

NOVA 2003

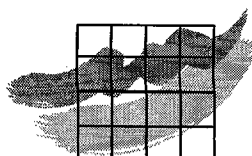
Søer 1998

Faglig rapport fra DMU, nr. 291

Jens Peder Jensen
Martin Søndergaard
Erik Jeppesen
Torben L. Lauridsen
Lisbet Sortkjær

Afdeling for Sø- og Fjordøkologi

Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser
December, 1999



Datablad

Titel:	Søer 1998
Undertitel:	NOVA 2003
Forfattere:	Jens Peder Jensen, Martin Søndergaard, Erik Jeppesen Torben L. Lauridsen og Lisbet Sortkjær
Afdeling:	Afdeling for Sø- og Fjordøkologi
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 291
Udgiver:	Miljø- og Energi ministeriet Danmarks Miljøundersøgelser © http://www.dmu.dk December 1999
Tegninger:	Kathe Møgelvang
Bedes citeret:	Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L. & Sortkjær, L. (1999): Søer 1998. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 106 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 291.
Emneord:	Søer, miljøtilstand, overvågning, Vandmiljøplan
Redaktionen afsluttet:	November 1999
ISBN:	87-7772-494-1
ISSN:	0905-815X
Tryk:	Silkeborg Bogtryk
Papirkvalitet:	EMAS registreret nr. DK-D-0084 Cylus Print
Oplag:	300
Sideantal:	106
Pris:	kr. 125,- (inkl. 25 % moms, ekskl. forsendelse)
Supplerende oplysninger:	NOVA 2003 rapporterne er en fortsættelse af rapporterne om Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, som dækker årene 1989-1997 (udgivet 1990-1998). Rapporten kan også findes på Danmarks Miljøundersøgelsers hjemmeside. Danmarks Miljøundersøgelser Vejlsøvej 25 Postboks 314 8600 Silkeborg Tlf. 89 20 14 00 Fax 89 20 14 14
Købes i boghandelen eller hos:	Miljøbutikken Information & Bøger Læderstræde 1 1201 København K Tlf. 33 37 92 92 Fax 33 92 76 90 butik@mem.dk www.mem.dk/butik

Indhold

Forord 5

Resumé 7

1 Baggrund 11

- 1.1 Vandmiljøplanen 11
- 1.2 Overvågningsprogrammet for søer 11
- 1.3 Overvågningssøerne 14
- 1.4 Årets rapport 15

2 Klimaforhold i 1998 17

- 2.1 Indledning 17
- 2.2 Temperatur og globalindstråling 17
- 2.3 Nedbør og fordampning 18
- 2.4 Ferskvandsafstrømning 19
- 2.5 Vindforhold 20
- 2.6 Sammenfatning 20

3 Oplandsbeskrivelse samt kilder til fosfor- og kvælstoftilførslen til søerne 23

- 3.1 Indledning 23
- 3.2 Metode 23
- 3.3 Oplandsbeskrivelse 25
- 3.4 Kilder til næringssstofbelastningen – status 26
- 3.5 Kilder til næringssstofbelastningen – udviklingen i udvalgte enkeltkilder 27
- 3.6 Sammenfatning 30

4 Vand- og næringssstofbalancer for kvælstof, fosfor 31

- 4.1 Indledning 31
- 4.2 Metode 31
- 4.3 Vandbalancer for søerne 33
- 4.4 Fosforbalancer for søerne 34
- 4.5 Kvælstofbalancer for søerne 38
- 4.6 Sammenfatning 41

5 Udviklingen i søernes miljøtilstand vurderet ud fra ændringer i fysiske, kemiske og biologiske variable 43

- 5.1 Indledning 43
- 5.2 Metoder 43
- 5.3 Fosfor 45
- 5.4 Kvælstof 48
- 5.5 Sigtdybde og klorofyl *a* 51
- 5.6 Planteplankton 54
- 5.7 Dyrplankton 59

5.8	Undervandsplanter	63
5.9	Brakvandssøerne	66
5.10	Sammenfatning	67
6	Fiskeyngelundersøgelser i overvågningssøerne	69
6.1	Indledning	71
6.2	Undersøgelsesprogrammet	71
6.3	Hvilke arter fanges ved der undersøgelserne?	73
6.4	Hvor meget fanges der ved undersøgelserne?	74
6.5	De enkelte arter	76
6.6	Mængden af fiskeyngel i forhold til dybdeforholdene og næringsstofniveau	76
6.7	Effekter af fiskeyngel	80
6.8	Fiskeynglens længdefordeling	82
6.9	Sammenfatning	83
7	Artsrigdom og diversitet	85
7.1	Indledning	85
7.2	Resultater	85
7.3	Artsrigdom og diversitet i forhold til søareal, vanddybde og næringsstofindhold	85
7.4	Udviklingen i overvågningssøerne	89
7.5	Sammenfatning	93
8	Sammenfatning	95
9	Referencer	99
10	Overblik over amtsrapporter	103
Danmarks Miljøundersøgelser		
Faglige rapporter		

Forord

Denne rapport er udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet (NOVA), som fra 1998 alløser Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, iværksat efteråret 1988.

Hensigten med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram var at undersøge effekten af de reguleringer og investeringer, som er gennemført i forbindelse med Vandmiljøplanen (1987). Systematisk indsamling af data gør det muligt at opføre udlædningsrater af kvælstof og fosfor til vandmiljøet samt at registrere de økologiske effekter, der følger af ændringer i belastningen af vandmiljøet med næringssalte. Med NOVA er programmet udvidet til at omfatte både vandmiljøets tilstand i bredeste forstand og miljøfremmede stoffer og tungmetaller.

Danmarks Miljøundersøgelser har som sektorforskningsinstitution i Miljø- og Energi ministeriet til opgave at forbedre og styrke det faglige grundlag for de miljøpolitiske prioriteringer og beslutninger. En væsentlig del af denne opgave er overvågning af miljø og natur. Det er derfor et naturligt led i Danmarks Miljøundersøgelser opgave at forestå den landsdækkende rapportering af overvågningsprogrammet inden for områderne: ferske vand, marine områder, landovervågning og atmosfære.

I overvågningsprogrammet er der en klar arbejdsdeling og ansvarsdeling mellem amterne og Københavns og Frederiksberg kommuner og de statslige myndigheder.

Rapporterne "Vandløb og kilder" og "Søer" er således baseret på amtskommunale data og rapporter af overvågningsafdelinger af de ferske vand.

Rapporten "Marine områder - Status over miljøtilstanden i 1998" er baseret på amtskommunale data og rapporter af overvågningsafdelinger af kystvande og fjorde samt Danmarks Miljøundersøgelser og vore nabolandes overvågning af de åbne havområder.

Rapporten "Landovervågningsoplade" er baseret på data indberettet af amtskommunerne fra 7 overvågningsoplade og er udarbejdet i samarbejde med Danmarks Geologiske Undersøgelser.

Endelig er rapporten "Atmosfærisk deposition af kvælstof" baseret på Danmarks Miljøundersøgelser overvågningsindsats.

Bagest i denne rapport findes en sammenfatning af resultaterne fra samtlige overvågningsrapporter fra Danmarks Miljøundersøgelser.

Resumé

31 søer indgår i overvågningsprogrammet for søer, men der kun 30 søer med resultater fra 1998.

Amterne varetager drift af programmet

Kildefordeling for tilførslen

Belastningen af søerne har været domineret af tilførslen fra det åbne land, der gennemsnitligt har bidraget med ca. 45 % af fosfor og ca. 70 % af kvælstoftilførslen. Punktkildernes andel (eksklusiv bidrag for spredt bebyggelse og dambrug) har i samme periode udgjort henholdsvis ca. 20 % og ca. 7 %.

Amtskommunerne forestår den standardiserede prøveindsamling og beskriver hvert år de enkelte søers miljøtilstand i regionale rapporter. De indsamlede data indberettes til Danmarks Miljøundersøgelser, som udarbejder årlige statusrapporter om den generelle tilstand og udviklingen i alle søerne. Dette års rapport omfatter således såvel status for miljøtilstanden i 1998 samt resultater for udviklingsændelser i perioden fra 1989 til 1998.

I alt 31 søer indgår i det landsdækkende Overvågningsprogram. Søerne er udvalgt, så de er repræsentative for danske søer. Søerne spænder fra helt rene, klarvandede søer til søer, der er stærkt forurenede som følge af eksisterende eller tidligere tiders spildevandsudledninger. Også 4 brakvandsøer er med i overvågningsprogrammet. For en enkelt af disse 4 søer foreligger der dog ingen resultater fra 1998, idet prøvetagningen først er påbegyndt i 1999.

Vandbalancer

For 16 af de 30 søer har det været muligt at opstille rimeligt nøjagtige vand- og stofbalancer inkluderende grundvandsudvekslingen. 1998 var et vådt år, og vandtilførslen til søerne var højere end normalt. Opholdstiden i søerne var således kortere end i de fleste af måleårene, dog ikke helt så kort som i det hidtil vådeste år 1994.

