyn.

Overvågningen af det danske grundvand foregår fortrinsvis gennem NOVANA, Det Nationale Overvågningsprogram, men også vandværkernes kontrol af grundvandet

Figur 3-2
Grundvandsovervågningsområder (GRUMO) og landovervågningsområder (LOOP), hvor grundvandskvaliteten er fulgt siden 1989.



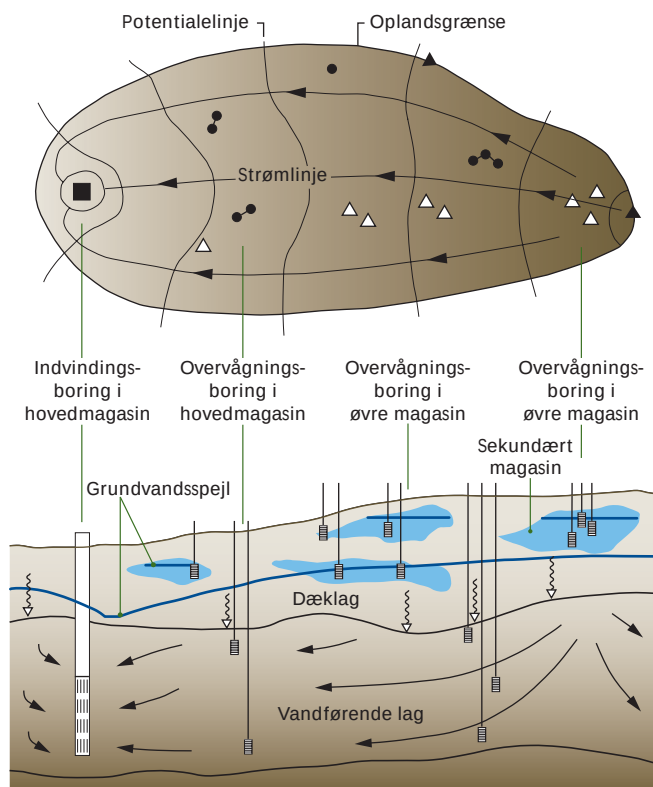
indgår som et element i overvågningen. Grundvandsovervågningen fokuserer på den generelle grundvandskvalitet, mens vandværkernes boringskontrol fokuserer på det grundvand, der indvindes til drikkevandsformål. Endelig indgår der i målinger af udvaskningen fra dyrkede arealer i de 5 landovervågningsområder (LOOP) også grundvand i disse områder. Disse målinger er omtalt i kapitel 2.

Overvågningsprogrammet

Den landsdækkende grundvandsovervågning udføres i ca. 1.200 boringer i 70 grundvandsovervågningsområder og 5 landovervågningsområder. De dækker de almindeligste geologiske forhold i Danmark og de mest typiske arealanvendelser (figur 3-2).

Grundvandsovervågningsområderne er mellem 5 og 50 km², og hvert område består af overvågningsboringer omkring en aktiv vandværksboring. Én overvågningsbo-

Figur 3-3
Principskitse af et grundvandsovervågningsområde set både ovenfra og i tværsnit. Strømlinjer (med pile) viser, hvilken vej grundvandet formodes at bevæge sig i grundvandsmagasinet. Potentialelinjer (uden pile) er linjer med samme dybde til grundvandsspejlet fra overfladen.



ring kan indeholde flere adskilte filtre eller indtag – dvs. der kan pumpes vand op fra flere forskellige dybder.

Figur 3-3 viser princippet i opbygningen af et grundvandsovervågningsområde. Det ses, at der både tages prøver fra det primære grundvandsmagasin og fra de sekundære grundvandsmagasiner. Det primære grundvandsmagasin ligger dybest og udnyttes oftest til vandforsyning, mens de sekundære grundvandsmagasiner er små afgrænsede grundvandsforekomster, ofte i sandlommer, der kun indeholder små vandmængder.

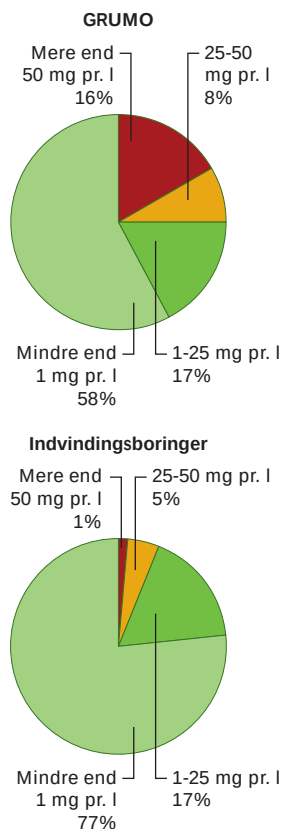
Grundvandet i overvågningsområderne analyseres bl.a. for nitrat og fosfor mindst hvert andet år i hver boring. Desuden måles indholdet af grundvandets hovedbestanddele såsom calcium, bikarbonat, sulfat og klorid. Vandprøverne udtages efter forpumpning af en vis mængde grundvand for at sikre, at det er "frisk" grundvand, der hentes op, og ikke grundvand, der måske har været fanget i boringen i længere tid.



Figur 3-4

Når grundvandet pumpes op, er det ofte reduceret, dvs. iltfrit, og indeholder opløste jernforbindelser. Derfor ilter vandværkerne grundvandet på en iltningstrappe. Herved fjernes også vandets eventuelle indhold af metan og svovlbrinte. Derefter ledes vandet gennem et sandfilter, hvor det udfældede jern fjernes fra vandet. Herefter er det klar til at blive ledt ud til forbrugerne. Vandet er kun få timer om at passere gennem vandværket, men de fleste værker har en vis opbevaringskapacitet, så forsyningen kan fortsætte et stykke tid i tilfælde af strømsvigt eller fejl.

Foto: Peter Warnø-Mors.



Figur 3-5
Fordeling af nitrat i henholdsvis grundvandsovervågningsboringer (GRUMO) og i vandværkernes indvindingsboringer.

Vandværkernes boringskontrol

Der er ca. 2600 vandværker i Danmark med omkring 10.000 tilknyttede indvindingsboringer (figur 3-4). Der indvindes årligt ca. 400 millioner m³ grundvand til drikkevandsforsyning. Derudover indvindes godt 200 millioner m³ til markvanding og industri mv. fra andre borer.

Vandværkerne undersøger det oppumpede vand ved den såkaldte boringskontrol, der udføres på skift på vand fra de borer, der er tilknyttet det enkelte vandværk. Frekvensen afhænger af, hvor store mængder vand, der indvindes, men grundvand fra den enkelte boring skal analyseres for bl.a. nitrat og fosfor mindst hvert 3. til 5. år.

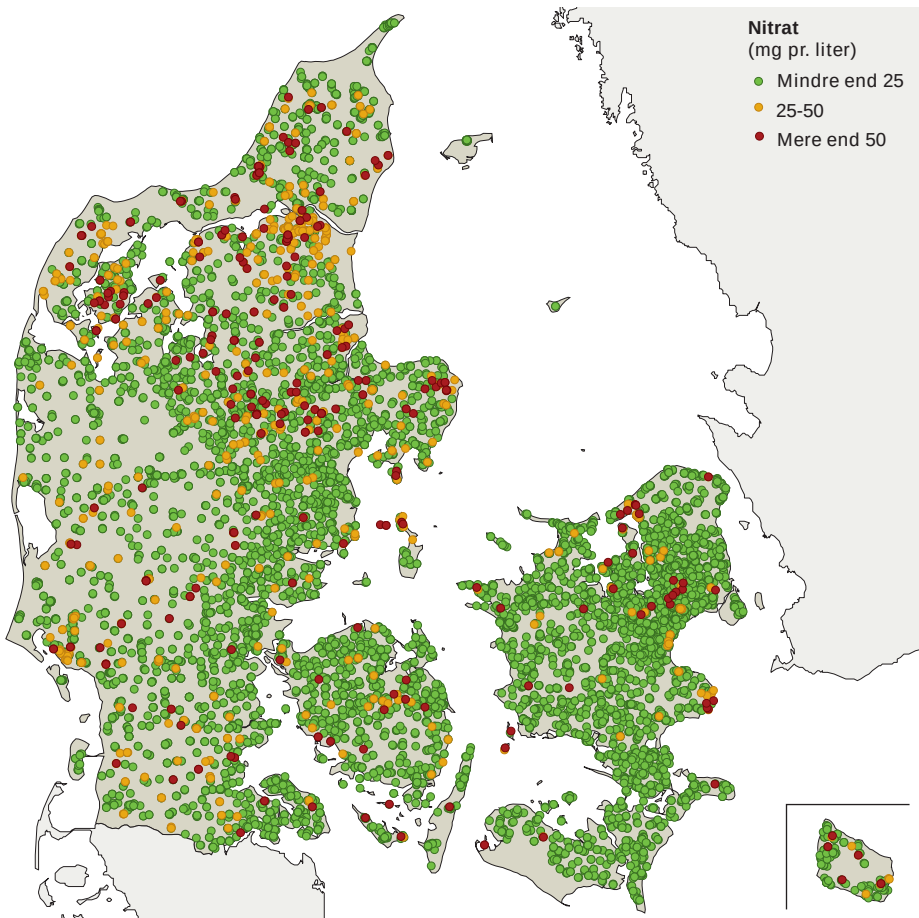
Når der foretages vurderinger af kvaliteten af det grundvand, der anvendes til drikkevandsproduktion, er det vigtigt at bemærke, at borer, hvor eksempelvis nitratindholdet overskrider grænseværdien for drikkevand, vil blive lukket, hvis ikke vandværket kan blande med nitratfattigt vand. Man kan sige, at vandværkerne af hensyn til forbrugerne til en vis grad fravælger den del af grundvandsressourcen, der er påvirket af forurening. Resultaterne af boringskontrollen giver derfor et for optimistisk billede af den generelle grundvandskvalitet, fordi vand fra alle de borer, som på grund af forurening ikke længere bruges, er udeladt.

Overvågningsresultaterne

Nitrat

Figur 3-5 viser, hvor stor en andel af de analyserede borer, der er påvirket af nitrat. Det ses, at ca. en fjerdedel af borerne i grundvandsovervågningen indeholder mere end 25 mg nitrat pr. liter, og ca. hver 6. indeholder mere end 50 mg pr. liter, så grundvandet her er uegnet som drikkevand. Modsat er der kun højt nitratindhold i en lille del af vandværkernes borer, da sådanne borer som nævnt oftest lukkes.

På figur 3-6 er nitratindholdet i vandværksboringer vist i de forskellige dele af landet. Højt indhold optræder mest i det såkaldte nitratbælte, der dækker området omkring Limfjorden og ned over Djursland. I disse områder ligger grundvandet højt og er dårligt beskyttet, dvs. der er ikke tykke lerlag eller en tyk, reduceret zone over grundvands-



magasinerne. Men det kan også ses, at der har været eller er problemer med nitrat mange andre steder i landet.

Nitratudvaskningen er mindsket

Virkningerne af ændringer i nitratudvaskningen fra jorden ses først i grundvandet efter en del år, fordi vandet skal bevæge sig gennem jordlagene, før det når grundvandsspejlet. Transporttiden varierer fra få år til årtusinder. Virkningerne af Vandmiljøplanerne er derfor først nu ved at kunne ses i det gennemsnitlige nitratindehold i det grundvand, der ligger tættest på overfladen og dermed er yngst.

Figur 3-7 viser nitratindeholdet i det unge grundvand i landovervågningsoplandene. Der er et generelt fald i nitrat-

Figur 3-6

Nitrat i vandværksboringer i perioden fra 1989 til 2003. For den enkelte boring vises den højeste middelværdi for et enkelt år. Det skal bemærkes, at en del af de røde cirkler repræsenterer boringer, der i dag er lukket.

Boks 3

Udvaskning og geologi styrer nitratindeholdet

Nitratindeholdet i grundvandet bestemmes både af udvaskningen fra jorden og af omsætningen af nitrat i undergrunden.

Grundvandet indhold af nitrat skyldes overvejende udvaskning fra landbrugsarealer, der typisk er 5-10 gange så stor som fra naturarealer. Udvaskningen sker, når der både er nitrat i jorden og et overskud af nedbør, som skaber en vandbevægelse ned mod grundvandet.

Udvaskningen er størst i vinterperioden. Her er der nedbørsoverskud, fordi fordampningen fra jorden er lille, og fordi nedbørsmængderne ofte er størst i efterår og tidlig vinter. Samtidig er nitratindeholdet i jorden højt, fordi der ikke er en tilstrækkelig plantevækst til at optage den nitrat, der bliver dannet ved omsætning af organisk stof, fx afgrøderester.

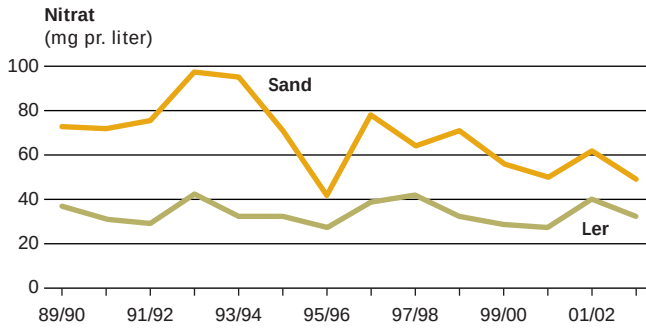
Størrelsen af udvaskningen bestemmes i høj grad af driftsformen, gødsningmængden og jordtypen, men det resulterende nitratindehold i grundvandet bestemmes også af de kemiske processer, der foregår under vandets bevægelser ned gennem jordlagene og i grundvandsmagasinerne.

Denitrifikationsprocessen er af særlig betydning, fordi den bidrager til at mindske nitratindeholdet i nogle grundvandsmagasiner. Denne proces sker ved, at nogle bestemte bakterier udnytter nitrat som iltningmiddel, så de kan leve af reducerede stoffer, fx jernforbindelser (pyrit) og organisk stof, i de iltfrie jordlag. Det samlede resultat af de biologiske processer er, at nitraten omdannes til atmosfærisk kvælstof, som er uden forureningsmæssig betydning.

Er der tilstrækkeligt med reducerende stoffer til stede, vil nitrat derfor være ustabil i et iltfattigt eller iltfrit miljø (se tabel). Men de reducerende stoffer vil efterhånden blive opbrugt, og derfor bevæger grænsefladen for nitratindehold sig efterhånden længere ned i grundvandsmagasinet. Geologisk karakteriseres denne front (nitratfronten) ved ændringen i forholdet mellem de oxiderende (iltende) og reducerende kemiske forbindelser, idet dette forhold (det såkaldte redoxpotentiale) falder stærkt, når nitrat bliver opbrugt.

**Skematisk oversigt over mængden af ilt, kvælstof og fosfor i tre zoner i grundvand.**

Navn	Ilt	Kvælstof	Fosfor
Oxisk zone (iltzone)	Mere end 1 mg pr. liter	Nitrat er stabilt; mere end 1 mg pr. liter.	Bindes til partikler, bl.a. jernforbindelser.
Anoxisk zone (nitratzone)	Mindre end 1 mg pr. liter	Nitrat er ustabil; omsættes ved denitrifikation, men nitratindeholdet er mere end 1 mg pr. liter.	Bindes til partikler, bl.a. jernforbindelser.
Reducerende zoner (jern/sulfatzone og metan/svovlbrintezone)	Mindre end 1 mg pr. liter	Nitrat er ustabil; mindre end 1 mg pr. liter, idet det er omsat i den anoxiske zone. Indholdet af ammoniak kan være højt.	Højt indhold af opløst fosfat.



Figur 3-7
Nitrat i borer i hhv. sandede og lerede landovervågningsoplande.

indholdet i sandjordsområderne set over hele perioden. Det skal bemærkes, at middelværdien indtil 2003 har ligget over grænseværdien for drikkevand på 50 mg pr. liter i sandjordsområder, mens den har været uændret ca. 30-40 mg pr. liter i lerjordsområder.

Figur 3-9 viser for perioden siden 1940 det beregnede indhold af nitrat i det nydannede grundvand. Modelberegningerne er foretaget ud fra en datering af grundvands alder og kemiske analyser af grundvandet. Samtidig viser figuren, hvor meget kvælstof der er blevet anvendt i Danmark i kunstgødning tilbage fra 1940.

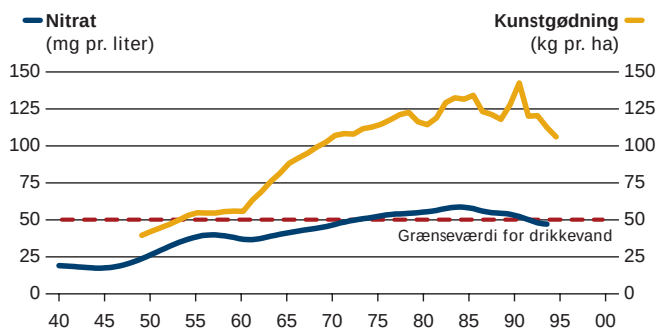
Der ses et sammenfald mellem forbruget af kunstgødning og grundvandets indhold af nitrat i begyndelsen af

Figur 3-8
Iltfrit grundvand indeholder ofte meget jern. Når dette grundvand vælder op af jorden, udfældes jernet som okker i vandløbene (kilde syd for Salten Å).

Foto: Jens M. Andersen.



Figur 3-9
Udvikling i grundvandets nitratindhold på dets dannelses tidspunkt og det samlede forbrug af kunstgødning. De beregnede nitratmængder er gennemsnitsværdier for vand fra alle grundvandsovervågningsområder, som indeholder ilt og/eller nitrat (oxisk og anoxisk grundvand).



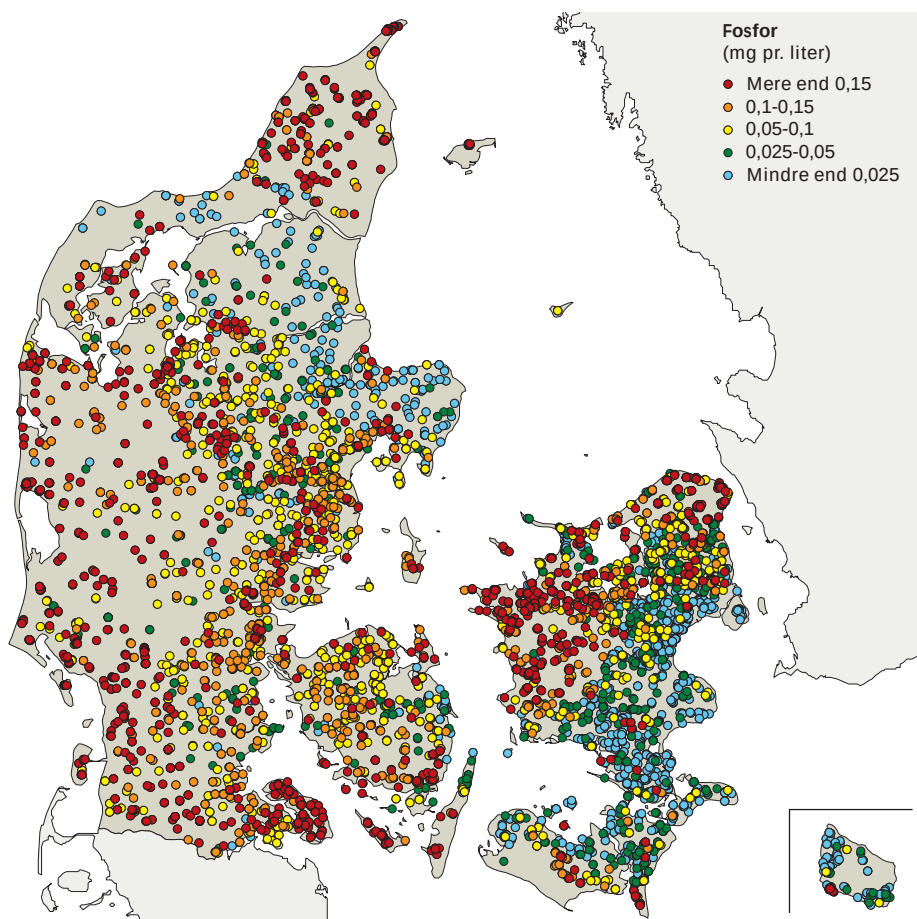
perioden frem til 1960. Den største stigning i forbruget af kunstgødning skete fra 1960 til 1980. Grundvandets nitratindhold er også øget gennem perioden, uden at de to kurver dog følges ad. Figur 3-9 viser således, at det ikke kun er gødningsmængden, der bestemmer nitratudvaskningen. Også andre driftsforhold har som allerede nævnt indflydelse på størrelsen af udvaskningen, fx gødningsstype, udbringningstidspunkt, afgrøde og jordbehandling.

Tolkning af kurverne i figur 3-7 vanskeliggøres af, at der er tale om gennemsnitsværdier fra hele Danmark, hvor der jo er stor forskel på gødskning og grundvandskvalitet fra egn til egn. Et mere klart billede af udviklingen i nitratindholdet og årsagerne hertil kan fås ud fra målinger i afgrænsede områder med kendt geologi, hvor man kender udviklingen i landbrugsdriften godt. Et eksempel herpå er udviklingen på Tunø, der er beskrevet som et eksempel sidst i dette kapitel.

Fosforindhold i grundvand

Figur 3-10 viser, hvor der er analyseret for fosfor, og hvor der er fundet højt indhold af fosfor i vandværkernes indvindingsboringer i perioden fra 1998 til 2003. Ca. 20% af borerne indeholder for meget fosfor i forhold til den grænseværdi, der gælder i drikkevand. Det højeste indhold findes i borer, hvor vandet har været i kontakt med gamle aflejringer med et højt fosforindhold.

Ved sammenligning af figur 3-6 og figur 3-10 ses, at der ikke er sammenfald mellem højt nitratindhold og højt fosforindhold i indvindingsboringer. Der synes tværtimod at være et lavt fosforindhold i områder med højt nitrat-



Figur 3-10
Indhold af fosfor i vandvær-
kernes indvindingsboringer i
perioden 1998-2003.

indhold. Det hænger sammen med, at nitrat kun er stabilt i iltholdigt grundvand, hvorimod fosfor kun opløses i grundvandet, når det er iltfrit.

Overvågningens betydning

Overvågningsresultaterne fortæller os ikke blot, hvor grundvandet er egnet til vandforsyning. De fortæller også, hvor menneskelige aktiviteter har forringet grundvandskvaliteten, så det måske er blevet uegnet til drikkevand. Endeligt fortæller resultaterne os om udviklingen i grundvandskvaliteten over tid, herunder om indsatsen for at beskytte grundvandet virker.

Figur 3-11

Ved at ændre et områdes anvendelse fra almindelig dyrkning til skov, beskyttes grundvandet effektivt mod forurening med nitrat (skovrejsning ved Skovby).

Foto: Jens M. Andersen.



Opfyldelse af miljømål og perspektivering

Miljømål

Det er et nationalt mål, at grundvandsbeskyttelsen skal være forebyggende, og at indsatserne skal ske ved kilden frem for ved rensning og fortynding. Vandforsyningen baseres derfor på uforurenet grundvand. Det vigtigste enkeltmål i relation til næringssalte er, at nitratholdet skal være under 50 mg pr. liter. Ca. 16% af alle borer i overvågningsprogrammet indeholdt i 2003 mere end 50 mg pr. liter, mens kun ca. 1% af vandforsyningsboringerne overskred denne værdi. Det er også et mål, at grundvands-tilførsel ikke bidrager til forurening af overfladevand.

Grundvandsbeskyttelse

Beskyttelsen af grundvandet mod forurening med nitrat sker først og fremmest gennem de generelle landsdækkende reguleringer af driftsforholdene i landbruget, såsom gødningsnormer, efterafgrøder og regler for gødningsudbringning. Desuden foretager man i disse år en kortlægning af grundvandsforekomsterne og deres sårbarhed over for forurening for at kunne gennemføre en mere målrettet indsats (se nedenfor). Der opereres med følgende 3 grupper:

- Områder med særlige drikkevandsinteresser
- Områder med drikkevandsinteresser
- Områder med begrænsede drikkevandsinteresser

Særlig beskyttelse af grundvandet

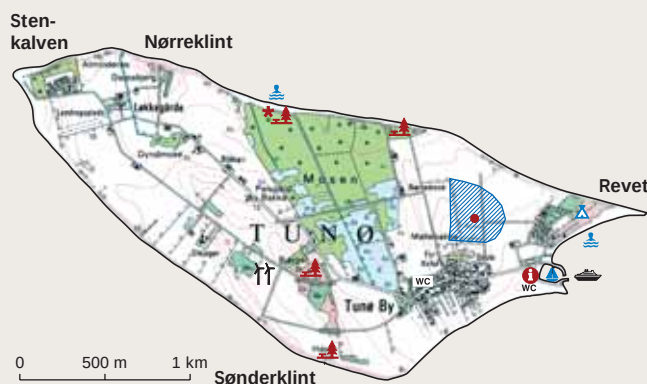
Områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) dækker ca. $\frac{1}{3}$ af landets areal og er udpeget af amterne, så man forventer at kunne dække de fremtidige behov for drikkevand ved indvinding alene fra disse områder. Her er amterne derfor særligt tilbageholdende med at give tilladelse til nye aktiviteter, der kan medføre en forurening af grundvandet. Dette gælder både for etablering af industriel virksomhed, byudvikling og udvidelse af husdyrbrug. Tilladelse til sådanne nye aktiviteter forudsætter, at der er gennemført en tilfredsstillende VVM-vurdering (vurdering af virkning på miljøet).

Indsatsplaner

Der er også visse muligheder for en målrettet indsats mod eksisterende aktiviteter, der giver anledning til forurening af grundvandet med nitrat. Der kan fx i særligt udpegede områder planlægges og gennemføres ændringer i driften af arealerne. Det kan være skovrejsning, overgang til vedvarende græs eller ophør af gødskning på arealer, hvorfra der ellers ville ske en for stor nedsivning af nitrat til grundvandet.

Som det kan ses af det følgende eksempel fra Tunø er det ikke altid muligt at løse et nitratproblem ved at flytte en indvindingsboring, og denne situation kan uden tvivl opleves andre steder i landet.

-  Opholdsareal
-  God badestrand
- wc Toilet
-  Campingplads
-  Stensætning
-  Vandværk
-  Grundvandsbeskyttelsesområder



Figur 3-12

Vandindvindingen på Tunø sker i det blåskraverede område på den østlige del af øen.

Grundvandet på Tunø

Problemet

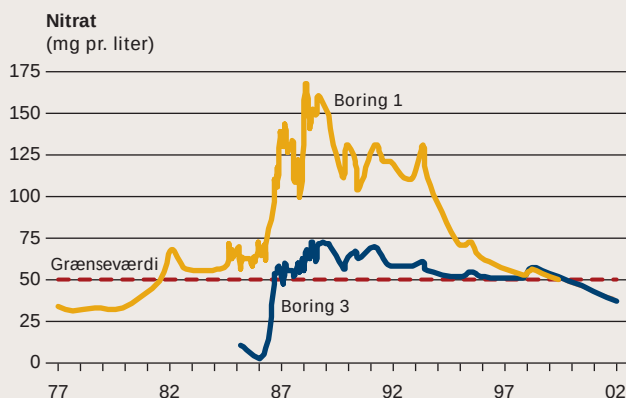
Tunø er en lille ø på ca. 4 km² mellem Samsø og Jylland. De knap 100 indbyggere forsynes med vand fra Tunø Vandværk, der indvinder fra øens eneste brugbare grundvandsmagasin på den østlige del af øen.

Nitratinholdet i det oppumpede grundvand steg i 1980'erne til over 50 mg pr. liter, der som nævnt er den sundhedsmæssige grænseværdi for nitrat i drikkevand. Årsagen til det øgede nitratinhold var intensiv dyrkning af grøntsager i indvindingsområdet. Udviklingen i nitratinhold er vist i figur 3-13 (boring 1).

Løsningsmuligheder

Man forsøgte først at løse problemet med en dybere boring (boring 3 i figur 3-13). Denne gav en kort overgang en tilfredsstillende vandkvalitet, men i løbet af et års tid var det nitratholdige grundvand også trukket ned til denne boring. Undersøgelser af grundvandsforholdene sidst i 1980'erne viste, at grundvandet fortsat ville være uegnet som drikkevand, hvis arealerne omkring borerne forblev dyrkede.

De mulige løsninger på drikkevandsproblemet for Tunøs beboere var derefter enten at lægge en 9 km lang rørledning til fastlandet (Jylland), at etablere et højteknologisk anlæg til at fjerne nitrat fra grundvandet eller at

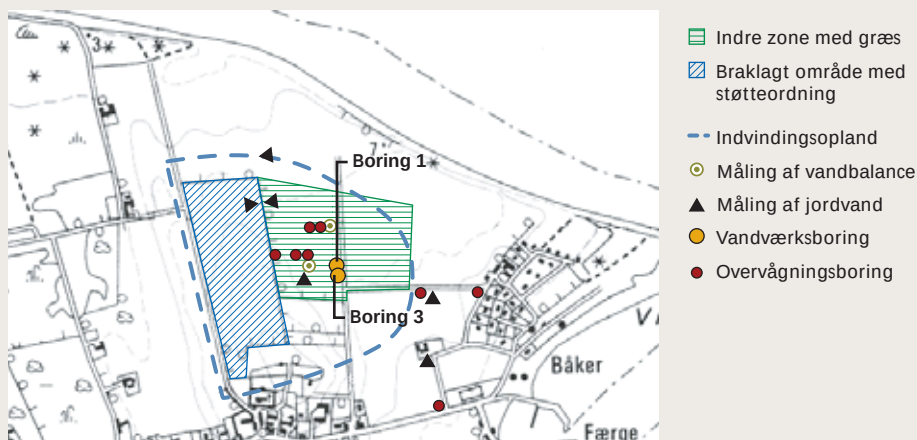


Figur 3-13
Udvikling i nitratinholdet i den ældste og korteste boring 1 og i den dybere boring 3, der blev lavet for at komme ned til grundvand med et lavere nitratinhold.

sørge for, at udvaskningen af nitrat fra de dyrkede arealer omkring vandværket blev mindsket.

Den eneste realistiske løsning viste sig at være at opgive dyrkningen på de arealer, der lå nærmest borerne ved Tunø Vandværk. Det blev så i fællesskab besluttet af Århus Amt, Odder Kommune, Tunø Vandværk og lodsejerne. Beskyttelseszonen på i alt 13 ha kom til at bestå af vedvarende græs, der ikke må gødskes eller sprøjtes (figur 3-14). Denne effektive og vedvarende løsning blev iværksat i 1989-1992. Virkningen af indsatsen blev bl.a. fulgt ved løbende måling af nitratudvaskning, grundvandskvalitet og grundvandsdannelse. De forskellige elementer i denne overvågning fremgår af figur 3-14.

Figur 3-14
Kort over området ved Tunø Vandværk. Den indre zone med græs og det braklagte areal vest for vandværket er fremhævet. Det skønnede indvindingsopland er vist med en punkteret linje.





Figur 3-15
Intensiv planteproduktion
giver ofte stor nitratud-
vaskning – her en porre-
mark på Tunø.

Foto: Jens M. Andersen.

Virkningen af en udyrket beskyttelseszone

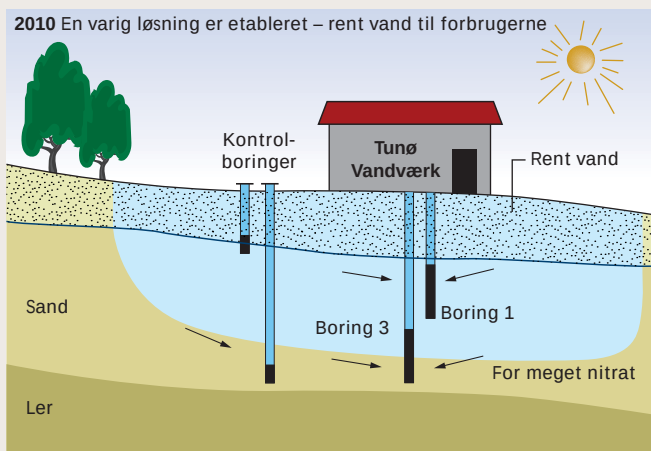
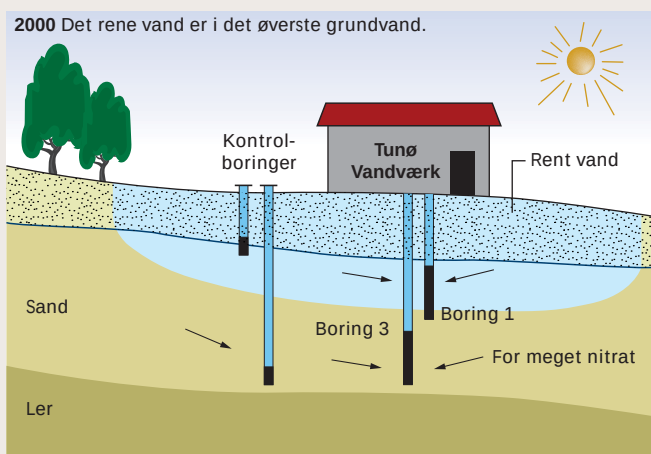
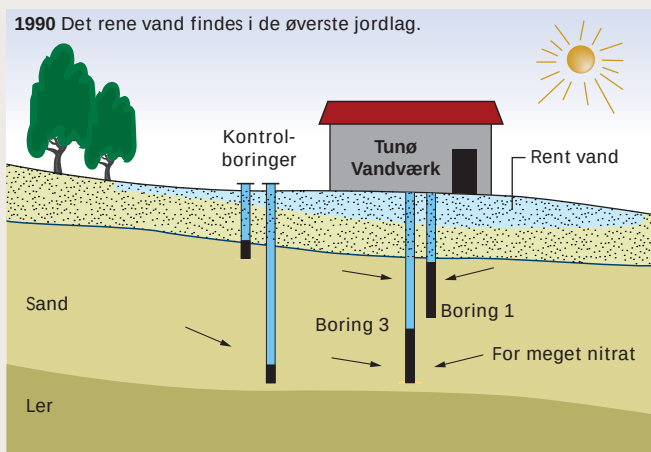
Udvaskningen af nitrat fra det vedvarende græsareal var allerede efter ét års forløb tæt på niveauet for naturarealer med et indhold på ca. 1 mg pr. liter i det nedsivende vand. Dette nydannede, nitratfattige vand vil efterhånden mindske nitratinholdet i grundvandsmagasinet til under grænseværdien, også selv om der kommer en del vand til grundvandsmagasinet fra de omkringliggende dyrkede arealer med et højt nitratinhold (figur 3-13).

Den målte og forventede yderligere udvikling i grundvandskvaliteten er vist på figur 3-16, hvor udbredelsen af det rene grundvand i årene 1990, 2000 og 2010 er illustreret. Som det fremgår af figur 3-13, kunne der allerede i 2000 indvindes vand af en acceptabel kvalitet. Det forventes, at det meste af grundvandsmagasinet vand kan overholde grænseværdien for nitrat i 2010.

Perspektivering

Tunø Vandværk er det første danske vandværk, hvor god grundvandskvalitet er genskabt ved en aktiv grundvandsbeskyttelse. Den hurtige reduktion i nitratinholdet skyldes især to forhold. For det første var den valgte foranstaltning meget effektiv. For det andet indvinder Tunø Vandværk fra et grundvandsmagasin med meget ungt grundvand, så vandet i magasinet udskiftes med nydannedt, nitratfattigt vand i løbet af få årtier.

“Dyrkning af rent grundvand” som på Tunø er en metode, der kan anvendes mange andre steder. Amternes igangværende kortlægning af grundvandsmagasinerne og deres sårbarhed skaber det nødvendige videngrundlag for at kunne fastlægge beskyttelseszoner og give vandværkerne en idé om, hvornår det rene vand kan nå frem til vandværkets borer.

**Figur 3-16**

Udviklingen i forekomst af grundvand af drikkevands-kvalitet (blåt område) i grundvandsmagasinet under Tunø Vandværk. I det gule område er der højt nitratindhold, og det brune område består af ler, hvorfra der ikke kan indvindes vand.



Vandløb



Vandløb er den type vandområde, der er stærkest påvirket af menneskelige aktiviteter. Påvirkningen skyldes dog ikke tilførsel af næringssalte, men forurening med biologisk nedbrydeligt organisk stof fra spildevand. Desuden er vandløbene gjort ensformige ved regulering og vedligeholdelse. En del af disse påvirkninger er nu mindsket, og forbedringer indfinder sig generelt hurtigt. Billedet viser en kildebæk ved Silkeborg.

Foto: Jørgen Kjems.

Miljøproblemer i vandløb

De biologiske forhold i vandløb er meget forskellige fra naturens hånd og afhænger bl.a. af vandføring, strømhaastighed og bundforhold. De vigtigste miljøpåvirkninger skyldes ændringerne i vandløbenes forløb og forurening med organisk stof. Kvælstof og fosfor har ikke væsentlig forureningsmæssig betydning i danske vandløb, men vandløbene spiller en vigtig rolle ved at transportere næringssalte til søer og marine områder, hvor de er den vigtigste forureningskilde.

Fysiske ændringer

Allerede i Middelalderen blev vandløbene opstemmet til mølledrift. Opstemningerne spærrede for passage af vandrefisk, men de fleste er i dag nedlagt. Der er dog stadig betydende opstemninger ved dambrug og elproduktionsanlæg.

De vigtigste indgreb i vandløbene i dag består i uddybning og udretning. Disse reguleringer er især sket efter 1864 for at gøre vandlidende arealer i ådalene dyrkningsegnede. Det regulerede forløb og den ændrede form fastholdes gennem vandløbsvedligeholdelse, herunder grødeskæring og oprensning af materiale, der har lagt sig på vandløbsbunden.

Figur 4-1
Mølleopstemninger forhindrede gennem mange år ørreder i at nå frem til gydepladser i vandløbene (Lilleå ved Løjstrup dambrug).

Foto: Jens M. Andersen.



Med den “nye” vandløbslov fra 1982 er der mange steder indført en mere miljøvenlig vandløbsvedligeholdelse. Det har mindsket de miljøforstyrrelser, som grødeskæring og oprensning forvoldte, men generelt er vandløbene ikke ført tilbage til noget, der ligner forholdene fra før de blev reguleret. Også det naturlige samspil mellem vandløb og ådal er sjældent genoprettet. Det begrænser plante- og dyrelivet i vandløbene og øger transporten af næringssalte.

Forurening med organisk stof

Mennesket påvirker også vandløbene ved at udlede biologisk nedbrydeligt organisk stof med spildevand – førhen også med møddingsvand mv. fra husdyrhold. Udledningerne af organisk stof fører til aflejringer af slam og bakterievækst i vandløbene. Rentvandsdyrene, herunder fiskene, kan ikke klare sig under disse forhold, men erstattes af orme og myggelarver, som nyder godt af de større fødemængder, og som kan tåle lave iltindhold i vandet (se figur 4-3).

Forureningen med organisk stof er i tidens løb afgørende blevet mindsket på grund af en vidtgående rensning af spildevand, og ved at udledninger af møddingsvand mv. fra landbrugsejendomme er ophørt. Denne indsats fandt især sted i perioden 1975-1995.

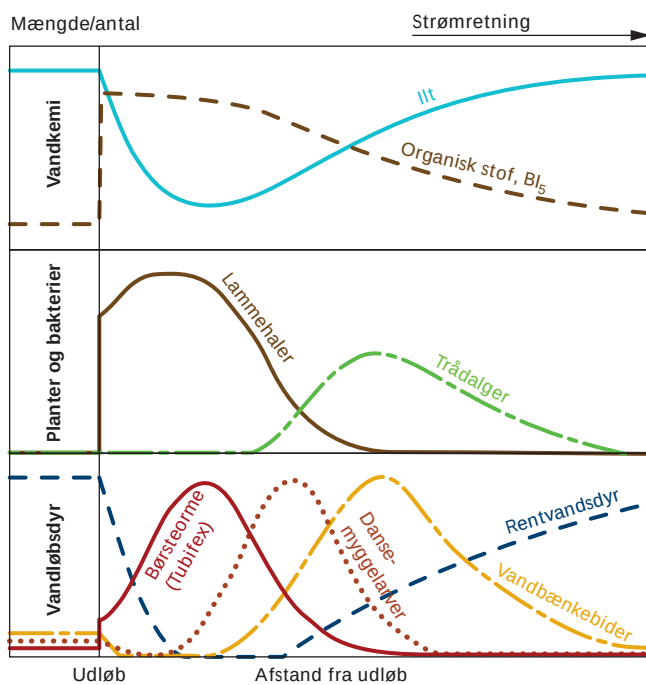
Figur 4-2
Udledningen af slagteri-spildevand fra Hadsten til Lilleå inden der blev etableret rensning.

Foto: Bent Lauge Madsen.



Figur 4-3

Virkning af udledning af biologisk nedbrydeligt, organisk stof på smådyrene i vandløb. Nogle dyr kan kun klare sig i uforurenede eller næsten uforurenede vandløb, mens andre nyder godt af de øgede fødemængder, der tilføres ved forurening med organisk stof. Det sidste gælder bl.a. børsteorme og dansemyggelarver med hæmoglobin i blodet, som sætter dem i stand til at klare sig under dårlige iltforhold.



Overvågningsprogrammet

Hovedelementerne i overvågningen af vandløb er biologiske undersøgelser og måling af kvælstof- og fosforindholdet i vandet. De biologiske undersøgelser skal beskrive miljøtilstanden, og målingerne af næringssalte foretages dels for at opgøre tilførslen fra vandløbsoplandet og dels for at finde ud af, hvor meget kvælstof og fosfor, vandløbene transporterer videre til søer og havområder.

Vandløbsbiologi

Forureningstilstanden i danske vandløb er siden 1970'erne blevet vurderet ud fra forekomsten af smådyr, fortrinsvis insekter. I overvågningsprogrammet undersøgte amterne hvert år ca. 1000 vandløbsstationer spredt ud over hele landet. Miljøtilstanden beskrives med et indeks, Dansk Vandløbsfaunaindeks (DVFI), på en skala fra 1 til 7. En DVFI-værdi på 1 findes i meget stærkt forurenede vandløb, mens 7 findes i uforurenede og fysisk varierede vandløb. Herudover laves der udvidede biologiske undersøgelser ved 80 af disse stationer, bl.a. af vandplanter og fisk.

Indtil 1999 vurderede amterne vandløbenes tilstand efter en skala med forureningsgrader fra I til IV, hvor I var uforurenet og IV var meget stærkt forurenet. Denne metode gav imidlertid resultater, der ikke helt kunne sammenlignes fra amt til amt, og den bruges derfor ikke mere.

Næringssalte

Vandløbenes indhold og transport af kvælstof og fosfor er typisk blevet målt 18 gange om året ved ca. 231 vandløbsstationer. Det er nødvendigt at måle med stor hyppighed, fordi både næringssaltindholdet og vandføringen i vandløbet varierer stærkt i løbet af året.

Målingerne foretages i oplande med forskellige typer af forureningspåvirkning: vandløb i naturområder, vandløb i landbrugsområder og spildevandsbelastede vandløb i landbrugsområder. Herved kan udviklingen i næringssaltindhold i disse typer af vandløb følges. Målestationerne er desuden valgt, så måleresultaterne kan bruges til at opgøre, hvor meget kvælstof og fosfor der føres ud i søer, fjorde og havområder.

Overvågningsresultaterne: vandløbsbiologiske forhold

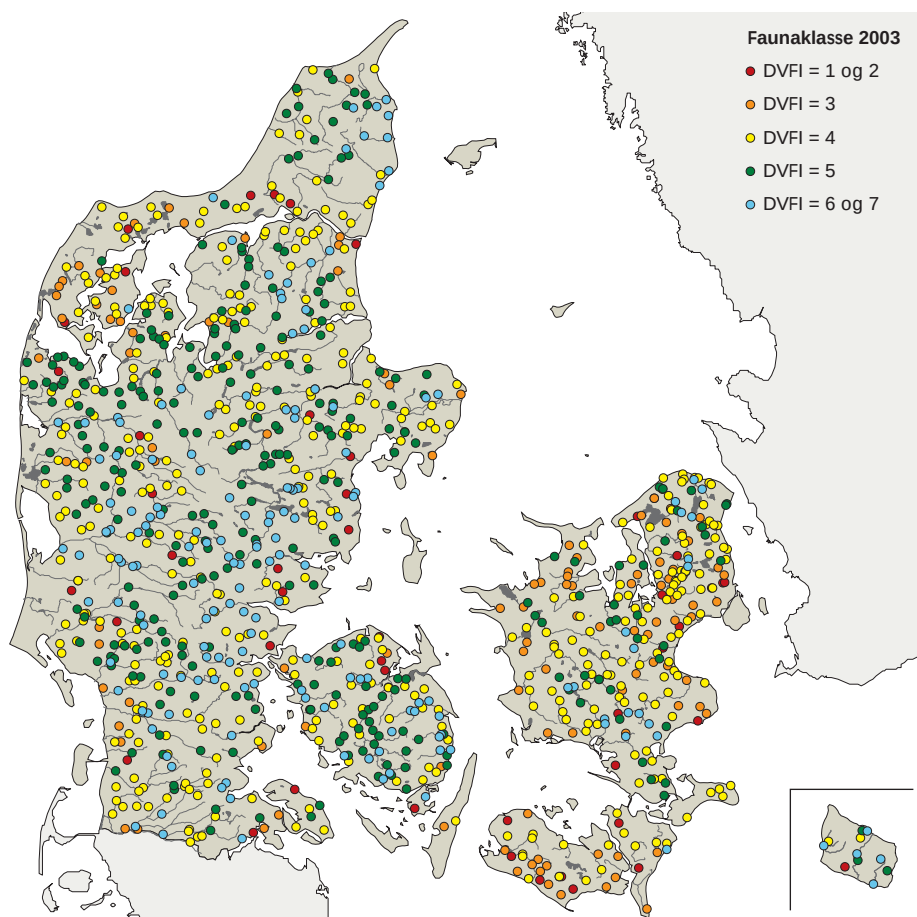
Forureningstilstand 2003

Amternes bedømmelse af DVFI ved ca. 1.000 vandløbsstationer i 2003 er vist i figur 4-5. Miljøtilstanden vil i de fleste tilfælde opfylde amternes politisk fastsatte målsætninger, hvis faunaklassen er 5, 6 eller 7.



Figur 4-4
Prøvetagning i vandløb
(Granslev Å).

Foto: Jens Skrivers.



Figur 4-5

Danske vandløbs miljøtilstand i 2003 bedømt ud fra forekomsten af smådyr. Blå cirkler (DVFI 6 og 7) er vandløb med en naturlig eller meget svagt forureningspræget smådyrfauna.

Der er tydelige geografiske forskelle i den biologiske vandløbskvalitet. De højeste DVFI-værdier er fundet i områder med lille befolkningstæthed, stabil vandføring og et vist fald på vandløbene, især i Jylland og på Fyn. Derimod er den biologiske kvalitet dårligere på det tætbefolkede og lerede Sjælland og de flade områder på Lolland og omkring Limfjorden. Herudover er den biologiske kvalitet i vandløbene bedst, hvor spildevandsrensningen er bedst.

På landsplan var ca. 15% af målestationerne ret stærkt forurenet (faunaklasse 1, 2 eller 3). Der er fortrinsvis tale om små vandløb, der forurenes af dårligt rensset spildevand, oftest fra spredt bebyggelse. I de store vandløb er

tilstanden generelt langt bedre, og 71 % af alle vandløb bredere end 5 m havde en faunaklasse på mindst 5 i 2003.

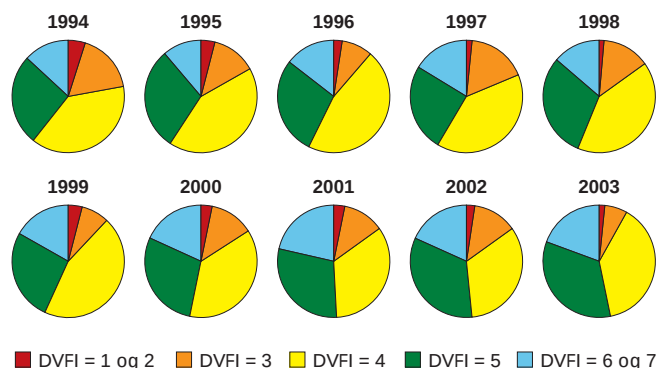
Udvikling i forureningstilstand

Forureningen af vandløbene toppede i 1970'erne umiddelbart inden effektiv spildevandsrensning blev reglen snarere end undtagelsen. Før 1970'erne var vandløbene karakteriseret ved en meget stærk lokal forurening nedstrøms udledninger fra byer, mejerier og slagterier mv. samt ved akutte forureninger fra landbrugsejendomme.

Renseforanstaltninger har nu medført, at stærkt forurenede vandløb stort set ikke længere findes i Danmark. Fx er de masseforekomster af store bakteriebevoksninger (såkaldte "lammehaler"), der var temmelig almindelige i danske vandløb helt op i 1980'erne, stort set forsvundet.

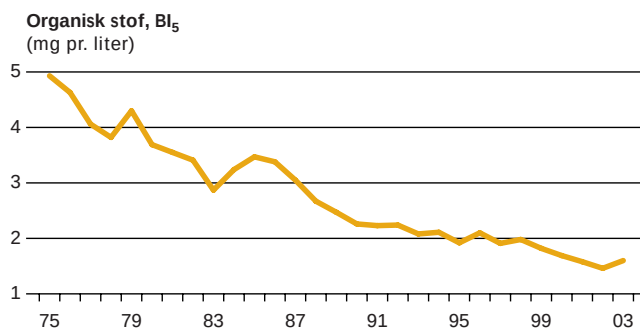
I figur 4-6 er udviklingen vist for perioden siden 1994 ved ca. 125 lokaliteter, der er undersøgt hvert år. Der ses en fremadskridende miljøforbedring. Andelen af vandløb med god tilstand (DVFI 5, 6 og 7) er øget fra 39 % til 53 %, mens andelen med dårlig tilstand (DVFI 1, 2 og 3) er mindsket fra 22 % til 8 %.

De forbedrede miljøforhold skyldes bl.a. en bedre biologisk rensning af spildevandet. Denne rensning har mindsket indholdet af biologisk nedbrydeligt organisk stof (målt som den mængde ilt, nedbrydningen af stoffet kræver, det såkaldte biokemiske iltforbrug, BI₅). Siden 1975 er BI₅ faldet fra ca. 5 mg pr. liter til ca. 1,5 mg pr. liter (figur 4-7). I uforurenede vandløb er værdien oftest omkring 1 mg pr. liter, mens en værdi på 5 mg pr. liter normalt svarer til ret stærk forurening (DVFI ca. 2-3).



Figur 4-6
Udviklingen i miljøtilstanden i danske vandløb i perioden 1994-2003 udtrykt ved Dansk Vandløbsfaunaindeks. Blå og grøn illustrerer andelen af vandløb med god miljøtilstand, mens orange og rød illustrerer andelen med dårlig tilstand.

Figur 4-7
Udvikling i det gennemsnitlige indhold af biologisk nedbrydeligt organisk stof (BI₅) i vandløb med vandkemimålinger i perioden 1975-2003.



Overvågningsresultaterne: næringssalte i vandløb

Kvælstof og fosfor har som nævnt kun lille betydning for dyre- og plantelivet i danske vandløb. Det naturlige indhold af kvælstof og fosfor er så højt, at plantevæksten i vandløbene ikke begrænses af næringssaltmangel, og derfor kommer der heller ikke nogen særlig påvirkning ved forhøjede mængder.

Næringssalte i vandløb løber imidlertid med vandet til søer og kystvande, hvor de bl.a. fører til øget algevækst. Måling af kvælstof- og fosforindholdet i vandløbsvandet og måling af transporten gennem vandløbene, de såkaldte stoftransportmålinger, er derfor en meget vigtig del af overvågningen af vandmiljøet.

Kvælstofindhold

Kvælstofindholdet i de fleste vandløb er mellem 4 og 10 mg pr. liter (figur 4-8). Størstedelen af kvælstoffet i vandløb findes bundet i nitrat. I vandløb i områder, hvor kun en lille del af oplandet er opdyrket, er det målte gennemsnitsindhold 1,2 mg pr. liter (figur 4-9). Uden opdyrkning af jorden og uden spildevandsudledninger ville kvælstofindholdet i de fleste danske vandløb være omkring 1 mg pr. liter.