Kvælstoftilbageholdelse

Kvælstoftilbageholdelsen i de 16 søer steg med stigende opholdstid. Herudover er kvælstoftilbageholdelsen steget i nogle af overvågningsøerne, efter at søerne er blevet klarvandede som følge af ændringer i fiskebestanden. I halvdelen af søerne var kvælstoftilbageholdelsen i 1998 højere end 29 %.

Fosfortilbageholdelse

Fosfortilbageholdelsen steg ligeledes med stigende opholdstid i søerne og var i 1998 større end 12 % i halvdelen af søerne. En del af søerne havde dog en negativ fosforbalance, dvs. at de afgav mere, end de modtog som følge af frigørelse af fosfor fra søbunden, efter at belastningen er reduceret.

Mindre fosfortilførsel og mindsket fosforkoncentration

Siden overvågningsprogrammets iværksættelse i 1989 er fosforkoncentrationen i det vand, der strømmer til søerne, som helhed faldet markant. Tilsvarende er årsmiddelværdien af totalfosfor i de 27 søer næsten halveret fra 0,204 mg P l⁻¹ i 1989 til 0,104 mg P l⁻¹ i 1998. Faldet har naturligvis nok været størst i de mest næringsrige og

Mindre fald i kvælstoftilførsel

Sigtdybden

spildevandsbelastede søer. I 11 af de 27 søer kan der nu konstateres et signifikant fald i fosforkoncentrationen i søvandet, mens koncentrationen er steget i blot en enkelt af disse søer.

Tilførslen af kvælstof til søerne er også reduceret om end mindre end fosfortilførslen. Tilsvarende er der sket et fald i kvælstofkoncentrationen i søvandet, dog kun i 9 af de 27 søer.

Tabel 0.1 Miljøtilstanden i 1998 i overvågningssøerne illustreret ved udvalgte nøgleparametre. Kvælstof og fosfor er angivet som årgennemsnitlige værdier, mens de øvrige er sommergennemsnitlige værdier (1/5-1/10).

Parameter	n	Gns	25 %	Median	75 %
P-indløbskonc. (mg P l ⁻¹)	27	0,100	0,065	0,099	0,132
P-søkoncentration (mg P l ⁻¹)	27	0,104	0,043	0,076	0,138
P-tilbageholdelse (%)	16	19,2	-5,4	12,7	44,1
N-indløbskonc. (mg N l ⁻¹)	27	6,07	2,63	6,06	8,38
N-søkoncentration (mg N l ⁻¹)	27	2,7	1,0	1,8	4,5
N-tilbageholdelse (%)	16	32,9	17,1	28,9	46,9
Sigtdybde (m)	27	1,7	0,7	1,7	2,5
Klorofyl a (µg l ⁻¹)	27	50	11	27	73
Planteplankton (mm ³ l ⁻¹)	27	8,1	2,3	3,6	14,9
Blågrønalger (%)	27	28,4	4,0	20,3	53,7
Dyreplankton (mg tv l ⁻¹)	27	0,84	0,44	0,69	1,23
Dyreplanktons græsning (% d ⁻¹)	27	48,8	16,8	35,5	65,7

Parameter	Forbedret	Forværret
P-indløbskoncentration	10	1
P-søkoncentration	11	1
P-tilbageholdelse (%)	5	2
N-indløbskoncentration	11	1
N-søkoncentration	9	0
N-tilbageholdelse (%)	2	1
Sigtdybde	11	3
Klorofyl a	8	2
Planteplanktonbiomasse	6	2
Blågrønalger (%)	6	3
Dyreplanktonbiomasse	5	4
Dyreplanktons græsning	0	0

Mens den gennemsnitlige sigtdybde på årsbasis har varieret mellem 1,7 og 2,0 m, er der en tendens til en forøgelse i såvel medianen som i de 25 % mest uklare søer. Sigtdybden i den sidstnævnte gruppe er steget fra 0,6 i 1989 til 1,0 i 1998, mens medianerne er øget fra 1,5 til 1,9 m. Dette afspejler et tilsvarende fald i klorofyl a fra 108 til 38 µg l⁻¹. Udviklingstendensen er altså gået i retning af, at de mest uklare søer er blevet lidt mere klare. På sommerniveau er udviklingen ikke så tydelig. Her er 25 %-kvartilen kun øget fra 0,5 til 0,7 m fra 1989 til 1998.

I 6 af de 27 søer er der sket et signifikant fald i biomassen af planteplankton, mens den er steget i 2 søer. Det er især inden for gruppen af blågrønalger og grønalg samt kisel- og furealger, at ændringer har fundet sted.

Den relative sammensætning af planteplanktonet har også ændret sig i mange søer, blandt andet er procenten af blågrønalgler steget i 3 søer, mens den er faldet i 6 søer.

Betraget under et er der ikke sket signifikante ændringer i dyreplanktonets biomasse i de ti overvågningsår. På enkeltstående år er der dog sket visse ændringer, idet totalbiomassen er faldet i 4 søer og øget i 5 søer.

I forhold til de foregående år var der i 1998 kun få generelle ændringer i undervandsplanterens udbredelse og sammensætning. Det gennemsnitlige relative plantedækkede areal har stort set været uændret i perioden 1993 til 1998, men medianen har dog været markant stigende i perioden. På enkeltstående år har der dog kun kunnet påvises en statistisk signifikant udvikling i 4 af de 14 søer, alle de 4 søer har vist en stigende tendens.

Ud over den "ordinære" rapportering har vi dels medtaget et separat kapitel om de nye fiskeundersøgelser i overvågningsløbene og et supplerende kapitel, der omhandler diversitet i søer.

Fiskeundersøgelserne i overvågningsløbene er et nyt element i undersøgelsesprogrammet, men allerede det første års resultater er lovende. Undersøgelserne har givet et godt billede af fiskeundersøgelsens sammensætning og mængde, ligesom fiskeundersøgelsens påvirkning af dyreplankton kan beskrives.

I afsnittet gives først en beskrivelse af, hvordan artsantallet og diversitet af fisk, dyreplankton, planteplankton, undervandsplanter og flydebladsplanter er relateret til vanddybde og søareal og ændres langs en næringsstofgradient, og derefter vises eksempler på, hvordan artsantallet og diversitet har udviklet sig i overvågningsløbene gennem de sidste 10 år.

Diversitet i søer

Fiskeundersøgelser

Vegetationsundersøgelser

Dyreplankton

1 Baggrund

1.1 Vandmiljøplanen

I 1987 vedtog Folketinget "Handlingsplan mod forurening af det danske vandmiljø med næringssalte" kaldet Vandmiljøplanen. For-målet med Vandmiljøplanen var at nedbringe udledningen af kvælstof og fosfor fra landbrug og renseanlæg. Vandmiljøplanen forudsætter blandt andet reduktioner i næringssstoffilførslerne til sø-erne. Ifølge planen skal udledningen af fosfor og kvælstof til vandmiljøet, ferske vande og marine områder reduceres med hen-holdsvis 80 og 50 %. Størstedelen af reduktionen i fosforudledningen opnås ved at reducere udledningen fra de kommunale spilde-vandsanlæg, der modtager spildevand fra mere end 5000 personer, og ved at reducere udledningen fra store industrier. Samtidig vil der ske en reduktion i udledningen fra dambrug (*Miljøstyrelsen, 1988*).

Ydervigere krav

For at forbedre miljøtilstanden i søerne kan amterne stille skrapere krav til punktkilderne, end der er krævet i Vandmiljøplanen. Der er kun få danske søer, der i dag modtager udledninger fra store spildevandsanlæg, som er omfattet af foranstaltningerne i Vandmiljøpla-nen. Derimod er der for mange søer opstillet krav til udledningerne fra de mindre punktkilder. Såfremt disse tiltag ikke er tilstrækkelige til at forbedre den enkelte søs miljøtilstand, er det i dag vanskeligt at reducere fosfortilførslen, med mindre der gribes ind over for bidra-gene fra de dyrkede arealer og fra spredt bebyggelse. I Vand-miljøplanen skal reduktionen i kvælstofudledningen især opnås ved en reduktion i afstrømningen fra de dyrkede arealer.

1.2 Overvågningsprogrammet for søer

Formålet med det nationale overvågningsprogram for søer er at be-stemme, beskrive og forklare tilstand og udvikling i fysiske, kemiske og biologiske forhold. Overvågningsprogrammet skal kunne doku-mentere og adskille, hvordan og i hvilket omfang de økologiske for-hold og udviklingen herti afhænger af de naturlige forhold og de menneskeskabte påvirkninger. Overvågningen skal kunne belyse søernes økologiske tilstand og skal kunne fremvise effekten af miljø-forbedrende tiltag.