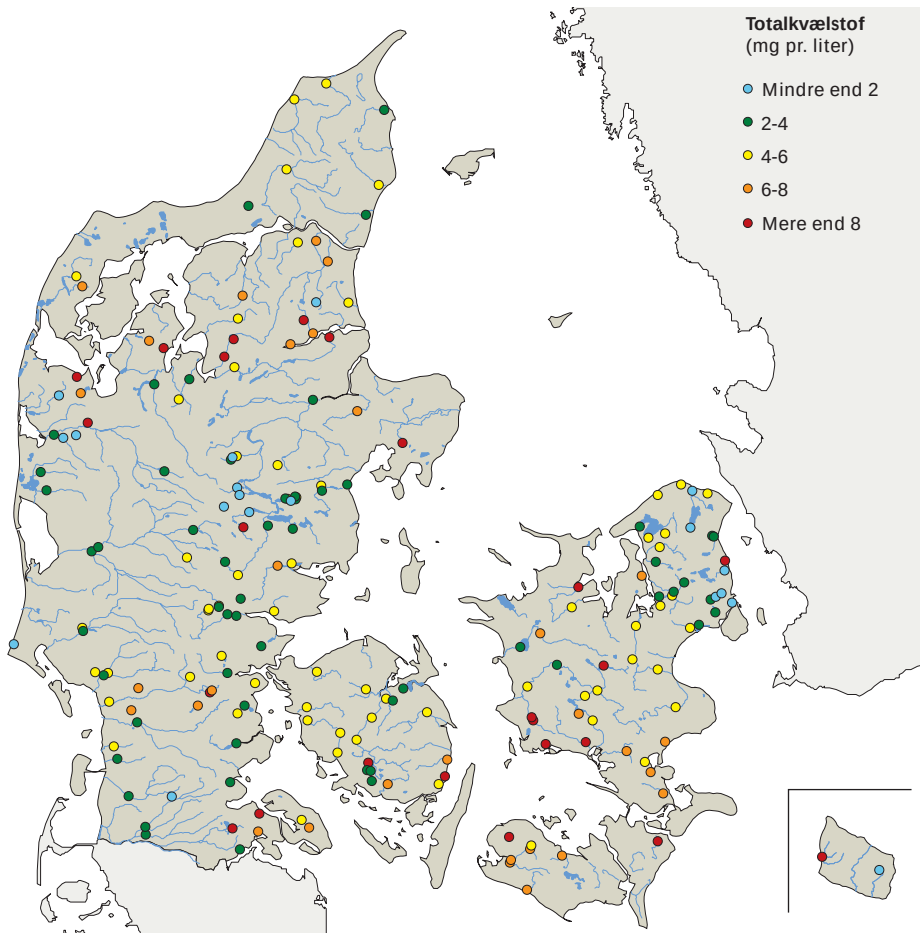
Der er ikke umiddelbart et mønster i den geografiske fordeling af kvælstofindholdet i vandløbene. Mønstret viser sig først, hvis vandløbene grupperes efter karakteren af vandløbsoplandet. Lavest indhold findes i vandløb, der afvander udyrkede områder. Jo større del af oplandet, der

er dyrket, desto større er de målte kvælstofmængder generelt. Derimod er kvælstofindholdet i vandløb i dag ikke væsentligt påvirket af spildevandsudledninger. Det skyldes dels, at langt den største kvælstofmængde stammer fra dyrkning af jorden, dels at der sker kvælstoffjernelse på de store renseanlæg.

Også de geologiske forhold i et vandløbsopland er vigtige for kvælstofindholdet. I dyrkede områder er kvælstofindholdet generelt højest i lerjordsområder, fordi vandet fra markerne her løber hurtigt til vandløbene gennem dræn.

Derimod vil det vand, der strømmer fra sandede områder, i højere grad sive ned til grundvandet, og her vil en

Figur 4-8
Gennemsnitsindhold af kvælstof ved stoftransportmålestationer i 2003.



del af nitratinholdet blive omdannet til frit, atmosfærisk kvælstof, inden vandet igen træder frem i væld og løber til vandløb.

Også i de tilfælde, hvor vandet har en lang opholdstid i søerne, vil nitrat-kvælstoffet blive omdannet til atmosfærisk kvælstof. Vandløb, der strømmer fra søer, har derfor ofte et lavt kvælstofindhold.

Udvikling i kvælstofindhold

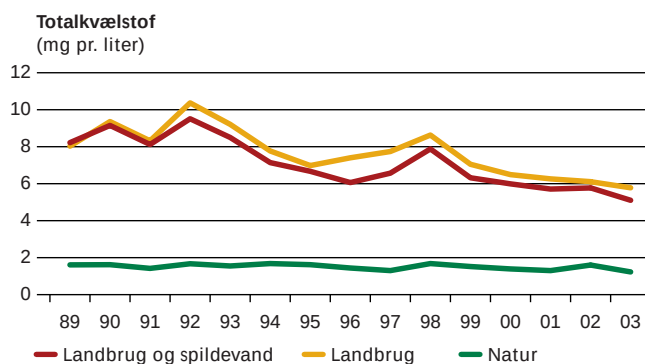
Kvælstofindholdet i vandløb afhænger også af vejrforholdene i perioden forud for målingerne. Der er derfor naturbetingede år-til-år-variationer i de målte gennemsnitsmængder. På trods af disse variationer ses et fald i kvælstofindholdet i perioden 1989-2003.

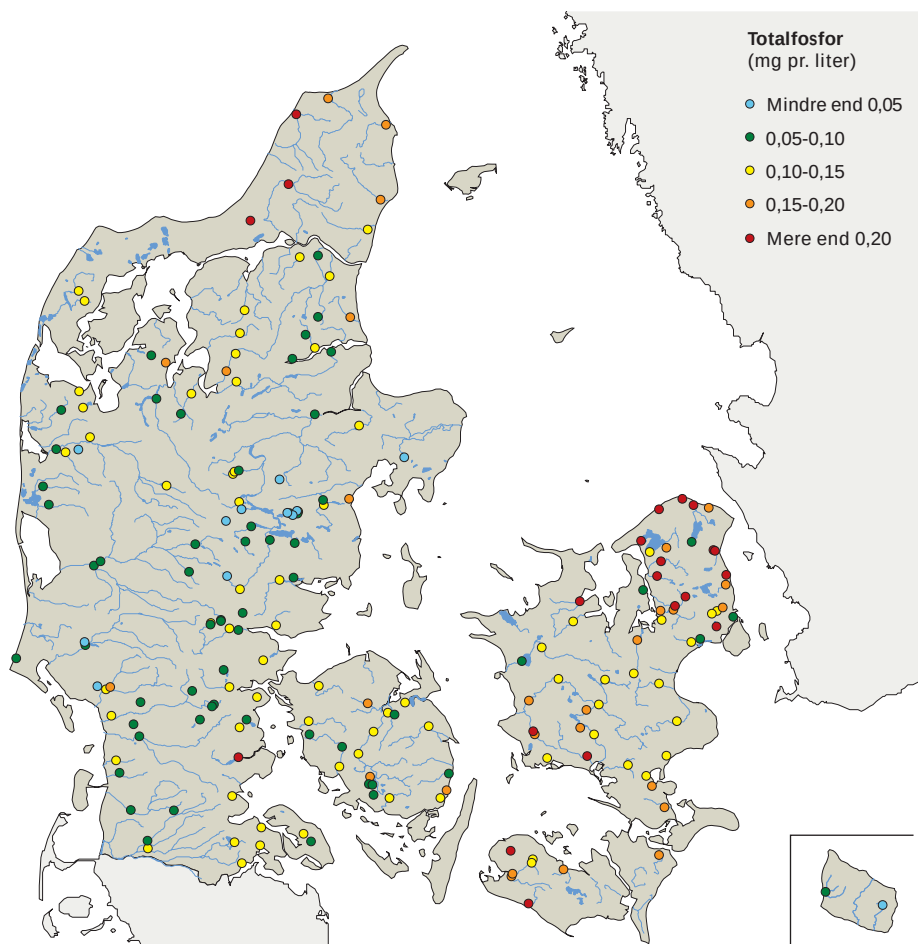
Kvælstofindholdet er mindsket afgørende i vandløb i dyrkede oplande og i vandløb med store udledninger af spildevand (figur 4-9). I vandløb, der afvander naturomlande, er der ingen ændring i kvælstofindholdet. Faldet i kvælstofindholdet er et resultat af de dyrkningsmæssige ændringer, fx mindsket gødskning, forårsudbringning af husdyrgødning og ændring i afgrøderne, som er iværksat som en del af vandmiljøplanerne.

Fosforindhold

Uden opdyrkning af jorden og uden spildevandsudledninger ville fosforindholdet i de fleste danske vandløb være omkring 0,03-0,05 mg pr. liter. I de fleste vandløb er de målte mængder dog betydeligt højere, ofte 0,1-0,2 mg pr. liter.

Figur 4-9
Udvikling i kvælstofindhold i vandløb i landbrugsområder og i landbrugsområder med spildevandstilførsel, samt i vandløb i naturområder, hvor kun en lille del af oplandet er opdyrket. De to øverste kurver følger hinanden, fordi dyrkningsbidraget i begge tilfælde er langt det største.





Store mængder fosfor optræder især på det tæt befolkede Sjælland (figur 4-10), idet en stor befolkningstæthed giver anledning til forholdsvis store udledninger fra rensesanlæg og spredt bebyggelse. Samtidig er vandløbenes vandføring her ofte ringe, hvilket betyder, at det udledte spildevand ikke fortyndes så meget. Også i Vendsyssel er der et stort fosforindhold. I de mere tyndt befolkede egne i Midt- og Vestjylland med større vandføringer i vandløbene er der mindre mængder fosfor.

I vandløb i landbrugsområder uden spildevandstilførsel er der dog også et forhøjet fosforindhold, ofte omkring 0,1 mg pr. liter, fordi der udvaskes fosfor fra dyrkede arealer.

Figur 4-10
Gennemsnitsindhold af
fosfor ved stoftransport-
målestationer i 2003.

Udvikling i fosforindhold

Indholdet af fosfor i spildevandsbelastede vandløb er faldet markant gennem første halvdel af 1990'erne og er nu kun moderat højere end i vandløb i landbrugsområder uden spildevand (figur 4-11). Faldet skyldes, at der er etableret fosforfjernelse på renseanlæg i oplandet til målestationerne.

Denne fosforfjernelse omfatter ikke kun de store anlæg, hvor der er tilsluttet mere end 5.000 personer, og hvor derfor VMP I-kravene er gældende. Også på de små anlæg har man gennemført fosforfjernelse for at opfylde de målsætninger, der er fastsat af amterne i regionplanerne.

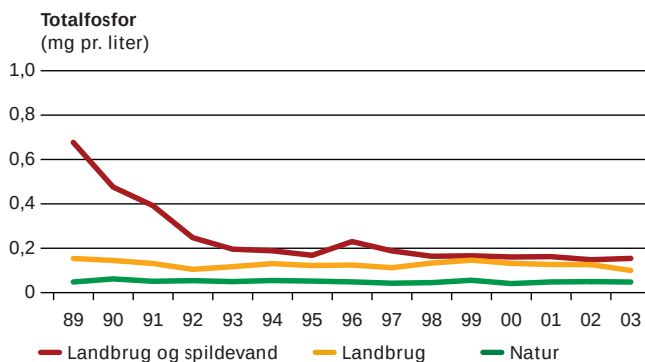
Ud over den reduktion i de spildevandsbelastede vandløbs fosforindhold, som fremgår af figur 4-11, skete der også en betydelig reduktion før 1989. Udbygningen af renseanlæg med fosforfjernelse startede nemlig allerede i 1970'erne og tog for alvor fart i 1980'erne, fx i Limfjordens og Gudenåens oplande.

Som det ses af figur 4-11 er fosforindholdet i vandløb i dyrkede oplande ikke mindsket i perioden 1989-2003. Det skyldes, at der indtil 2004 ikke er gennemført foranstaltninger til at mindske fosforudvaskningen fra dyrkede marker. Det er nu erkendt, at landbrugets fosforbidrag er en væsentlig kilde, og derfor er det i VMP III besluttet også at gøre en indsats for at mindske udvaskningen fra dyrkede arealer.

Næringssalttransport i vandløb

På stoftransportstationerne i figur 4-7 og 4-9 måles vandføringen og koncentrationen af kvælstof og fosfor. Herudfra beregnes transporten af de to næringssalte gennem

Figur 4-11
Udvikling i fosforindholdet i vandløb i landbrugsområder og i landbrugsområder med spildevandstilførsel, samt i vandløb i naturområder.



**Figur 4-12**

Ved alle målestationer for stoftransport i vandløb måles den daglige vandføring ud fra registrering af vandstanden (Århus Å ved Skibby).

Foto: Jens M. Andersen.

vandløbet. Herved opgøres ikke blot de mængder af næringssalte, som vandløbene leder ud i de enkelte søer, fjorde eller havområder, men opgørelsen bruges også til at beregne bidragene fra de enkelte næringssaltkilder: naturbidrag, spildevandsbidrag og dyrkningsbidrag (se tabel 2-1). Summen af naturbidrag og dyrkningsbidrag beregnes ved at trække de målte spildevandsbidrag fra den samlede transport. Endelig kan man beregne dyrkningsbidraget ved at fratrække naturbidraget, der kendes fra små vandløb i dyrkede områder.

Overvågningens betydning

Sammenhængen mellem overvågningsresultater og beslutning om reduktion af forurenende udledninger har været særlig tydelig på vandløbsområdet. Vandløbenes miljøkvalitet kan normalt let sættes i relation til de konkrete påvirkningsfaktorer, fx spildevandsudledning eller vandløbsvedligeholdelse. Beslutningscirklen i figur 1-4 har derfor været gennemløbet flere gange, især med hensyn til forurening med spildevand. Det har resulteret i, at organisk stof i spildevand snart ikke længere er en hindring for, at det enkelte vandløbs målsætning kan opfyldes.

I 1970'erne var indsatsen især koncentreret om at mindske de største og mest forurenende udledninger. Amterne

skærpede udlederkravene, og kommunerne forbedrede rensningen af spildevandet, bl.a. hvor en sædvanlig biologisk rensning havde vist sig ikke at være tilstrækkelig til at opfylde målsætningen. I de senere år er amternes vandløbsovervågning bl.a. brugt til at fastsætte, hvor en rensning af spildevand fra spredt bebyggelse er nødvendig for at opfylde en vandløbsmålsætning.

Opfyldelse af miljømål og perspektivering

Målsætningsopfyldelse

Forbedringen i den biologiske vandløbskvalitet har i perioden 1999-2003 betydet, at opfyldelsen af målsætningerne ved de ca. 1.000 stationer i Det Nationale Overvågningsprogram er steget fra 39% til 51%. Forbedringerne er sket over hele landet. I Jylland og på Fyn opfylder lidt over halvdelen af vandløbene den fastsatte målsætning mod kun lidt over $\frac{1}{3}$ på øerne øst for Storebælt. De senere års store nedbør og vandføring i vandløbene kan have påvirket målopfyldelsen i positiv retning. I mange andre vand-

Figur 4-13
Fysiske ændringer i Boest Bæk i Midtjylland som følge af ophør af vandløbsvedligeholdelse. Fra venstre: 1975, i midten: 1985 og til højre: 2005.

Foto: Jens M. Andersen.



løb er der desuden sket forbedringer, der dog ikke har været tilstrækkelige til at nå målsætningen.

Perspektivering

Der er betydelige forskelle i, hvilke biologiske kvaliteter der kan opnås i de danske vandløb. Mulighederne for en stor artsrigdom af vandløbsdyr og -planter er begrænsede i vandløb med lille fald og strømhastighed og i vandløb, der (næsten) tørrer ud om sommeren. For de fleste vandløbs vedkommende kan den nuværende biologiske tilstand dog forbedres.

Især i små vandløb kan en mere effektiv fjernelse af organisk stof fra spildevand, ikke mindst fra spredt bebyggelse, forbedre den biologiske tilstand.

Det vigtigste tiltag vil dog være at skabe en større fysisk variation i dyrenes og planternes levesteder i vandløbene. Ved at mindske eller undlade vandløbsvedligeholdelse er der mange steder opnået miljøforbedringer svarende til 1-2 skalatrin på Dansk Vandløbsfaunaindeks. Men nogle vandløb er så kanaliserede og nedgravede i ådalen, at en mere aktiv restaureringsindsats er nødvendig.





Figur 4-14
Stryg i Lilleå ved Løjstrup
dambrug.

Foto: Jens M. Andersen.

Lilleå

Lilleå løber til Gudenåen sydvest for Randers (se figur 2-4). Gudenåundersøgelsen i 1972-1974 viste, at Lilleå var stærkt forurenet af spildevand fra husholdninger, slagteri og ulovlige udledninger af møddingsvand mv. Samtidig kunne man konstatere, at passage af vandrefisk op igennem vandløbssystemet var forhindret af de mange mølleopstemninger. Forureningsgraden svarede til faunaklasse 1-3 efter Dansk Vandløbsfaunaindeks (figur 4-15). Neden for Hadsten var vandløbsbunden dækket af bakteriekolonier, de såkaldte lammehaler, der kun findes ved stærk forurening med organisk stof.

Et stykke nedstrøms spildevandsudledningerne havde vandløbets selvrensning mindsket den organiske forurening, men udledningerne førte her til, at trådformede grønalg dækkede hele vandløbsbunden og skabte store døgnsvingninger i vandets iltindhold.

Undersøgelsesresultaterne førte til, at kommunerne omkring 1989 besluttede sig for en samling og effektiv-



Figur 4-15
Forureningstilstand i Lilleå i
1970'erne og i 2001.

sering af spildevandsrensningen i oplandet. Vandkvaliteten i åen blev god, men de tidligere vandløbsreguleringer og vandløbsvedligeholdelsen viste sig at forhindre, at der igen kom en artsrig rentvandsfauna. Amtsrådet besluttede derfor at gennemføre vandløbsrestaurering og en mere miljøvenlig vedligeholdelse. Dette blev iværksat omkring 1990. Desuden ændrede amtet i løbet af 1990'erne de gamle mølleopstemninger til stryg, som kan passeres af fiskene i åen.

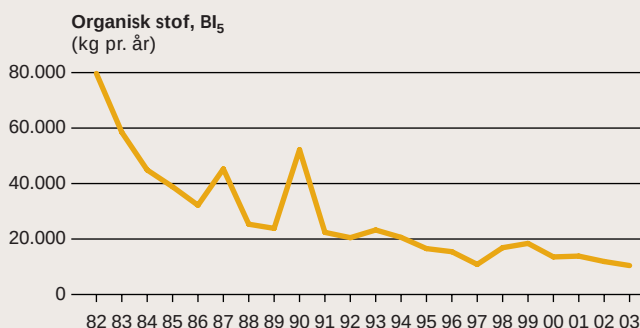
Det samlede resultat, som bliver uddybet i de følgende afsnit er, at Lilleå har ændret sig fra at være et stærkt forurenet vandløb til at have en rentvandsfauna af smådyr og danmarksrækkord, ja måske verdensrekord i opvækst af ørred.

Forbedret vandkvalitet

Spildevandet renses i dag i nogle få velfungerende rensesanlæg (figur 2-4). Den biologiske spildevandsrensning, der blev etableret omkring 1980, er siden gjort stedse mere effektiv, fordi det viste sig nødvendigt for at opfylde vand-

Figur 4-16

Organisk stof udledt med spildevand har været den vigtigste årsag til forurening af vandløb. Den biologiske rensning i Hadsten og Hinnerup blev ikke mindst i 1980'erne stærkt forbedret. Det er en vigtig årsag til den gode tilstand i Lilleå i dag.



løbsmålsætningen. Fra 1982 til 2003 er udledningen af organisk stof fra renseanlæggene i Hadsten og Hinnerup reduceret med omkring 75 % (figur 4-16). Endvidere blev de ulovlige landbrugsudledninger stoppet i 1980'erne, og slagteriet i Hadsten lukkede.

Det har ført til afgørende forbedringer i plante- og dyrelivet i Lilleåen. Lilleå nedstrøms Hadsten er nu kun svagt forurenet med faunaklasse 5-6, og målsætningen er opfyldt i hele åen.

Bedre fysiske forhold

Det er ikke kun vandkvaliteten, der er forbedret i Lilleå. Siden 1989 har Århus Amt fjernet 14 spærringer i Lilleå-systemet, og der er således skabt passage for fisk i næsten hele åsystemet.

I Granslev Å, et uforurenet tilløb til Lilleå, er ca. 4,5 km af åen blevet genslynget, og de deraf følgende forbedrede fysiske forhold har bl.a. betydet, at den rentvandskrævende og sjældne slørvinge *Perlodes microcephala* har bredt sig betydeligt længere op i systemet.

En mere miljøvenlig vedligeholdelse af vandløbene har også i de øvrige dele af Lilleå-systemet givet mere varierede fysiske forhold og levesteder og dermed flere smådyr og fisk.

Stor produktion af havørred

Miljøindsatsen har givet en stor ørredbestand i Lilleå-systemet. Ikke mindst antallet af nedtrækkende smolt (1-2 årige ørreder, der trækker ud i havet for at blive til havørreder) og af optrækkende havørred er steget ganske betydeligt.

I 1984 blev antallet af udtrækkende smolt skønnet til at være 8.000-9.000 i Lilleå-systemet, og antallet af optrækkende havørreder var ca. 750. I 2001 trak ca. 1.900 havørreder op for at gyde. Danmarks Fiskeriundersøgelser har ved flere års undersøgelser fundet, at ca. 30.000 smolt årligt trækker mod havet for at blive til store havørreder. Havørredbestanden har således kvitteret for den bedre vandkvalitet og de forbedrede fysiske forhold i åsystemet med cirka en tredobling af produktionen af smolt.

Figur 4-17

Selv i små vandløb som her i Granslev kan der være store ørreder.

Foto: Hans-Martin Olsen.





5

Søer

Søernes største miljøproblem er tilførsel af næringssalte med spildevand og fra landbrug. Det har ført til, at mængden af mikroskopiske alger i vandet er steget, at undervandsplanterne er forsvundet og at fiskebestanden er ændret. Løsningen på problemet er at mindske fosfortilførslen, men forbedringer er årtier om at slå igennem. Himmelbjergsøerne med Silkeborg i baggrunden.

Foto: Lars Nygaard.

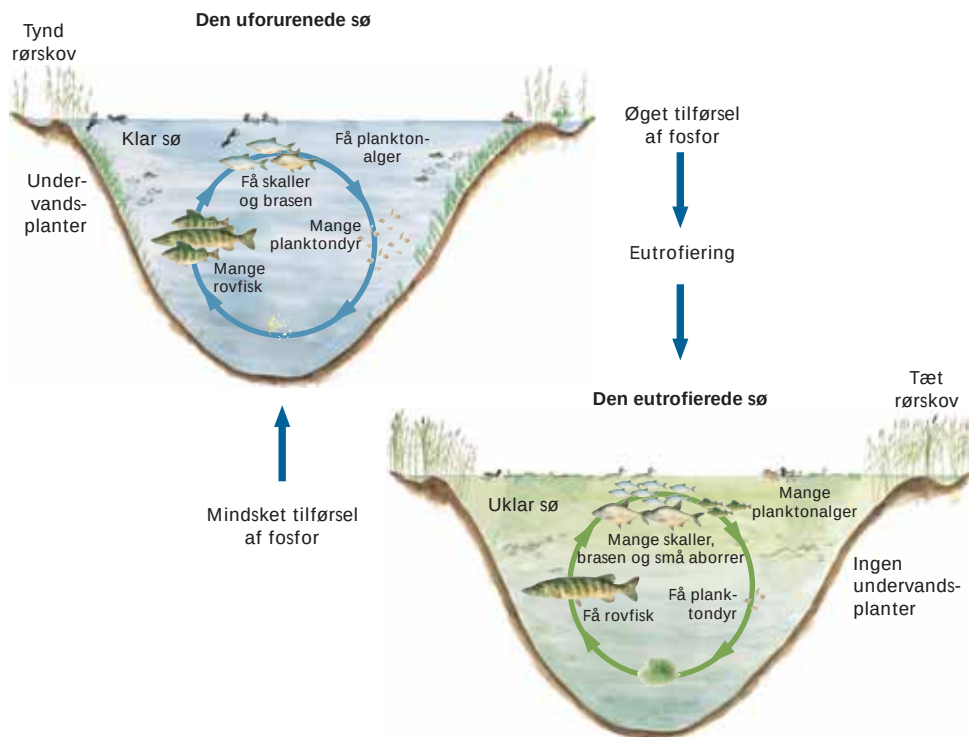
Miljøproblemer i søer

I Danmark har vi ca. 120.000 søer og damme. Langt størstedelen af disse er smådamme på 100-1.000 m², og kun 2.762 søer har et areal større end 1 ha.

Menneskeskabt tilførsel af næringssalte er det dominerende forureningsproblem i søerne, fordi denne "gødskning" af søerne har mangedoblet algemængden i vandet. Søerne er blevet næringsrige eller eutrofierede. Det påvirker hele søens økosystem, fordi vandet bliver uklart, så lyset ikke trænger ret langt ned i vandet. Oftest følges de øgede algemængder af flere skaller og brasener, mens antallet af rovfisk som gedder og aborrer bliver forholdsvis mindre. Også mængden af algeædende zooplankton mindskes, hvilket bidrager til at øge algemængden forholdsvis.

I figur 5-1 vises nogle vigtige principielle forskelle i plante- og dyrelivet i en uforurenet og en eutrofieret sø.

Figur 5-1
Skematisk illustration af økosystemet i en uforurenet, klarvandet sø og i en eutrofieret (næringsberiget) sø (grafik efter Århus Amt).



Da det er mængden af næringssalte, der giver problemet, kan det løses ved at mindske den tilførte mængde. Det er normalt mest effektivt at mindske fosfortilførslen. Det skyldes, at fosfor i de fleste søer er det næringssalt, der er mindst af i forhold til algernes behov. Kvælstof spiller dog også en rolle, især for forekomsten af vandplanter.

Overvågningsprogrammet

Nøgleelementet i overvågningen i de fleste søer er algemængden i vandet. Desuden indgår normalt de øvrige biologiske elementer, som påvirkes af algemængden såsom undervandsplanter og fisk. Nok så vigtigt er det dog, at overvågningen også belyser årsagerne til de målte algemængder i vandet. Hertil kræves både måling af næringssaltindholdet i vandet og opgørelse af tilførslerne fra de forskellige kilder, både de naturlige og de menneskeskabte.