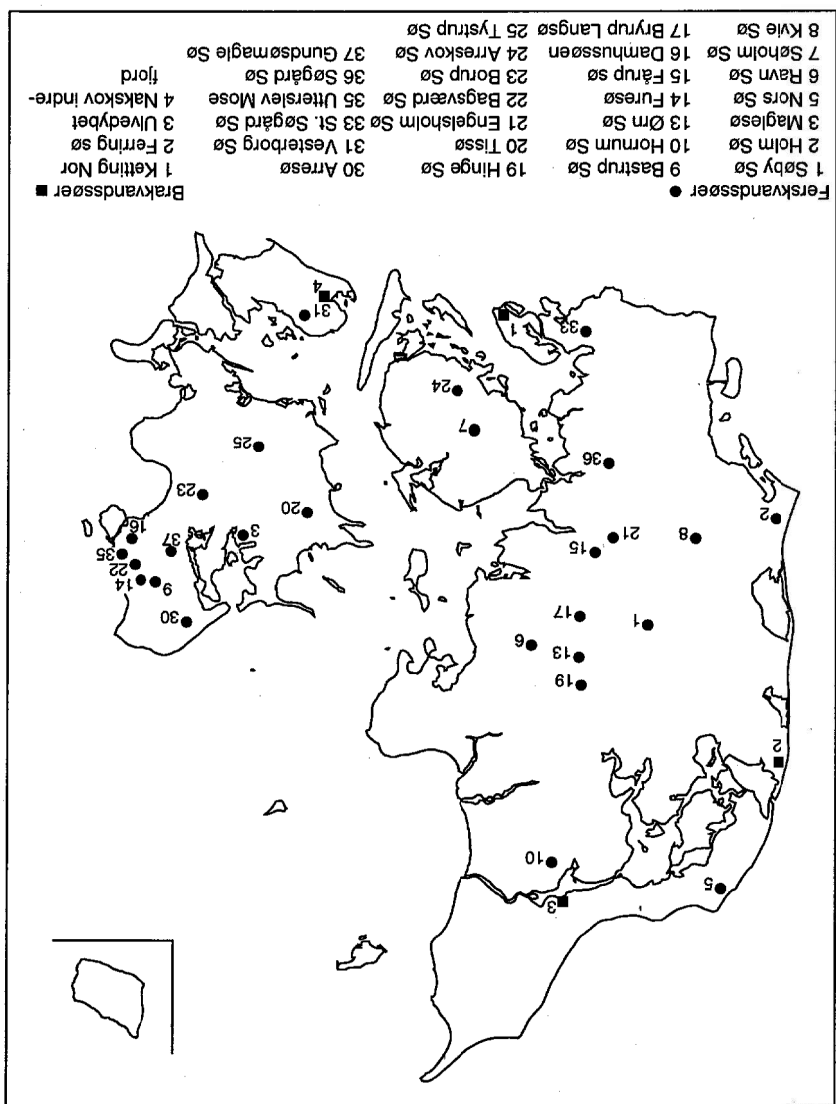
Formålet med søovervågningen kan summeres som:

- at belyse tilstand og udviklingen i økologiske forhold i de danske søer,
- at opføre udvalgte søers tilførsel af næringssoffer,
- at belyse forekomsten af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i udvalgte søer,
- belyse effekterne af ændringer i belastninger i søernes økologiske tilstand.

Vandmiljøplanens Overvågningsprogram blev vedtaget i 1988 og påbegyndt i 1989, hvor 37 søer (i alt 40 søbassiner) blev udvalgt således, at de kunne anses for at være repræsentative for de danske søer med hensyn til søtyper, belastningsforhold mv. Overvågningsprogrammet for søer fortsatte nogenlunde uændret til og med 1997, dog blev der udvidet med undersøgelser af underandsvegetationen i 17 søer i 1993. Med påbegyndelsen af NOVA 2003 i 1998 er der blevet reduceret væsentligt i det nationale overvågningsprogram for søer, blandt andet er en række tilløbsstationer skåret væk, en række søer og søbassiner er fjernet, og prøvetagningen af plankton foretages ikke mere i vintermånederne. Overvågningsprogrammet omfatter i dag i alt 27 ferskvandssøer fordelt på forskellige søtyper med forskellige grad af næringsstoftilførsel. Herudover er der 4 brakvandssøer med i overvågningsprogrammet (Undersøgelsesprogrammet i Nakskov Indrefjord starter af tekniske årsager først i 1999). Den geografiske placering af de i alt 31 søer i NOVA fremgår af figur 1.1.

Hvert år undersøges miljøtilstanden i de 31 overvågningssøer, og udviklingstendenser vurderes. De enkelte amter har ansvaret for driften af overvågningsprogrammet for søer og rapporterer årligt om miljøtilstanden i det foregående år.

Figur 1.1 Oversigtskort med de 31 overvågningssøer.



Disse regionale rapporteringer danner sammen med de indsamlede primærdato baggrund for denne landsdækkende rapportering. En oversigt over de amtskommunale rapporteringer i 1999 findes i kapitel 10. Danmarks Miljøundersøgelser foretager hvert år sammenstillinger og analyser af de indsamlede informationer og rapporterer det til en landsdækkende status for miljøtilstanden i vore søer. Miljøstyrelsen laver hvert år en tværgående, samlet fremstilling af alle overvågningsaktiviteterne i NOVA.

Der er årligt fra 1990 til 1998 udsendt rapporter for resultaterne af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram for søer (Kristensen et al., 1990d; Kristensen et al., 1991; Kristensen et al., 1992; Windolf et al., 1993; Jensen et al., 1994a; Jensen et al., 1995a; Jensen et al., 1996; Jensen et al., 1997; Jensen et al., 1998), der beskriver miljøtilstanden i det givne år samt udviklingen i miljøtilstanden for hele overvågningsperioden.

Søernes miljøtilstand vurderes ud fra kemiske, fysiske og biologiske målinger i søvandet samt måling af næringsstofftransporten til og fra søerne (Tabel 1.1). En nærmere beskrivelse af måleprogrammerne for søovervågning findes i programbeskrivelsen: Miljøstyrelsen (1999) samt i tekniske anvisninger: Rebsdorf et al. (1988), Kristensen et al. (1990a), Mortensen et al. (1990), Olrik (1991), Hansen et al. (1992), Jensen et al. (1994b), Jensen et al. (1996a), Moeslund et al. (1996), Lauridsen et al. (in prep.), Kronvang et al. (in prep., a+b).

Tabel 1.1 Oversigt over måleprogrammer for søovervågning herunder årlige prøvetagningsfrekvenser.

Vandkemiske og fysiske analyser:		Søvand	Tilfølb/afløb
pH	19	12-26	
Alkalinitet	19	(12-26)	
Nitrit+nitratkvælstof	19	(12-26)	
Ammoniumkvælstof	19	(12-26)	
Total kvælstof	19	12-26	
Total fosfor	19	12-26	
Oplost fosfor	19	(12-26)	
Klorofyl a	19	12-26	
Totaljern	19	12-26	
Silikat+silicium	19		
Måling af vandføring	19		12-26 eller kontinuerligt
Suspendert stof	19		
Sigtbarhed	19		
ilt- og temperaturprofil	19		
Vandstand *)	19		
Salinitet	19		
Sedimentkemi		1/6 (brakvand)	
		1/6 (hvert 6. år)	
Miljøfremmede stoffer **)		6	
Biologiske analyser:			
Plantepankton: sammensætning, antal	16		
Dyrepankton: sammensætning, antal	16		
og biomasse			
og biomasse	16		
Fiskeyngel	1		
Fiskeundersøgelse	1/6 (hvert 6. år)		
Undervandsplanter ***)	1		
Rørskoven ***)	1/6 (hvert 6. år)		

*) Høist kontinuerligt, **) 8 udvalgte søer, ***) 18 udvalgte søer.

Undersøgelserne i de 31 overvågningssøer er ikke alene tilstrækkelige til at give en generel beskrivelse af miljøtilstanden og udviklingen i de danske søer. Derfor er der indgået en frivillig aftale med de fleste amter om et ekstensivt overvågningsprogram for søer. Det ekstensive program rapporteres første gang efter en turnus (3 år), dvs. i 2001.

1.3 Overvågningssøerne

Hver overvågningssø er tildelt et entydigt "sønr". Oprindeligt blev nummeret tildelt i forhold til koncentrationniveauet af totalfosfor i søvandet. Denne inddeling holder dog ikke længere. Dels har ændringer i søvandkoncentrationerne ændret søernes indbyrdes placering, og der er kommet nye søer til. De 4 brakvandssøer er således tildelt numrene 41-44. For at mindske mulighederne for forveksling mv. er den oprindelige nummerering dog bibeholdt. I tabel 1.2 er yderligere angivet fosfortilførsel, sigtddybde og fosforkoncentration i 1998 og søernes middeldybde samt oplandsareal. Som det ses, er tiden ved at løbe fra den oprindelige placering af søerne, idet en række søer har ændret sig i perioden 1989-90 til 1998. De mest markante ændringer er sket for de søer, der tidligere havde en høj punktladebelastning. Blandt andet har Bryrup Langsø fået en betydelig bedre miljøtilstand i de senere år i forhold til 1989-90.