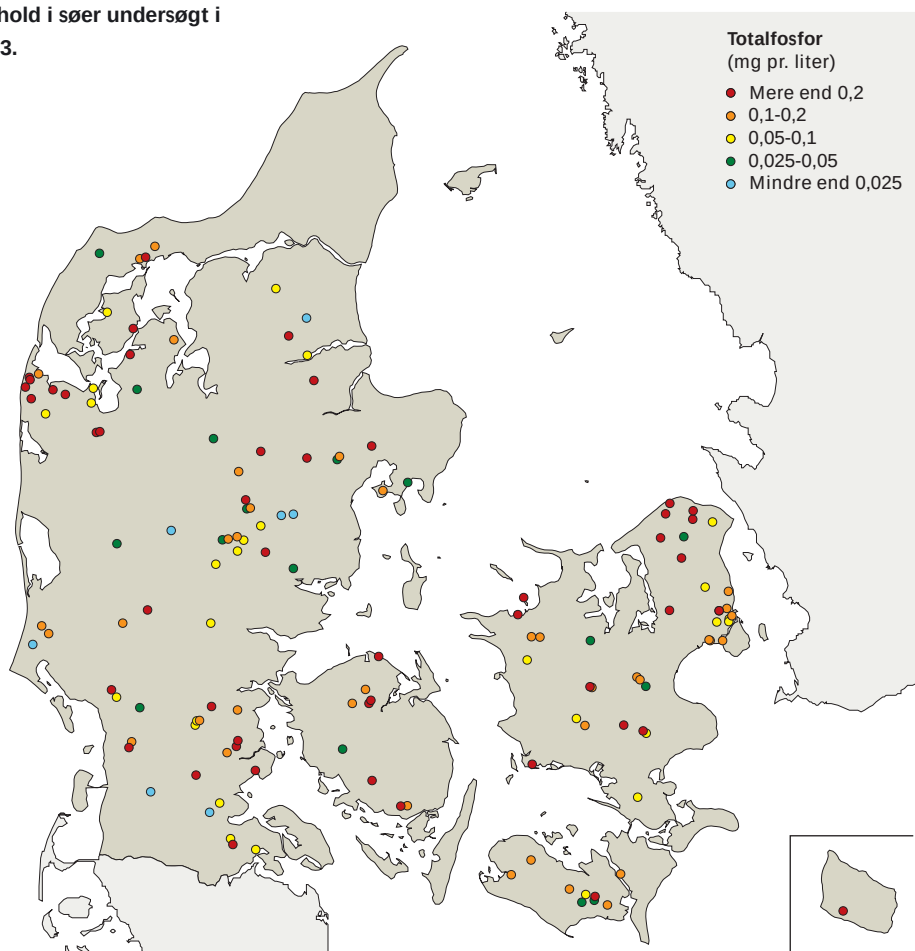
Figur 5-2
Udtagning af vandprøver
med vandhenter.

Foto: Århus Amt.

Amternes overvågning

Undersøgelser af miljøforholdene i søerne blev indtil 1970'erne næsten kun foretaget af universiteterne. Med Miljøbeskyttelsesloven fra 1974 blev det amternes opgave at overvåge miljøtilstanden i søerne, og amterne har siden da overvåget de fleste større søer med forskellig intensitet. Man har især overvåget for at kunne fastlægge en målsætning, vurdere målsætningsopfyldelsen og træffe beslutning om fosforfjernelse fra spildevand.

Figur 5-3
Gennemsnitlige fosfor-
indhold i søer undersøgt i
2003.



Det Nationale Overvågningsprogram

Siden 1989 har udvalgte søer indgået i Det Nationale Overvågningsprogram. Disse søer bliver overvåget hvert år med et undersøgelsesprogram, som omfatter de biologiske forhold, næringssaltindholdet og næringssalttilførslerne. Frem til 2004 omfattede denne intensive overvågning 27 ferskvandssøer og 4 brakvandssøer.

I hver sø tages der prøver i de frie vandmasser 19 gange om året, hyppigst i algernes vækstsæson forår og sommer. Samtidig måles sigtddybden og ilt- og temperaturforhold. Det er nødvendigt at tage prøver med stor hyppighed, fordi algemængden og næringssaltkoncentrationerne varierer stærkt – især i vækstsæsonen. Undersøgelser af undervandsplanter og fisk foretages derimod kun én gang om året.

Overvågningsresultaterne

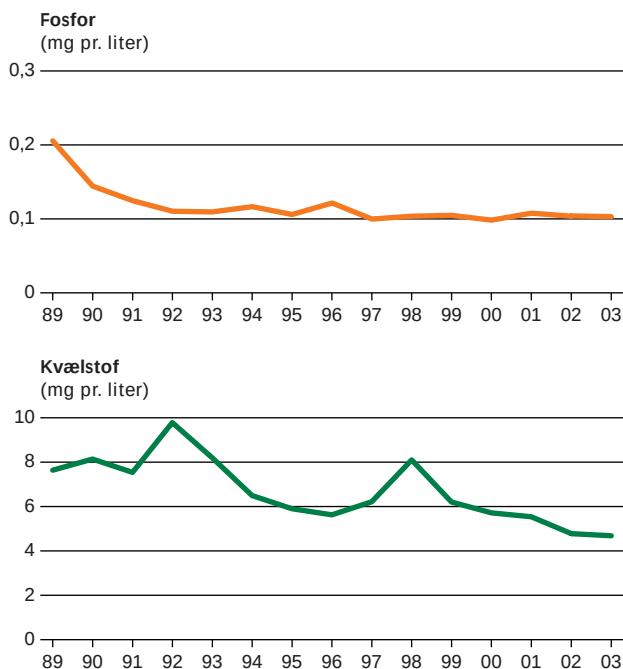
Ca. halvdelen af fosfortilførslen til søerne stammede i 2003 fra det åbne land, dvs. fra den naturbetingede tilførsel og tilførslen som følge af dyrkning af jorden i søoplandet. For hele landet har man beregnet, at naturbidraget for fosfor i gennemsnit er ca. halvt så stort som dyrkningsbidraget (kapitel 2). Denne typiske fordeling gælder formentlig også for søerne.

Geografisk synes der ikke at være forskelle i, hvor de rene og de forurenede søer findes. Kvaliteten af søer i Østdanmark styrkes formentlig af, at den mindre nedbør mindsker afstrømningen af næringssalte fra oplandet. Nogle af søerne i Midtjylland og Thy nyder godt af den lavere befolkningstæthed og nogle steder af en ekstensiv arealudnyttelse. De fleste søer har dog en betydeligt højere fosforkoncentration end den naturbetingede, der normalt er mindre end 0,025 mg pr. liter (figur 5-3).

Næringssaltindhold i det vand, der strømmer til søerne

Figur 5-4 viser, hvordan fosfor- og kvælstofindholdet har udviklet sig i det vand, der løber til overvågningssøerne. Der ses et fald i fosforindhold – specielt i første halvdel af 1990'erne, hvor især de højeste koncentrationer er blevet mindre. Det skyldes spildevandsrensning og er formentlig en fortsættelse af et generelt fald, der startede nogle år tidligere, da fosforfjernelse blev påbegyndt. Kvælstofindhol-

Figur 5-4
Udvikling i fosfor- og
kvælstofkoncentrationen i
det vand, der løb til over-
vågnings søerne i perioden
1989-2003.



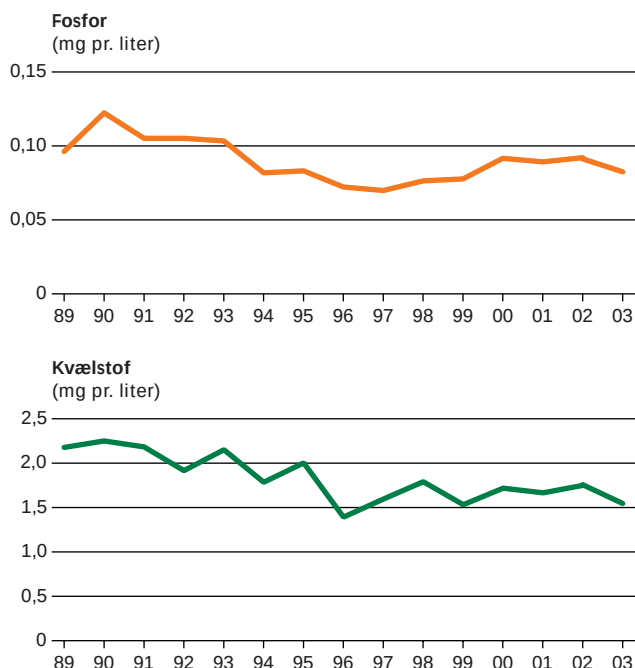
det i tilløbsvandet er især mindsket, fordi udvaskningen fra dyrkede marker er mindsket.

Man begyndte at reducere fosfortilførslen med spildevand i 1970'erne, da de første recipientundersøgelser havde fastlagt årsagssammenhængen mellem forureningskilder og miljøforringelser i søerne, fx i Furesø og i Gudenåsystemet (se eksempel sidst i dette kapitel og i kapitel 2).

Amternes overvågning af forureningskilderne og miljøtilstanden i søerne førte i løbet af 1980'erne og 1990'erne til fosforfjernelse på de fleste renseanlæg i søoplande. Samtidig blev en anden forureningskilde bragt til ophør, nemlig udledningen af møddingsvand mv. fra dyrehold. Det skete i løbet af 1980'erne, og gødningsstofferne blev i stedet kørt ud på markerne.

En tredje fosforkilde er udledninger fra spredt bebyggelse, der ikke er tilsluttet kommunale renseanlæg. Amterne har i regionplanerne udpeget søoplande, hvor der skal ske fosforfjernelse fra disse udledninger, men mange steder er den forudsatte rensning endnu ikke gennemført.

Efter at fosforfjernelse fra spildevand er gennemført, står de dyrkede arealer tilbage som den væsentligste fos-



Figur 5-5
Udvikling i fosfor- og kvælstofkoncentrationen i overvågningssøerne i perioden 1989-2003. Linjerne forbinder middelværdier for det enkelte år.

forkilde. Der er hidtil ikke sket en målrettet indsats mod denne kilde, men med VMP III er en indsats mod fosfortabet fra markerne påbegyndt.

Vandkvaliteten i søerne

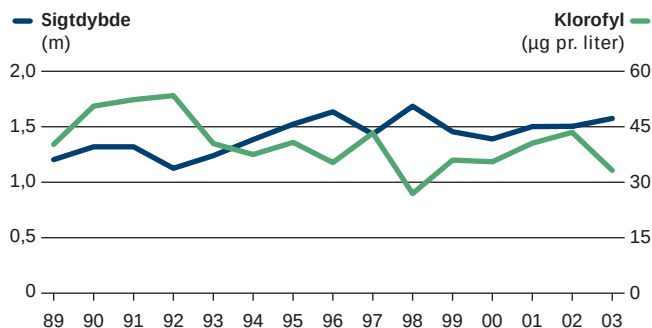
Udviklingen i søvandets indhold af fosfor og kvælstof følger i nogen grad udviklingen i indholdet i det vand, der løber til søerne (figur 5-5). Fosforindholdet i de mest forurenede søer er mindsket stærkt fra omkring 0,4 til omkring 0,2 mg pr. liter for de 10% af søerne, der har det højeste fosforindhold. Ud af de 27 ferskvandssøer, der har været overvåget under Det Nationale Overvågningsprogram siden 1989, er fosforindholdet mindsket i de 16.

Der er også en udvikling i søvandets indhold af kvælstof – især i søer med stort kvælstofindhold.

Algemængde og sigtddybde

Ud af de 27 ferskvandssøer, der har været overvåget i Det Nationale Overvågningsprogram siden 1989, er algemængden mindsket i de 10 og sigtddybden øget i 12. Det skyldes først og fremmest, at fosfortilførslen er mindsket.

Figur 5-6
Udviklingen i sigtdybde og klorofylindhold i overvågnings søernes overfladevand i perioden 1989-2003. Tallene er gennemsnitsværdier for sommermånederne.



Som årsgennemsnit er sigtdybden for alle søerne øget fra 1,7 m i perioden 1989-1995 til 2,0 m i 2003, mens den om sommeren er øget fra 1,4 til 1,7 m (figur 5-6).

Den mindskede algemængde viser sig også i et lavere klorofylindhold i vandet. Års- og sommergennemsnit for klorofylindholdet er således mindsket med hhv. 45% og 35% fra 1989-95 til 2003. Tallene giver et billede af en generel, men moderat forbedring i søernes miljøtilstand.

Overvågningsresultaternes betydning

Overvågningsresultater fra søerne har siden 1970'erne været brugt til at fastsætte krav om fosforfjernelse i det spildevand, som udledes i søoplande. Hovedelementerne i denne anvendelse består i at opgøre størrelsen af de enkelte forureningskilder og herefter beregne, hvor meget miljøtilstanden i en sø vil kunne forbedres gennem forskellige indgreb.

Figur 5-7
Tætte rørskove og blomstrende åkander er karakteristiske for de næringsrige søer (Karl Sø ved Bryrup).

Foto: Jens M. Andersen.



Overvågningsresultaterne har også leveret oplysninger om, hvor lavt fosforindholdet i en sø skal være, for at denne kan fremtræde klarvandet og uforurenet. Danmarks Miljøundersøgelser har ud fra overvågningsresultaterne vurderet, at fosforindholdet i dybe søer normalt skal være mindre end 0,025 mg fosfor pr. liter, for at den kan betegnes som kun svagt forurenet, mens lavvandede søer kan have et indhold på op til 0,05 mg pr. liter.

Endelig har overvågningsprogrammet dokumenteret, at fosforbidrag fra dyrkning af jorden er en vigtig kilde til forurening af danske søer. Det har ført til beslutning i Vandmiljøplan III om at begrænse dyrkningsbidraget af fosfor.

Opfyldelse af miljømål og perspektivering

Ca. $\frac{1}{3}$ af søerne opfylder målsætningen

På baggrund af resultaterne fra overvågningen kan det konkluderes, at ca. $\frac{1}{3}$ af de danske søer opfylder deres nuværende målsætning.

I en del søer er der dog sket betydelige miljøforbedringer, men ikke nok til at de opfylder målsætningen. Der vil i løbet af de kommende år ske en yderligere forbedring i nogle søer, hvor spildevandsbelastningen er mindsket, idet forbedringer oftest først kommer årtier efter, at fosfortilførslen er mindsket.

Forsinkelserne skyldes især, at fosfor fra tidligere tiders spildevandsudledning er ophobet i søbunden. Når fosfortilførslen mindskes, vil en del af denne fosformængde gå i opløsning i vandet og forsinke forbedringer i vandkvaliteten.

Yderligere indsats

En opfyldelse af de nuværende mål for miljøtilstanden vil for mange søers vedkommende kun kunne ske ved at mindske fosfortilførslen yderligere. Den nødvendige reduktion vil være meget forskellig fra sø til sø, især afhængig af forholdene i afstrømningsområdet.

Hvis fosfortilførslen skal mindskes, kan det ske ved en vidtgående fosforfjernelse fra alle typer af spildevandsudledning og/eller en reduktion af udvaskningen af fosfor fra de dyrkede arealer – især dem, hvorfra fosfortabet er størst. En effektiv metode er at tage sådanne arealer ud af omdrift og holde dem med et vedvarende plantedække.

Figur 5-8
Måling af sigtddybde.

Foto: Århus Amt.





Figur 5-9
Normalt er vandet i Furesø ret klart, men der har været masseforekomster af blå-grønner om sommeren.

Foto: Inge Grevy.

Furesø

Furesø er med sine 37,7 m Danmarks dybeste sø og arealmæssigt også en af de største. Der er 127 mio. m³ vand i søen, og bunden på det dybeste sted ligger ca. 16,5 m under havniveau. Furesø er en del af det kulturhistorisk interessante Mølleå-system, hvor vandkraften blev udnyttet i den tidlige fase af industrialiseringen i Danmark.

I gennemsnit befinder vandet sig i Furesø i hele 15 år. Vandgennemstrømningen er lille, fordi oplandet til søen kun er på 69 km², og fordi der i oplandet er stor indvinding af vand, der ikke ledes tilbage til søen.

Særligt grundige undersøgelser af Furesø blev foretaget i perioderne 1900-1910 og igen i 1950-1954. Siden 1970'erne har amtet lavet omfattende undersøgelser, og Furesø har været en del af Det Nationale Overvågningsprogram siden 1989. Furesø er dermed enestående blandt danske søer med hensyn til længden af den periode, undersøgelserne rækker tilbage i tiden.

Forureningsproblemet

Forureningsproblemet i Furesø er, at øgede tilførsler af fosfor har ført til øgede algemængder i vandet. Det har givet uklart vand og mindsket udbredelsen og artsrigdommen af undervandsplanter som de mest direkte virkninger.

Fra at være en klarvandet sø i den første del af 1900-tallet med en sommersigt dybde på ca. 6 m, var sigt dybden mindsket til ca. 3 m i 1950'erne, og 2-2,5 m i perioden 1970-1990. I de seneste år er sigt dybden igen øget, fordi fosforindholdet i vandet er mindsket (figur 5-10).

Oprindeligt var der en artsrig og udbredt undervandsvegetation i Furesø, men som vandet blev mere og

Tabel 5-1

Antal arter af blomsterplanter, mosser og kransnålsalger fundet i Furesø gennem de seneste 100 år. Desuden er angivet den fundne dybdegrænse for undervandsplanterne.

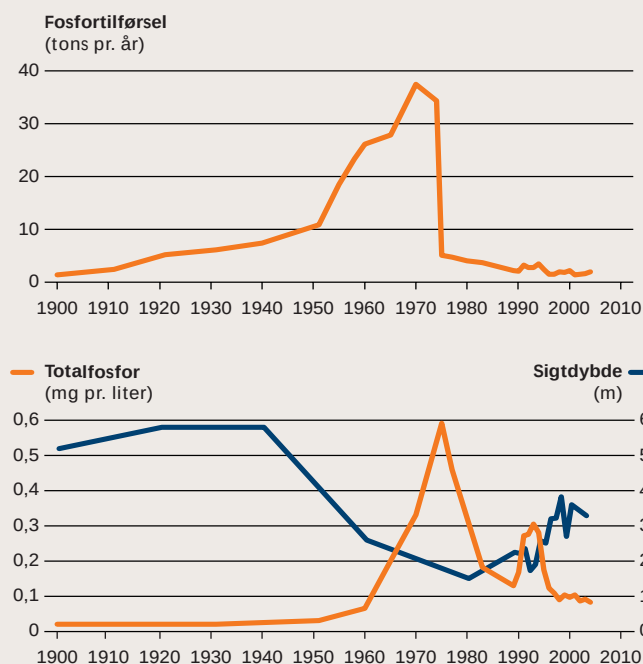
	1910	1951	1993	2003
Blomsterplanter	18	13	13	18
Mosser	5	2	0	0
Kransnålsalger	10	4	1	3
Dybdegrænse for planter	7 m	5,5 m	3,5 m	5 m

mere uklart i løbet af 1900-tallet, gik det stærkt tilbage for undervandsplanterne (tabel 5-1). I de seneste år har der igen været en fremgang.

Eutrofieringen af Furesø forringede også levevilkårene i de dybe dele af søen. Hele sommeren ligger det samme kolde og tunge bundvand på dybder større end ca. 15 m, uden at det bliver blandet med det iltholdige overfladevand. Indtil omkring 1950 var iltindholdet ved sommerens start tilstrækkeligt til at dække iltforbruget hele sommeren igennem. Den øgede algemængde har imidlertid siden da øget iltforbruget i bundvandet, og der har i de seneste årtier været vedvarende iltfrit i bundvandet gennem 3-4 sommermåneder og derfor meget forringede forhold for både bunddyr og fisk (se figur 5-12).

Målsætning for Furesø

Frederiksborg Amt og Københavns Amt har i deres regionplaner vedtaget, at målet for Furesø er, at den skal have en kvalitet svarende til tilstanden i år 1900. Konkrete kvalitetskrav er, at den gennemsnitlige sigtdybde om sommeren



Figur 5-10

Udvikling i den samlede fosfortilførsel, fosforindhold i overfladevandet og sommersigtdybde i Furesø i perioden 1900-2003. Fosforværdierne fra før 1970 er usikre.

skal være mindst 4 m, og at der skal vokse undervandsplanter ud til en vanddybde på 7 m.

Den vigtigste indsats for at nå målsætningen er at mindske fosfortilførslen. Som et middel til at opfylde målsætningen inden for en overskuelig årrække er der iværksat en supplerende restaurering med iltning af bundvand og opfiskning af zooplanktonædende fisk.

Afskæring og rensning af spildevand

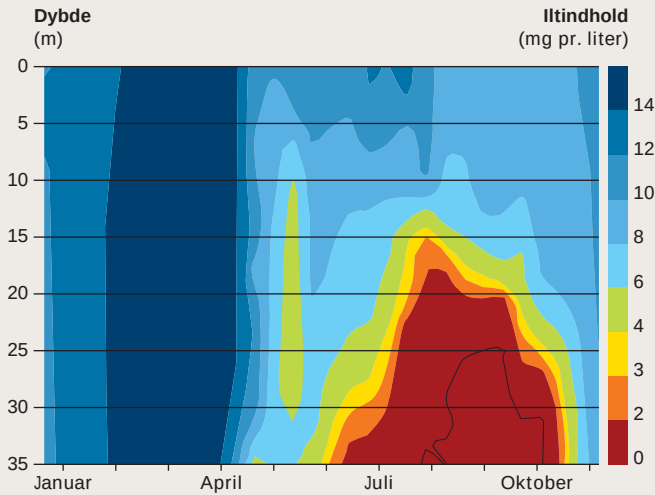
Allerede i 1950-1954 konkluderede Furesøundersøgelserne, at forureningen af Furesø skyldtes tilførsel af næringssalte med spildevand. Det førte til, at der i 1970'erne skete en afskæring af alt spildevandet fra oplandet på nær Stavns-holt Renseanlæg, der blev udvidet til også at fjerne fosfor.

Resultaterne af denne indsats er, at den samlede fosfortilførsel til Furesø er mindsket stærkt (figur 5-10). Derimod skete der ikke et væsentligt fald i søvandets fosforindhold før midt i 1990'erne, og det er stadig langt højere end i 1900, hvor det formentlig var ca. 0,02 mg pr. liter. Denne forsinkelse på mindst et par årtier skyldes dels, at udskiftningen af vandet i søen varer ca. 15 år, dels at en meget stor del af den fosfor, der blev tilført før 1970'erne, har været ophobet i søens mudderbund og kun langsomt frigøres herfra. Der er altså udsigt til, at det varer yderligere nogle årtier, før den fulde virkning af den mindskede fosfortilførsel opnås.

Iltning af bundvandet og opfiskning

Mens fosforindholdet og sigtddybden blev forbedret fra midt i 1990'erne, kunne der ikke konstateres væsentlige forbedringer for undervandsplanter eller for iltforholdet i bundvandet (figur 5-11). Fiskebestanden på dybt vand bestod igen af mange aborrer, mens de mere lavvandede områder fortsat var præget af mange fredfisk. De æder de dafnier og lignende, der skulle bidrage til at holde algemængden nede og vandet klart (illustreret i figur 5-1).

For at opfylde den ovenfor nævnte målsætning igangsatte Frederiksborg Amt i 2003 et stort restaureringsprojekt i Furesø. Dels tilføres bundvandet hver sommer ilt for at mindske frigivelsen af fosfor, dels foretages der en målrettet opfiskning af zooplanktonædende fredfisk, så zooplanktonet bedre kan bidrage til at holde algemængden nede.

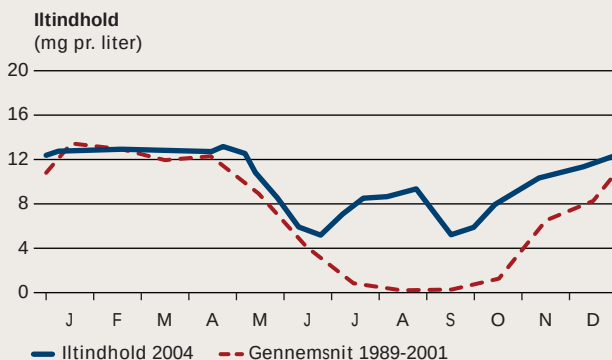


Figur 5-11

Iltindholdet i Furesø gennem året inden kunstig tilførsel af ilt. Om vinteren er vandet opblandet, og der er høje iltkoncentrationer i hele søen. I sommerhalvåret bliver søens vandmasser lagdelt, og efterhånden bliver al iltten opbrugt. Vandet i op til 20 meters dybde bliver iltfrit (rød farve). Først ud på efteråret bliver vandmasserne opblandet igen, og der kommer atter ilt til bunden.

Iltten tilføres bunden ved at lede ren ilt fra en stor tank på land ud via 5 km slanger, der ligger ud over søbunden. Slangerne har små huller, hvorfra iltten bobler op i vandet.

I overfladevandet er det endnu ikke muligt at spore virkninger af indgrebene, men i bundvandet er der en tydelig virkning af iltningen. Det var muligt allerede samme år, som iltningen begyndte, at opnå så gode iltkoncentrationer i bundvandet (figur 5-12), at fosforfrigivelsen blev mindsket væsentligt. Der var desuden, for første gang i årtier, gode iltforhold for bunddyrene gennem hele sommeren. Mængden af bunddyr steg derfor markant, og de er nu med til at øge omsætningen af ophobet organisk materiale på søbunden.



Figur 5-12

Iltning af bundvandet i Furesø har øget iltindholdet om sommeren. Den blå kurve er iltkoncentrationen i 2004, den punkterede er et gennemsnit fra årene 1989-2001.





Fjorde

Blandt vore marine områder er fjordene de mest forurenede. Især de lukkede fjorde med stor ferskvandstilførsel er kraftigt forurenet med næringssalte. Overvågningsresultaterne har vist, at både fosfortilførsler og kvælstoftilførsler er af betydning for forureningsniveauet i fjordene, og at der opnås forbedringer ved at mindske tilførslerne. På billedet ses bl.a. Kerteminde Fjord og Odense Fjord.

Foto: Jan Kofod Winther.

Miljøproblemer i fjorde

Indholdet af kvælstof og fosfor styrer i høj grad fjordenes miljø- og naturkvalitet. Et stort indhold medfører stor vækst af planktonalger, som gør vandet uklart. Mindre lys når ned til bunden og begrænser, hvor dybt ålegræs og store alger kan gro. Planktonalgerne trives derimod fint i de frie vandmasser og synker efterhånden ned på bunden, hvor bakterier bruger ilt til at nedbryde dem. Hvis vand-søjlen er lagdelt, og der ikke tilføres tilstrækkeligt med ny ilt til bunden, kan der opstå iltsvind, så bunddyr og planter dør.

Øget indhold af næringssalte medfører også en øget vækst af hurtigtvoksende, store alger som søsalat og fedtemøg. De er også med til at forringe lysforholdene for ålegræs og store alger. Desuden gør de strandene ulækre for badende. Færre ålegræsenge og bunddyr giver dårligere betingelser for opvækst af fisk og kan derfor give økonomiske tab for fiskeriet.