De 27 ferskvandssøer har stadig en rimelig god dækning sammenlignet med danske søer generelt med hensyn til mortometrien (tabel 1.2), således at både store (inkl. Danmarks arealmæssigt største ferskvandssø: Arresø) og små søer ($< \frac{1}{2} \text{ km}^2$) samt lavvandede og dybe (inkl. Danmarks dybeste naturlige sø: Furesøen) søer er repræsenteret. Også belastningsforholdene er ret forskellige. Således er søer med ringe stoftilførsel (fx. Søby Sø) repræsenteret, og søer med overvejende diffus stoftilførsel fra landbrug og spredt bebyggelse (fx. Store Søgaard Sø) samt søer med stor punktkildebelastning (fx. Gund-sømagle Sø) er også inkluderet.

De 4 brakvandssøer repræsenterer også på rimelig vis de typiske danske, lavvandede brakvandsområder. Det beskudne antal begrænser dog mulighederne for at vurdere den generelle tilstand og udvikling for denne søtype.

Tabel 1.2 Oversigt over de 31 overvågningssøer med angivelse af en række karakteristika. Middel, minimum og maksimum er angivet for hver enkel parameter i bunden af tabellen. Fosfortiltørrel, totalfosfor, klorofyl og sigtdybde er 1998-data. Punktkilder er inklusive spredt bebyggelse. Undersøgelserne i Nakskov Indrefjord starter først i 1999.

Sønr	Navn	Søareal	Middel- dybde	Oplands- areal	Dyrknings- grad	Fosfor- tilførsel	Punkt- kilder	Totalfosfor (søvand)	Klorofyl	Sigt- dybde
		(km ²)	(m)	(km ²)	(% af opland)	(g P m ⁻² år ⁻¹)	(% af P tilført)	(µg P l ⁻¹)	(µg l ⁻¹)	(m)
1	Søby Sø	0,73	2,8	0,8	37	0,08	0	26	9	3,4
2	Holm Sø	0,12	0,8	1,0	0	0,10	0	18	7	1,1
3	Maglesø	0,15	3,6	1,2	80	0,11	0	18	8	4,0
5	Nors Sø	3,47	3,6	20,5	49	0,04	(71)	27	10	2,9
6	Ravn Sø	1,82	15,0	57,2	77	0,84	27	30	7	3,9
7	Søholm Sø	0,26	6,5	5,7	64	0,78	56	63	19	1,9
8	Kvie Sø	0,30	1,2	0,6	35	0,04	0	54	15	1,6
9	Bastrup Sø	0,33	3,5	4,1	74	0,29	36	34	15	3,2
10	Hornum Sø	0,22	1,5	7,9	76	0,41	0	53	12	1,9
13	Ørnsø	0,42	4,0	56,0	60	6,86	9	81	23	1,5
14.1	Furesøen, Storekalv	7,39	16,5	79,0	36	0,24	44	89	15	4,6
15	Fårup Sø	0,99	5,6	13,8	94	1,09	26	68	32	2,0
16	Damhusøen	0,46	1,6	54,0	9	0,23	0	43	13	1,7
17	Byrup Langsø	0,38	4,6	48,2	81	2,36	21	61	30	2,3
19	Hinge Sø	0,91	1,2	53,8	93	3,31	24	129	61	0,8
20	Tissø	12,3	8,2	417,9	80	0,87	54	76	25	2,2
21	Engelskholm Sø	0,44	2,6	16,1	94	0,92	21	47	19	2,8
22	Bagsværd Sø	1,21	1,9	6,8	3	0,11	11	92	60	0,9
23	Borup Sø	0,10	1,1	7,6	62	2,93	6	114	38	1,0
24	Arreskov Sø	3,17	1,9	24,9	58	0,25	3	101	28	2,2
25	Tystrup Sø	6,62	9,9	682,5	80	3,37	58	178	36	2,2
30	Arresø	39,9	3,1	216,1	63	0,26	57	202	194	0,5
31	Vesterborgsø	0,21	1,4	30,3	68	4,50	30	138	34	1,2
33	Store Søgårdsø	0,60	2,7	44,9	76	6,23	8	288	17	1,1
35.1	Utterslev mose, øst	0,30	1,1	62,6	12	0,24	26	253	80	0,7
36	Søgård Sø	0,27	1,6	22,7	94	5,45	14	158	106	0,7
37	Gundsømagle Sø	0,32	1,2	66,0	88	3,84	57	357	84	0,8
41	Ulvedybet	5,80	1,0	55,4	71	0,79	7	190	62	0,7
42	Ferring Sø	3,17	1,4	17,0	71	0,38	8	221	172	0,4
43	Ketting Nor	0,39	(1,0)	18,9	88	3,17	6	112	38	0,9
44	Nakskov Indrefjord	0,69	0,6	140,9	-	-	-	-	-	-
Maksimum		39,87	16,5	682,5	94	6,86	71	357	194	4,6
Gennemsnit		3,01	3,6	70,2	62	1,67	23	111	42	1,8
Minimum		0,10	0,6	0,6	0	0,04	0	18	7	0,4

1.4 Årets rapport

Indhold af rapporten

Som i tidligere års rapporter gives der i denne rapport en generel beskrivelse af miljøtilstanden samt en eventuel udvikling hert. Kun data fra 30 af de 31 overvågningssøer er med i dette års rapport, da undersøgelsen i Nakskov Indrefjord først er startet i 1999. 27 af disse 30 søer har tidsserier således at den tidlige udvikling har kunnet analyseres. Data for de resterende 3 søer (brakvandssøer) er medtaget i status for miljøtilstanden i 1998.

Efter kapitlerne med den egentlige afrapportering af overvågningsprogrammet for søer, er der medtaget et supplerende kapitel, der beskriver artsrigdom og diversiteten i søer og blandt andet fosfor-veaues betydnin herfor.

2 Klimaforhold i 1998

2.1 Indledning

Variationer i de klimatiske forhold kan både direkte og indirekte influere på søernes miljøtilstand. I nedbørstrige år med stor afstrømning vil der generelt være en større næringssstofftilførsel til søerne - specielt af kvælstof. Vandopholdsiden vil til gengæld vil være kort, og der vil derfor være tendens til, at stoftilbageholdelsen i søerne i procent af tilførslen vil være relativt mindre end i et 'tørt' år. Temperaturen påvirker direkte en række processer i søerne, og forskelle i temperaturniveauet og sæsonforløbet kan derfor være en medvirkende årsag til forskelle i den generelle miljøtilstand de enkelte år. Også de øvrige klimatiske faktorer påvirker alle i højere eller mindre grad søernes tilstand og udvikling. Kendskab til variationer i de klimatiske forhold er således nyttig, når resultaterne fra søovervågningen skal tolkes.

I dette kapitel gives derfor en kort oversigt over de klimatiske forhold i 1998 sammenlignet med de forudgående overvågningsår. De klimatiske data er baseret på oplysninger fra Statens Planteavlsfor-søg, Afdeling for arealdata (Statens Planteavlsforsøg, pers. medd.), Meteorologiske Institut (DMI, 1999 og ww.w.dmi.dk) og Fagdata-center for Hydrometri (Ovesen, pers. medd.). Herudover er benyttet egne data.

2.2 Temperatur og globalindstråling

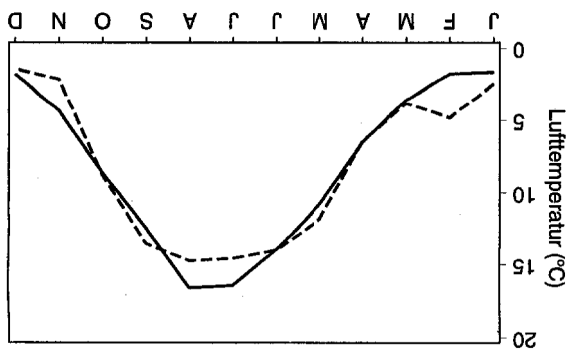
Årsmiddelttemperaturen var 8,2 °C i 1998 mod 8,3 °C som gennemsnit for de foregående overvågningsår (1989-1997) (Tabel 2.1). Temperaturene i Jylland var både i 1998 og de foregående år lidt lavere end på Fyn og Sjælland.

*Middelttemperaturen
nogenlunde som de
foregående år*

Tabel 2.1 Oversigt og sammenligning af de klimatiske forhold i 1998 og perioden 1989 til 1997. For nedbør, potentiel fordampning, ferskvandsafstrømning og global indstråling er den samlede årlige mængde angivet. For lufttemperatur og vindhastighed er det årlige gennemsnit vist. Gennemsnit og summer er arealvægtede. Således er værdierne for hele landet ikke blot et simpelt gennemsnit af værdier for landsdelene. Bornholm er udeladt af beregningerne for hele landet. For referencer se afsnit 2.1.

	Temperatur	Indstråling	Nedbør	Fordampning	Afstrømning	Vindhast.
	(°C)	(MJ m ⁻² år ⁻¹)	(mm år ⁻¹)	(mm år ⁻¹)	(mm år ⁻¹)	(m s ⁻¹)
Jylland	8,1	3575	700	518	4,5	4,5
Fyn	8,5	3666	616	543	4,6	4,6
Sjælland	8,5	3669	591	558	4,6	4,6
Hele Landet	8,3	3611	660	533	298	4,6
1998	8,1	3294	889	473	5,6	5,6
Jylland	8,5	3359	775	490	6,1	6,1
Fyn	8,4	3437	712	499	5,6	5,6
Sjælland	8,2	3340	829	481	362	5,6
Hele Landet	8,2	3340	829	481	362	5,6

Figur 2.1 Sammenligning af den månedlige middeltemperatur (°C) mellem 1998 (- -) og middel for perioden 1989 til 1997 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm.



Temperaturerne i de enkelte måneder var også i meget store træk identiske med resten af overvågningsperioden (Fig. 2.1), men som-meren (juli og august) var et par grader koldere end gennemsnittet for 1989 til 1997, og middeltemperaturen i januar - og specielt februar - var højere end gennemsnittet for 1989 til 1997.

Globalindstrålingen var i 1998 ca. 8 % lavere sammenlignet med de foregående overvågningsår (Tabel 2.1). Indstrålingen var som normalt generelt højest på Fyn og Sjælland.

Den lavere globalindstråling i 1998 ses også for de enkelte måneder specielt i juni, juli og august var indstrålingen lavere end normalt (Fig. 2.2).

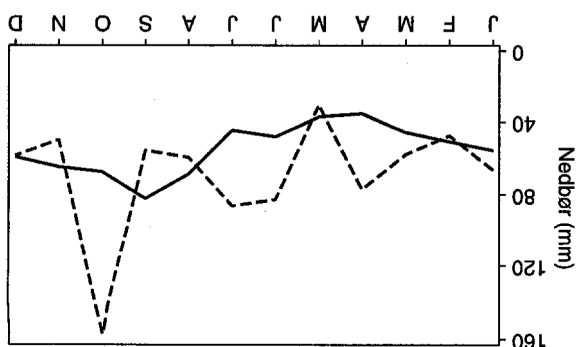
2.3 Nedbør og fordampning

1998 blev det næstvådeste år i overvågningsprogrammets løbetid, kun overgået af 1994. I 1998 var årsnedbøren 829 mm, hvilket er 117 mm over normalen for 1961-1990. Også sammenlignet med gennemsnittet for de foregående overvågningsår var 1998 et meget nedbørsrigt år (Tabel 2.1). Nedbørsmængden på Fyn og Sjælland var som normalt væsentlig end i Jylland. Tørrest var der på Sjælland, der som gennemsnit fik mere end 177 mm mindre nedbør end Jylland i 1998.

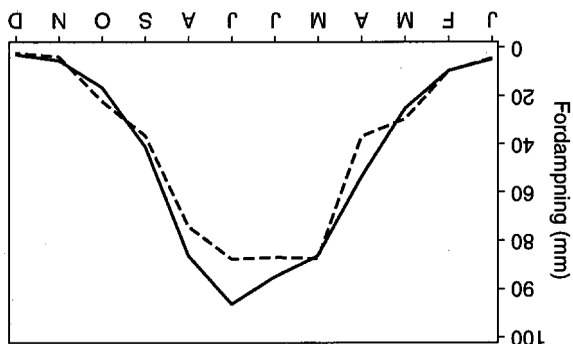
Årsmiddelnedbør væsentlig under normalen i 1997

Globalindstråling lidt højere i 1997

Figur 2.3 Sammenligning af den månedlige nedbør (mm mdr⁻¹) mellem 1998 (---) og middel for perioden 1989 til 1997 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm.



Figur 2.4 Sammenligning af den månedlige potentielle fordampning (mm mdr⁻¹) mellem 1998 (---) og middel for perioden 1989 til 1997 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm.



De enkelte måneders nedbør afveg væsentlig fra gennemsnittet for månederne i perioden 1989 til 1997 (Fig. 2.3). Specielt oktober, men også april, juni og august havde betydeligt mere nedbør i 1998 end i de foregående overvågningsår. Månedsnedbøren var ikke på noget tidspunkt væsentligt under normalen for de foregående overvågningsår.

Omvendt var den potentielle fordampning i 1998 lavere end gennemsnittet for de foregående overvågningsår (Tabel 2.1).

Sæsonforløbet af den potentielle fordampning var også nogenlunde som gennemsnittet for de foregående overvågningsår (Fig. 2.4), for dampningen var dog væsentlig lavere i sommermånederne (juni, juli og august) i 1998 sammenlignet med perioden 1989 til 1997.

2.4 Ferskvandsafstrømning

Den største mængde nedbør og mindre fordampning betød, at årsafstrømningen var 64 mm større end gennemsnittet for perioden 1989 til 1997 (Tabel 2.1). Den gennemsnitlige årsafstrømning var 362 mm i 1998.

Det var specielt den højere afstrømning i oktober og november, der medførte den højere årsafstrømning i 1998 (Fig. 2.5). I de øvrige måneder var afstrømningen ikke væsentlig forskellig fra gennemsnittet for perioden 1989-1997.

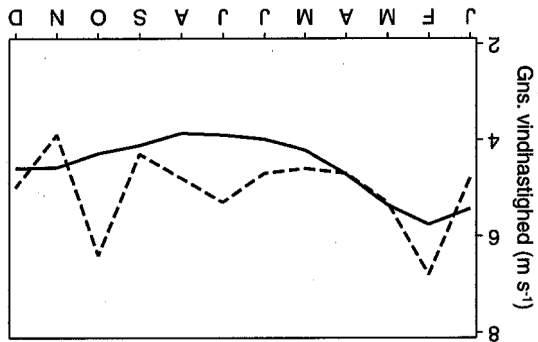
Fordampningen var i 1998 lavere end normalt

Ferskvandsafstrømningen var stor i 1998.

- Årsmiddeltemperatur var i 1998 forholdsvis normal sammenlignet med de øvrige overvågningsår, men temperaturen i juli og august var lavere end normalt.

2.6 Sammenfatning

Figur 2.6 Sammenligning af den månedlige middel vindhastighed (m s^{-1}) mellem 1998 (---) og middel for perioden 1989 til 1997 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm. Månedssdata for 1998 er foreløbige (fra www.dmi.dk).

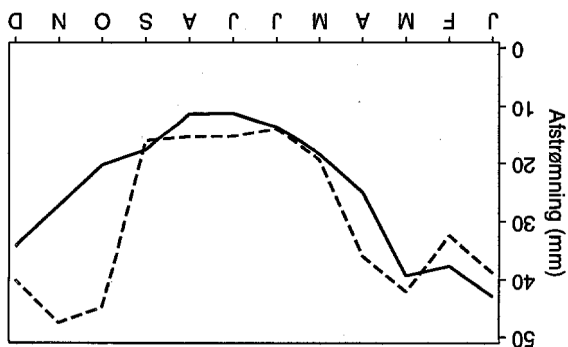


Vindhastighederne var væsentlig højere i månederne februar, juli og oktober end de foregående overvågningsår (fig. 2.6), også i månederne juni og august var vindhastigheden noget højere end normalt. I de resterende måneder var der ikke større forskelle mellem 1998 og perioden 1989 til 1997.

Den gennemsnitlige vindhastighed for hele Danmark var i 1998 noget højere end i perioden fra 1989 til 1997 (Tabel 2.1), og der var ikke væsentlige regionale forskelle hverken i 1998 eller i perioden fra 1989 til 1997.

2.5 Vindforhold

Figur 2.5 Sammenligning af den månedlige ferskvandsafstrømning (mm d^{-1}) mellem 1998 (---) og middel for perioden 1989 til 1997 (—). Data fra hele Danmark.



August var dog både stille
og varm

- Globalindstrålingen i 1998 var lavere end gennemsnittet for de foregående overvågningsår. Dette gjorde sig især gældende i sommermånederne.
- Arsneadbøren var 829 mm, hvilket er 117 mm over normalen for 1961-90. Også sammenlignet med de foregående overvågningsår, lige på nær 1994, var nedbøren høj. Den højere mængde nedbør var mest udpræget i oktober måned 1998.
- Den potentielle fordampning var i 1998 lavere end gennemsnittet for de foregående overvågningsår
- Afstrømningen var høj i 1998. Dette skyldtes næsten udelukkende den meget store afstrømning i oktober og november og den høje afstrømning i april.
- Vindforholdene var ikke så rolige som i de foregående overvågningsår. Dette skyldtes især kraftigere vind end normalt i februar, juli og oktober.