Figur 6-1
Masseforekomst af søsalat
i den indre del af Odense
Fjord først i 1990'erne.

Foto: Michael Bo Rasmussen.



Overvågningsprogrammet

Amternes overvågning

Fra slutningen af 1970'erne har amterne overvåget miljøforholdene i næsten alle fjorde for at kunne fastsætte miljømål og vurdere miljøtilstanden. Med vandmiljøplanens overvågningsprogram fra 1988 blev amternes overvågning systematiseret, så alle nu anvender samme strategi og metoder.

Det nationale overvågningsprogram

Der indgår 25 fjordområder i Det Nationale Overvågningsprogram (se fx figur 6-2). Hovedelementerne i overvågningen er undersøgelser af næringssalte og alger i de frie vandmasser, udbredelsen af planter på fjordbunden og forekomsten af bunddyr.

Koncentrationen af næringssalte og planteplankton i de frie vandmasser varierer meget i løbet af et år, især som følge af variationer i tilførslerne af næringssalte fra land og i algernes vækst. Derfor tages der vandprøver 12-46 gange om året. Samtidig måles sigtddybde, temperatur samt ilt- og saltholdighed i hele vandsøjlen fra overflade til bund.

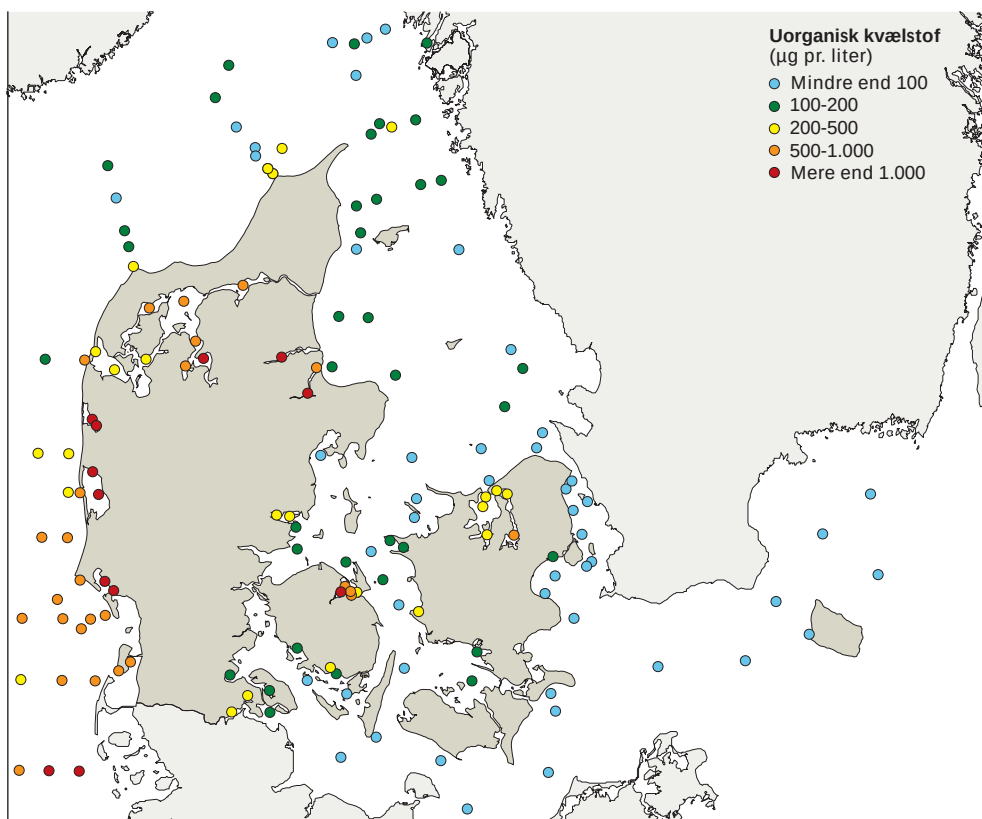
De flerårige bundplanter og bunddyr reagerer langsomt på ændrede forhold, og de undersøges derfor kun én gang årligt på en bestemt tid af året.

Overvågningsresultaterne

Næringssaltindholdet

Status for næringssaltindholdet i fjordvandet udtrykkes bedst ved vinterkoncentrationerne, fordi de viser, hvor store mængder kvælstof og fosfor der er til rådighed for algeproduktionen om foråret.

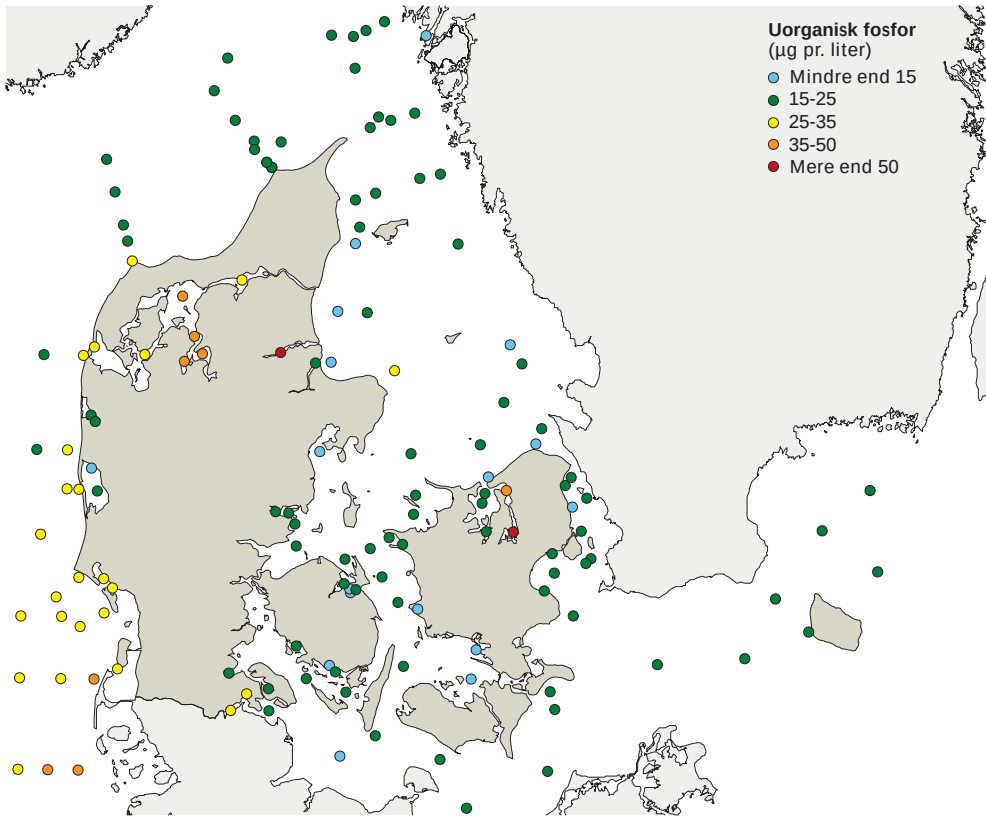
I figur 6-2 vises det målte indhold af uorganisk kvælstof i de danske farvande i vinteren 2003. Det ses, at kvælstofindholdet er langt højere i fjordene og i Vadehavet end i de tilstødende åbne farvande (bortset fra Tyske Bugt med stor tilførsel fra Elben). Vinterkoncentrationerne af kvælstof er højest i nedbørsrige vintre, fordi det øger udvaskning af nitrat fra oplandet.



Figur 6-2
Indholdet af kvælstof i de danske farvande om vinteren illustreret med gennemsnitsværdier af målinger i januar-februar 2003. Der er meget stor forskel på koncentrationen i forskellige dele af de danske farvande, og den er generelt højest i områder med stor ferskvandstilførsel.

Figur 6-3 viser de tilsvarende vinterkoncentrationer af uorganisk fosfor. Igen ser man det største indhold i fjordene, men forskellen mellem fjorde og åbne havområder er ikke så stor som for kvælstofs vedkommende. Det skyldes især, at forskellen mellem fosformængden i ferskvand og i åbne havområder er mindre end forskellen mellem disse områders kvælstofindhold. Det spiller dog også ind, at fosfor om vinteren i høj grad bindes til det iltede sediment i lavvandede marine områder. En del af denne fosfor vil om sommeren blive frigjort til vandet og bidrage til algeproduktionen. Vandområdet indeholder altså mere fosfor, der kan bruges til algevækst, end indholdet i vandet viser.

Forskelle i næringssalttilførsel, volumen og vandets opholdstid er årsagerne til de store forskelle i fjordenes og kystvandenes indhold af næringsstoffer.



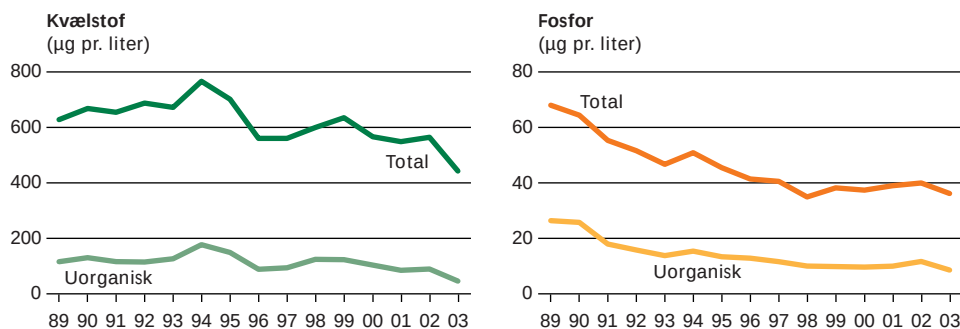
De største kvælstofmængder er målt i Nissum Fjord og Ringkøbing Fjord, der kun har forbindelse til havet gennem sluser. Der er også målt store kvælstofmængder i Odense, Randers, Mariager og Skive Fjord, der modtager store mængder næringssalte fra land. De største fosformængder findes i Mariager Fjord og Roskilde Fjord. De mindste indhold findes i åbne fjorde som Horsens Fjord og Åbenrå Fjord.

Udviklingen i næringssaltindholdet

Fosforindholdet i fjorde og kystvande (figur 6-4) er ca. halveret fra slutningen af 1980'erne til sidst i 1990'erne. Dette skyldes en markant reduktion i udledningerne af fosfor med spildevand fra husholdninger og industri som følge af den forbedrede spildevandsrensning.

Figur 6-3

Indholdet af fosfor i de danske farvande om vinteren illustreret med gennemsnitsværdier af målinger i januar-februar 2003. Indholdet af fosfor i fjordene er ikke så markant forhøjet som for kvælstof.

**Figur 6-4**

Fjordenes og kystvandenes gennemsnitlige indhold af uorganisk kvælstof, totalkvælstof, uorganisk fosfor og totalfosfor er faldet siden 1989.

Også indholdet af kvælstof i fjerde og kystvande er faldet betydeligt siden midten af 1990'erne (figur 6-4). Det er tydeligst for uorganisk kvælstof, men også totalkvælstof er mindsket. Faldet i kvælstofindhold skyldes især, at udvaskningen fra landbrugsarealer er mindsket pga. Vandmiljøplan I og II, og i mindre grad at udledningen af spildevand er reduceret. Der er dog en stor år-til-år-variation i koncentrationen af næringssalte i fjerde og kystvande, som især skyldes, at der i nedbørsrige år udvaskes langt større mængder fra jorden end i tørre år.

Algemængde i vandet

Det mest generelle kvalitetsmål for de biologiske forhold i fjerde er mængden af mikroskopiske alger, planktonalger, i vandet. Som et udtryk for algemængden måles ofte indholdet af klorofyl i vandet. Mængden af planktonalger er generelt størst i fjerde med høje koncentrationer af næringssalte, fx Mariager, Skive og Nissum Fjord (figur 6-5). I de mest eutrofierede fjerde er algemængden mere end 10 gange større end i de åbne farvande. Det skyldes langt overvejende de lokale næringssalttilførsler.

Overvågningsresultaterne viser, at algernes vækst i sommerhalvåret delvist er styret af den mængde næringssalte, der er til rådighed. Det næringssalt, der først bliver mangel på, begrænser væksten. I fjordene er der oftest mangel på fosfor i forårsperioden, hvor fosfor altså er det potentielt begrænsende næringssalt. Men om sommeren frigøres der fosfor fra fjordbunden, og der bliver i stedet mangel på kvælstof, som så potentielt begrænser algevæksten sommer og efterår.

De faldende mængder fosfor i fjordene har medført, at algemængden nu i højere grad end i begyndelsen af 1990'erne begrænses af fosfor. Omfanget af kvælstofbegrænsning er også øget, dog først fra omkring 1998 (se figur 7-8).

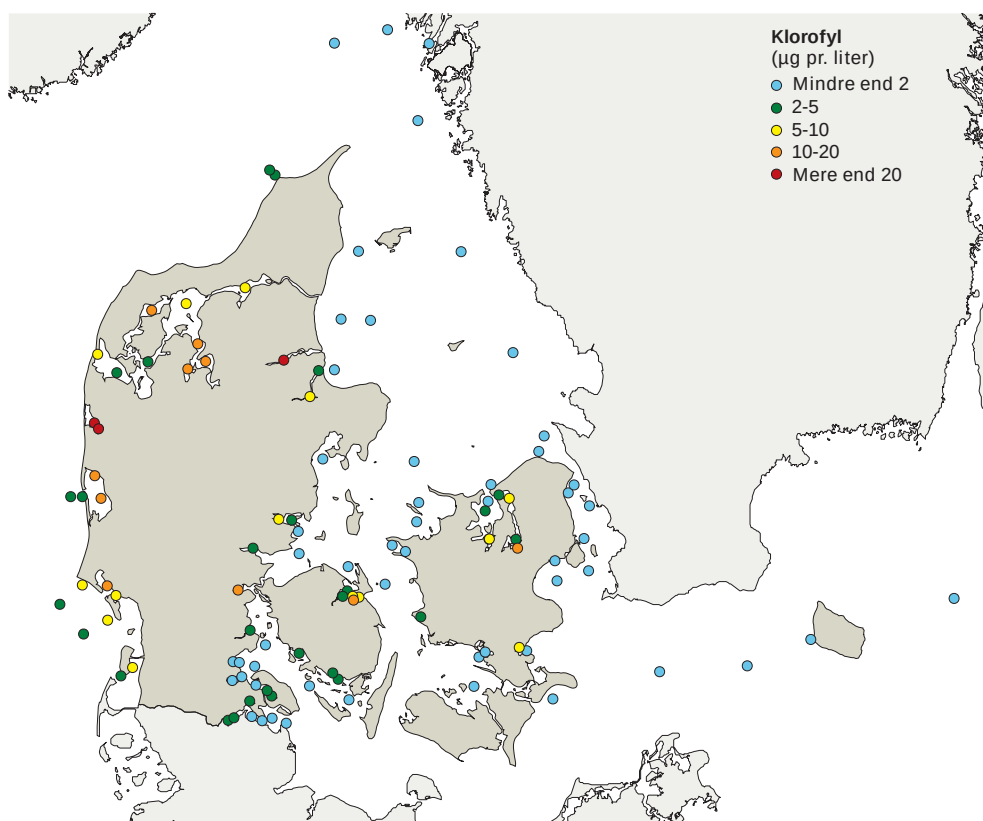
Sigtdybde

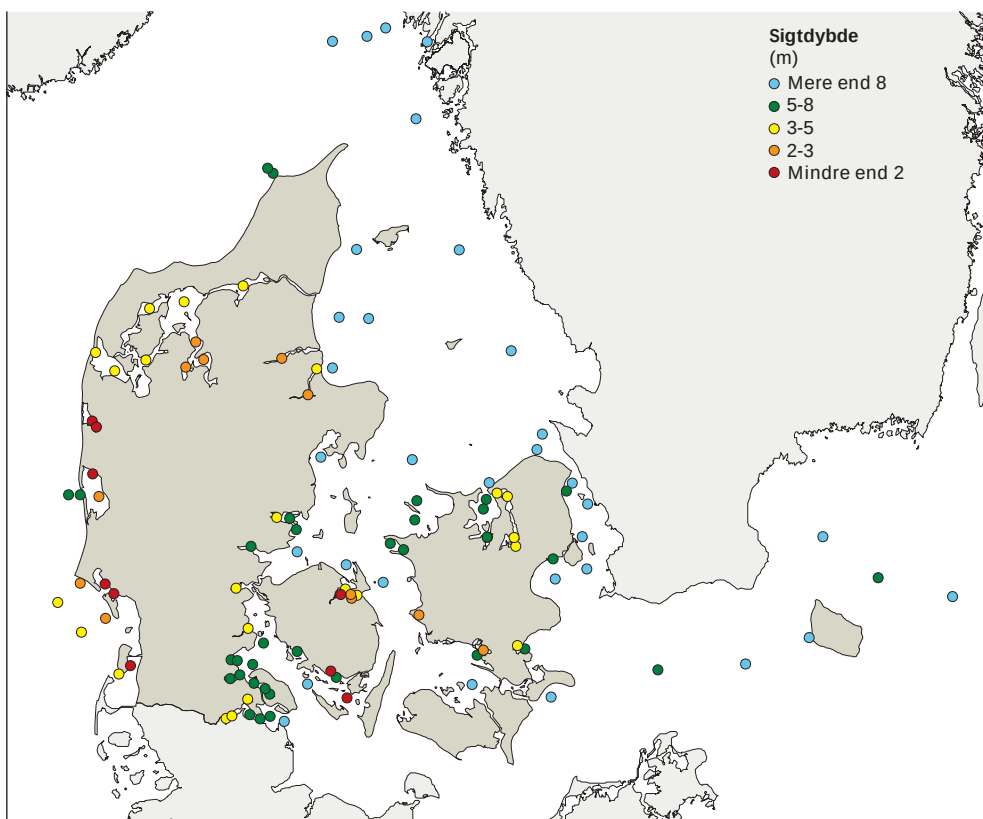
Et simpelt, men illustrativt mål for algemængden i vandet er sigtdybden. Sigtdybden afhænger dog ikke kun af mængden af plankton, men i lavvandede områder også af evt. ophvirvlet bundmateriale. Det er fx tilfældet i Nissum Fjord og Ringkøbing Fjord, Vadehavet, Odense Fjord og Det Sydfynske Øhav (figur 6-6).

Sigtdybden er ikke blot en indikator for mængden af alger og opslemmet bundmateriale. Den giver også en indikation af, til hvilken dybde der er lys nok på bunden, til at undervandsplanter som fx ålegræs kan vokse.

Figur 6-5

Mængden af alger i vandet (planteplankton) varierer meget i danske farvande fra område til område. De største algemængder findes i de fjorde, der har det højeste næringssaltindhold (se figur 6-1 og 6-2). Algemængden er her illustreret ved det gennemsnitlige klorofylindhold i overfladevandet i perioden maj-september 2003.



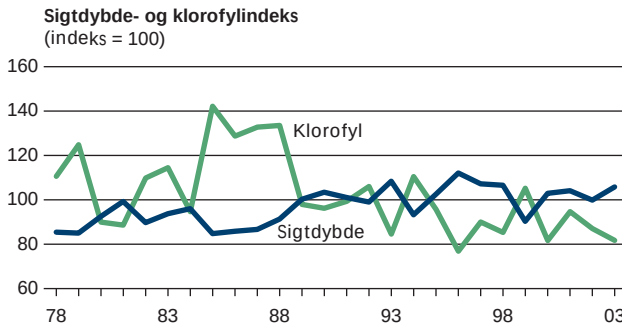


Figur 6-6
Gennemsnitsværdier for
sigtdybden vist for perio-
den maj-september 2003.

Udviklingen i algemængde

Selvom algemængden og sigtdybden som nævnt delvist er styret af mængden af næringssalte, er der ikke sket så store generelle ændringer i disse to forhold som i mængden af næringssalte (figur 6-7). Det skyldes, at algemængden ikke kun reguleres af mængden af tilgængelige næringssalte, men også af forhold som fx lysindstråling, planteædende dyr (fx muslinger) og vindens omrøring af vandmasserne. Desuden kan der være en vis træghed i de biologiske systemer, før de får indstillet sig til de reducerede nærings-saltmængder.

Også en del store alger, fx søsalat, stimuleres i deres vækst af store næringssaltmængder. Overvågningsprogrammet har ikke hidtil vist nogen generel ændring i forekomsten af disse alger på landsplan, bortset fra at mængden er mindsket i inderfjordene.



Figur 6-7

Sigt dybden er blevet større og algeomængde mindre i fjordene fra 1980'erne til 1990'erne. Forholdet er her vist med årlige indekssværdier for alle fjorde og kystvande for perioden 1978-2003. Indeks = 100 er et gennemsnit for hele perioden.

Ålegræs, bunddyr og iltsvind

For hundrede år siden var udbredte ålegræsenge karakteristiske for de lavvandede danske fjorde og kystvande, men frem til 1980'erne blev udbredelsen næsten halveret, fordi de øgede algeomængder skyggede ålegræsset væk.

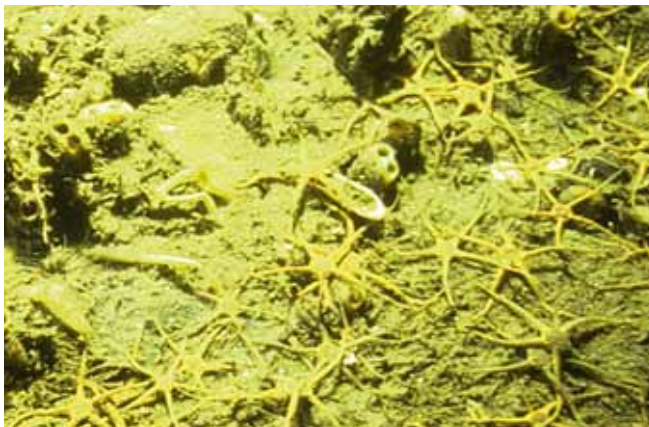
Siden 1989 er ålegræssets dybdeudbredelse og dækningsgrad blevet undersøgt hvert år i Det Nationale Overvågningsprogram. Der er ikke konstateret nogen generel, positiv udvikling frem til 2003, trods stigende sigt dybde i vandet. Tværtimod er forekomsten af ålegræs yderligere mindsket i den inderste del af fjordene, måske på grund af tidsforsinkelse ved nykolonisering og/eller som følge af de tilbagevendende iltsvind.

Der er heller ikke sket nogen entydig udvikling for bunddyrenes vedkommende siden 1989. Bestandene er stærkt svingende og tydeligt påvirket af forekomsterne af iltsvind.

Et væsentligt formål med at mindske næringssalttilførsler og algeomængder i fjordene er da også at mindske iltsvind ved bunden. Modelberegninger for nogle områder tyder på, at iltsvind her kan mindskes stærkt ved ca. 25-50%'s reduktion af de nuværende tilførsler af næringsalte. Det er imidlertid vanskeligt at verificere kvaliteten af sådanne beregninger, bl.a. fordi konkrete iltsvind er meget afhængige af vejret.

Figur 6-8
Havbund med lokalitet
med veludviklet bundfauna
med mange slangestjerner
(Begtrup Vig).

Foto: Århus Amt.



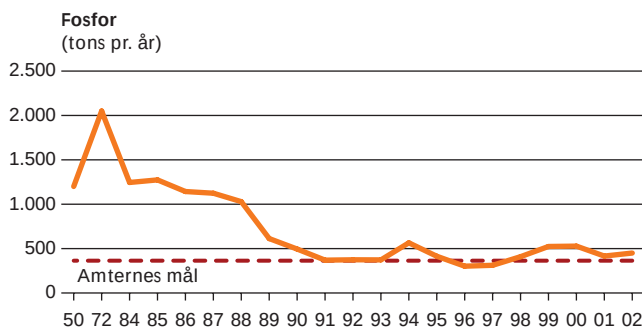
Overvågningsresultaternes anvendelse

Regional anvendelse

De første beslutninger om at mindske næringssalttilførslen til fjorde skete i amternes recipientkvalitetsplaner omkring 1980. Som et eksempel kan nævnes, at Limfjordsamterne i midten af 1970'erne undersøgte miljøtilstanden i Limfjorden og lavede opgørelser af forureningskilderne. På denne baggrund besluttede man omkring 1980, at eutrofieringen af fjorden skulle mindskes, og at der derfor skulle etableres fosforfjernelse i hele fjordens opland på alle renseanlæg med mere end 500 personer tilsluttet.

Resultatet af den forbedrede rensning var, at den samlede fosfortilførsel til fjorden fra oplandet faldt fra ca. 2.000 tons pr. år til ca. 500 tons pr. år (figur 6-9). Denne indsats har mindsket eutrofieringen i hvert fald i dele af Limfjorden, men amternes mål vedrørende fosfortilførsel er dog endnu ikke helt nået.

Figur 6-9
Tilførslen af fosfor fra land
til Limfjorden er stadig lidt
større end det mål, der blev
fastlagt i Limfjordsamternes
recipientkvalitetsplaner fra
1985. Tilførslen i 1950 er
skønnet, mens tilførslen i
1973 er beregnet. Tilførslen
fra 1984 til 2002 er målt.



**Figur 6-10**

En god vandkvalitet og en rig bundvegetation giver bedre muligheder for fisk (Randers Fjord).

Foto: Jens M. Andersen.

Anvendelse på nationalt plan

Overvågningen har vist, at vandmiljøplanernes generelle reduktionsmål ikke har været tilstrækkelige til at forhindre væsentlig påvirkning af en række lukkede fjorde med næringssalte fra spildevand og fra dyrkning af jorden. Der er da også gennemført en mere vidtgående fosforfjernelse fra spildevand i disse fjordoplande. Bl.a. overvågningsprogrammets dokumentation af, at fosforbidrag fra landbrug også i fjordene er en betydelig forureningskilde, førte i 2004 til en beslutning i VMP III om, at der også skulle gøres en indsats mod fosfor fra markerne og en yderligere indsats mod udvaskning af kvælstof.

Opfyldelse af miljømål og perspektivering

Selvom der for mange fjordes vedkommende kun er fastsat kvalitativt beskrivende miljøkvalitetsmål, er en konklusion af overvågningsresultaterne, at ingen af de danske fjorde har nået de nuværende, politisk fastsatte mål.

Det er dog også en konklusion, at den samlede miljøtilstand i fjordene har udviklet sig i positiv retning siden 1980'erne. De hidtil opnåede forbedringer er dog for små til, at målene er blevet opfyldt. Der kan i de kommende år ventes yderligere, men moderate forbedringer, efterhånden som miljøtiltagene slår fuldt ud igennem. De nødvendige tiltag for at opnå de fastsatte mål vil dog være meget forskellige fra fjord til fjord afhængig af fjordens og afstrømningsområdets karakter.