3 Oplandsbeskrivelse samt kilder til fosfor- og kvælstoftilførslen til søerne

3.1 Indledning

Der er såvel før som efter iværksættelsen af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram i 1989 gennemført omfattende forureningsbegrænsende tiltag for at mindske tilførslen af fosfor med spildevand til danske søer. Fosfortilførslen til en række af de mest forurenede søer er således reduceret markant, dels fordi spildevandet renses bedre, og dels fordi udledningerne fra en del spildevandsanlæg nu ledes uden om søerne (Jensen *et al.*, 1994a). Næringsstofftilførslen til mange danske søer er dog stadig så høj, at en markant forbedring i disse søers tilstand ikke kan forventes, uden at den eksisterende tilførsel af især fosfor begrænses yderligere.

Et kendskab til kilderne til den aktuelle næringssstofftilførsel er derfor en forudsætning for at kunne vurdere, hvordan og med hvilken effektivitet yderligere indgreb vil kunne iværksættes.

I dette kapitel gives en status for kvælstof- og fosfortilførslen til søerne, herunder fordelingen på kilder og udviklingen siden Overvågningsprogrammets start i 1989.

3.2 Metode

Oplandsanalysen for søoplundene pågår gennem hele perioden 1998-2003. Mange af dataene og resultaterne er derfor ikke tilgængelige endnu, hvorfor der i dette års rapport kun gives en oversigt over oplandskarakteristikken for overvågnings søerne.

Til 16 af de 31 søer er den eksisterende vand- og stoftilførsel velforfineret på baggrund af omfattende målinger i til- og afløb (se kap. 4). Tilførslen til resten af overvågnings søerne kan vurderes ud fra kendskab til det topografiske oplands størrelse, jordtype og arealanvendelse (Wiggers *et al.*, 1994).

Amtskommunerne har i de regionale rapporter opstillet vand- og stoftbalancer for alle søerne og angivet stoftilførslen fordelt på følgende kilder:

Spildevand fra:

- Rensningsanlæg
- Industri
- Regnvandsbetingede udløb
- Dambrug
- Spredt bebyggelse

Diffus tilførsel fra:

- Dyrkningsbidrag

Fosfortilførslen formindskes

Kendskab til kilder vigtigt

Hvor godt kan stoftilførslerne til søerne opgøres

- "Naturlig tilførsel"
- Atmosfærisk deposition

P i spildevand er mindre nu
end tidligere

Disse data er præsenteret i dette kapitel, idet der dog for enkelte af søerne er foretaget visse standardiseringer. Som generel værdi for atmosfærisk deposition af N og P har tidligere været anvendt 20 kg N ha⁻¹ år⁻¹ og 0,2 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Et bedre estimat for depositionen, der tager højde for den nedgang, der er registreret gennem årene, er for- søgt anvendt i dette års rapportering (Tabel 3.1). Disse værdier er p.t. det bedste skøn for den ændrede atmosfæriske deposition, indtil der kommer en endelig udmelding fra Fagdatacentret for luftkvalitet. Der er i dag bedre viden om de potentielle udledninger fra spildevand fra spredt bebyggelse, og det erkendes, at fosformængden pr. PE er reduceret i perioden siden 1989 (Miljøstyrelsen, 1994). Spildevandsudledningerne fra spredt bebyggelse er beregnet under antagelse af, at en spildevands-PE har været 1,5 kg P/PE år i 1989-90 og 1,0 kg P/PE år siden 1991. Der er dog stadig en betydelig usikkerhed om, hvor meget spildevand fra spredt bebyggelse der når frem til vandløb og søer, idet de alternative processer som nedslivning og omsætning undervejs ikke er særlig godt kendte.

Tabel 3.1 Skøn over den atmosfæriske depositions udvikling fra 1989 til 1998. Skønnet er bl.a. baseret på Fagdatacenter for luftkvalitets målinger. Der anvendes stadig en endelig udmelding fra Fagdatacenter for luftkvalitet på dette område.

År	P-deposition (kg P ha ⁻¹)	N-deposition (kg N ha ⁻¹)
1989	0,20	20,0
1990	0,19	19,4
1991	0,18	18,9
1992	0,17	18,3
1993	0,16	17,8
1994	0,14	17,2
1995	0,13	16,7
1996	0,12	16,1
1997	0,11	15,6
1998	0,10	15,0

Øvrige bidrag

Fosfortilførsel
underestimeret?

Bidragene fra de enkelte stokkilder er fundet ud fra målinger eller erfaringstal. Det diffuse bidrag er beregnet som en simpel difference mellem total stoftilførsel og tilførsel fra de øvrige stokkilder. Herved akkumuleres usikkerheden i det diffuse bidrag, bl.a. bliver en eventuel stofretention i oplandet indregnet i dette bidrag.

Ud over usikkerheden på beregningerne af stoftilførsel fra umålt opland har resultaterne fra overvågningen af stoftransport i vandløb vist, at der for specielt mindre vandløbs vedkommende en underestimering af transporten af totalfosfor, når man anvender den gængse prøvetagningsmetodik med punktprøvetagning (Larsen et al., 1995). Dette har betydning ikke alene for beregningen af fosfortilførslen til og retention i søerne, men også for vurderingen af de enkelte kilders relative bidrag. Desuden er det sandsynligvis en medvirkende årsag til, at der for enkelte søer i nogle år beregnes et negativt fosforbidrag fra det åbne land. I et efterfølgende kapitel er der foretaget en nærmere analyse af, hvor sikkert vand- og stoftilførslen er beregnet for de enkelte søer.

Af hensyn til sammenligneligheden af resultater er kun de søer med data for samtlige år i perioden 1989-1998 medtaget i præsentationen i af resultater for stoftilførslen i dette års rapport.

3.3 Oplandsbeskrivelse

Med revisionen af overvågningsprogrammet blev der lagt større vægt på oplandssiden ved overvågningsprogrammet for søer gennem indførslen af egentlige oplandsanalyser for søoplandene. Disse analyser er først lige startet hvorfor der i årets rapport kun medtages en kort gennemgang af overvågningsprogrammet oplandskarakteristika (Tabel 3.2)

Overvågningsprogrammet oplande dækker mange forskellige oplandstyper (Tabel 3.2), og på trods af det ringe antal søer fås der et godt billede af de forskellige belastningssituationer, der er almindelige for danske søer, ligesom der er såvel meget små oplande (<1 km²) og meget store oplande (>500 km²).

Tabel 3.2 Oplandskarakteristik for overvågningsprogrammet. Punktkilder er inkl. spredt bebyggelse.

Sønr	Navn	Opland	Dominerende	Punktkilder	Landbrug	Skov	Natur	Ferskvand	Bevæget
		(km ²)	Jordtype	(% af P tilført)	---	% af opland	---		
1	Søby Sø	0,8	Grovsand	0	37	13	43	0	0
2	Holm Sø	1,0	Grovsand	0	0	30	70	0	0
3	Maglesø	1,2	Lerbladet sand	0	80	0	20	0	0
5	Nors Sø	20,5	Lerbladet sand	(71)	49	25	18	1	7
6	Ravn Sø	57,2	Lerbladet sand	27	77	20	3	0	0
7	Søholm Sø	5,7	Lerbladet sand	56	64	34	0	0	0
8	Kvie Sø	0,6	Grovsand	0	35	0	52	0	0
9	Bastrup Sø	4,1	Lerbladet sand	36	74	11	8	0	8
10	Hornum Sø	7,9	Finsand	0	76	13	3	3	5
13	Ørnø	56,0	Grovsand	9	60	34	1	5	0
14	Furesøen	79,0	Lerbladet sand	44	36	28	0	28	0
15	Fårup Sø	13,8	Lerbladet sand	26	94	4	0	0	0
16	Damhussøen	54,0	?	0	9	0	1	66	19
17	Bryrup Langsø	48,2	Lerbladet sand	21	81	10	2	0	0
19	Hinge Sø	53,8	Lerbladet sand	24	93	5	2	0	0
20	Tissø	417,9	?	54	80	13	4	2	0
21	Engelsholm Sø	16,1	Lerbladet sand	21	94	5	0	0	0
22	Bagværds Sø	6,8	Sandbladet ler	11	3	25	15	52	0
23	Borup Sø	7,6	Sandbladet ler	6	62	37	1	0	0
24	Arreskov Sø	24,9	Lerbladet sand	3	58	36	1	3	0
25	Tystrup Sø	682,5	?	58	80	15	0	4	0
30	Arresø	216,1	Lerbladet sand	57	63	20	0	14	0
31	Vesterborgsø	30,3	Lerjord	30	68	21	1	0	0
33	Store Søgårdsø	44,9	Grovsand	8	76	7	0	1	0
35	Utterslev mose	62,6	?	26	12	0	1	62	24
36	Søgård Sø	22,7	Lerbladet sand	14	94	6	0	0	0
37	Gundsømagle Sø	66,0	Sandbladet ler	57	88	3	0	0	0
41	Ulvedyb	55,4	Sandbladet ler	7	71	10	11	0	7
42	Ferring Sø	17,0	Lerbladet sand	8	71	0	0	0	4
43	Ketting Nor	18,9	Lerbladet sand	6	88	2	2	0	3
44	Nakskov Indrefjord	140,9	-	-	-	-	-	-	-
Maksimum		682,5		71	94	37	70	66	24
Gennemsnit		70,2		23	62	14	9	8	3
Minimum		0,6		0	0	0	0	0	0

Punktkildernes andel af den samlede belastning varierer en del. Gennemsnittet er 23 %, men det dækker over en variation fra 0 til 71 %.