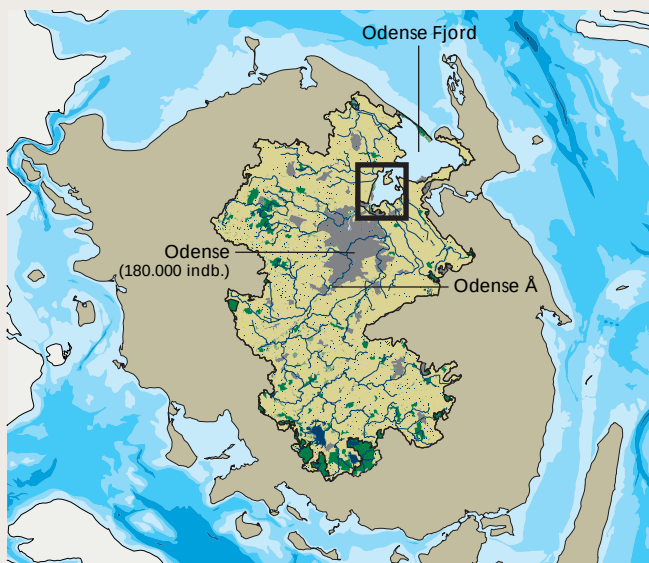
**Figur 6-11**

Haps-bundhenter til undersøgelse af bundfaunaen.

Foto: Nanna Rask.

Figur 6-12

Oplandet til Odense Fjord er på 1.050 km². 18 % af oplandet er bymæssig bebyggelse og 65 % er opdyrket landbrugsland, mens 11 % er skov og 6 % udyrkede arealer. Planterne i det markerede udsnit af Odense Fjord er vist i figur 6-9.



Odense Fjord

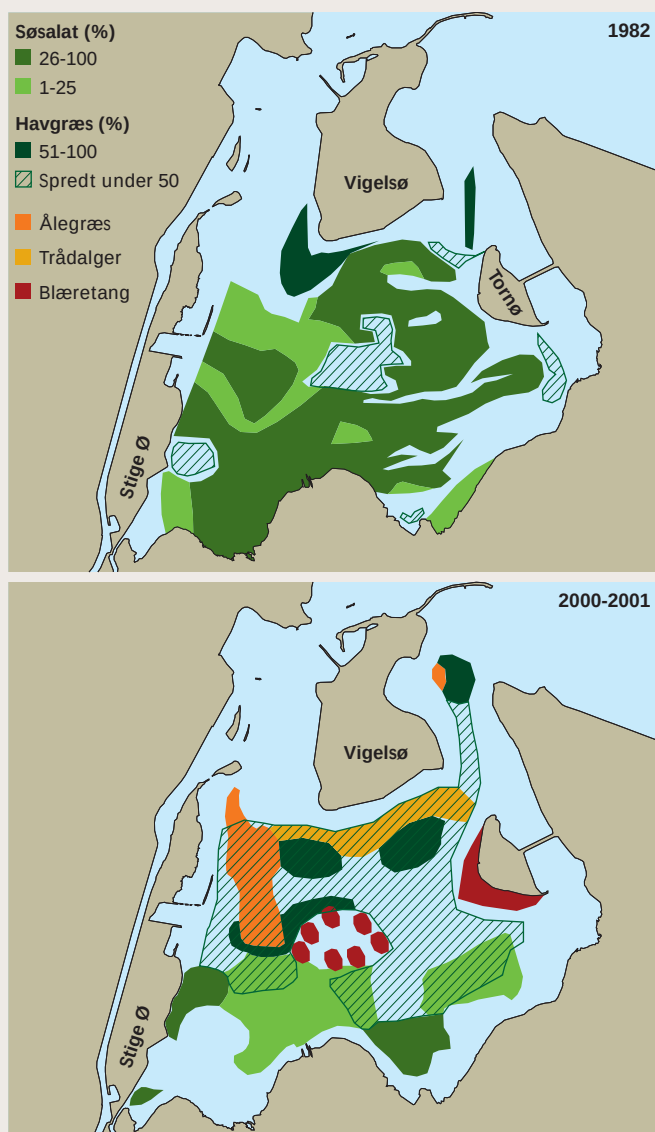
Odense Fjord og opland

Odense Fjord er på 60 km² og er generelt lavvandet med en gennemsnitsdybde på 2,25 m. Inderst i fjorden udmunder Odense Å, der sammen med andre vandløb, som udmunder i fjorden, afvander et areal på 1.050 km² svarende til en tredjedel af Fyn (figur 6-12). Fjorden har et hurtigt vandskifte, idet opholdstiden for vand fra Odense Å kun er ca. 17 døgn i gennemsnit.

En stærkt eutrofieret fjord og beslutning om indsats

Fyns Amts undersøgelser i Odense Fjord viste allerede i 1970'erne, at den var stærkt forurenet af næringssalte fra oplandet. Denne forurening viste sig mest markant ved masseforekomst af den store grønalg søsalat i den indre del af fjorden (Seden Strand), mens havgræs og ålegræs var forsvundet (figur 6-13). De store søsalatforekomster skyggede ikke blot andre planter bort; de gik også i forrådnelse og skabte iltfrie forhold og svovlbrinteudvikling i inderfjorden og slog derved fisk og bunddyr ihjel.

I den ydre del af Odense Fjord fortyndes det næringsrige ferskvand mere med næringsfattigt vand fra den nordlige del af Bælthavet. Forureningsniveauet er derfor lavere

**Figur 6-13**

Udviklingen af plantevæksten i den inderste del af Odense Fjord viser, at forureningen er mindsket. I 1982 var det meste af området dækket af søsø som følge af den stærke forurening. I 2000-2001 var mængden af søsø langt mindre, og der var kommet betydelige mængder af andre planter, bl.a. ålegræs og blæretang.

her end i den indre del af fjorden. Der forekom dog ifølge undersøgelserne store mængder af trådformede alger, og antallet af andre algearter i yderfjorden var lavt.

For at mindske eutrofieringen besluttede Fyns Amt, at det spildevand, der fra hele oplandet blev udledt til Odense Fjord, skulle renses for fosfor og kvælstof. Denne rensning etableredes omkring 1990.

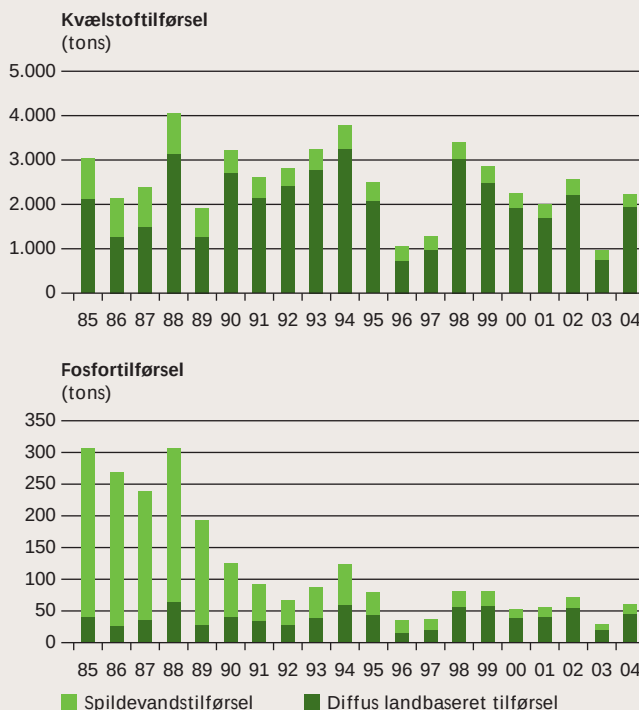
Fosfortilførslen til Odense Fjord mindskedes stærkt som følge af denne bedre spildevandsrensning (figur 6-14). Derimod havde kvælstoffjernelsen på renseanlæggene ikke ret stor betydning for den samlede kvælstoftilførsel, der især stammede fra nitratudvaskning fra de dyrkede arealer i oplandet. I de allerseneste år er der dog også sket en vis reduktion i dette bidrag, men der er store år-til-år-varianter i tilførslen, især afhængig af nedbørsmængderne.

Virkning af de mindskede næringssalttilførsler

I den indre del af Odense Fjord har de mindskede nærings-salttilførsler medført, at fosforindholdet i vandet er mindsket fra ca. 0,6 mg pr. liter til ca. 0,1 mg pr. liter, mens kvælstofindholdet er mindsket fra ca. 2,5 til ca. 1,8 mg kvælstof pr. liter (figur 6-15).

Disse reduktioner har mindsket masseforekomsterne af søsalat og andre grønalger og givet mere plads for planter, der er karakteristiske for renere vandområder, fx havgræs, ålegræs og blæretang (figur 6-13). Mængderne af søsalat er

Figur 6-14
Udviklingen i den årlige tilførsel af fosfor og kvælstof fra oplandet til Odense Fjord, opdelt på spildevandstilførsel og diffus landbaseret tilførsel.



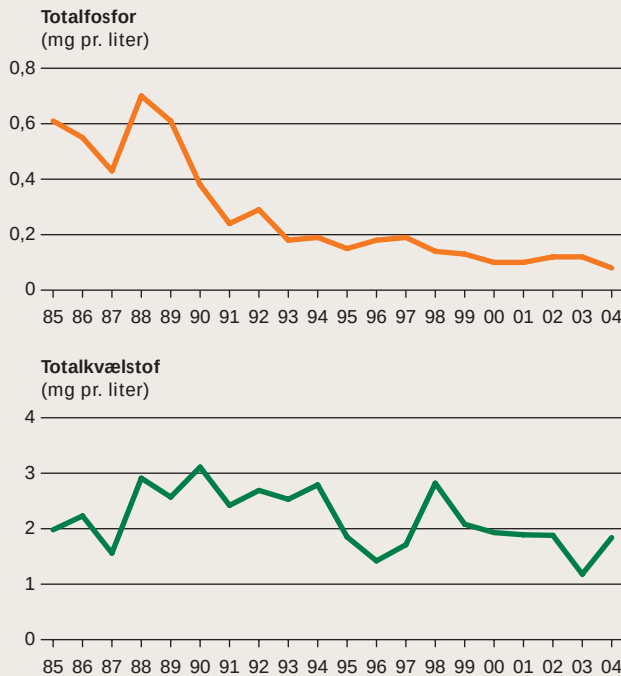
mindsket så meget, at rådrende søsalat normalt ikke giver omfattende iltsvind.

I den ydre del af Odense Fjord er forekomsterne af trådalger også aftaget stærkt, mens de mere langsomt voksende, bladformede brunalger, såsom blæretang og savtang, har vundet frem. Ålegræsset er dog på trods af denne forbedring alligevel gået stærkt tilbage de senere år.

Miljømålsætning for Odense Fjord

For den østlige og sydlige del af Odense Fjord gælder en generel målsætning, dvs. at der skal være et plante- og dyreliv, som højst er svagt forureningspåvirket. Den nordvestlige del af fjorden ved Egense Dyb skal opfylde en skærpet målsætning, dvs. have en endnu mindre forureningspåvirkning.

På trods af de forbedringer, der er opnået i fjorden hidtil, vurderer Fyns Amt, at målsætningen ikke er nået, og at det er nødvendigt yderligere at reducere tilførslen af fosfor og kvælstof.



Figur 6-15
Udviklingen i vandets indhold af fosfor og kvælstof i den indre del af Odense Fjord.





Åbne farvande

Indholdet af kvælstof og fosfor i vandet i de åbne, danske havområder er langt mindre end i søer og fjorde. Alligevel er næringssaltindholdet øget så meget, at det har øget algemængden og givet miljøproblemer, herunder iltsvind. Problemerne forstærkes af, at vandet ofte er lagdelt, så forsyningen af ilt til bundvandet begrænses kraftigt. Billedet er fra Albuen ved Nakskov.

Foto: Ole Malling.



Figur 7-1

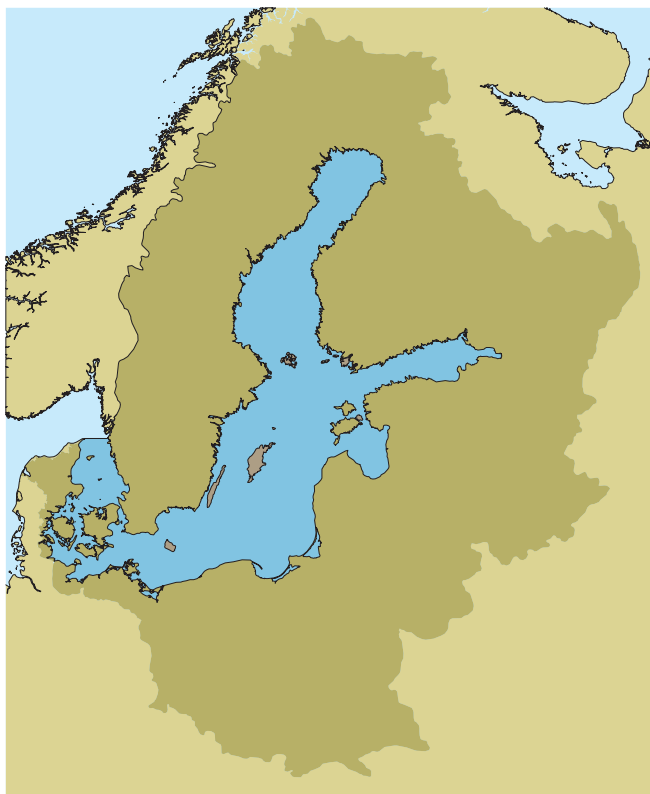
Også planterne på havbunden i kystområder er påvirkede af næringssalttilførsel, der ofte øger forekomsten af enårige grønalger. Billedet viser brunalgen blæretang overvokset med eutrofieringsbetingede enårige alger.

Foto: Peter Bondo Christensen.

Miljøproblemer i de åbne farvande

Øgede tilførsler af næringssalte til de åbne farvande har givet de samme eutrofieringsproblemer som i fjorde og søer: Øgede algemængder i vandet, færre bundplanter og hyppigere iltsvind. I modsætning til fjordene, hvor næsten hele næringssalttilførslen kommer fra dansk land, tilføres de åbne farvande også næringssalte fra andre lande, nemlig med havstrømme og luften. Indsats mod forurening af havet med næringssalte er altså i høj grad et internationalt problem, der skal løses i samarbejde med andre lande.

I sensommeren 1981 optrådte det første omfattende iltsvind helt uventet i de åbne indre farvande – bl.a. med fiskedød i de lavvandede områder nord for Djursland. Og det kraftige iltsvind i 1986, hvor jomfruhummerne døde i det sydlige Kattegat, blev optakten til den første Vandmiljøplan i 1987.

**Østersøen**

Opland	1,7 mio. km ²
Befolkning	85 mio.
Areal	404.000 km ²
Volumen	21.500 km ³
Ferskvands- overskud	475 km ³ pr. år

Figur 7-2

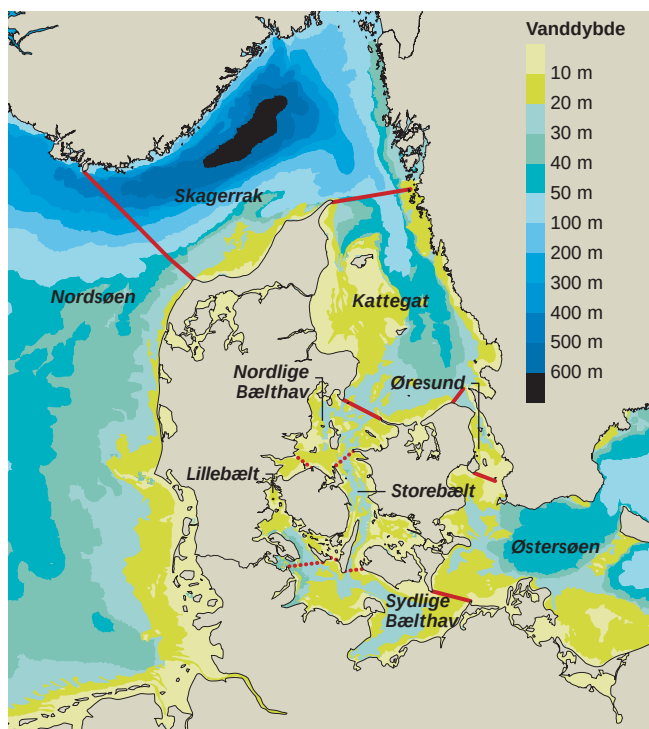
Kort over Østersøen med opland.

De geografiske forholds betydning

De geografiske forhold er vigtige for forureningen i de danske farvande. Især tre forhold spiller en rolle: den relativt lille vanddybde, udstrømningen af Østersøvand gennem de indre farvande (Bælthavet, Øresund og Kattegat) og transport af næringssalte langs vestkysten med Jyllandsstrømmen.

I gennemsnit strømmer der hvert år netto 475 km³ vand fra Østersøen ud gennem de indre farvande. Hele Østersøens afstrømningsopland er på 1,7 mio. km², og der bor ca. 85 mio. mennesker (figur 7-2). Man kunne måske forvente, at der herfra ville komme så store mængder næringssalte til de indre danske farvande, at det hjemlige bidrag ville være af underordnet betydning. I 2000 fik Østersøen da også tilført ca. 900.000 tons kvælstof og ca. 31.400 tons fosfor. Det er imidlertid kun en meget lille del af Østersøens næringssalte, der når frem til Kattegat og Bælthavet, fordi både kvælstof

Figur 7-3
Dybdekort over danske
farvande.



og fosfor omsættes og /eller bundfældes i Østersøen. Derfor har tilførslerne til Østersøen ikke nogen væsentlig betydning i farvandene omkring Danmark.

Den gennemsnitlige vanddybde i de indre danske farvande er ca. 19 m (figur 7-3). Samtidig er vandsøjlen oftest lagdelt med et brakt overfladelag, der er domineret af udstrømmende vand fra Østersøen, og et salt bundlag domineret af vand fra Skagerrak. De to lag er adskilt af et springlag i ca. 13 m's dybde. Denne lagdeling forhindrer en geniltning af bundvandet og øger risikoen for iltsvind ved bunden. Da der kun er et lille volumen bundvand, er der også kun en lille iltmængde i det. Den skulle helst slå til, indtil der næste gang kommer opblanding eller udskiftning af bundvandet. Selv en mindre forøgelse af iltforbruget ved bunden øger derfor risikoen for iltsvind betydeligt.

I den danske del af Nordsøen fører Den Jyske Kyststrøm, også kaldet Jyllandsstrømmen, vand fra den sydlige del af Nordsøen og Tyske Bugt op langs den jyske vestkyst til Skagerrak. Da flere store floder som Rhinen og



Elben udleder store mængder næringssalte til den sydlige del af Nordsøen og Tyske Bugt, er der et stort indhold af kvælstof og fosfor i Jyllandsstrømmens vand.

Overvågningsprogrammet

Systematisk overvågning af miljøtilstanden i de åbne indre farvande og den vestlige del af Østersøen startede med Miljøstyrelsens Bæltprojekt 1974-1978. I forbindelse med Vandmiljøplan I blev overvågningen af de åbne farvande i 1989 en del af Det Nationale Overvågningsprogram for hele det danske vandmiljø.

Amterne foretager målingerne i kystvandene og ved de 16 såkaldt intensive målestationer i åbne farvande, hvor der tages prøver 25-47 gange pr. år.

Danmarks Miljøundersøgelser gennemfører de øvrige målinger i de åbne farvande, herunder undersøgelser af bunddyr og planter, og måletogter til 26 stationer for at kortlægge næringssaltmængden i vinterperioden og iltforholdene i sensommer og efterår.

Figur 7-4
Vandhenter til marin prøvetagning.

Foto: Gunni Ærtebjerg.

Tabel 7-1

Tilførsler af kvælstof og fosfor til de indre danske farvande inklusiv de tilstødende fjorde og kystvande i 2000.

	Danmark	Sverige	Tyskland	Atmosfæren
Kvælstof (tons pr. år)	57.400	24.300	10.500	61.000
Fosfor (tons pr. år)	1.840	540	290	ca. 130



Figur 7-5

De danske kyster er meget forskellige. Hvor vandet er klart og der er hård bund, er der en artsrig bundvegetation som her ved Djurslands østkyst.

Foto: Jens M. Andersen.

Overvågningsresultaterne

Næringssalttilførsler til de åbne farvande

De indre farvande modtager næringssalte direkte fra de omgivende lande, dvs. Danmark, Sverige og Tyskland. Desuden modtager de som tidligere nævnt bidrag fra atmosfæren og med havstrømme fra Østersøen og Skagerrak.

I tabel 7-1 vises en sammenstilling af kvælstof- og fosfortilførslerne fra Danmark, Sverige og Tyskland samt fra atmosfæren. Danmark bidrager med de største mængder fra land. Kvælstofbidraget fra atmosfæren er dog lige så stort som udledningen fra Danmark.

Tilførslerne af næringssalte med havstrømmene fra Østersøen og Skagerrak er også betydelige, men vanskelige at måle. Ved hjælp af modeller er tilførslen af kvælstof i stedet blevet beregnet som middel over en længere årrække.

En stor del af kvælstoffet, især i Østersø vandet, er bundet i humusstoffer, der nedbrydes så langsomt, at det stort set ikke når at blive tilgængeligt for algerne, mens vandet opholder sig i de indre farvande. Beregningerne viser, at 25-30% af det kvælstof, der i et middelår i 1990'erne var tilgængeligt for algerne i de indre farvande, stammede fra udledninger fra Danmark, enten fra vandløb og direkte punktkilder, eller fra atmosfæren.

De danske udledninger til Nordsøen lå i 2001 på ca. 17.500 tons kvælstof og 525 tons fosfor. De tyske udledninger var ca. 15 gange højere, så det er ikke underligt, at koncentrationen langs den jyske vestkyst er meget høj (se figur 6-2 og 6-3).

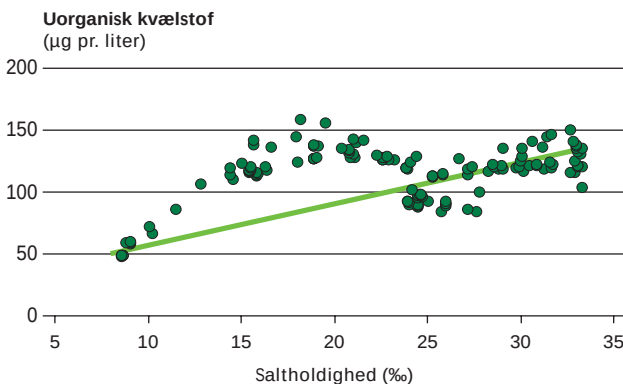
Næringssaltkoncentrationen i de åbne farvande

Koncentrationen af næringssalte i de åbne farvande er meget lavere end i fjorde og kystvande, undtagen i Jyl-

landsstrømmen. Oftest er koncentrationen af kvælstof og fosfor hhv. en faktor 5-10 og en faktor 2-3 højere i fjorde og kystvande end i de åbne indre farvande (se figur 6-2 og 6-3). De laveste koncentrationer af næringssalte, især for kvælstofs vedkommende, findes i Østersøen og den centrale del af Nordsøen. I Østersøen skyldes det som tidligere nævnt, at vandets opholdstid er så lang (25-30 år). Det bevirker, at en stor del af næringssaltene når at blive fjernet ved denitrifikation af nitrat og ved permanent deponering i havbunden, inden vandet strømmer ud gennem Bælthavet og Kattegat til Skagerrak og Nordsøen.

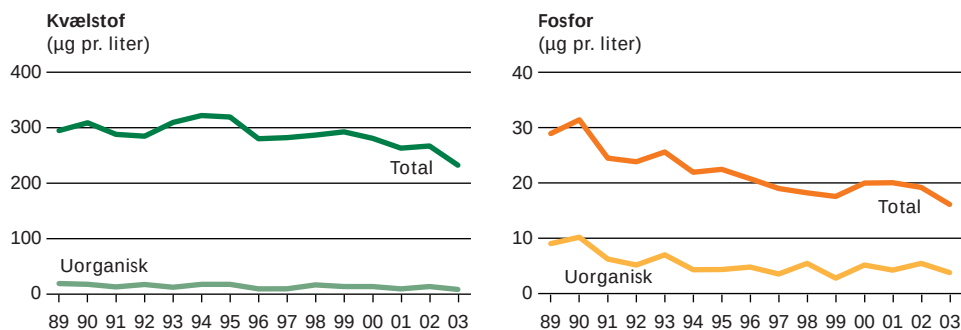
Udledningen af næringssalte fra land til de indre farvande varierer meget fra år til år og påvirker næringssaltindholdet i de indre farvande, således at næringssaltkoncentrationen bliver højest i år med stor tilførsel fra land. De koncentrationer, der er illustreret i figur 6-2 og 6-3 for det ret nedbørsfattige år 2003, vil derfor være højere i år med stor nedbør og afstrømning.

I de indre farvande blandes Østersø vandet med det indstrømmende bundvand fra Skagerrak og modtager desuden næringsstoffer fra land, atmosfæren og havbunden. Derved bliver koncentrationen af kvælstof i de indre farvande ca. dobbelt så høj som i Østersøen (figur 7-6). Hvis koncentrationen kun afhang af blandingen mellem de to vandmasser fra hhv. Østersøen og Skagerrak, ville der være en lineær sammenhæng mellem saltholdighed og koncentration, men koncentrationen af kvælstof i de indre farvande er højere pga. de direkte tilførsler fra landene omkring de indre farvande.



Figur 7-6

Koncentration af kvælstof i vand fra de indre farvande i februar 2002 i forhold til vandets saltholdighed. Punkterne over linjen ved 15-20‰'s saltholdighed (i Bælthavet og det sydlige Kattegat) skyldes lokale tilførsler til de indre danske farvande.

**Figur 7-7**

Årsmiddelkoncentrationen i de åbne indre farvande af uorganisk kvælstof, totalkvælstof, uorganisk fosfor og totalfosfor er faldet gennem det sidste årti.

Udviklingen i indholdet af næringsstoffer

I de indre åbne farvande er koncentrationerne af både kvælstof og fosfor faldet siden slutningen af 1980'erne (figur 7-7).

Årsagerne til det målte fald er i høj grad den danske indsats med bedre spildevandsrensning og reduktion i udvaskningen af kvælstof fra landbrugsarealer, men tilsvarende initiativer i vore nabolande medvirker også til de lavere koncentrationer.

Næringssaltbegrænsning af algevækst

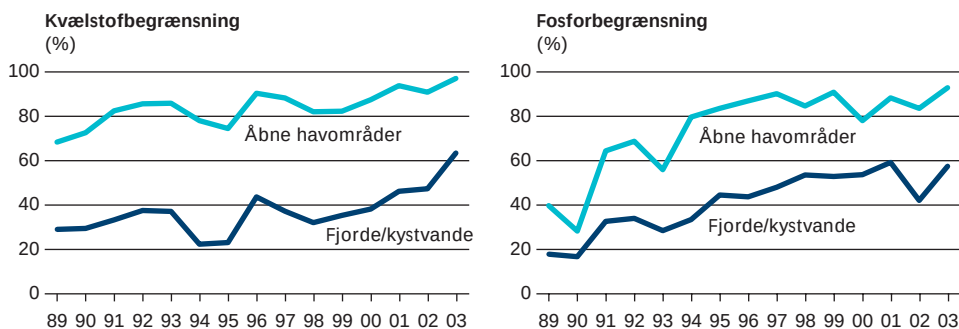
Overvågningsresultaterne har vist, at den potentielle næringssaltbegrænsning af algevæksten i de åbne, indre farvande er væsentlig større end i fjorde og kystvande, og at de faldende indhold af fosfor og kvælstof i de åbne farvande har øget graden af den potentielle begrænsning, især for fosfors vedkommende (figur 7-8).

Bedømt ud fra forholdet mellem koncentrationerne af uorganisk kvælstof og fosfor synes kvælstof stadig at være det potentielt mest begrænsende i de åbne indre farvande. Dette skyldes bl.a., at store mængder fosfor tilføres fra de tilstødende farvande, og at fosfor frigives fra havbunden sensommer og efterår ved lave iltindhold og høje temperaturer.

Det lavere indhold af kvælstof og fosfor understøtter og forklarer, hvorfor algemængderne er mindsket i de senere år.

Sigtdybde og algemængde

Mængden af planktonalger (målt som klorofyl) er væsentlig lavere og sigtdybden væsentligt højere i de åbne far-

**Figur 7-8**

Den potentielle nærings-saltbegrænsning af planktonalgernes vækst er steget for både kvælstof og fosfor i såvel fjorde/kystvande som i de åbne indre farvande. Procentsatsen for potentiel begrænsning er udregnet som sandsynligheden for i vækstperioden at observere koncentrationer af uorganisk kvælstof under 28 µg pr. liter og uorganisk fosfor under 6,2 µg pr. liter.

vande end i fjorde og kystvande (se figur 6-5 og 6-6). I de åbne farvande er middeldkoncentrationen af klorofyl i sommerperioden maj-september generelt under 2 µg pr. liter og sigtddybden over 8 m, mens koncentrationen af klorofyl i nogle fjorde er over 10-20 µg pr. liter og sigtddybden under 2-3 m (figur 6-6).

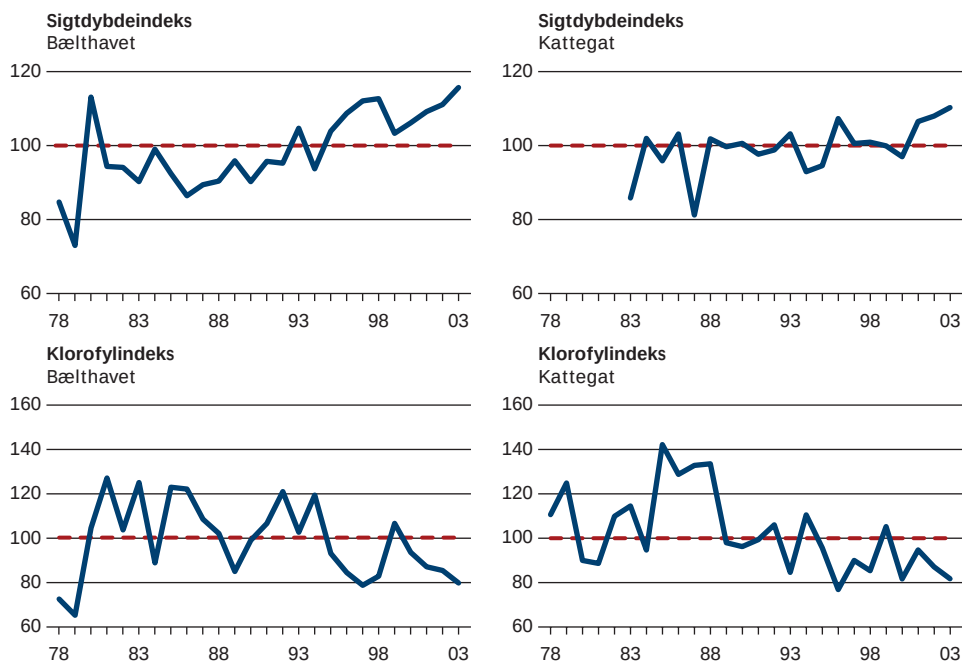
Ligesom i fjordene er der i Bælthavet og Kattegat tendenser til et fald i mængden af planteplankton og en stigende sigtddybde (figur 7-9).

De naturbetingede år-til-år-variationer i algemængde og sigtddybde er så store, at der skal hyppige målinger gennem mange år til, før det er muligt at påvise ændringer. Fjernes en stor del af den naturlige variation ved hjælp af modelberegninger, ses over perioden 1989-2003 et fald i klorofylindholdet på 32% i Bælthavet og 28% i Kattegat. Tilsvarende er sigtddybden steget med hhv. 22% og 8%.

Ilthforhold i de åbne indre farvande

Siden slutningen af 1960'erne er der sket et fald i bundvandets indhold af ilt sommer-efterår (juli-november) i alle områder. Faldet er størst i den nordlige del af Bælthavet og Storebælt, hvor iltindholdet hvert år i gennemsnit er faldet med 0,05 mg pr. liter.

Der er dog ikke tale om et jævnt fald over hele perioden fra slutningen af 1960'erne til 2003 (figur 7-10). Variationen følger generelt variationen i tilførslerne af kvælstof, men ikke helt. Ilthforholdene afhænger nemlig også af, hvor meget ny ilt, der tilføres bundvandet. I vindstille, varme somre er denne tilførsel særlig lille.



Figur 7-9

Sigtdybden er blevet større og algemængden mindre i de åbne indre farvande gennem det sidste årti, her vist med indeksværdier for Bælthavet og Kattegat. Indeks = 100 er et gennemsnit for hele perioden.

Overvågningsresultaternes anvendelse

Forureningsrådet konstaterede i sin rapport fra 1971, at den daværende viden om miljøtilstand og vandudveksling i de åbne indre farvande var for ringe til, at det var muligt at vurdere virkningen af næringssaltudledning. Derfor blev Miljøstyrelsens Bæltprojekt 1974-1978 iværksat for at fremskaffe viden om forholdene.

Resultaterne fra Bæltprojektet og forekomsten af iltsvind i de danske farvande var medvirkende til vedtagelse af Vandmiljøplan I i 1987. Omtrent samtidig vedtog landene omkring Østersøen i det såkaldte HELCOM-samarbejde og landene omkring Nordsøen i OSPAR-samarbejdet, at tilførslerne af kvælstof og fosfor skulle mindskes med 50% til Østersøen og til de områder af Nordsøen, Skagerrak og Kattegat, hvor udledningerne kunne skabe problemer. Danmark valgte at udpege alle de danske farvande som såkaldte problemområder.

Disse internationale aftaler har bidraget til beslutningerne om at forbedre spildevandsrensningen i landene

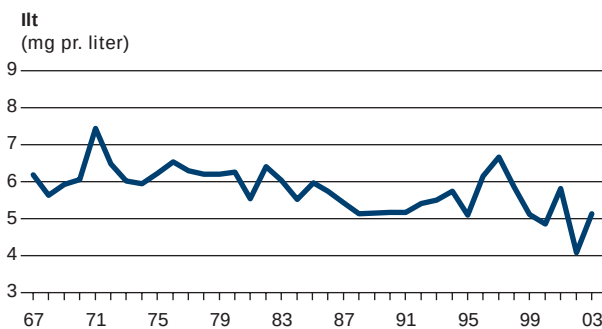
omkring Østersøen og Nordsøen. Udledningen af nærings-salte med spildevand er da også mindsket betydeligt fra alle landene, og ligeså er landbrugsbidraget mindsket i de fleste lande.

Opfyldelse af miljømål og perspektivering

Den nuværende målsætning for de åbne farvande om et upåvirket eller kun lidt påvirket havmiljø er kun opfyldt i de åbne dele af Skagerrak og Nordsøen langt fra den jyske kyst. De øvrige havområder er eutrofierede.

En indsats for at mindske eutrofieringen af søer, fjorde og kystvande omkring Østersøen og Nordsøen i forbindelse med iværksættelsen af Vandrammedirektivet vil i høj grad også mindske påvirkningerne af de åbne havområder. Men de åbne farvande er også påvirket af andre forureningskilder end udledningerne fra land, fx er kvælstoftilførsel fra atmosfæren og udledninger fra nabolande af langt større betydning end i kystvandene. Disse faktorer må derfor også inddrages i miljøbeskyttelsen af de åbne farvande.

En forudsætning for at kunne træffe velbegrundede beslutninger om indsats er dog, at der kan opstilles konkrete mål for den ønskede tilstand i havområderne. Derfor arbejdes der med at udrede mere præcise sammenhænge mellem næringssalttilførsel og miljøtilstand i de åbne farvande. Dette arbejde omfatter udviklingen af økologiske modeller, der fx skal gøre det muligt at beregne risikoen for iltsvind ved forskellige indgreb over for næringssalttilførsel.



Figur 7-10
Udviklingen i den gennemsnitlige iltkoncentration i månederne juli-november i bundvandet i de åbne indre farvande fra slutningen af 1960'erne til 2003.

Boks 4

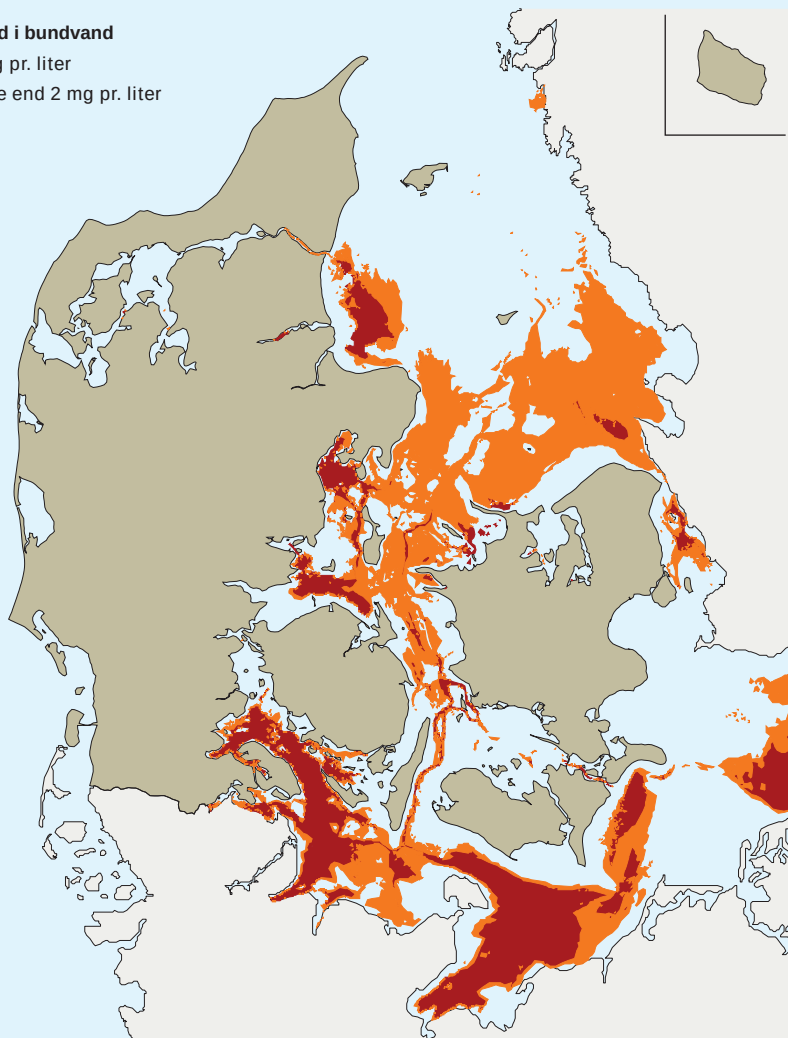
Iltsvind

År 2002 er et eksempel på, at det kan gå helt galt, hvis en relativt stor kvælstoftilførsel kombineres med ringe ilttilførsel til bundvandet pga. en stille og varm sommer- og efterårsperiode. I 2002 var tilførslerne af næringssalte til de indre farvande relativt store både i februar-marts og juli-august pga. usædvanlig stor nedbør, og der var i hele perioden august-november 2002 usædvanligt lidt vind. Det resulterede i sensommeren 2002 i det hidtil værste iltsvind (se figur).

Iltsindhold i bundvand

■ 2-4 mg pr. liter

■ Mindre end 2 mg pr. liter



Kort over den største udbredelse af iltsvind i 2002 omkring 1. oktober.

Udbredte iltsvind forsinker forbedringer i miljøtilstanden og øger risikoen for nye iltsvind. Det skyldes, at havbunden efter kraftige iltsvind har en stor mangel på ilt, en "iltgæld", som det kan tage flere år at få indfriet. Det er især tilfældet, hvis bunddyrene er døde af iltsvindet og derfor ikke kan bidrage til at ilte havbunden ved at rode i sedimentet og pumpe iltholdigt vand derned.

Det ekstreme iltsvind i 2002 udryddede omkring 370.000 tons bunddyr i et 3.400 km² stort område i Bælthavet og de østjyske fjorde. Netop disse områder ramtes igen i 2003 af iltsvind, som i nogle områder forhindrede en genetablering af bunddyr i endnu et år.

Iltsvind forsinker også forbedringer i miljøtilstanden, fordi der under kraftige iltsvind frigøres store mængder fosfor og kvælstof fra bunden til de frie vandmasser. Disse ekstra næringssalte kan øge algeproduktionen og derved bidrage til yderligere iltsvind. En ond cirkel er i gang, som forsinker den forbedring af miljøforholdene i farvandene, som en reduktion af næringssalttilførslen giver.



Lag af hvide svovlbakterier dannes, når svovlbrinte fra bunden når helt op til sedimentets overflade. Disse såkaldte liglagener ses ofte under iltsvind i bundvandet (Det Sydfynske Øhav).

Fotos:

øverst: Helene Munk Sørensen
til venstre: Nanna Rask



På tværs af vandområderne

For at få et tværgående overblik over mængden af kvælstof og fosfor og deres forurenende virkning i vandmiljøet bliver næringssaltene i dette kapitel fulgt gennem hele det hydrologiske kredsløb fra nedbør til hav. Billedet er fra en strandsø på Læsø.

Foto: Jens M. Andersen.



Figur 8-1
Nimdrup Bæk (øverst),
Skørring Bæk og Åsbæk.

Fotos: Jens M. Andersen.

Næringssaltkoncentrationerne

I dette kapitel illustreres de typiske koncentrationer, næringssaltene optræder med i de forskellige dele af det hydrologiske kredsløb. Både den aktuelle situation og den situation, der formentlig ville findes, hvis der ingen forureningspåvirkning var.

Forureningspåvirkningerne er ikke snævert knyttet til næringssaltindholdets præcise størrelse. Som eksempel kan nævnes, at grundvand, der skal bruges til drikkevand, menes at have et tilstrækkelig lavt nitratindehold, hvis det indeholder mindre end 11,3 mg kvælstof pr. liter (50 mg nitrat pr. liter). Derimod skal nitratindeholdet i havområder og søer ned på ca. 0,03 mg kvælstof pr. liter, for at algevæksten kan begrænses af mangel på kvælstof; i vandløb synes nitratindeholdet ikke at påvirke plante- og dyrelivet.

Forskellene i næringssaltindholdet er ikke alene udtryk for en menneskeskabt påvirkning. Der sker omsætning, tilbageholdelse og frigivelse af næringssalte hele vejen fra nedbør til hav, og derfor er det nødvendigt at kende disse processer og deres betydning for næringssaltindholdet i vandet for at kunne forudsige virkningerne af ændrede udledninger.

Kvælstofkoncentrationerne i 2003

På grundlag af overvågningsresultaterne fra 2003 er de typiske kvælstofkoncentrationer i de forskellige dele af det hydrologiske kredsløb vist i tabel 8-1. Tallene er ikke gennemsnitsværdier af målingerne, men typiske koncentrationer for de pågældende vandtyper. Især for havområder er indholdet af totalkvælstof ikke så godt til at beskrive eutrofieringsniveauet, fordi størstedelen af det oftest er bundet i humusstoffer og derfor ikke tilgængeligt for algernes vækst.

Kvælstofindholdet i vandet øges fra ca. 1 til ca. 15 mg pr. liter, når regnvandet siver ned gennem dyrkningslaget på markerne. En anden stor stigning i vandets indhold af kvælstof sker ved den almindelige anvendelse af vand i husholdninger og virksomheder. Vandværkssvandet indeholder normalt under 1 mg kvælstof pr. liter, mens det spildevand, der afleveres til kloaksystemet, indeholder ca. 50 mg kvælstof pr. liter.

Inden spildevandet ledes ud, fjernes det meste af kvælstofindholdet på renseanlæg ved denitrifikation af nitrat til atmosfærisk kvælstof. Også i naturens kredsløb mindskes kvælstofindholdet i vandet efterhånden ved denitrifikation. Det sker bl.a. i de iltfrie områder i undergrunden. Tilførsel af nitratfrit grundvand til vandløb bevirker, at kvælstofindholdet her generelt er mindre end i det øvre, iltede grundvand.

Indholdet af kvælstof i vandet bliver også stadig mindre på dets vej gennem vandløb, søer og fjorde til det åbne hav som følge af denitrifikation.

Fosforkoncentrationerne i 2003

Fosforkoncentrationerne i vandets kredsløb (tabel 8-1) viser et andet mønster end kvælstofkoncentrationerne. Indholdet i spildevand er markant højere end i de øvrige vandforekomster. Dette gælder, uanset om der er tale om urensset eller renset spildevand, og uanset om det kommer fra kommunale renseanlæg eller fra industrien. Også i de regnbetingede udledninger, der bl.a. kommer fra byernes befæstede arealer, er fosforkoncentrationen høj.

Fosforkoncentrationen på ca. 0,1 mg pr. liter i vand, der strømmer fra dyrkede marker til vandløb, øges noget som følge af spildevandsbidrag, inden vandet løber til havområderne, selv om der sker en vis tilbageholdelse i søer og på oversvømmede arealer. De laveste koncentrationer finder man i de åbne havområder og i nogle iltede grundvandsforekomster.

Næringssaltmængden uden forurening

Mængden af næringssalte i vandområder afhænger fra naturens hånd af, hvor i det hydrologiske kredsløb vandet befinder sig og af lokale geologiske forhold. Uden menneskets aktiviteter ville indholdet af næringssalte dog ikke blot være lavere end i dag, men forskellene mellem de forskellige vandområder ville også være mindre.

Selv inden for samme type vandområde kan der være store forskelle i de naturbetingede kvælstof- og fosformængder. Som et eksempel kan nævnes, at fosforindholdet i helt uforurenede små vandløb kan være mellem 0,01 og 0,1 mg pr. liter, altså en forskel på 10 gange på grund af geologiske forskelle mellem vandløbsoplandene, fx tilstrømning af vand fra forskellige typer af grundvandsmagasiner.



Figur 8-2
Kol Sø (øverst), Gudenå og
Randers Fjord.

Fotos: Jens M. Andersen.

Figur 8-3

Vandkvaliteten i vandområder afhænger af arealudnyttelsen i det område, hvor vandet kommer fra. Mest forurenet er vandet, hvis hele området er dækket af bymæssig bebyggelse. Normalt er vandkvaliteten også dårlig, hvis hele området er dyrket landbrugsland. Vand, der kommer fra udyrkede arealer og skove, er derimod relativt uforurenet.

Foto: Jens M. Andersen.



Det må derfor understreges, at de skønnede, typiske værdier for kvælstof- og fosforkoncentrationen, som er angivet i tabel 8-1, kun kan bruges til at illustrere typiske forskelle mellem de forskellige slags vandforekomster og mellem naturtilstanden og de faktiske forhold i 2003.

Næringssaltindholdet i vandet i en hypotetiske tilstand uden forurening kendes naturligvis ikke præcist, men koncentrationerne kan skønnes ud fra målinger i udyrkede områder, fx i vandløb i skove og heder. I visse tilfælde kan de koncentrationer, der ville eksistere helt uden forurening, beregnes ud fra de nuværende koncentrationer, hvis man ved, hvor stor en del af den nuværende tilførsel, der kommer fra menneskeskabte forureningskilder.

Kvælstofkoncentrationerne

I tabel 8-1 vises skønnede, typiske kvælstofkoncentrationer, som de forventes at ville være helt uden forurening. Disse skønnede værdier er generelt betydeligt lavere end den koncentration, der blev målt i 2003. De højeste værdier

Vandtype	Typiske niveauer i 2003		Skønnede, typiske niveauer uden forurening	
	Totalkvælstof mg pr. liter	Totalfosfor mg pr. liter	Totalkvælstof mg pr. liter	Totalfosfor mg pr. liter
Nedbør på hav	1	0,01	0,1	-
Nedbør på land	1	0,01	0,1	-
Udsivning fra markers rodzone	15	0,1	3	0,03
Drænvand	10	0,1	-	-
Øvre grundvand i landovervågnings- områder	10	0,1	2	0,03
Øvre grundvandsmagasiner (iltede)	10	0,02	2	0,02
Grundvandsmagasiner (oxiderede)	8	0,02	1	0,02
Nedre grundvandsmagasiner (reducerede)	0	0,1	0	0,1
Vandforsyningsboringer	0,2	0,05	-	-
Urenset spildevand	50	10	-	-
Afløb fra renseanlæg	6	0,7	-	-
Regnbetingede udledninger	4	1	-	-
Udledninger fra industri	10	0,6	-	-
Koncentrationsøgning ved dambrug	+ 0,6	+ 0,05	-	-
Små vandløb i naturområder	1,5	0,05	1	0,03
Små vandløb i landbrugsområder	5	0,1	-	-
Vandløb til hav	4	0,12	1	0,03
Lavvandet sø	2,3	0,1	0,4	0,02
Dyb sø	1,3	0,06	0,4	0,01
Indre fjord med stor ferskvandstilførsel	1,0	0,1	0,5	0,02
Ydre fjord med stor vandudveksling	0,4	0,04	0,3	0,01
Åbent hav	0,25	0,02	0,1-0,2	0,01

ville findes i det vand, der siver ned mod grundvandet fra jordoverfladen, mens de laveste værdier, ligesom i dag, ville findes i havvand.

Fosforkoncentrationer

Det mest karakteristiske ved de skønnede fosforkoncentrationer er, at de er næsten ens – og lige lave – alle steder i vandets kredsløb (tabel 8-1). Kun i iltfrie, reducerende grundvandsmagasiner er der meget højere koncentration end andre steder, fordi fosfor i fx gamle havaflejringer går i opløsning i grundvandet under de reducerende forhold.

Tabel 8-1
Fundne og skønnede koncentrationer af kvælstof og fosfor forskellige steder i vandets kredsløb.



Sammenfatning og perspektivering

Dokumenteret viden er det vigtigste produkt af vandmiljøovervågningen gennem de seneste 30 år. Vigtige elementer i denne viden om vandmiljøet er, at der generelt er enighed om størrelserne af forureningsbidragene fra de vigtigste forureningskilder og om de virkninger, de har på vandområderne. Vigtigt er det også, at denne viden ikke er begrænset til teknikere inden for miljøområdet, men at den er formidlet til offentligheden og til politikere, og at den er blevet brugt til beslutninger om miljøindsats. Billedet er fra Esrum Sø.

Foto: Ole Malling.

Viden om vandmiljøet

Miljøovervågning har siden 1970'erne givet viden om forureningskilder og miljøtilstand i stort set alle danske vandområder. Den konkrete viden om de enkelte vandområder og de enkelte forureningskilder førte til en målrettet indsats allerede i 1970'erne og 1980'erne. Med de ofte meget stærke spildevandspåvirkninger af vandløb, søer og fjorde var behovet for indsats dengang mere åbenbart end i dag.

Behovet for mere integreret viden blev mere og mere tydeligt i løbet af 1980'erne, fordi virkningerne af udledningerne viste sig så langt fra forureningskilderne, at der var usikkerhed om årsagssammenhængene. Det var især tilfældet med eutrofiering af havområder og forøgelserne af nitratinholdet i grundvandet. Desuden blev den daværende viden om sammenhænge mellem næringssaltkilder, næringssalttilførsel og de biologiske forhold i havområder ofte anset for utilstrækkelig som beslutningsgrundlag for indsats.

De vigtigste elementer i arbejdet med at få en sådan øget viden har været Det Nationale Overvågningsprogram for vandmiljøet fra 1988 (senere kaldet NOVA og NOVANA), Havforskningsprogram 90 fra 1988 til 1994 og Det Strategiske Miljøforskningsprogram fra 1994 til 1997. Overvågningsprogrammet skabte en sammenhængende viden om forureningskilder i Danmark og miljøforhold i udvalgte vandområder, og denne viden blev hvert år opdateret ved publicering af resultaterne. Miljøforskningsprogrammerne og anden forskning på området blev samtidig suppleret med ny viden om sammenhænge mellem næringssalttilførsler og de biologiske forhold i vandområderne, bl.a. ved at gøre brug af data tilvejebragt gennem overvågningsprogrammet.

Et vigtigt generelt udbytte af vandmiljøovervågningen er, at der nu er enighed mellem myndighederne og de involverede samfundssektorer om de vigtigste aspekter vedrørende næringssalte i vandområder. Der er enighed om størrelsen af næringssaltudledningerne fra de enkelte kilder, og der er enighed om virkningerne af øgede tilførsler til vandområderne.



Miljøforbedringer

Markante lokale forbedringer

En gennemgang af den amtslige overvågning af miljøtilstanden i vandområderne siden 1970'erne viser et utal af eksempler på forbedrede miljøforhold i vandløb og søer og i enkelte fjorde. Årsagen til disse lokale miljøforbedringer er den målrettede indsats, der er besluttet og gennemført for at afhjælpe et lokalt eller regionalt forureningsproblem. Disse beslutninger er truffet på baggrund af amternes overvågning af miljøtilstand og forureningskilder. De vigtigste typer af indsats og de heraf følgende miljøforbedringer har været:

- Biologisk rensning af spildevand har medført, at stærkt forurenede vandløb er forsvundet, og organisk forurening af nærområder omkring spildevandsudledninger i kystvande er væk.
- Fosforfjernelse fra spildevand har mindsket algemængden i spildevandsbelastede søer og i nogle fjorde, men den fulde virkning er ikke opnået endnu.