Mange søoplande er domineret af landbrugsarealer, i gennemsnit er 62 % af oplande landbrugsarealer, men igen er der stor variation og andelen varierer således fra 0 til 94 %. I de fleste oplande er der også en mindre andel af skovarealer (gns. 14 %). Denne andel er over 30 % i de oplande, hvor den er højest (Søholm sø, Ørn sø, Borup Sø og Årreskov Sø).

Kun få søer har naturarealer som den dominerende del af oplandet (Søby sø, Holm sø og Kvie Sø). I gennemsnit er 9 % af oplandet naturarealer, og i en del oplande er naturarealerne et ubetydeligt element.

Søerne i hovedstadsområdet (Damhussøen og Uterslev Mose) har oplande, hvor det befæstede areal udgør en væsentlig andel (ca. 20 %), men typisk er denne andel meget lille, og den gennemsnitlige andel er blot på 3 %.

3.4 Kilder til næringsstofbelastningen – status

Den gennemsnitlige kildefordeling for tilførslen af fosfor i hhv. perioden 1989-98 og for året 1998 fremgår af Fig. 3.1 og tilsvarende for kvælstof af Fig. 3.2. Formålet med denne præsentation er at give et billede af belastningstypernes betydning for de danske søer generelt, men det skal understreges, at kildernes relative betydning for de enkelte søer kan variere fra 0 % til op mod 100 %.

Hovedkilden til fosforbelastningen af søerne er bidraget fra det åbne land, der i gennemsnit udgør knapt halvdelen af totalbelastningen i perioden 1989-98 (Fig. 3.1). I 1998 er det åbne lands relative andel større (ca. 59 %). Dette hænger især sammen med, at 1998 var et nedbørstigt år. At bidraget fra det åbne land var større i 1998 betød også, at spildevandets relative andel blev reduceret med næsten 2/3 fra ca. 12 % til ca. 4 %.

Betydningen af de regnvandsbetingede udløb og den atmosfæriske deposition var nogenlunde den samme som gennemsnittet for perioden 1989-1997 og i 1998. Den spredte bebyggelse bidrog med en lidt mindre andel i 1998 sammenlignet med de foregående år (18 % mod 22 %). Dette forhold afspejler især, at den diffuse tilførsel var højere i 1998, hvorfor den relative betydning af tilførslen fra den spredte bebyggelse blev lavere. Det er værd at notere sig, at hvis søerne betragtes generelt, er tilførslen fra spredt bebyggelse væsentlig højere end den egenlige spildevandstilførsel.

Andelen af fosfortilførslen fra dambrug var mere end halveret i 1998 sammenlignet med de foregående overvågningsår.

Fosfortilførsel faldet i de
mest belastede søer

Median fosfortilførsel til søerne er i store træk uændret i perioden fra 1989 til 1998, men den følger dog i høj grad afstrømningen i de enkelte år, ligesom der også er sket et væsentligt fald i tilførslen til de

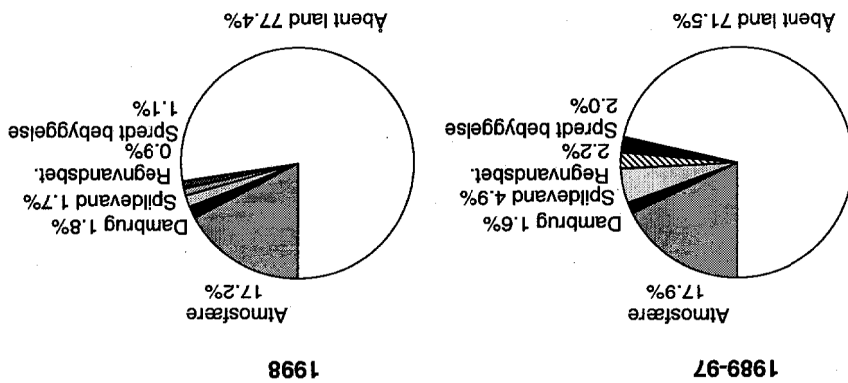
Der var stor variation i næringsstoftilførslen fra sø til sø og fra år til år i de enkelte søer. I det følgende er denne variation illustreret ved de såkaldte boxplot, der viser 10 %-fraktilen, 25 %-fraktilen (1. kvartil), 50 %-fraktilen (medianen), 75 %-kvartilen (3. kvartil) samt 90 %-kvartilen.

3.5 Kilder til næringsstofbelastningen - udviklingen i udvalgte enkeltkilder

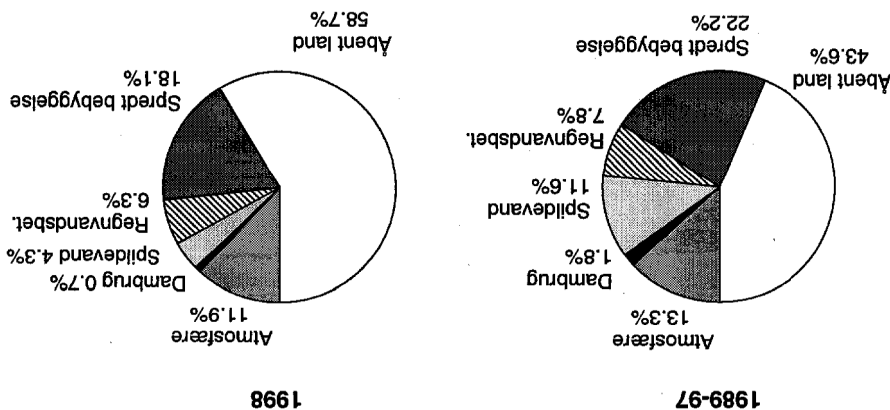
Kvælstofbelastningen fra det åbne land udgjorde i 1998 mere end ¾ af den totale tilførsel (Fig. 3.2). I de foregående år var denne andel dog lidt mindre. Det atmosfæriske bidrag er den næstvigtigste kilde med en andel på 17-18 % såvel i perioden 1989-98 som i 1998. Spildevand, regnvandsbetingede tilledninger, dambrug og spredt bebyggelse er som gennemsnit betraget mindre væsentlige kilder.

75 % af kvælstoftilførslen
kommer fra det åbne land

Figur 3.2 Den procentuelle kildefordeling for kvælstoftilførslen til overvågnings søerne i 1998 (højre side) og som gennemsnit for perioden 1989-98 (venstre side).



Figur 3.1 Den procentuelle kildefordeling for fosfortilførslen til overvågnings søerne i 1998 (højre side) og gennemsnit for perioden 1989-98 (venstre side).

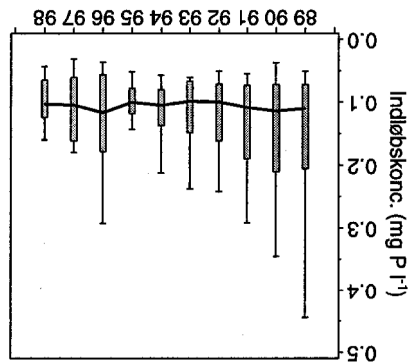


Fald i kvælstoftilførslen i 1996 og 1997

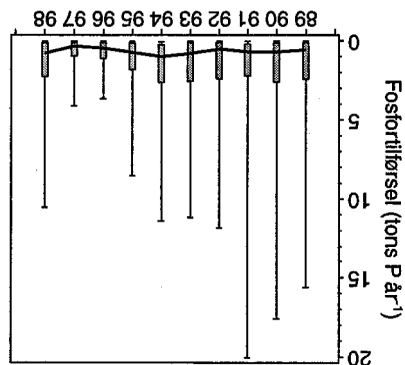
Stoftilførslen fra det åbne land, som ellers har været ret lav i de tørre år 1996 og 1997, var atter høj i 1998 (Fig. 3.5). Der er således tendens til øget udvaskning ved stigende nedbørsmængde. Derudover ser det ud til, at andre faktorer gør sig gældende, men det er svært at konkludere, om eventuelle ændringer i landbrugspraksis kan have en indflydelse. Den umiddelbare sammenhæng mellem stoftilførsel og vandtilførsel er dog også tydelig og samtidig den væsentligste faktor. Den totale kvælstoftilførsel til søerne (Fig. 3.7) har i høj grad fulgt år til år variationen i vandafstrømningen (Fig. 3.6). Kvælstoftilførslen til søerne var således også høj i 1998 - niveauet var nogenlunde det samme som i 1994.

Belastningen kan også vurderes ud fra den vandføringsvægtede indløbskoncentration, og den har været en faldende i den halvdel af søerne, der har de højeste koncentrationer (Fig. 3.4). Dog var der en tendens til en stigning til nogle søer i 1996 og 1997. Dette kan muligvis hænge sammen med en mindre fortynding af punktkildebidragene i disse to år. I søer med de laveste koncentrationer har koncentrationen derimod været nogenlunde uændret. De faldende indløbskoncentrationer er stort set uafhængige af variationen i belastningen fra det åbne land (Fig. 3.5).

Figur 3.4 Boxplot for den vandføringsvægtede totalfosfor indløbskoncentration (mg P l^{-1}) til søerne i 1989-98, $n=27$.

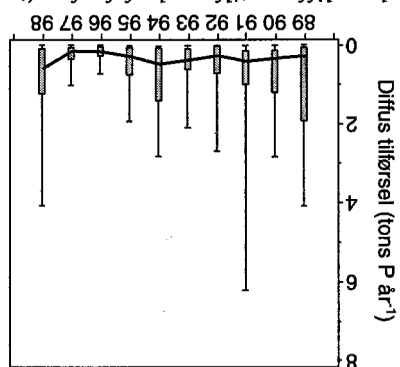


Figur 3.3 Boxplot for den totale tilførsel af fosfor (tons P år^{-1}) til søerne i 1989-98, $n=27$.

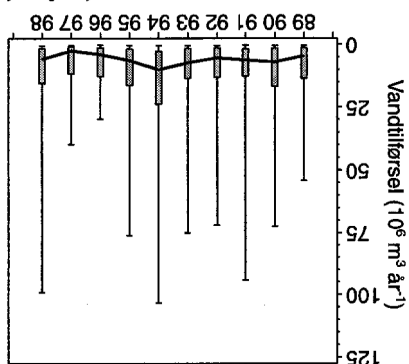


mest belastede søer frem til 1998 (90 %-fraktilen og 75 %-fraktilen, Fig. 3.3). Den høje nedbørsmængde i 1998 betød dog, at fosfortilførslen i dette år nogenlunde modsvarede den, der blev observeret i 1994.

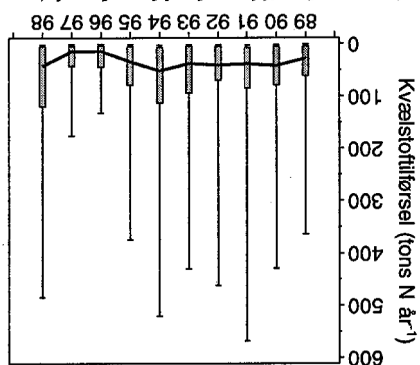
Den vandføringsvægtede indløbskoncentration af kvælstof er ikke i samme grad ændret i perioden 1989 til 1998 (Fig. 3.8). Indløbskoncentrationen var dog lidt højere i 1998 især sammenlignet med de tørre år (1996 og 1997). Den diffuse tilførsel af kvælstof var atter høj i 1998 (Fig. 3.9). I de to tørre år (1996 og 1997) var den noget lavere end normalt, men i 1998 er niveauet som i 1994. Den væsentligste faktor af betydning for dette er tydeligvis vandafstrømningen.



Figur 3.5 Boxplot for den diffuse tilførsel af fosfor (tons P år⁻¹) til søerne i 1989-98, n=27.



Figur 3.6 Boxplot for den totale vandtilførsel (10⁶ m³ år⁻¹) til søerne i 1989-98, n=27.



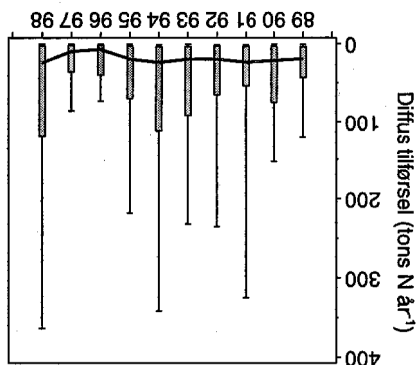
Figur 3.7 Boxplot for den totale tilførsel af kvælstof (tons N år⁻¹) til søerne i 1989-98, n=27.

- søernes oplande dækker en række forskellige typer, herunder oplande domineret med landbrugsdrift, naturoplande samt oplande, hvor punktkilder er den væsentligste kilde til stoftilførslen.
- den største kilde til fosfor- og kvælstoftilførslen til søerne i dag er bidraget fra det åbne land, dvs. bidrag fra landbruget samt baggrundsbidrag.
- fosfortilførslen til mange af søerne er blevet reduceret - hovedsagelig som følge af en øget rensningsindsats på spildevandsanlæg eller afskæring af bypildevand.
- kvælstoftilførslen følger stort set afstrømningen, og er i 1998 stort set tilbage på et niveau som i 1994.

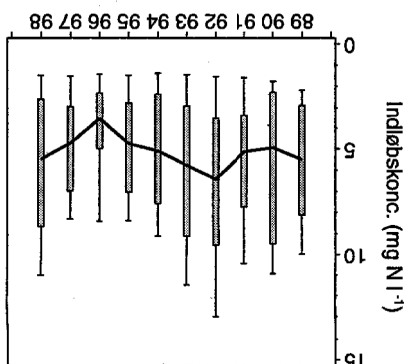
Hovedkonklusionen for de 10 overvågningsår er således, at:

3.6 Sammenfatning

Figur 3.9 Boxplot for den diffuse tilførsel af kvælstof (tons N år⁻¹) til søerne i 1989-98, n=27.



Figur 3.8 Boxplot for den vandføringsvægtede totalkvælstof indløbskoncentration (mg N l⁻¹) til søerne i 1989-98, n=27.



4 Vand- og næringssstofbalancer for kvælstof, fosfor

4.1 Indledning

Søvandets næringssstofkoncentrationer og dermed miljøtilstanden er i høj grad styret af tilløbskoncentrationen af næringssstoffer og af vandtilstrømningen. Modeller til beskrivelse af søvandskoncentrationer af fosfor og kvælstof i danske søer indeholder da også både indløbskoncentrationer og vandets opholdstid som de primære forklarende variable (Kristensen et al., 1990b; Jensen et al., 1994a, Jensen et al., 1997). Søvandskoncentrationen af fosfor er dog tillige ofte påvirket af udvekslingen mellem søvandet og sedimentpuljen, specielt ved markante belastningsændringer.

En veldokumenteret beskrivelse af den eksterne tilførsel af næringssstoffer og vand er en vigtig forudsætning både for vurderingen af den øjeblikkelige tilstand og udvikling, og ikke mindst når man skal vurdere mulighederne for at forbedre miljøtilstanden.

I dette kapitel er vand- og næringssstofbalancerne for fosfor og kvælstof behandlet for overvågningssøerne i perioden 1989-98.

4.2 Metode

For at kunne opstille pålidelige massebalancer er det vigtigt, at der måles på en betydelig del af det vand, som tilføres og fratræses søen. Dette vurderes muligt for 16 af de 30 overvågningssøer. Balancerne for disse søer er beregnet ved månedsvis afstemning af vandbalancen på baggrund af amtskommunernes indberettede månedlige vand- og stoftransporter, oplysninger om oplandsstørrelser, nedbør og fordampning, direkte tilledninger til søerne.

Vandbalancen er således opgjort månedsvis som:

$$Q_{\text{mål}} + Q_{\text{umål}} + Q_{\text{nedbør}} + Q_{\text{indsvning}} = Q_{\text{aløb}} + Q_{\text{fordampning}} + Q_{\text{udsvning}} + \Delta \text{volumen} \quad (1)$$

$Q_{\text{mål}}$ er summen af målte tilløb (målt opland), $Q_{\text{umål}}$ er ikke-målt beregnet tilløb (umålt opland), ofte beregnet ved simpel oplandskorrektion til det målte tilløb, $Q_{\text{nedbør}}$ og $Q_{\text{fordampning}}$ er beregnet på baggrund af oplysninger fra Statens Planteavlsforsøg i Foulum ($Q_{\text{nedbør}}$ er den målte nedbør gange 1,16, og $Q_{\text{fordampning}}$ er den potentielle fordampning gange 1,1), $Q_{\text{aløb}}$ er det målte afløb. Henholdsvis $Q_{\text{indsvning}}$ eller Q_{udsvning} er derefter beregnet ved afstemning af ovenstående ligning (1), og der er således tale om et nettoresultat. Enten $Q_{\text{indsvning}}$ eller Q_{udsvning} må nødvendigvis antages at være 0 i den givne måned. Arsbalancer er herefter beregnet ved summering af de enkelte måneders resultater.

En fare ved beregningen af grundvandsudvekslingen ($Q_{\text{indsvning}}$ og Q_{udsvning}) som en differens mellem de målte og estimerede størrelser er

Næringssstoffer bestemmer søtilstand

Beskrivelse af den eksterne tilførsel

Massebalancer på baggrund af månedsbalancer for vand og stof

Vandbalancer

Beregningsmetode

Grundvandsudveksling