Figur 9-1

Karakteristiske spildevandsudløb. Til venstre: 1975 (Grædstrup) og til højre 1985 (Galten).

Foto: Jens M. Andersen.

- Miljøvenlig vandløbsvedligeholdelse eller ophør af vedligeholdelse har givet et rigere liv af planter, smådyr og fisk i en række vandløb.
- Fjernelse af spærringer har øget bestandene af især ørreder i vandløbene.
- Opsporing og standsning af ulovlige landbrugsudledninger har forbedret tilstanden i mange små vandløb og forhindret fiskedød.

Konklusionen vedrørende udviklingen i vandområdernes miljøtilstand er derfor: Der er i de seneste årtier sket rigtig mange forbedringer i vandmiljøets tilstand, især i vandløb.

Målsætningsopfyldelse

De nuværende målsætninger for vandløb, søer og kystvande er fastsat i amternes regionplaner. Målet for de fleste vandområder er: "Et upåvirket eller kun svagt påvirket dyre- og planteliv". Dette er også målsætningen for alle de åbne havområder. For drikkevand, og dermed for grundvand, der anvendes til vandforsyning, er målet, at nitratindholdet skal være mindre end 50 mg pr. liter.

De mange miljøforbedringer beskrevet ovenfor er dog ikke ensbetydende med, at de politisk vedtagne miljømål for vandområderne er blevet opfyldt for de fleste vandområder. Målsætningerne er kun opfyldt i ca. halvdelen af vandløbene, i ca. $\frac{1}{3}$ af søerne og i havområder kun i de åbne dele af Skagerrak og i Nordsøen langt fra Jyllands kyst.

Konklusionen vedrørende opfyldelse af miljømålsætninger for vandområderne må derfor blive: Selvom der i de seneste årtier er sket rigtig mange forbedringer i vandmiljøets tilstand, opfylder de fleste vandområder endnu ikke den nuværende miljømålsætning.

Tydelige forbedringer på landsplan

Først efter iværksættelsen af Det Nationale Overvågningsprogram i 1989 blev det muligt på landsplan at belyse vandområdernes forureningsbelastning og miljøtilstandens udvikling.



Figur 9-2
Vandløbsvedligeholdelse
begrænser den biologiske
kvalitet i mange vandløb
(Kolindsund Nordkanal ved
Enslev).

Foto: Jens M. Andersen.

Det konkrete mål i VMP I om en 80 %'s reduktion af fosfortilførslen og en 50 %'s reduktion af kvælstoftilførslen til det danske vandmiljø var nået i 2003. Det var især sket på grund af rensning af spildevand for fosfor og kvælstof og ved reduktion af udvaskning af nitrat fra dyrkede arealer.

Det Nationale Overvågningsprogram har dokumenteret, at der er sket betydelige og generelle forbedringer i søer og kystvande siden 1989 som følge af de reducerede tilførsler af næringssalte. Også i vandløb er der sket forbedringer, især fordi udledningerne af organisk stof med spildevand er reduceret, og fordi en del vandløb har fået mere varierede fysiske forhold. I grundvand er nitratinholdet mindsket i de øverste, nydannede lag i sandområder, men forbedringer vil generelt vise sig med stor tidsforsinkelse i grundvand, fordi vandudskiftningen i de fleste grundvandsforekomster tager mange årtier.

Vandrammedirektivet

Vandrammedirektivet (VRD) fra EU trådte i kraft i 2000 og er ved Miljømålsloven fra 2003 indarbejdet i dansk lov. Direktivet fokuserer på tilstanden i det enkelte vandområde på samme måde som amternes recipientkvalitetsplaner.

Som udgangspunkt skal der opnås såkaldt god økologisk tilstand i vandområderne, jf. tabel 1-1. Det betyder, at de biologiske forhold kun må afvige lidt fra den tilstand, der ville have været helt uden forurening og andre miljøpåvirkninger. Den indsats, der skal til for at opfylde

målene, vil derfor afhænge af det enkelte vandområde og af de konkrete påvirkningsfaktorer (forureningskilder). Dette er en anden tilgang end de danske nationale vandmiljøplaner (VMP), der har fokus på generelle reduktionsmål uafhængige af det enkelte vandområde.

Ifølge VRD skal medlemslandene bruge de kvalitetsmål for vandområders biologiske tilstand, der er vist i tabel 9-1. For grundvand er der dog kun to kvalitetsklasser: god og ringe. Grundvandskvalitet bedømmes ud fra grundvandsmængden og den kemiske kvalitet. En grundvandsforekomst har god kvalitet, hvis vandstanden i magasinet eller i de omkringliggende vandområder ikke er væsentligt påvirket af grundvandsindvinding, og hvis indholdet af forurenende stoffer ikke gør vandet uegnet til vandforsyning og ikke forurener overfladevandet.

De vigtigste tidsfrister i VRD er, at der i 2009 skal være udarbejdet planer for både miljømål og indsats til at opfylde målene for alle vandområder. Indsatsen skal så være gennemført i 2012, og målene skal som udgangspunkt være opfyldt i 2015.

Det generelle mål i Vandrammedirektivet er, at der skal være god tilstand i vandområderne senest i 2015, og at der ikke må ske forringelser. Der er dog i direktivet undtagelsesbestemmelser, der i visse tilfælde åbner op for en senere opfyldelse af miljømålene, eller at der fastsættes mindre strenge miljømål.

Vandrammedirektivets overvågningsforpligtelser

Vandrammedirektivets artikel 8 foreskriver, at medlemslandene skal gennemføre 3 typer miljøovervågning af vandområderne:

- Kontrolovervågning gennemføres på så mange vandområder, at der kan gives en vurdering af den generelle tilstand i vandområderne.
- Operationel overvågning gennemføres for at fastslå tilstanden i de vandområder, der evt. ikke opfylder deres miljømål, og for at vurdere virkningen af en miljøindsats, der er gennemført for at forbedre tilstanden.
- Undersøgelsesovervågning gennemføres, når årsagerne til en utilfredsstillende miljøkvalitet ikke er kendt og i forbindelse med forureningsuheld.

Tabel 9-1

Vandrammedirektivets 5 kvalitetsklasser for vandløb, søer og kystvande. Det generelle mål er "god tilstand".

Betegnelse	Direktivets beskrivelse af krav til den biologiske kvalitet i vandløb, søer og kystvande
Høj tilstand	Ingen eller kun meget ubetydelige menneskeskabte ændringer i forhold til, hvad der normalt gælder for denne type overfladevand under uberørte forhold.
God tilstand	Den biologiske kvalitet er svagt ændret som følge af menneskelig aktivitet.
Moderat tilstand	Den biologiske kvalitet er mere påvirket end under forhold med god tilstand, men der er stadig tale om ret små påvirkninger.
Ringe tilstand	De biologiske samfund afviger væsentligt fra uberørte forhold.
Dårlig tilstand	Store dele af de naturligt forekommende biologiske samfund er forsvundet som følge af menneskelig aktivitet.

Disse overvågningsaktiviteter vil generelt kunne give den viden, som er nødvendig for, at myndighederne kan opstille og gennemføre de indsatsplaner, der vil være nødvendige for at opfylde miljømålsætningerne for vandområderne.

En fortsat, videnbaseret indsats

Overvågningsprogrammet er nødvendigt for at kunne opgøre virkningerne af VMP-indsatsen. Overvågningsprogrammet har givet os opgørelser af næringssaltbidragene fra de forskellige kilder (natur, landbrug, spildevand mv.). Man har målt udviklingen i tilførslerne af næringsalte til vandområderne og i de resulterende reduktioner i næringssaltindhold i vandområderne samt målt de biologiske virkninger af denne næringssaltreduktion. Disse resultater har desuden været en forudsætning for at kunne gennemføre de målrettede justeringer i VMP II og VMP III, hvori der er sket skærpelse af miljøkravene til landbrug, bl.a. ud fra overvågningsresultater.

Indførelsen af Vandrammedirektivet i dansk lovgivning vil fremover øge behovet for viden om sammenhængene mellem forureningsbelastning og de økologiske forhold i det enkelte vandområde, fordi det konkret skal vurderes, i hvilket omfang tilførslen af næringssalte til det enkelte vandområde skal mindskes for at opfylde miljømålet. Herudover stiller Vandrammedirektivet konkrete krav til den vandmiljøovervågning, som medlemsstaterne skal gennemføre.



Figur 9-3

I vandløb med stærkt fald ville der uden vandløbsregulering og vandløbsvedligeholdelse være meget afvekslende fysiske forhold som her i Århus Å.

Foto: Jens Skriver.

Mangel på generel viden

På nogle områder er der brug for yderligere generel viden som beslutningsgrundlag for at mindske forurening med næringssalte. Det mest presserende synes at være afklaring af, hvorledes fosforudvaskningen fra landbrugsarealer mest hensigtsmæssigt kan reduceres fra forskellige areal- og oplandstyper, og hvilke reduktioner der kan opnås ved forskellige typer af målrettet indsats.

Der er også behov for øget viden om virkningen af at mindske fosfortilførslerne og kvælstoftilførslerne for den økologiske tilstand i de forskellige typer af vandområde. Endelig er der behov for øget viden om omsætning og transport af kvælstof og fosfor i vandets kredsløb, så der kan laves bedre beregninger af, hvor stor en del af de udledte mængder, der når frem til et bestemt vandområde. Det forventes, at VMP III-forskningsprogrammet vil tilvejebringe en del af denne viden.

Fremtidig overvågning af vandmiljø og natur

Indtil 2004 har Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljøet (NOVA) omfattet grundvand og overfladevand, herunder forureningsbidrag fra spildevand og fra dyrkning af jorden og atmosfæren. Fra 2004 er overvågningsprogrammet ændret til også at omfatte miljøtilstanden af naturarealer på land (den terrestriske natur) og udvalgte plante- og dyrearter i Danmark. Programmet er dermed ændret til Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen (NOVANA).

Programmet skal følge tilstanden af vandmiljø og natur og de væsentligste påvirkninger heraf. Det skal endvidere overordnet dokumentere virkningen af nationale natur- og miljøhandlingsplaner og vurdere, om miljø- og naturkvaliteten opfylder de politisk fastsatte mål, og om udviklingen går i den rigtige retning.

Med dette program kan Danmark opfylde overvågnings- og rapporteringsforpligtelserne i EU's direktiver og væsentlige andre nationale behov på vandmiljø- og naturområderne. Den nationale overvågning dækker imidlertid ikke alle danske vandområder. Især for vandløb og søer er der meget store lokale forskelle i miljøtilstand, og det vil ikke være muligt at gennemføre et omfattende nationalt overvågningsprogram for alle vandområder.

Til supplerende af NOVANA skal der derfor fra 2007 gennemføres et supplerende overvågningsprogram for at tilgodese Vandrammedirektivets bestemmelser om operationel overvågning. Denne overvågning skal omfatte de vandområder, som har risiko for ikke at opnå god økologisk tilstand senest i 2015.

Litteratur

Rapporter fra Miljøministriets institutioner nævnt i litteraturlisten kan findes på institutionernes hjemmesider på følgende adresser:

Danmarks Miljøundersøgelser: <http://www.dmu.dk/>

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse: <http://www.geus.dk>

Skov- og Naturstyrelsen: <http://www.sns.dk>

Miljøstyrelsen: <http://www.mst.dk>

Resultaterne af vandmiljøovervågningen i 2004 er rapporteret efter afslutningen af redaktionen af denne bog. Sammenfatning heraf og links til de faglige rapporter findes i rapporten:

Andersen, J.M., Boutrup, S., Bijl, L. van der, Svendsen, L.M., Bøgestrand, J., Grant, R., Lauridsen, T.L., Ellermann, T., Ærtebjerg, G., Nielsen, K.E., Søgaard, B., Jørgensen, L.F. & Dahlgren, K. 2005. *Vandmiljø og Natur 2004. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning*. Danmarks Miljøundersøgelser. 132 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 558.

Kapitel 1

Andersen, J.M., Boutrup, S., Svendsen, L.M., Bøgestrand, J., Grant, R., Jensen, J.P., Ellermann, T., Ærtebjerg, G., Jørgensen, L.F. & Pedersen, M.W. 2004. *Vandmiljø 2004. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning*. Danmarks Miljøundersøgelser. 62 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 517.

Andersen, J.M. (red.) 1998. *Natur og miljø i Gudenåsystemet. 25 års indsats og effekt*. Højbjerg: Gudenåkomiteen. 59 s. – Gudenåkomiteen – rapport nr. 20.

Miljø- og Energiministeriet 2001. *Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse* (Miljøbeskyttelsesloven). Lovbekendtgørelse nr. 753 af 25/08/2001.

Lov om miljømål m.v. for vandforekomster og internationale naturbeskyttelsesområder (Miljømålsloven). Lov nr. 1150 af 17/12/2003.

Miljøstyrelsen 1989. *Vandmiljøplanens overvågningsprogram*. 64 s. Miljøprojekt nr. 115.

Miljøstyrelsen 2000. *NOVA-2003. Programbeskrivelse for det nationale program for overvågning af vandmiljøet 1998-2003*. 198 s. Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 1.

Lov om ændring af lov om miljøbeskyttelse og lov om støtte til miljøforbedrende investeringer i mindre landbrug m.v. (Vandmiljøhandlingsplanen). Lov nr. 392 af 10/06/1987.

Folketinget 1998. *Aftale vedrørende Vandmiljøplan II, 17. februar 1998*.

Grant, R. & Waagepetersen, J. 2003. *Vandmiljøplan II – slutevaluering*. Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks JordbrugsForskning. 32 s.

Regeringen, Dansk Folkeparti og Kristendemokraterne 2004. *Aftale om Vandmiljøplan III 2005-2015*, 2. april 2004. <http://www.vmp3.dk>

Kapitel 2

Ellermann, T., Hertel, O., Skjöth, C.A., Kemp, K. & Monies, C. 2004. *Atmosfærisk deposition 2003. NOVA 2003*. Danmarks Miljøundersøgelser. 45 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 519.

Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Jensen, P.G., Pedersen, M.L., Clausen, B. & Rasmussen, P. 2004. *Landovervågningsoplände 2003. NOVA 2003*. Danmarks Miljøundersøgelser. 118 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 514.

Miljøstyrelsen 2005. *Punktkilder 2003*. Det Nationale Program for overvågning af vandmiljøet. Fagdatacenterrapport, rev. udg. 167 s. Orientering fra miljøstyrelsen. nr. 1

Anbefalet videre læsning

Knudsen, L., Østergaard, H.S. & Schultz, E. 2000. *Kvælstof – et næringsstof og et miljøproblem*. Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Planteavl.

Skov- og Naturstyrelsen og Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri 2003. *Det faglige grundlag for vandmiljøplan III. Arbejdsgruppernes fælles afrapportering*. Del 1.

Kronvang, B. (red.) 2001. *Fosfor i jord og vand – udvikling, status og perspektiver*. Danmarks Miljøundersøgelser. 88 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 380.

Kapitel 3

Dansk Vand- og Spildevandsforening, Miljøstyrelsen & GEUS 2003. *Vandforsyningsstatistik 2002*.

GEUS 2004. *Grundvandsovervågning 1998-2003*.

GEUS 2003. *Grundvandsovervågning 2003*.

Miljø- og Energiministeriet 2001. *Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg*. Bekendtgørelse nr. 871 af 21. september 2001.

Thorling, L. & Thomsen, R. (red.) 2000. *Tunø. Status 1989-1999*. Århus Amt. – Teknisk rapport. <http://www.aaa.dk>

Anbefalet videre læsning

Appello C.A.J. & Postma, D. 2005. *Geochemistry, groundwater and pollution*. – A.A. Balkema. Rotterdam. 649 pp.

GEUS 2005. *Viden om grundvand*.

Henriksen, H.J. & Sonnenborg, A. (red.) 2003. *Ferskvandets kredsløb*. GEUS. NOVA 2003 temarapport.

Kapitel 4

Bøgestrand, J. (red.) 2004. *Vandløb 2003*. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 54 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 516.

Århus Amt 2003. *Miljøtilstanden i Lilleåens vandsystem*. <http://www.aaa.dk>

Anbefalet videre læsning

Baatrup-Pedersen, A. 2000. *Planter i vandløb – fortid, nutid og fremtid*. Danmarks Miljøundersøgelser. 34 s. – TEMA-rapport fra DMU, 34/2000.

Sand-Jensen, K. & Lindegaard, C. 1996. *Økologi i søer og vandløb*. Gads Forlag. 188 s.

Sand-Jensen, K. & Friberg, N. 2000. *De strømmende vande*. Gads Forlag. 165 s.

Kapitel 5

Jensen, J.P. et al 2004. *Søer 2003*. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 85 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 515.

Anbefalet videre læsning

Sand-Jensen, K. 2001. *Søer – en beskyttet naturtype*. Gads Forlag. 308 s.

Søndergaard, M., Jeppesen, E. & Jensen, J.P. 2000. *Danske søer og deres restaurering*. Danmarks Miljøundersøgelser. 34 s. – TEMA-rapport fra DMU, 24/2000.

Kapitel 6 og 7

Fyns Amt 2000. *10 år for Odense Fjords natur og miljø*. Odense Fjord Udvalget.

Fyns Amt 2000. *Fyns Vandmiljø. Status over 25 års indsats og resultater, 1976-2000*. Fyns Amt.

Ærtebjerg, G. & Andersen, J.H. (red.) 2004. *Marine områder 2003 – Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003*. Danmarks Miljøundersøgelser. 97 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 513.

Anbefalet videre læsning

Christensen, P.B. (red.) 1996. *Havmiljøet under forandring?* 120 s. – Havforskning fra Miljøstyrelsen, nr. 61.

Christensen, P.B., Schou Hansen, O. & Ærtebjerg, G. (red.) 2004. *Iltsvind*. Forlaget Hovedland. 128 s. – Miljøbiblioteket 4.

Hansen, J.L.S., Josefsen, A.B. & Petersen, T.M. 2004. *Genindvandring af bundfauna efter iltsvindet 2002 i de indre danske farvande*. Danmarks Miljøundersøgelser. 61 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 506.

Krause-Jensen et al. 2002. *Næringssaltbegrænsning af makroalger i danske kystområder*. Danmarks Miljøundersøgelser. 112 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 392.

Lomstein, B.Aa. 1999. *Havmiljøet ved årtusindskiftet*. Olsen & Olsen. 176 s.

Ærtebjerg, G., Andersen, J.H. & Hansen, O.S. (eds.) 2003. *Nutrients and Eutrophication in Danish Marine Waters. A Challenge to Science and Management*. National Environmental Research Institute. 125 pp.

Kapitel 9

Danmarks Miljøundersøgelser 2004. *NOVANA. Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse – del 1*. Danmarks Miljøundersøgelser. 48 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 495.

Svendsen, L.M., Bijl, L. van der, Boutrup, S. & Norup, B. (red.) 2004. *NOVANA. Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse – del 2*. Danmarks Miljøundersøgelser. 128 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 508.

Vandrammedirektivet 2000. Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger. – De Europæiske Fællesskabers Tidende, 22. december 2000.

Stikordsregister

A

Alger · 95
 i søer · 91
 i fjorde · 108
 vækstbegrænsning · 126, 134
Ammoniak · 42
Ammoniumnitrat · 42
Ammoniumsulfat · 43
Atmosfæren, som forureningskilde · 40
Atmosfæreovervågning · 43

B

Beslutningscirklen · 17
Boringskontrol, vandværkers · 56
Bunddyr · 111

D

Dambrugsudledninger · 31
Damme · 90
Dansk Vandløbsfauna indeks (DVFI) · 72
Denitrifikation · 35
Det Landsdækkende Luftkvalitetmåleprogram (LMPIV) · 14
Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljøet · 14, 140, Se også NOVA
Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø og Natur · 14, Se også NOVANA
Drikkevand · 52
Drikkevandsinteresser · 63
DVFI · Se Dansk Vandløbsfauna indeks

E

Eutrofiering · 11, 90

F

Fagdatacenter · 15
Farvande
 fosfor i · 124
 indre · 121
 kvælstof i · 124
 åbne · 120, 124
Farvandsovervågning · 123
Fedtemøg · 104
Fjorde · 104
 fosfor i · 105
 kvælstof i · 105
Fjordovervågning · 105
Forurenende stoffer, kilder til · 10, 22
Forureningsgrad · 73
Forureningskort · 15
Forureningstilstand
 beskrivelse af · 72
 vandløbenes · 73
Fosfor · 10, 11
 fra landbrug · 35
 grænseværdi i drikkevand · 52
 i det hydrologiske kredsløb · 135
 i fjorde · 105
 i grundvand · 52, 60
 industrispildevand · 30
 i søer · 93
 i vandløb · 70, 73, 78
 i åbne farvande · 124
 kilder til · 22
 naturbetinget mængde · 135
 total · 11
 uorganisk · 11
 årlige udledninger af · 26
Fosforbindingskapacitet · 35
Fosforfjernelse · 80
Furesø · 98
Fysiske ændringer i vandløb · 70

G

GRUMO · Se grundvandsovervågningsområde
Grundvand · 52
 fosfor i · 60
 nitrat i · 56
Grundvandsmagasin · 55
Grundvandsovervågning · 53, 54
Grundvandsovervågningsområde (GRUMO) · 53
Gudenåen · 27

H

Hydrologiske kredsløb · 134

I

Iltsvind · 12, 104, 111, 130
Indre farvande · 121
Industrispildevand · 29
Indvindingsboring · 56

K

Kildeopgørelse, landsdækkende · 22
Kloak · 24
Kontrolovervågning · 144
Kvælstof · 10, 11
 fra landbrug · 34
 i atmosfæren · 41
 i det hydrologiske kredsløb · 134
 i fjorde · 105
 i grundvand · 52
 i industrispildevand · 30
 i søer · 93
 i vandløb · 70, 73, 76
 i åbne farvande · 124
 kilder til · 22
 naturbetinget mængde · 135

total · 11
uorganisk · 11
årlige udledninger af · 26

Kvælstofafsætning · 45
Kvælstofdioxid · 41
Kvælstoffiksering · 39
Kvælstofmonoxid · 41
Kvælstofudvaskning · 34

L

Lammehaler · 84
Landbrug · 34
 som fosforkilde · 35
 som kvælstofkilde · 34
Landovervågningsområder
 (LOOP) · 54
Lilleå · 84
Limfjorden · 112
LMPIV · Se Det Landsdækkende
 Luftkvalitetsmåleprogram
LOOP · Se Landovervågnings-
 område

M

Miljøbeskyttelsesloven · 16
Mølleå-systemet · 98

N

Nitrat · 11, 41
 grænseværdi i drikkevand · 52
 i grundvand · 56
 i rodzone · 37
Nitratfront · 58
Nitratudvaskning · 34, 39, 52, 58
NO · Se kvælstofmonoxid
NO₂ · Se kvælstofdioxid
NOVA · 14, Se også Det Nationale
 Overvågningsprogram for
 Vandmiljøet
NOVANA · 14, Se også Det Natio-
 nale Overvågningsprogram
 for Vandmiljø og Natur
Næringsberigelse · 11
Næringssalte · 10, 11
 i naturområder · 135

Næringssalttransport · 80
Næringstoffer · 11

O

Odense Fjord · 114
Okker · 59
Operationel overvågning · 144
Organisk stof
 i industrispildevand · 30
 i vandløb · 70, 71
 kilder til · 22
 omsætning af · 24
 tilbageholdelse af · 24
 årlige udledninger af · 26

Overvågning
 af atmosfæren · 43
 af danske farvande · 123
 af fjorde · 105
 af grundvand · 53, 54
 af spildevand · 25
 af søer · 91
 af vandløb · 72
 af vandmiljøet · 13
 forskellige typer · 144
 national · 14
 regional · 13

R

Recipient · 32
Recipientkvalitetsplaner · 16
Redoxpotentiale · 58
Regnbetingede udledninger · 25
Renseanlæg · 26

S

Salpetersyre · 42
Sigtdybde · 95, 126
 i fjorde · 109
Spildevand · 24
 geografisk fordeling · 32
Spildevandsforurening · 24
Spildevandsovervågning · 25
Spildevandsplaner · 16
Spildevandsrensning · 24
Stoftransportmålestation · 79

Søer · 89
 vandkvalitet i · 95
Søovervågning · 91
Søsalat · 104

T

Totalfosfor · 11
Totalkvælstof · 11
Tunø · 64
Tørafsætning · 42

U

Udvaskning · 34
 overvågning af · 36
Udvaskningsovervågning · 36
Undersøgelsesovervågning · 144
Uorganisk fosfor · 11
Uorganisk kvælstof · 11

V

Vandklosetter · 24
Vandløb · 70
 forureningstilstand · 73
 næringssalttransport i · 80
Vandløbsbiologi · 72
Vandløbsovervågning · 72
Vandmiljøovervågning · 13
Vandmiljøplaner · 16
Vandrammedirektivet · 10, 143
VMP · Se Vandmiljøplaner
VMP-krav · 25
Vådafsætning · 42

W

WC · 24

Å

Åbne farvande · 120
Ålegræs · 104, 111

Vandmiljøindsatsen

Red. Jens Møller Andersen

Denne bog handler om den overvågning, miljømyndighederne siden 1974 har gennemført af det danske vandmiljø. Man får et spændende indblik i de metoder, der benyttes i overvågningen. Og man får en klar oversigt over, hvordan forureningen med næringsstoffer og vandmiljøets tilstand har udviklet sig igennem årene frem til i dag. Bogen giver også et indblik i sammenhængen mellem belastningen fra de forskellige forureningskilder og tilstanden i vandområderne. Endelig beskriver bogen, hvordan resultaterne af overvågningen er blevet brugt som grundlag for indsats til at mindske forureningen af vandområderne.

Bogens hovedkapitler behandler grundvandet, vandløbene, søerne, fjordene og de åbne farvande hver for sig. I hvert kapitel beskrives

- Særlige forhold i disse typer af vandområder
- Overvågningsprogrammet
- Overvågningsresultaterne
- Overvågningens betydning
- Opfyldelse af miljømål og perspektiver

Foruden hovedkapitlerne indeholder bogen kapitler om overvågning generelt, forureningskilderne, samspillet mellem de enkelte typer af vandområder og en sammenfatning.

ISBN 87-7739-795-9



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet