



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

NOVANA

Søer 2004

Faglig rapport fra DMU, nr. 553

[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

NOVANA

Søer 2004

Faglig rapport fra DMU, nr. 553
2005

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

Datablad

Titel:	Søer 2004
Undertitel:	NOVANA
Forfattere:	Torben L. Lauridsen, Jens Peder Jensen, Martin Søndergaard, Erik Jeppesen, Agnieszka Strzelczak & Lisbet Sortkjær
Afdeling:	Afdeling for Ferskvandsøkologi
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 553
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser © Miljøministeriet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsestidspunkt:	Oktober 2005
Redaktionen afsluttet:	September 2005
Faglig kommentering:	Amterne i Danmark
Finansiel støtte:	Ingen ekstern finansiering
Bedes citeret:	Lauridsen, T.L., Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Strzelczak, A. & Sortkjær, L. 2005: Søer 2004. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser. 66 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 553. http://faglige-rapporter.dmu.dk
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Emneord:	Søer, miljøtilstand, overvågning, Vandmiljøplan, NOVANA
Tegninger/fotos: Layout:	Grafisk værksted, Silkeborg Anne Mette Poulsen
ISBN:	87-7772-890-4
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Sideantal:	62
Internet-version:	Rapporten findes kun som PDF-fil på DMU's hjemmeside http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrappporter/rapporter/FR553.pdf
Supplerende oplysninger:	NOVANA er et program for en samlet og systematisk overvågning af både vandig og terrestrisk natur og miljø. NOVANA erstattede 1. januar 2004 det tidligere overvågningsprogram NOVA-2003, som alene omfattede vandmiljøet.
Købes hos:	Miljøministeriet Frontlinien Rentemestervej 8 2400 København NV Tlf.: 70 12 02 11 frontlinien@frontlinien.dk www.frontlinien.dk

Indhold

Forord 5

1 Sammenfatning 7

2 Undersøglesprogrammet 11

- 2.1 Det intensive program 11
- 2.2 Det ekstensive program for større søer (ekstensiv 1) 13
- 2.3 Det ekstensive program for mindre søer (ekstensiv 2) 14
- 2.4 Det ekstensive program for småsøer og vandhuller (ekstensiv 3) 15

3 Intensivt undersøgte søer 17

- 3.1 Generel karakteristik 18
- 3.2 Fosfor 20
- 3.3 Kvælstof 22
- 3.4 Klorofyl 24
- 3.5 Sigtdybde 24
- 3.6 Undervandsplanter 25
- 3.7 Bunddyr 30
- 3.8 Fosforkilde og fosforbalancer 37
- 3.9 Kvælstofkilder og kvælstofbalancer 40
- 3.10 Søernes målsætning og aktuelle tilstand 42
- 3.11 Sammenfatning 43

4 Ekstensivt undersøgte søer 45

- 4.1 Ekstensiv 1 søer (> 5 hektar) 45
- 4.2 Ekstensiv 2 søer (0,1-5 hektar) 48
- 4.3 Ekstensiv 3 søer (<0,1 hektar) 51
- 4.4 Habitatdirektivet 54

5 Sammenligning af de intensive og ekstensive undersøgte søer 55

6 Klimatiske forhold 57

- 6.1 Temperatur og globalindstråling 57
- 6.2 Nedbør og fordampning 59
- 6.3 Vindforhold 60
- 6.4 Sammenfatning 60

Referencer 61

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU

[Tom side]

Forord

Denne rapport er udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen (NOVANA), som fra 2004 har afløst NOVA, det tidligere overvågningsprogram. NOVANA er fjerde generation af nationale overvågningsprogrammer med udgangspunkt i 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 opgøre udledninger af kvælstof og fosfor til vandmiljøet samt at registrere de økologiske effekter, der følger af ændringer i belastningen af vandmiljøet med næringsalte. Med NOVANA er programmet udvidet til at omfatte både vandmiljøets tilstand i bredeste forstand og miljøfremmede stoffer og tungmetaller. Programmet omfatter nu også overvågning af arter og naturtyper, herunder terrestrisk natur.

Danmarks Miljøundersøgelser har som sektorforskningsinstitution i Miljøministeriet 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 Miljøundersøgelsers opgave at forestå den landsdækkende rapportering af overvågningsprogrammet inden for områderne ferske vande, marine områder, landovervågning, atmosfæren, samt arter og naturtyper.

Med NOVANA er sø-programmet ændret til at indeholde dels intensivt undersøgte søer og dels et større antal ekstensivt undersøgte søer. Det nye NOVANA sø-program har desuden større biologisk fokus, dvs. der lægges større vægt på naturelementerne og biodiversitet i forhold til tidligere. Formålet hermed er dels at overholde vores internationale forpligtigelser i forhold til Vandrammedirektivet og Habitatdirektivet og dels at give en grundig generel national status for vore søers tilstand og udvikling.

Denne rapport er den første sørapport i NOVANA-programmet. Den er opbygget som en indikatorrapport med en kort beskrivelse af de enkelte parametre. I rapporten gennemgås først de intensivt undersøgte søer med en række standardindikatorer, som vil være gennemgående også i de fremtidige år, herefter gives en nærmere beskrivelse af to fokusemner: fosfor og bunddyr. Fokusemnerne udskiftes fra år til år. Beskrivelsen af de intensive søer efterfølges af en meget kort gennemgang af undersøgelserne i de ekstensivt undersøgte søer og vandhuller. Disse beskrives nærmere i en integreret rapportering hvert 3. år.

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

Rapporterne "Vandløb" og "Søer" er således baseret på amtskommunale data og rapporter om overvågningen af de ferske vande.

Rapporten "Marine områder 2004. Miljøtilstand og udvikling" er baseret på amtskommunale data og rapporter om overvågningen af kystvande og fjorde samt Danmarks Miljøundersøgelsers og vore nabolandes overvågning af de åbne havområder.

Rapporten "Landovervågningsoplande" er baseret på data indberettet af amtskommunerne fra 7 overvågningsoplande og er udarbejdet i samarbejde med Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse.

Endelig er rapporten "Atmosfærisk deposition 2004" baseret på Danmarks Miljøundersøgelsers overvågning af luftkvaliteten i Danmark.

1 Sammenfatning

1097 søer indgår i overvågningsprogrammet for søer

I alt 1097 søer indgår i det landsdækkende NOVANA program. Heraf undersøges 23 større søer intensivt og 1074 søer mere ekstensivt. De ekstensivt undersøgte søer er opdelt i tre størrelsesklasser (>5 ha; 0,1 – 5 ha og 0,01 – 0,1 ha), og inden for hver af disse klasser er søerne tilfældigt udvalgte. Søerne spænder fra helt rene til stærkt forurenede som følge af eksisterende eller tidligere tiders spildevandsudledninger. Alle intensivt overvågede søer er ferskvandssøer, mens der blandt de ekstensive søer også indgår brakvandssøer i programmet. I 2004 er der undersøgt 23 intensive søer og hhv. 71 ekstensiv 1, 67 ekstensiv 2 og 57 ekstensiv 3 søer (se tabel 1.1).

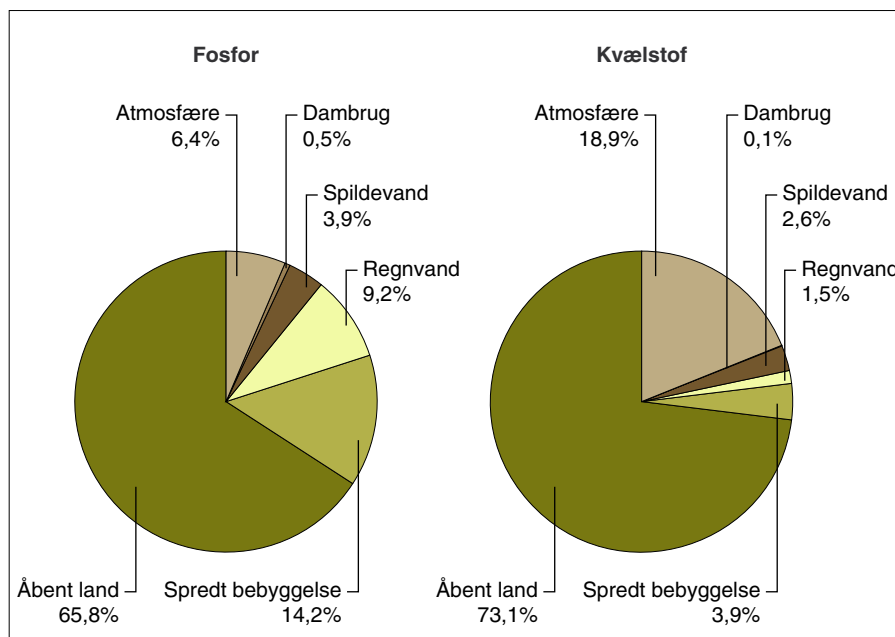
Amterne varetager drift af programmet

Amtskommunerne forestår den standardiserede prøveindsamling og har i regionale indikatorrapporter beskrevet tilstand og udvikling for udvalgte indikatorer. Resultaterne fra de ekstensivt undersøgte søer er beskrevet i skemaer i form af nøgleparametre. Alle indsamlede data indberettes til Danmarks Miljøundersøgelser, som udarbejder årlige statusrapporter om den generelle tilstand og udviklingen i alle søerne. Dette års rapport omfatter resultater for udviklingstendenser i perioden fra 1989 til 2004 i 20 intensivt undersøgte søer samt en kort status for miljøtilstanden i 2004 i de mange ekstensivt undersøgte søer. Der indgår som tidligere nævnt 23 intensive søer i programmet, men tre af disse er nye, hvorfor kun 20 søer kan anvendes i forbindelse med beskrivelsen af udviklingstendenser.

Det åbne land bidrager fortsat med flest næringsstoffer til søerne

Tilførslen af såvel fosfor som kvælstof til de intensivt overvågede søer har i 2004 som i tidligere år været domineret af bidrag fra det åbne land, der gennemsnitligt har omfattet ca. 66 % af fosfortilførslen og 73 % af kvælstoftilførslen (figur 1.1). Punktkildernes, inkl. spredt bebyggelses andel, udgjorde henholdsvis ca. 29 % og ca. 8 %. Heraf stammer hhv. ca. en tredjedel og en fjerdedel fra regnvandsbetingede overløb. Spildevandsbidraget til søerne har været faldende, især for de mest belastede søer. Således er fosforbidraget fra byspildevand og industrispildevand fra 1989 til 2004 reduceret fra 16 % til 4 %. Det tilsvarende kvælstofbidrag er i samme periode reduceret fra 6,7 % til 2,6 %.

Figur 1.1 Kildefordeling for fosfor- og kvælstoftilførsel til de 20 intensivt overvågede søer i 2004.



S005 - Fig. 1.1

Fosfor

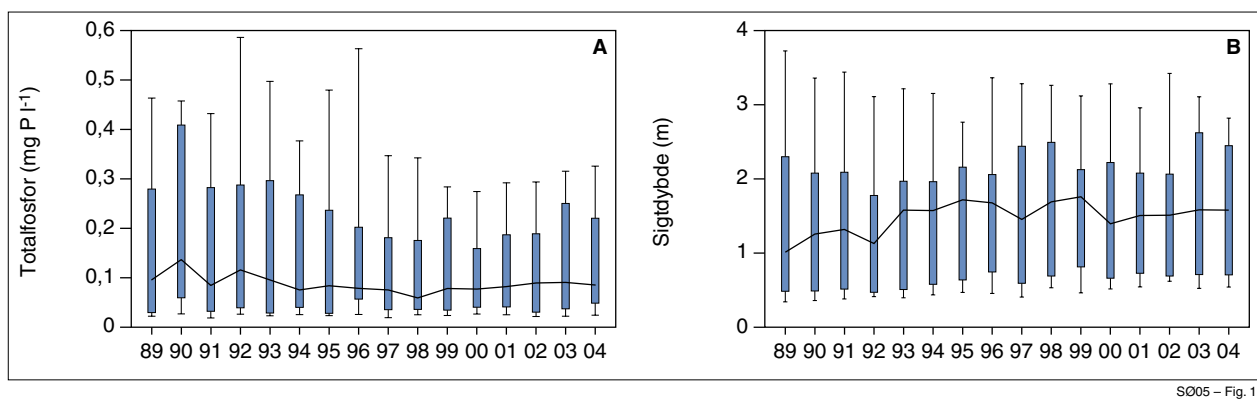
Alt i alt er fosforkoncentrationen i det vand, der strømmer til søerne, som helhed faldet markant. Årsmiddelværdien af totalfosfor i søvandet er næsten halveret fra 0,181 mg P l⁻¹ i perioden 1989-1995 til 0,100 mg P l⁻¹ i 2004. Det mest markante fald er sket i de mest belastede søer, således at der i dag har været et signifikant fald i fosforkoncentrationen i 10 af søerne (tabel 1.2). Det ændrer dog ikke ved, at fosforkoncentrationen i de intensivt overvågede søer i 2004 var på samme niveau som de foregående 5-7 år.

Fosfortilbageholdelsen i overvågnings søerne er kun i mindre grad afhængig af opholdstiden i søerne og i højere grad afhængig af iltforhold ved bunden og sedimentets jernindhold. Ligesom i 2003 havde omkring 1/3 af søerne en negativ fosforbalance i 2004, dvs. de afgav mere, end de modtog, som følge af frigørelse af fosfor fra søbunden, efter at belastningen er reduceret. Effekten af den interne fosforfrigivelse fra sedimentet er dog på faldende i flere af søerne.

Kvælstof

Kvælstofkoncentrationen i de intensivt overvågede søer viser samme mønster som fosfor. Der er siden 1989 sket et signifikant fald i 13 søer, bl.a. i de mest belastede søer i programmet (tabel 1.2). I 2004 var kvælstofkoncentrationen på samme niveau som de foregående 4-5 år.

Den relative kvælstoftilbageholdelse i søerne falder med faldende opholdstid. Uafhængigt af ændringerne i de hydrologiske forhold er kvælstoftilbageholdelsen steget i nogle af overvågnings søerne, efter at søerne er blevet klarvandede som følge af ændringer i fiskebestanden. I halvdelen af søerne var kvælstoftilbageholdelsen i 2004 knap 40 %.



S005 - Fig. 1.2

Figur 1.2 Udviklingen i indhold af totalfosfor og sigtdybde i de 20 søer, der er intensivt overvågede søer siden 1989, sommergennemsnit.

Klorofyl og sigt

Medianværdien for klorofylindholdet i de intensivt overvågede søer har næsten været uændret siden midt i halvfemserne. Men der er sket en reduktion i de mest belastede søer, hvor der er sket en signifikant reduktion i klorofylindholdet i 10 af søerne. Samstemmende hermed er medianværdien, målt på baggrund af sommergennemsnitlige sigtdybder, øget fra 1,1 m i 1989 til 1,45 m i 2004. Der er registreret signifikante forbedringer i års-middelsigtdybden i 10 af søerne og i sommermiddelsigtdybden i 8 af søerne (tabel 1.2).

Tabel 1.1 Miljøtilstanden i 2004 i de fire typer af overvågnings søer illustreret ved udvalgte nøgleparametre (sommergennemsnit). Der er angivet medianværdier.

Parameter	Intensive	Eks 1	Eks 2	Eks 3
Antal søer	23	57-71	51-67	59-57
P-søkoncentration (mg P l^{-1})	0,083	0,120	0,23	0,46
N-søkoncentration (mg N l^{-1})	1,33	1,62	1,7	2,3
Sigt dybde (m)	1,4	0,9	0,7	0,6
Klorofyl a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	36	44	35	31
Undervandspl., dybdegrænse (m)	2,5	1,8	1,0	-
Undervandspl., dækningsgrad (%)	2,3	5,3	4,3	15

Undervandsplanter

Undervandsplanterne har generelt været i fremgang, fra undersøgelsen af disse startede i 1993/94 indtil 1999. I 1999 reduceredes dækningsgraden i mange søer, og medianen faldt kraftigt. Efter 1999 er der atter fremgang, og niveauet for undervandsplanternes udbredelse er tilbage på niveauet i 1997/98. Kun i 3-4 søer er der tale om en signifikant forbedring.

Bunddyr

Bunddyr er medtaget for første gang i 2004 og er undersøgt i profunden i både intensiv og ekstensiv 1 søer. De højeste tætheder (ca. 50.000 - 80.000 individer pr. m^2) er registreret i søer med dominans af ostracoder (muslingekrebs), mens de største biomasser (>20 g tørvægt pr. m^2) er registreret i søer med dominans af snegle. Generelt er chironomider og oligochaeter blandt de dominerende bunddyr i samtlige søer. Chironomider dominerer over oligochaeter og andre insektlarver ved middelhøje klorofylniveauer ($40-80 \mu\text{g l}^{-1}$), årsagen er formentlig mere lettilgængelig føde ved dette klorofylniveau. På baggrund af dette ene års data er der ikke klar sammenhæng mellem fisketæthed og bunddyrstætheder, derimod synes antal taxa at falde med øget fisketæthed. Der er større variabilitet i artssammensætning mellem de enkelte prøver i søer med undervandsvegetation sammenholdt med søer uden undervandsvegetation.

Målsætning kun opfyldt i få søer

På baggrund af resultaterne fra undersøgelserne af miljøtilstanden i 2004 har amtskommunerne vurderet, om overvågnings søernes målsætninger er opfyldt. Kun for fem af de 23 søer var målsætningen opfyldt i 2004. Nogle af søerne vil formentlig i løbet af en årrække få en forbedring i tilstanden, når den interne fosforfrigivelse er væk. Men det er også nødvendigt med yderligere reduktioner i fosfortilførslerne, herunder tilførslen fra landbrugsarealer samt fra spredt bebyggelse, for at opnå en tilstrækkelig god miljøtilstand i søerne, svarende til kravene i målsætningerne.

Bevaringsstatus

Otte af de intensivt overvågede søer er beliggende i habitatområder. Bevaringsstatus ikke er vurderet da de generelle miljømål for habitatområderne endnu ikke er fastlagt.

Tilstanden er forbedret

Samlet betragtet er miljøtilstanden forbedret væsentligt i overvågnings søerne fra 1989 til 2004, især på grund af reduktioner i fosfortilførslen. Forbedringer i miljøtilstanden er registreret især for de vandkemiske parametre (bl.a. fosforkoncentration) men også for sigt dybde. Reduktionen i fosfortilførslen til søerne hidrører både fra regionale tiltag til forbedring af spildevandsrensningen fra før 1989 og fra kravene til samme i medfør af Vandmiljøplanen. Kun den diffuse fosfortilførsel inklusive landbrugsbidraget fra det åbne land er ikke reduceret igennem perioden og er således sammen med eventuel spredt bebyggelse i oplandene en af de sidste væsentlige kilder, der kan justeres på, for at tilstanden i søerne kan forbedres yderligere. Som situationen er i dag, har de hidtidige forbedringer i miljøtilstanden ikke været tilstrækkelige til, at søernes målsætninger generelt har kunnet opfyldes. Vi må dog formode at med de hidtidige tiltag, vil vi på længere sigt se en forbedring i flere søer.

Ekstensiv søer afviger fra de intensivt undersøgte søer

De ekstensivt undersøgte søer afviger ikke blot størrelsesmæssigt fra de intensivt undersøgte søer. Eksempelvis er de intensive søer generelt mere næringsfattige end både ekstensiv-1, -2 og -3 søerne. Det betyder, at det er væsentligt at inddrage ekstensiv søerne, når der skal gives en generel vurdering af tilstanden i danske søer. På grund af flere næringsstoffer i de mindre og ekstensivt undersøgte søer er sigt dybden også generelt ringere i disse. På trods heraf er det plantede areal generelt større i de mindre søer, hvilket hænger sammen med en mindre middel- og maksimumsdybde, samt et mindre areal.

Tabel 1.2 Statistisk signifikante udviklinger for udvalgte nøgleparametre i miljøtilstanden i 20 intensivt overvågede søer siden 1989 samt én ekstensiv 1 sø, som tidligere har været en intensiv sø (sommergennemsnit). Undervandsplanterne repræsenterer kun 12 søer.

Parameter	Forbedret	Forværret	Uændret
P-søkoncentration	10	2	9
N-søkoncentration	13	0	8
Sigt dybde	8	1	12
Klorofyl a	7	0	14
Undervandsplanter, dybdegrænse	0	0	12
Undervandsplanter, dækningsgrad	3	0	9

2 Undersøgellesprogrammet

Det samlede overvågningsprogram for søer omfatter i programperioden 2004-2009 i alt 23 intensivt undersøgte søer og 1074 ekstensivt undersøgte søer. De intensive program omfatter søer mellem 10 og 4000 ha, mens det ekstensive program dækker tre størrelseskategorier: > 5 ha, 0,1 – 5 ha og 0,01 – 0,1 ha (tabel 2.1). Mens søerne > 5 ha er dækket rimelig godt ind, hvor 38 % af de danske søer i den størrelsesklasse undersøges, dækker de undersøgte søer mellem 0,1 og 5 ha kun 1,3 % af de danske søer og de mindste søer mellem 0,01 og 0,1 ha blot 0,5 % af de danske søer i disse størrelsesklasser.

Undersøgelserne i de større intensive søer gennemføres – på nær fisk og sediment – hvert år, mens de ekstensive programmer foregår i en turnus på enten 3 år (større søer) eller 6 år (mindre søer samt småsøer og vandhuller).

Indholdet i de forskellige undersøgellesprogrammer er tilpasset de enkelte formålsbeskrivelser både mht. til undersøgte variable, frekvenser og antal af søer. Måleprogrammerne er opnået ved at sammenstille de hidtidige erfaringer fra søovervågningsprogrammet, bl.a. igennem en statistisk optimering (Larsen *et al.*, 2002), tidligere erfaringer ved opstilling af undersøgellesprogrammer for søer (Søndergaard *et al.*, 1999), ligesom et internationalt evalueringspanel har givet anbefalinger vedrørende disse forhold.

Tabel 2.1 Oversigt over måleprogrammer for det nationale overvågningsprogram for søer med arealafgrænsning af programmerne, antal undersøgte søer samt måleprogrammets turnus. Under ”% af alle” er der angivet, hvor stor en andel af de enkelte størrelsesklasser af søer der er dækket ind af det samlede antal danske søer.

Programtype	Areal (hektar)	Antal søer	% af alle	Turnus (år)
Intensiv	10 – 4000	23	38	1
Ekstensiv 1	> 5	204		3
Ekstensiv 2	0,1 – 5	414*	1,3	6
Ekstensiv 3	0,01 – 0,1	456	0,5	6

* Det endelige søantal reduceres med ca. 8 søer pr. år i perioden 2007-2009 til fordel for undersøgelser af miljøfremmede stoffer

2.1 Det intensive program

I de intensivt undersøgte søer beskrives næringsstoffdynamikken detaljeret. Dette sker på baggrund af til- og fraførslen af vand samt bestemmelser af totalkvælstof, totalfosfor og totaljern ved vandkemiske målinger med en frekvens på 12-26, afhængigt af afstrømningsmønstret (tabel 2.2). I søvandet beskrives næringsstofferne med målinger af både totale og uorganiske fraktioner af kvælstof og fosfor, tilsvarende måles næringsstofferne i bundvandet ved evt. lagdeling af vandet i søerne.

Sedimentets indhold af totalfosfor bestemmes en gang pr. 6 år til understøttelse af analyserne af næringsstofomsætningen i søerne. Tungmetaller og miljøfremmede stoffer i sedimentet undersøges først

i perioden 2007-2009. Bufferkapacitet og forsureningsstatus beskrives ved måling af pH og alkalinitet, som sammen med bl.a. totaljern indgår i beskrivelsen af næringsstoffedynamikken i søerne. Herudover indgår også ilt- og temperaturprofiler, ledningsevne samt sigtddybde ved en beskrivelse af de fysiske forhold i søvandet.

Mængden af organisk materiale i søvandet måles på to forskellige måder: den totale mængde suspenderede materiale måles sammen med glødetabet, og målinger af klorofyl giver et estimat for den fotosyntetiske aktivitet (primært planteplankton) i søerne.

Tabel 2.2 Oversigt over måleprogrammet for søer i det intensive søovervågningsprogram, herunder årlige prøvetagningsfrekvenser angivet med et ca. gennemsnit for alle søer. Undersøgelser, der gennemføres hvert 6. år, er angivet med 1/6. Hypolimnionprøver tages kun ved springlagsdannelse.

	Søvand		Tilløb/afløb
	Epi-limnion	Hypo-limnion	
Vandkemiske og fysiske analyser:			
pH	19	5	12-26
Alkalinitet	19	5	
Nitrit+nitratkvælstof	19	5	
Ammoniumkvælstof	19	5	
Total kvælstof	19	5	12-26
Total fosfor	19	5	12-26
Opløst fosfor	19	5	12-26
Klorofyl <i>a</i>	19		
Totaljern	19		12-26
Farvetal	19		
Kationer ²	1		
Silikat+silicium	19		
Suspenderet stof	19		
Glødetab af susp. stof	19		
Sigtddybde ¹	19		
Ilt- og temperaturprofil ¹	19	5	
Vandstand ¹	19		
Ledningsevne ¹	19	5	
Måling af vandføring ¹			12-26
Sedimentkemi			
Tungmetaller og miljøfremmede stoffer ³	1/6		
Biologiske analyser:			
Planteplankton	19		
Dyreplankton	19		
Bunddyr	1		
Fugle	1		
Vandplanter	1		
Rørskovens udbredelse	1/6		
Fiskeundersøgelse	1/6		

¹⁾ Feltmålinger inkl. dybdeprofil for ilt og temperatur. Ledningsevne kan også måles i laboratoriet umiddelbart efter hjemkomst. Vandstand og måling af vandføring kan også undersøges kontinuert.

²⁾ Vinterprøve

³⁾ Program ikke endelig fastlagt (gennemføres i perioden 2007-2009)

Herudover undersøges en række biologiske komponenter. Antal og biomasse af plante- og dyreplankton opgøres gennem sæsonen, og dyreplanktonets græsning på planteplankton beregnes. Tætheden af undervandsplanter, deres dybdeudbredelse og artssammensætning undersøges hver sommer ved maksimal udbredelse. Bunddyr på

barbunden undersøges mht. taxonomiske grupper, antal og biomasse. Undersøgelse af fugle gennemføres en gang om året med opgørelse af ynglende og rastende fugle. Fiskesammensætning og relative biomasse samt rørskovens udbredelse bestemmes en gang pr. 6 år.

De intensive målinger i søerne giver grundlag for at udarbejde en detaljeret beskrivelse af søernes økosystem, således at næringsstofomsætning, biologisk tilstand og interaktioner kan tolkes. Samtidigt kan der etableres en årsagssammenhæng mellem menneskelig påvirkning og søernes respons såvel fysisk-kemisk som biologisk. Det er samtidigt muligt at beskrive klimatiske og andre naturgivne forholds indflydelse på søerne og deres respons.

Antallet af intensivt fulgte søer siden 1989 er nu nede på 20 mod 37 fra programmets start i 1989. Det lave antal søer betyder, at det er mere usikkert at betragte disse søer som værende repræsentative for de danske søer og deres udvikling. Men resultaterne fra de intensive søer giver et godt grundlag for at vurdere resultaterne fra de ekstensivt overvågede søer.

2.2 Det ekstensive program for større søer (ekstensiv 1)

Det ekstensive måleprogram for de større søer (> 5 ha) gennemføres i en 3-årig turnus, således at alle de udvalgte søer undersøges hvert 3. år. Vandkemiske og fysiske forhold følges månedligt i den produktive periode (april-september) med få nøgleparametre (tabel 2.3). Derudover tages en enkelt vinterprøve, der kan bruges som reference for næringsstofferne om sommeren samt til at opnå en bedre beskrivelse af bufferkapacitet og forsøringsstatus ved tolkning af vinterprøver. Det giver i alt 7 årlige prøvetagninger af de fysiske og kemiske forhold.

De ekstensive programmer indeholder ikke direkte målinger af næringsstofftilførslen, men der gennemføres en opgørelse af belastning og trusler primært baseret på besigtigelse og GIS-baserede analyser.

Derudover gennemføres ekstensive målinger af de biologiske komponenter og naturindholdet. Plante- og dyreplankton undersøges en enkelt gang i august. Undervandsplanter undersøges en gang i juli/ aug., mens fisk og bunddyr undersøges en gang pr. 6-års periode i hhv. aug./sept. og oktober (undersøges første gang inden for perioden 2004-2006).

Det ekstensive program for de større søer giver med udnyttelse af resultater fra de intensive søer mulighed for at give en detaljeret status for natur- og miljøtilstanden i de større danske søer hvert 3. år, og det vil senere være muligt at tolke på eventuelle udviklingstendenser.

Table 2.3 Det ekstensive program for større søer (>5 ha). Oversigt over parametre, frekvens (år), antal af prøver pr. år. De 7 prøver tages månedligt fra 1. april til 30. september, og der tages en enkelt vinterprøve i november.

Parametre	Frekvens	Antal prøver pr. år
<i>Vandkemiske og fysiske analyser:</i>		
- ledningsevne	1/3 (hvert 3. år)	7
- salinitet	1/3	7
- ilt- og temperaturprofil	1/3	7
- pH	1/3	7
- Farvetal	1/3	7
- alkalinitet	1/3	7
- total kvælstof	1/3	7
- total fosfor	1/3	7
- klorofyl a	1/3	7
- sigtdybde	1/3	7
- sulfat ¹	1/3	1 ¹
<i>Planteplankton</i>		
- slægts-sammensætning	1/3	1
- biomasse	1/3	1
<i>Dyreplankton</i>		
- gruppe-sammensætning	1/3	1
- biomasse	1/3	1
<i>Vandplanter</i>		
- dybdegrænse	1/3	1
- dominerende art/arter	1/3	1
- artsliste	1/3	
<i>Bunddyr</i>		
	1/6	1
<i>Fisk</i>		
	1/6	1
Belastning og trusler (GIS mv.)	1/3	1

¹Måles kun på vinterprøve

2.3 Det ekstensive program for mindre søer (ekstensiv 2)

Det ekstensive måleprogram for de mindre søer (0,1-5 ha) gennemføres i en 6-årig turnus, således at alle de udvalgte søer undersøges hvert 6. år. Programmet omfatter månedlige målinger af få vandkemiske og fysiske forhold i sommerperioden fra maj - september (tabel 2.4). Disse målinger giver bl.a. en status for de mindre søers næringsstof- og forsureningsstatus.

Den biologiske respons beskrives med samtidige målinger af sigtdybde og klorofyl. Herudover indgår en enkelt årlig undersøgelse af vandplanternes udbredelse. Belastningsmæssige forhold og trusler for vandkvaliteten vurderes primært på basis af besigtigelse og GIS-baserede analyser.

Undersøgelserne giver mulighed for at beskrive natur- og miljøtilstanden i de danske mindre søer, om end stikprøven er lille (<1 %), og vil efter en længere årrække give mulighed for vurdering af tilstandsudviklingen i disse.

Tabel 2.4 Det ekstensive program for mindre søer (0,1-5 ha). Oversigt over parametre, frekvens pr. år, antal af prøver pr. år.

Parametre	Frekvens	Antal prøver pr. år
<i>Vandkemiske og fysiske analyser</i>		
- ledningsevne	1/6 (hvert 6. år)	5
- salinitet	1/6	5
- ilt- og temperaturprofil	1/6	5
- vandtemperatur	1/6	5
- pH	1/6	5
- alkalinitet	1/6	5
- total kvælstof	1/6	5
- total fosfor	1/6	5
- klorofyl a	1/6	5
- sigtdybde	1/6	5
<i>Vandplanter</i>	1/6	1
- dybdegrænse	1/6	1
- dominerende art/arter	1/6	1
- artsliste	1/6	1
Belastning og trusler (GIS/skema)	1/6	1

2.4 Det ekstensive program for småsøer og vandhuller (ekstensiv 3)

Det ekstensive måleprogram for småsøer og vandhuller (100 – 1000 m²) gennemføres i en 6-årig turnus, således at de udvalgte søer undersøges hvert 6. år. Hovedindholdet af dette program er undersøgelser af planter og padder en enkelt gang pr. undersøgelsesår suppleret med en enkelt måling af de fysisk-kemiske forhold. Udtagningen af blot én prøve til fysisk-kemiske data betyder, at disse tal vil være behæftede med stor usikkerhed, eftersom ikke mindst de små søer er kendt for at udvise store variationer gennem sæsonen. Der laves som for de øvrige ekstensive programmer en opgørelse af belastning og trusler primært baseret på besigtigelse.

Undersøgelserne giver mulighed for at beskrive natur- og miljøtilstanden i udvalgte småsøer og vandhuller og vil efter en længere årrække bidrage til at vurdere den generelle tilstandsudvikling i disse.

Tabel 2.5 Det ekstensive program for småsøer og vandhuller (0,01-0,1 ha). Oversigt over parametre, frekvens (år), antal af prøver pr. år.

Parametre	Frekvens	Antal prøver pr. år
<i>Vandkemiske og fysiske analyser:</i>		
- ledningsevne	1/6 (hvert 6. år)	1
- salinitet	1/6	1
- ilt- og temperaturprofil	1/6	1
- vandtemperatur	1/6	1
- pH	1/6	1
- alkalinitet	1/6	1
- total kvælstof	1/6	1
- total fosfor	1/6	1
- klorofyl a	1/6	1
- sigtdybde	1/6	1
Miljøfremmede stoffer*	1/6	1
<i>Vandplanter</i>	1/6	1
- dominerende art/arte	1/6	1
- artsliste	1/6	1
<i>Padder</i>	1/6	1
Belastning og trusler (GIS mv)	1/6	1

* Program ikke endelig fastlagt (gennemføres i perioden 2007-2009)

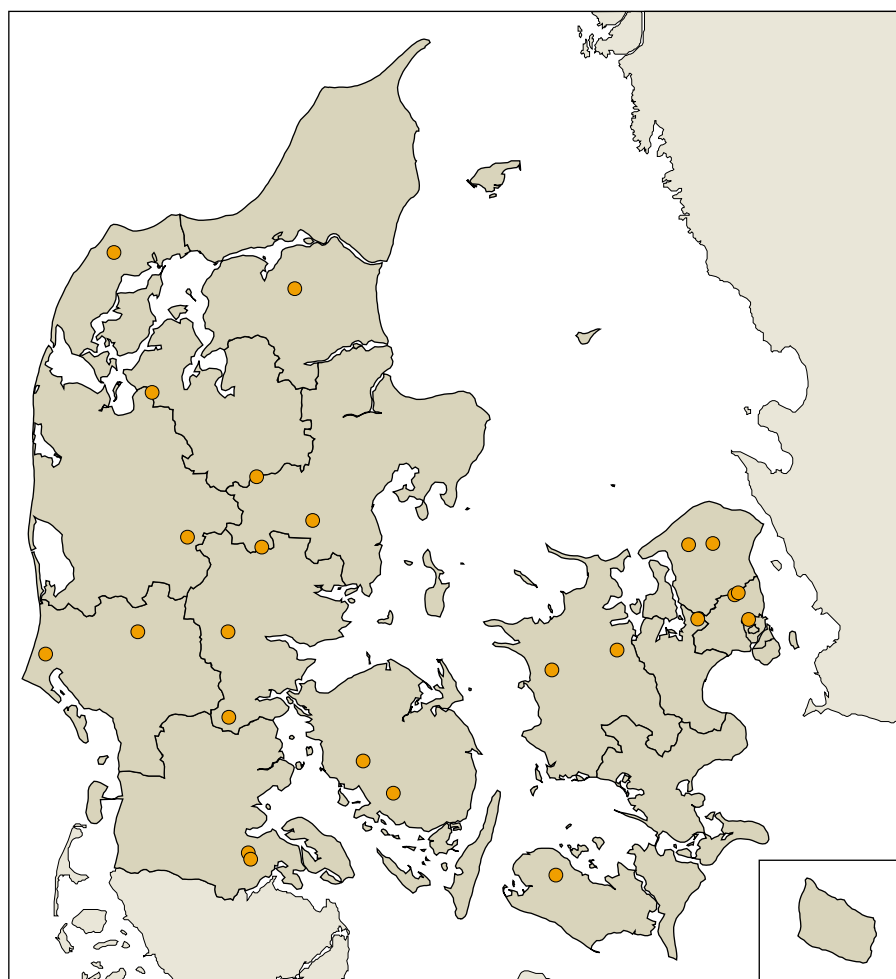
[Tom side]

3 Intensivt undersøgte søer

Denne del af rapporten indledes med en generel karakteristik af de 23 intensivt undersøgte søer (figur 3.1). Karakteristikken omfatter nøgletabeller med gennemsnits-, median-, minimums- og maksimumsværdier af alle målte variable. Herefter følger fem små afsnit, som beskriver standardindikatorerne: totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl, sigtdybde og undervandsplanter. For hver indikator beskrives den aktuelle tilstand og om muligt udviklingen. Udviklingen siden 1989 kan kun beskrives i de 20 søer, eftersom tre af søerne er nye og først medtaget i det intensive program fra 2004.

Efter standardindikatorerne følger de såkaldte to fokusemner: bunddyr og fosfor. Dette er emner, som for 2004 beskrives mere omfattende. Derudover er der også vist resultater for kildeopsplitning og massebalancer for kvælstof. Resultaterne fra de intensivt undersøgte søer afsluttes med en sammenfatning, en beskrivelse af målsætningerne for søerne og en konklusion.

Udviklingen i søernes tilstand er især vurderet på grundlag af tidsvægtede gennemsnit af de enkelte variable på sommerbasis (1. maj - 31. september). For undervandsplanter (siden 1993/94) benyttes en enkelt måling gennem sæsonen.



Figur 3.1 Placeringen af de 23 intensivt undersøgte søer.

De statistiske beregninger er baseret på log-lineær regression på de udregnede middelværdier og er testet for, om der er afvigelser fra nulhypotesen, dvs. om der gennem de i alt 16 overvågningsår har været en statistisk sikker ændring. Responsvariablen er logaritmetransformeret især for at sikre varianshomogenitet. Vi har valgt at acceptere nulhypotesen på 10 % signifikansniveau, hvorfor der i flere tilfælde kun er tale om udviklingstendenser. I præsentationen er der dog opdelt i fire klasser baseret på testsandsynligheden: <10 %, <5 %, <1 % og <0,1 %. Man skal være opmærksom på, at det med denne metode er lettere statistisk at påvise en jævn udvikling over en årrække end pludselige ændringer.

3.1 Generel karakteristik

I tabel 3.1-3.3 er der givet en oversigt over de målte fysiske, vandkemiske og biologiske variable i de intensivt undersøgte søer i 2004. Generelt dækker de 23 søer og meget store morfometriske forskelle, hvor fx areal og hydraulisk opholdstid varierer med mere end en faktor 100. Også dybdemæssigt er der store forskelle, fra søer med en maksimumdybde på 1,8 m til Danmarks dybeste sø med dybder ned til 38 m.

Tabel 3.1 Fysiske og morfometriske forhold i de 23 intensivt undersøgte søer.

	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Oplandsareal (km ²)	139,2	24,9	0,1	2050	23
heraf dyrket areal (%)	54,0	59,4	0	93	23
Søareal (km ²)	3,40	0,44	0,095	39,87	23
Middeldybde (m)	3,7	2,6	0,7	15,0	23
Maksimumsdybde (m)	8,7	6	1,8	37,7	23
Opholdstid (år)	1,9	0,94	0,05	9,9	22

De vandkemiske data viser, at de 23 søer omfatter de fleste danske typer af søer, fra næringsfattige søer med totalfosforkoncentrationer på 0,021 mg P l⁻¹ til næringsrige søer med fosforkoncentrationer på op til næsten 0,400 mg P l⁻¹. Dette giver sig udslag i tilsvarende forskelle i vandets sigtbarhed med middelsommersigt dybder mellem 0,5 og 3,8 m. Søernes alkalitet spænder fra 0 til 4,9 meq l⁻¹ med overvægt af de alkaliske søer. pH-værdierne varierer mellem 5,3 og 9,0 og dækker dermed de fleste surhedsgrader uden dog at omfatte decideret sure søer. De fleste af søerne er med lavt indhold af humusstoffer, men omfatter dog søer som Store Grib sø med farvetal på lidt over 100 mg Pt l⁻¹.

Tabel 3.2 Vandkemiske forhold i de 23 intensivt undersøgte søer.

	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Ptot indløb (mg P l ⁻¹) år	0,090	0,091	0,016	0,192	21
Ptot afløb (mg P l ⁻¹) år	0,083	0,075	0,015	0,196	21
Ptot (mg P l ⁻¹) år	0,101	0,082	0,021	0,268	23
Ptot (mg P l ⁻¹) sommer	0,128	0,083	0,021	0,371	23
Opløst fosfat-P (mg P l ⁻¹) år	0,032	0,018	0,002	0,162	23
Opløst fosfat-P (mg P l ⁻¹) sommer	0,034	0,012	0,002	0,240	23
Fosforbelastning (mg P m ⁻² d ⁻¹)	6,1	5,2	0,6	16,9	13
Fosforretention (mg P m ⁻² d ⁻¹)	0,8	1,1	-3,0	3,1	13
Fosforretention (%) ¹	9,9	14,1	-65,8	46,3	13
Ntot indløb (mg N l ⁻¹) år	4,71	4,60	0,94	11,73	21
Ntot afløb (mg N l ⁻¹) år	2,88	2,30	0,41	10,35	21

¹Retentionsprocenter er beregnet som procent af tilførsel + søpulje

Tabel 3.2 (fortsat) Vandkemiske forhold i de 23 intensivt undersøgte søer.

Ntot (mg N l ⁻¹) år	2,10	1,63	0,49	4,82	23
Ntot (mg N l ⁻¹) sommer	1,54	1,33	0,40	3,74	23
Uorganisk N (mg N l ⁻¹) år	1,09	0,44	0,03	3,86	23
Uorganisk N (mg N l ⁻¹) sommer	0,36	0,12	0,01	2,09	23
Kvælstofbelastning (mg N m ⁻² d ⁻¹)	342	365	26	1026	13
Kvælstofretention (mg N m ⁻² d ⁻¹)	140	129	10	344	13
Kvælstofretention (%)	39	36	20	76	13
Sigt dybde (m) år	1,91	1,58	0,58	4,68	23
Sigt dybde (m) sommer	1,63	1,44	0,45	3,76	23
Klorofyl (µg l ⁻¹) år	37,0	28,6	3,9	120,7	23
Klorofyl (µg l ⁻¹) sommer	50,3	36,2	3,1	141,9	23
Farvetal år	32,0	26,5	6,0	112,1	22
(Pt) sommer	32,1	28,2	6,6	105,4	22
Alkalinitet (mmol l ⁻¹) år	1,91	2,05	0,00	4,91	23
sommer	1,90	1,85	0,00	5,01	23
pH år	7,7	8,2	5,3	8,7	21
pH sommer	7,9	8,3	5,3	9,0	21
Sediment PTOT (mg P kg ⁻¹ tv) ¹	1,34	1,22	0,91	2,18	10
FeTOT (mg Fe kg ⁻¹ tv)	16,1	14,0	8,3	31,5	10
Fe:P (vægtbasis)	13,1	11,7	5,8	34,5	10

¹ Sedimentdata medtaget fra 1999

De biologiske forhold i de 23 søer spænder ligeledes over store forskelle, fra søer uden undervandsplanter til søer, hvor over halvdelen af søbunden er dækket af planter, og fra totaldominans af blågrønalger til søer, hvor rentvandsformer som gulager dominerer planteplanktonet. Dyreplanktonets potentielle græsning på planteplanktonet er lavt i mange søer, hvilket spiller en væsentlig rolle i nogle søer. Også forekomsten af bunddyr, det nye element i overvågningen af de intensive søer, viser meget store variationer i antal og biomasse mellem de 23 søer.

Tabel 3.3 Biologiske forhold i de 23 intensivt undersøgte søer. Der er ikke gennemført fiskeundersøgelser i nogen af de intensivt undersøgte søer i 2004.

	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Planteplankton (mm ³ l ⁻¹) sommer	11,8	7,1	0,6	81,9	23
% blågrønalger	38,9	38,8	0	99,5	23
% grønalger	13,4	8,0	0,1	79,3	23
% kiselalger	18,2	8,5	0	64,3	23
% gulalger	5,5	0,3	0	62,0	23
Dyreplankton (mg tv l ⁻¹) sommer	0,66	0,64	0,07	1,42	23
% hjuldyr	8,0	4,3	0,4	42,4	23
% copepoder	32,5	27,0	4,4	87,1	23
% cladoceer	22,0	12,7	2,7	81,6	23
% <i>Daphnia</i> af cladoceer	54,7	66,8	0	99,4	23
Middelvægt af <i>Daphnia</i> (µg TV)	10,8	11,6	1,1	28,7	21
Pot. dyreplankton græsning (% dag ⁻¹)	32	19	2	107	23
Undervandsplanter % RPA	14,9	2,3	0	57,2	24 ¹
% RPV	2,6	0,1	0	19,1	24 ¹
dybdegrænse (m)	3,2	2,5	0,5	9,5	21
artsantal	11	8	1	30	21
Bunddyr (antal pr. m ²)	15159	11507	1865	61905	23
Bunddyr (biomasse, g tv pr. m ²)	2,89	2,0	0,27	14,3	23
Bunddyr, antal TAXA	15	13	4	39	23
Maks. antal rastende fugle (pr. ha)	313	45	2	850	21
Maks. antal ynglefugle (par pr. ha)	10	5	1	68	21

¹ skyldes, at Furesø her er opgjort på både Store Kalv og hovedbassinet

3.2 Fosfor

Relevans

Fosfor i vandmiljøet skyldes primært udvaskning fra landbrugs- og naturarealer, spildevand fra byer og spredt bebyggelse og i mindre omfang fra industrier og dambrug.

Fosfor er et plantenæringsstof, der i de fleste søer betragtes som den begrænsende faktor for algevæksten. Fosfor har altså stor betydning for vandmiljøet og mange af de biologiske forhold i søerne. Fosfor akkumuleres i bunden af søerne og kan skabe en kemiske træghed, som forsinker effekten på vandkvaliteten, når den eksterne spildevandstilførsel afskæres eller reduceres.

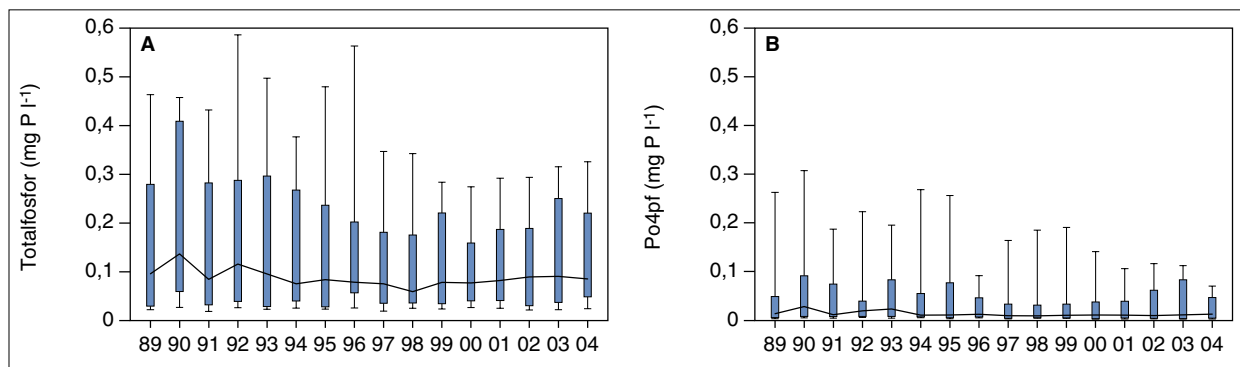
Tilstand og udvikling

Indholdet af totalfosfor i de 20 intensivt undersøgte søer siden 1989 har samlet set ikke ændret sig i 2004 i forhold til de seneste 2-3 år (figur 3.2). For perioden som helhed siden 1989 er koncentrationen i de mest næringsrige søer dog reduceret væsentligt fra ca. 0,5 mg P l⁻¹ i første halvdel af halvfemserne til ca. 0,3 mg P l⁻¹ i sidste del af perioden. 75-percentilen er tilsvarende reduceret, om end i mindre grad. I de rene søer har totalfosforindholdet været uændret gennem hele undersøgelsesperioden.

Orthofosforindholdet viser samme mønster som totalfosfor for perioden, dvs. størst reduktion i de mest næringsrige søer og ingen eller minimal reduktion i de næringsfattige søer. Medianen er næsten uændret i undersøgelsesperioden.

Årsgennemsnittet for totalfosfor i søvandet er reduceret fra 0,180 mg P l⁻¹ i perioden 1989-95 til 0,106 mg P l⁻¹ i 2004 og opløst fosfat fra 0,074 til 0,034 mg P l⁻¹ (tabel 3.3). Årsværdier af totalfosfor og opløst fosfat i søernes overfladevand er således reduceret med henholdsvis 41 og 54 % siden overvågningsprogrammets start i 1989, mens sommerværdierne udviser en reduktion på henholdsvis 36 og 37 %.

På enkeltsoniveau er totalfosforindholdet som årsmiddel mindsket signifikant i 11 af de 20 søer, hvorfra der er målinger i søvandet siden 1989 (tabel 3.4). Tilsvarende ændringer ses i sommerkoncentrationen af totalfosfor. Indholdet af PO₄-P følger i de fleste tilfælde totalfosfor,



S005 - Fig. 3.2

Figur 3.2 Udviklingen i søkoncentrationen af totalfosfor og PO₄-P (mg P l⁻¹). Sommergennemsnit. Søjerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjer viser medianværdien.

Tabel 3.3 Koncentrationen af totalfosfor og opløst fosfor angivet som middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler i de 20 intensivt overvågede søer (overfladevand) for perioderne 1989-95 og 1996-2003 og året 2004. Enheden er mg P l⁻¹.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Årsværdier							
Total-P	1989-95	0,180	0,017	0,049	0,093	0,229	0,905
	1996-03	0,116	0,021	0,058	0,080	0,154	0,322
	2004	0,106	0,021	0,044	0,095	0,141	0,268
PO ₄ -P	1989-95	0,074	0,006	0,010	0,029	0,071	0,494
	1996-03	0,043	0,004	0,010	0,020	0,055	0,174
	2004	0,034	0,002	0,009	0,019	0,051	0,162
Sommerværdier							
Total-P	1989-95	0,200	0,017	0,055	0,106	0,241	1,052
	1996-03	0,137	0,023	0,042	0,076	0,176	0,566
	2004	0,129	0,015	0,040	0,086	0,177	0,408
PO ₄ -P	1989-95	0,067	0,005	0,010	0,019	0,091	0,445
	1996-03	0,043	0,004	0,006	0,016	0,046	0,315
	2004	0,042	0,002	0,004	0,015	0,063	0,201

dog er der registreret en signifikant stigning i årsmiddelkoncentrationen for fire søer.

Kun i én ud af de 20 søer, nemlig Tissø, er der tale om en signifikant stigning i årsmiddelindholdet af totalfosfor og her kun på 10 % signifikansniveau. I to søer (Søby og Nors Sø) er der registreret en signifikant stigning i sommerkoncentrationen af totalfosfor, mest signifikant var den i Nors Sø. Totalfosforkoncentrationen om sommeren i Nors Sø har været højere end tidligere både i 2003 og 2004, og i 2004 blev der i juli målt et totalfosforindhold på 81 µg P l⁻¹. Det markant højere indhold tilskrives ophobning og frigivelse af fosfor i det ustabile springlag (Viborg Amt, 2005). Søby og Nors Sø er begge søer, som efter dansk målestok hidtil er betegnet som næringsfattige.

Tabel 3.4 Udviklingen i indholdet af totalfosfor (total-P) og opløst fosfat (PO₄-P) i overfladevand i de intensivt overvågede søer fra 1989 til 2004. -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

	Årsmiddel		Sommermiddel	
	Søvand		Søvand	
	PO ₄ -P	Total-P	PO ₄ -P	Total-P
Søby Sø	----	0	----	+
Holm Sø	0	0	0	0
Maglesø	0	0	0	0
Nors Sø	----	0	--	+++
Ravn Sø	0	----	--	----
Søholm Sø	0	---	----	--
Kvie Sø	++	0	+	0
Hornum Sø	0	0	0	0
Furesøen	----	----	---	---
Bryrup Langsø	--	---	0	0
Hinge Sø	0	0	---	0
Tissø	++	+	0	0
Engelsholm Sø	++	----	0	--
Arreskov Sø	+++	0	+	0
Arresø	0	----	0	--
Vesterborg Sø	----	----	--	----
St. Søgård Sø	----	----	---	---
Utterslev Mose	--	---	0	0
Søgård Sø	0	----	0	----
Gundsømagle Sø	----	----	----	----
I alt	4	1	2	2
+ / ++ / +++ / ++++				
I alt - / - - / - - - / - - - -	8	11	9	9

3.3 Kvælstof

Relevans

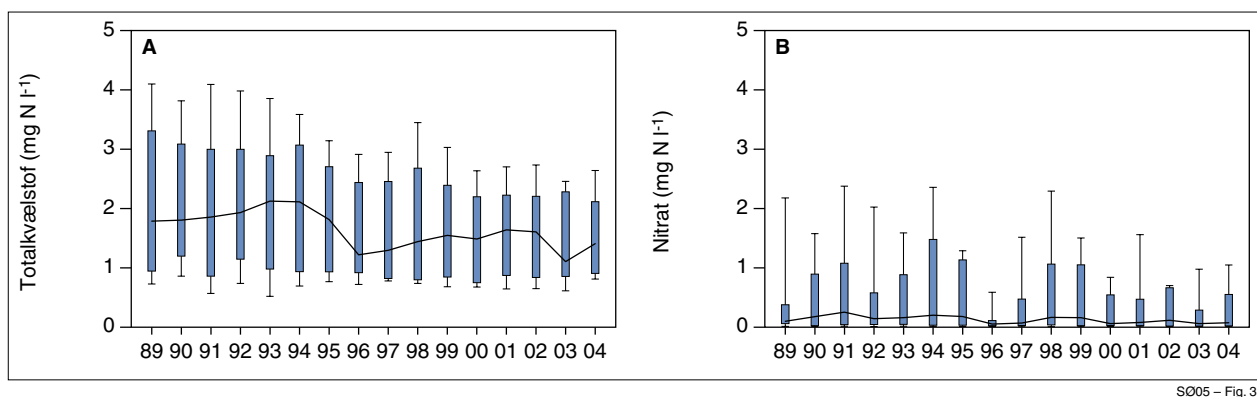
Kvælstof i vandmiljøet skyldes primært udvaskning fra landbrugsarealer. Andre kilder er kvælstof fra renseanlæg, industrier og dambrug, om end det er i mindre omfang sammenlignet med landbrugsarealerne.

Kvælstof er ligesom fosfor et plantenæringsstof og har betydning for algemængden i søerne, selv om fosfor i de fleste søer oftest vil være den begrænsende faktor. Nyere resultater peger dog på, at kvælstof spiller en væsentlig rolle for undervandsplanterne, og at høje kvælstofkoncentrationer kan gøre det vanskeligere at opnå klarvandede forhold (*Gonzales Sagrario et al., 2005*).

I søerne foregår der en denitrifikation, som har betydning for, hvor meget kvælstof der transporteres ud af søerne og videre via vandløbene til havet. Overvågningen af kvælstofkoncentrationerne bidrager med viden om denitrifikationskapaciteten og giver dermed muligheder for at vurdere søernes samlede kapacitet til at fjerne kvælstof.

Tilstand og udvikling

Indholdet af totalkvælstof for de 20 intensivt undersøgte søer siden 1989 viste som helhed i 2004 en stigende tendens i forhold til 2003, men er på niveau med målingerne fra 2001-2002 (figur 3.3). For pe-



S005 - Fig. 3.3

Figur 3.3 Udviklingen i koncentrationen af totalkvælstof og nitrat (mg N l^{-1}). Sommergennemsnit.

rioden som helhed siden 1989 er der sket en reduktion især i søerne med høje koncentrationer.

For de enkelte søer er der sket en signifikant reduktion siden 1989 i totalkvælstof i 13 ud af de 20 søer, hvorfra der er målinger siden 1989 (tabel 3.5). Indholdet af nitrat er som årsmiddel reduceret i ni søer. Ingen af søerne har haft signifikante stigninger.

Tabel 3.5. Udviklingen i indholdet af totalkvælstof (total-N) og total-N og nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) i søvand i de enkelte intensivt overvågede søer fra 1989 til 2004. -/+, -/++, --/+++, ---/++++ svarer til reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

OK	Årsmiddel		Sommermiddel	
	Søvand		Søvand	
	$\text{NO}_3\text{-N}$	Total-N	$\text{NO}_3\text{-N}$	Total-N
Søby Sø	0	0	0	0
Holm Sø	0	0	0	0
Maglesø	0	----	0	--
Nors Sø	---	0	---	0
Ravn Sø	----	----	---	---
Søholm Sø	0	0	0	0
Kvie Sø	0	0	0	0
Hornum Sø	--	0	0	0
Furesøen	---	----	--	--
Bryrup Langsø	---	----	-	--
Hinge Sø	----	----	---	--
Tissø	0	--	0	-
Engelsholm Sø	----	----	---	---
Arreskov Sø	0	0	0	0
Arresø	0	----	0	---
Vesterborg Sø	0	--	0	----
St. Søgård Sø	0	---	0	---
Utterslev Mose	---	0	0	0
Søgård Sø	0	---	--	----
Gundsømagle Sø	0	----	0	---
I alt +/++/+++/++++	0	0	0	0
I alt -/-/---/----	9	13	8	13

3.4 Klorofyl

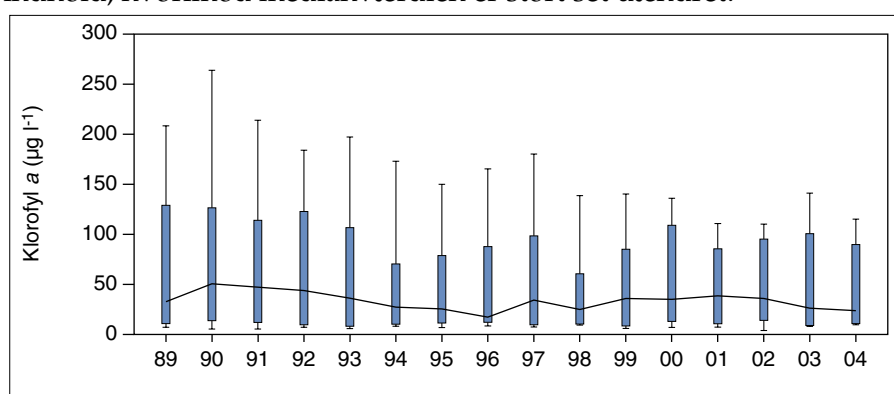
Relevans

Klorofyl er det grønne pigment i fotosyntetiserende højere planter og alger. Dermed er klorofylindholdet et indirekte udtryk for algemængden i vandet og et mål for vandkvaliteten. Klorofyl kan ikke betragtes som et direkte mål for algemængden, da klorofylindholdet varierer i de forskellige algearter, ligesom det kan variere med årstiden i den enkelte art.

Tilstand og udvikling

For de 20 søer med målinger siden 1989 er indholdet af klorofyl *a* stort set uændret i forhold til de senere års målinger (figur 3.4). Siden 1989 er indholdet af klorofyl *a* mindsket i søerne med det højeste indhold, hvorimod medianværdien er stort set uændret.

Figur 3.4 Udviklingen i søkoncentrationen af klorofyl *a* ($\mu\text{g l}^{-1}$) i de 20 intensivt undersøgte søer siden 1989. Sommergennemsnit.



SØ05 – Fig. 3.4

For de enkelte søer er der for årsmiddelen tale om en signifikant reduktion i 10 ud af de 20 søer og på sommerrmiddel en reduktion i 7 søer (tabel 3.6). Klorofyl *a* indholdet er kun øget signifikant i én sø (Nors Sø) og da kun på 10 % niveau og kun for årsmiddel.

3.5 Sigtdybde

Relevans

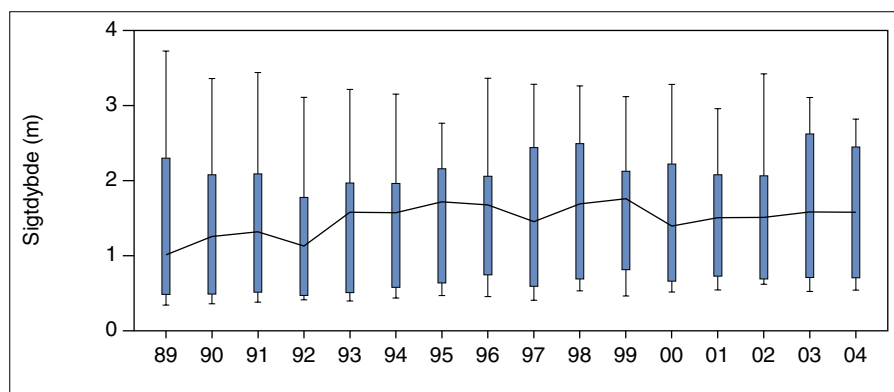
Sigtdybden er et udtryk for vandets klarhed eller gennemsigtighed, dvs. sigtdybden er afgørende for lysets nedtrængningsevne i søerne og dermed også et mål for, hvor dybt egentlige undervandsplanter vil være i stand til at vokse. Sigtdybde er således et væsentlig parameter i vurderingen af undervandsplanternes potentielle udbredelsesområde.

I de fleste søer er sigtdybden også et udtryk for algemængden og dermed tilstanden i søen. Vandets farve (fx brunvandede søer) eller resuspenderet materiale fra søbunden i lavvandede søer kan også påvirke sigtdybden.

Tilstand og udvikling

Sigtdybden i de 21 intensivt undersøgte søer har vist en generel stigende tendens siden 1989. Samlet er medianværdien øget fra 1,1 m i 1989 til 1,45 m i 2004 (figur 3.5). Det generelt reducerede næringsstofniveau i søerne siden overvågningen af vandmiljøet startede i 1989 har således ført til øget sigtdybde.

Figur 3.5 Udviklingen i de 20 intensive undersøgte søers sigtgybde. Sommergennemsnit.



S005 – Fig. 3.5

Tabel 3.6 Udviklingen i de intensive overvågnings søers sigtgybde og indhold af klorofyl *a* fra 1989 til 2004. -/--/---/----/+, /++, /+++, /++++ svarer til reduktion/forøgelse på hhv. 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

	Årsmiddel		Sommermiddel	
	Sigtgybde	Klorofyl <i>a</i>	Sigtgybde	Klorofyl <i>a</i>
Søby Sø	0	--	--	0
Holm Sø	0	0	0	0
Maglesø	0	0	0	0
Nors Sø	0	+	0	0
Ravn Sø	0	0	0	0
Søholm Sø	0	0	0	0
Kvie Sø	++	---	0	0
Hornum Sø	0	0	0	0
Furesøen	+++	0	++++	--
Bryrup Langsø	0	0	0	0
Hinge Sø	++	---	0	0
Tissø	++++	--	++++	0
Engelsholm Sø	+++	----	+++	--
Arreskov Sø	++	0	++	0
Arresø	++++	----	++	---
Vesterborg Sø	++++	----	++++	----
St. Søgård Sø	0	---	0	-
Utterslev Mose	0	0	0	0
Søgård Sø	++++	----	++++	----
Gundsømagle Sø	+++	----	++	---
i alt +/++/+++/++++	10	1	8	0
i alt -/--/---/----	0	10	1	7

For de enkelte søer er der sket en signifikant øgning i sigtgybdens årsmiddel i 10 af de 21 søer og for sommermiddel i 8 af søerne (tabel 3.6). I Søby Sø er der observeret en signifikant reduktion i sigtgybden.

3.6 Undervandsplanter

Relevans

Undervandsvegetationen er en meget væsentlig parameter for hele søens økologi. Vegetationen har afgørende betydning for fiskesammensætning, dyreplanktonsammensætning, udveksling af næringsstoffer mellem sediment og vand, næringsstokkoncentrationen i vandfasen og iltindholdet i såvel vand som sediment. Undervandsvegetationen er desuden følsom over for forringelser i vandkvaliteten i form af fx reduceret sigtgybde eller øget algemængde/klorofylindhold og dermed en god indikator for vandkvaliteten.

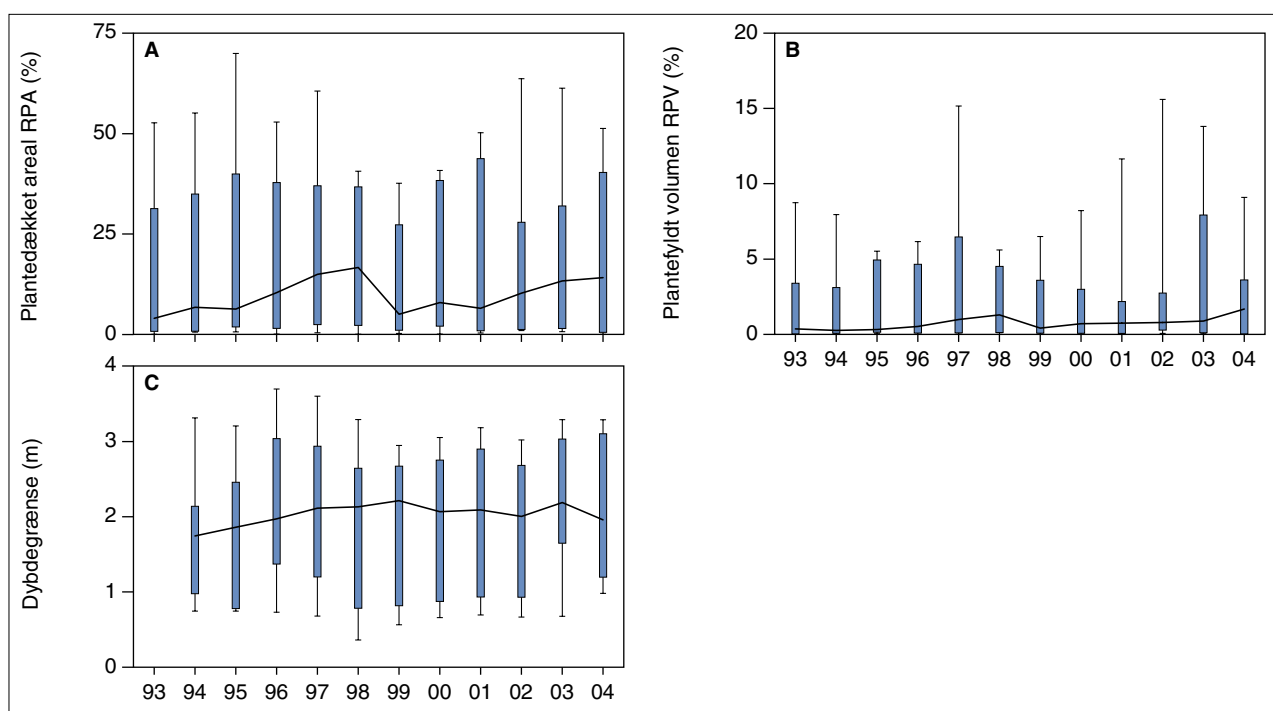
I forhold til Habitatdirektivet er undervandsvegetationens artssammensætning og vegetationens udbredelse afgørende for habitattens typebetegnelse samt dens bevaringsstatus. Undervandsplanter indgår også i Vandrammedirektivet som en af vandkvalitetsparametrene, der skal anvendes til at fastsætte den økologiske kvalitet.

Ændret metodik

Undervandsplanternes udbredelse er siden 1993/94 undersøgt én gang årligt i 14 af de tidligere 27 overvågnings søer. I forbindelse med de tidligere undersøgelser blev den enkelte sø inddelt i delområder, og dækningsgrad samt plantefyldt volumen blev bestemt dels i disse og dels i hele søen. I NOVANA foretages undersøgelserne v.h.a. en transektundersøgelse. Der beregnes en samlet relativ plantedækningsgrad (RPA) baseret på data fra transekterne. På baggrund af plantehøjde og vanddybde i de enkelte observationspunkter beregnes desuden et relativt plantefyldt volumen (RPV). Transektundersøgelsens samlede resultat er baseret på færre observationer end den tidligere områdeundersøgelse, men anvendelsen af transekter sikrer, at observationspunkterne er fordelt over hele søarealet. Da de samme transekter anvendes de efterfølgende år, betyder det imidlertid også, at der er områder, hvor vegetationen ikke undersøges. Dette kompenseres der for ved at supplere undersøgelsen med observationer i områder med formodet eller udbredt vegetation med henblik på at supplere artslisten. I transektundersøgelsen indgår desuden den største registrerede dybde for de enkelte arter (dybdegrænsen).

Tilstand og udvikling

Det plantedækkede areal var stigende i mange af de undersøgte søer frem til og med 1998 (figur 3.6). I 1999 skete der en markant reduktion specielt i RPA, mens reduktionen var mindre markant i RPV. Årsagen hertil er, at RPV ikke blot er afhængig af et areal, men også af en højde.



S005 - Fig. 3.6

Figur 3.6 Udviklingen i undervandsplanternes dækningsgrad (RPA), relativ plantefyldt volumen (RPV) og dybdegrænse i de 12 intensivt undersøgte søer, hvori der siden 1993 er foretaget planteundersøgelser.

Tabel 3.7 Udviklingen i undervandsplanter i overvågnings søer, hvor der er foretaget undersøgelser i perioden 1994 til 2004. I 2004 overgik man fra en områdeundersøgelse til en transektundersøgelse. -/+ , -/+ , -/+ , -/+ svarer til en reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring. RPA er det relative plantedækkede areal. RPV er det relative plantefyldte volumen.

	RPA	RPV	Dybdegrænse
Søby Sø	0	+	0
Maglesø	0	0	0
Nors Sø	0	0	0
Ravn Sø	0	0	0
Søholm Sø	0	0	0
Kvie Sø	+++	++++	0
Hornum Sø	0	0	0
Furesøen	+++	+++	0
Hinge Sø	0	0	0
Tissø	0	0	0
Arreskov Sø	+	++	0
Utterslev Mose, Østbassin	0	0	0
i alt +/+ /+++ /++++	3	4	0
i alt -/- /--- /----	0	0	0

Efter 1999 har specielt RPA været stigende frem til og med 2004, hvor den næsten er på sammen niveau som før 1999. Fra 1999 frem til 2003 har medianen for RPV været stort set uændret, mens der er observeret en kraftigere stigning i medianen fra 2003 til 2004. Denne stigning kan være forårsaget af, at trådalgerne i 2004 i flere søer er inkluderet i vegetationsregistreringen. I søerne med signifikant øget RPA og RPV skyldes tilvæksten imidlertid ikke trådalger, men en tilvækst af hhv. langskudsplanter og grundskudsplanter.

Dybdegrænsen har været forholdsvis uændret gennem en længere årrække. I 2003 skete der en svag stigning, som i 2004 igen er fulgt af en svag tilbagegang (figur 3.6).

Der er på trods af 11 års undersøgelser kun registreret få signifikante tendenser for planterne i søerne (tabel 3.7). Fra 1994 til 2004 er der i Kvie Sø og Furesøen sket en signifikant stigning i såvel RPA og RPV, mens dybdegrænsen er uændret efter at have været i bedring de foregående år. I Arreskov Sø er der en klar signifikant forbedring i RPV, mens RPA er mindre signifikant. Der er ikke registreret signifikant tilbagegang i nogen søer. Der har ellers tidligere været registreret tilbagegang i Tissø og Hornum Sø.

Tilbagegangen i Tissø har hidtil bl.a. skyldtes en reduktion i udbredelsen af kransålalger og Hjertebladet vandaks. Denne udvikling er tilsyneladende vendt i 2004, hvor kransålalgen *Chara contraria* vurderes til at være i klar fremgang. Trådalger kan dog også have indflydelse på resultatet, idet disse er inkluderet i det totale resultat for 2004 (*Vestsjælland Amt, 2005*). I Hornum Sø er tilbagegangen frem til 2002 vendt p.g.a. en forbedret sigtdybde i både 2003 og 2004. Det har resulteret i en tiltagende kolonisering i de dybere dele af søen, og specielt i 2004 er der sket en meget kraftig tilvækst af Bugtet glansstråd i dybdeintervallet 2-3 m (*Nordjyllands Amt, 2005*).

Plantefund

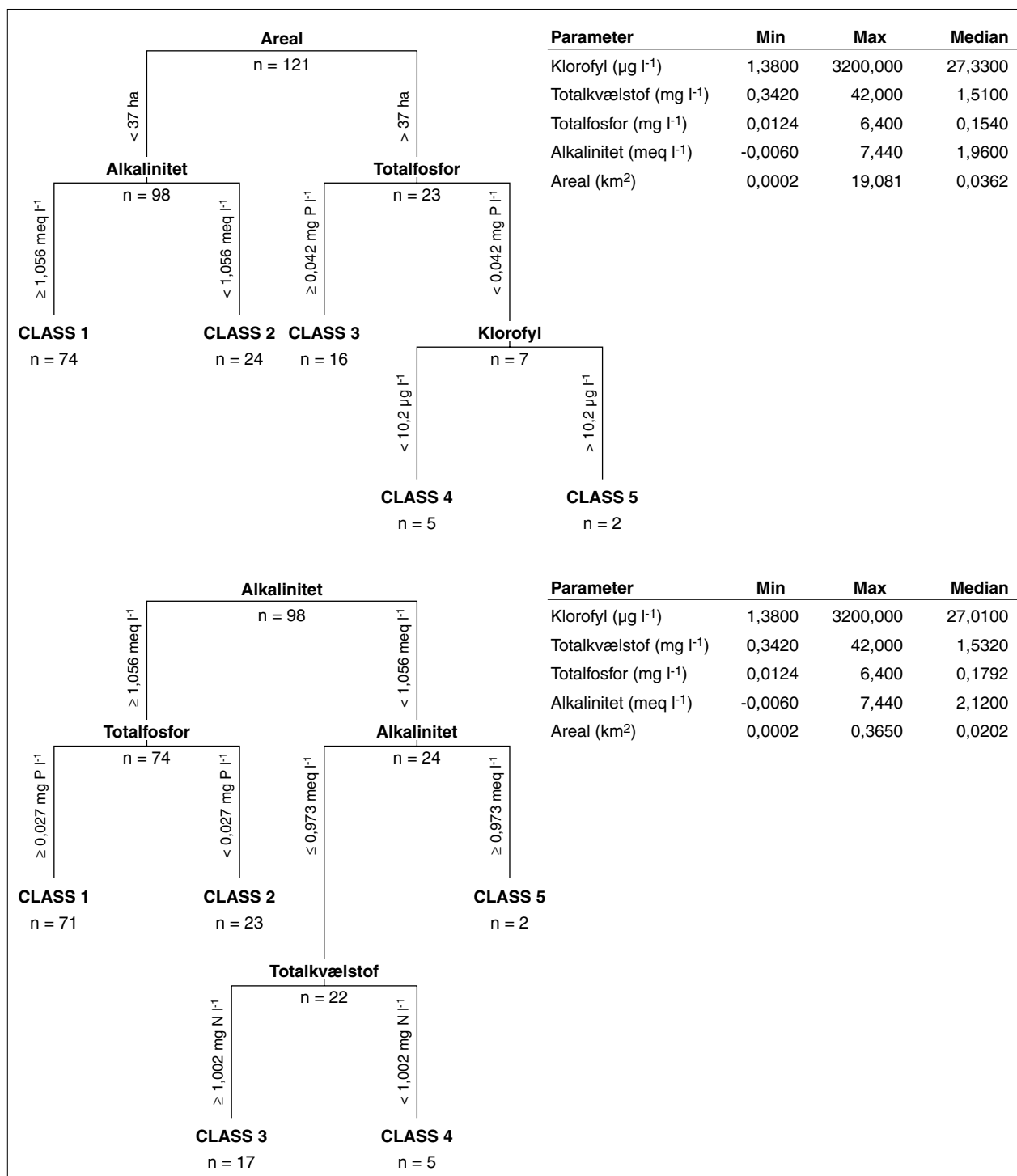
I NOVANA undersøges undervandsplanterne også i alle de ekstensivt overvågede søer, om end detaljeringsgraden falder med søstørrelse. I dette afsnit har vi udnyttet disse data samt data fra de inten-

sivt undersøgte søer til at foretage en indledende klassifikation af plantesamfund i relation til morfometriske og kemiske variable. Artsforekomsten af undervands- og flydebladsplanter er her analyseret i relation til søareal, middeldybde, sigtdybde, totalkvælstof, totalfosfor, alkalinitet og pH – variable, der i tidligere undersøgelser har vist sig at være af betydning for opdeling af plantesamfund i søerne (Jackson & Charles, 1988; Vestergaard og Sand Jensen, 2000). I analysen indgår data fra i alt 121 søer (Figur 3.7).

Analysen er gennemført ved anvendelse af den såkaldte MRT (Multivariate Regression Tree) analyse, der kan anvendes til at undersøge, beskrive og forudsige sammenhænge mellem arts- og miljødata. Ved denne metode kan der opnås kvantitative svar, om hvad der betinger opdelingen i plantesamfund i modsætning til almindelige clusteranalyser, der kun giver kvalitative svar. MRT-analysen kombinerer således multivariat regression med clusteranalyse (Breiman et al, 1984; De'ath & Fabricus, 2000; De'ath 2002). MRT analyserer samfundsdata, men vurderer ikke sammenhængene mellem de enkelte arter og det omgivende miljø. MRT-analysen blev foretaget ved hjælp af R 2.0.0 (R Development core team, 2004) (De'ath, 2002).

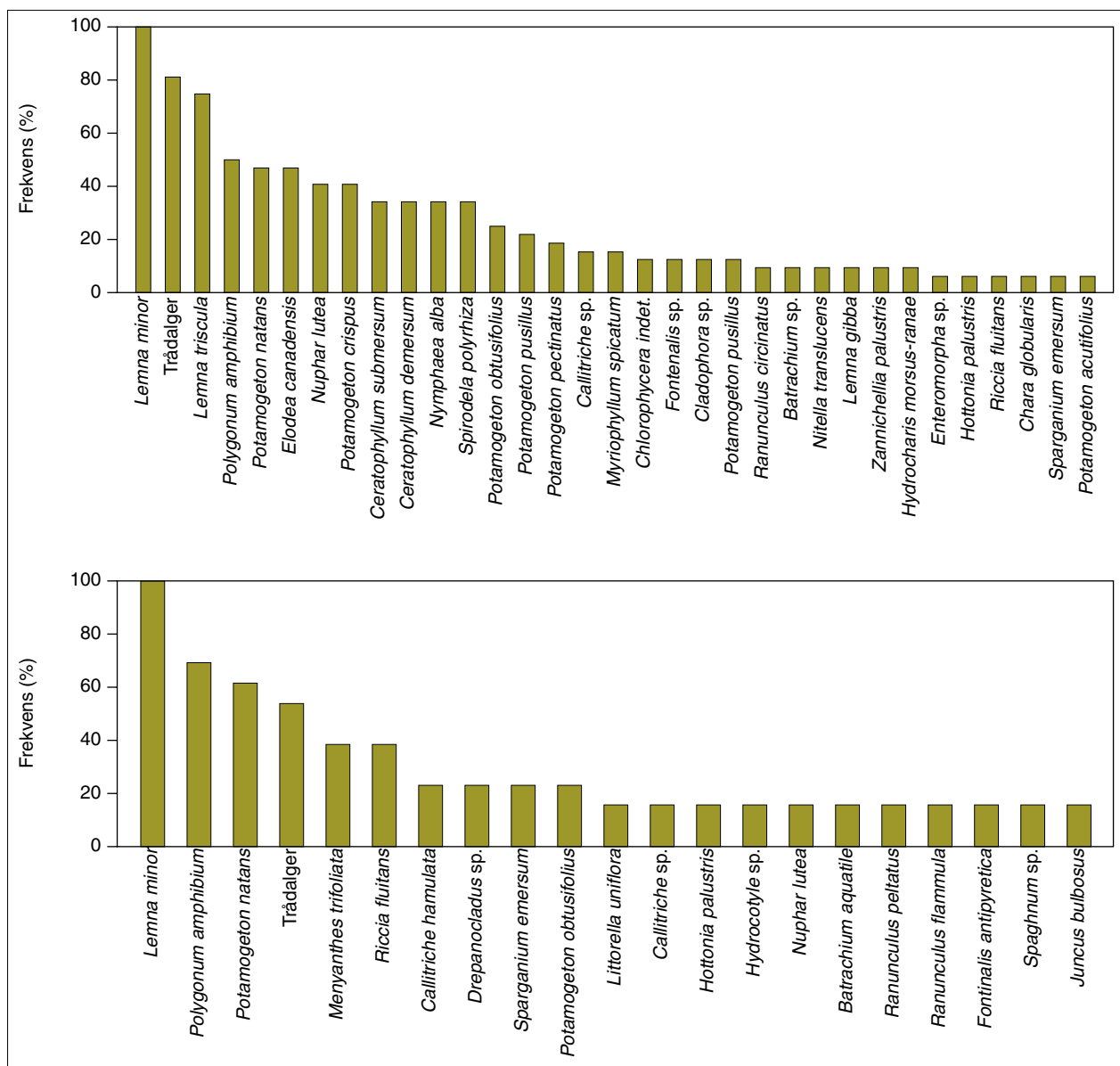
Ved analysen illustreres clustrene og deres afhængighed af de miljømæssige variable grafisk i et træ. Hvert cluster repræsenterer en artsfordeling. Træets overordnede styrke bestemmes som den relative fejl (SSD i clustrene divideret med SSD for de ikke-opdelte data), og forudsigelsernes præcision estimeres v.h.a. krydsvalidering. Under krydsvalideringen opdeles datasættet i to underklasser – den ene bruges til etableringen af træet og den andet til at teste forudsigelserne for de nye data. Det endeligt valgte træ er enten modellen med den mindste krydsvaliderede fejl (De'ath & Fabricus, 2000) eller det mest komplekse træ inden for én standardfejl (1 SE) fra det bedst forudsigende træ (Breiman et al, 1984).

Den indledende analyse af de 121 søers plantesamfund resulterede i et træ med fem grene eller klasser af plantesamfund (figur 3.7). Areal viste sig at være den vigtigste miljømæssige variabel, som delte søerne i søer med et areal over eller under 37 hektar. For søerne med areal under 37 hektar var alkalinitet den næstvigtigste faktor med en tærskelværdi på 1,056 meq l⁻¹. For søerne over 37 hektar var totalfosfor den næstvigtigste faktor med en tærskelværdi på 0,042 mg P l⁻¹ og en sidste klasse med klorofylværdier på 10,2 µg l⁻¹ for søer med lave totalfosforkoncentrationer.



Figur 3.7 MRT-analyse af plantesamfund registreret i NOVANA 2004 (kun ferskvandssøer). Øverst: Alle 121 søer. Nederst: 98 søer med areal under 37 hektar.

Den største klasse af søer på 98 søer omfattede søer med areal under 37 hektar (figur 3.7). På disse blev der gennemført en supplerende MRT-analyse, der også resulterede i et træ med fem klasser (figur 3.7). Den mest betydningsfulde miljømæssige variabel var alkalinitet, i henhold til hvilken søerne opdelttes i to klasser bestående af 74 søer med alkalinitet $\geq 1,056$ og 24 søer med en mindre alkalinitet. De to søer i klasse 5 kan karakteriseres som outliers (alkalinitet mellem 0,973 og 1,056). For de øvrige var totalkvælstof og totalfosfor de næstvigtigste miljøvariable. Analyserne bekræfter således alkalinitetens strukturerende effekt på søernes plantesamfund og samtidig også, at både fosfor og kvælstof efterfølgende er vigtige variable.



Figur 3.8 Fordelingen af undervandsplantearterne i søer < 37 hektar i MRT-klasse 1 (71 søer) og 3 (17 søer). Der er kun vist arter, som forekommer i mere end 1 sø.

Sammenhængen mellem miljøvariable og arter af vandplanter er også illustreret ved anvendelse af relative frekvensplots, der viser hvilke arter, der indgår i de forskellige plantesamfund defineret på baggrund af analysen (figur 3.8). Der er kun vist figurer for to af klasserne, fordi antallet af søerne, der indgår i de andre klasser er meget lav. Nogle af flydebladsplanterne, som andemad og vandpileurt, er her måske ikke overraskende blandt de hyppigst forekommende, og findes i de fleste af søerne både ved lav og høj alkalinitet (klasse 1 og 3).

3.7 Bunddyr

Undersøgelser af bunddyr er et nyt element i den nationale overvågning af søer. Bunddyr er medtaget i programmet, da de er en væsentlig faktor i beskrivelsen af økologisk tilstand i Vandrammedirektivet. Bunddyr udtages som hhv. 12 og 8 tilfældigt udvalgte uafhængige kajakprøver i hhv. intensive og ekstensiv-1 søer. Prøverne tages i profundalozonen, dvs. den dybeste del af søen og som oftest på barbund uden undervandsvegetation. I mere lavvandede søer med udbredt undervandsvegetation kan der forekomme vegetation på prø-

veudtagningsstederne, hvilket også fremgår af det efterfølgende. Prøverne oparbejdes efterfølgende i foruddefinerede taxonomiske grupper, som tæthed og biomasse pr. m² samt antal taxa.

I denne første rapportering af bunddyrsdata har vi valgt at give et generelt overblik over bunddyrstæthederne, biomasser, de tilhørende totalfosforniveauer samt antal taxa fundet i de inkluderede søer, såvel intensive som ekstensive. Biomasseopgørelserne er ekskl. muslinger, og tæthederne samt antal taxa er ekskl. copepoder og dafnier. Muslinger er taget ud af beregningerne, fordi de fuldstændig kan være bestemmende for den totale bunddyrsbiomasse i en sø. Copepoder og dafnier er ikke medtaget, fordi kun nogle enkelte amter har inkluderet disse tal i undersøgelsen. Ud over den generelle beskrivelse har vi valgt at fokusere på chironomiderne (dansemyggelarver) samt oligochaeter (børsteorme).

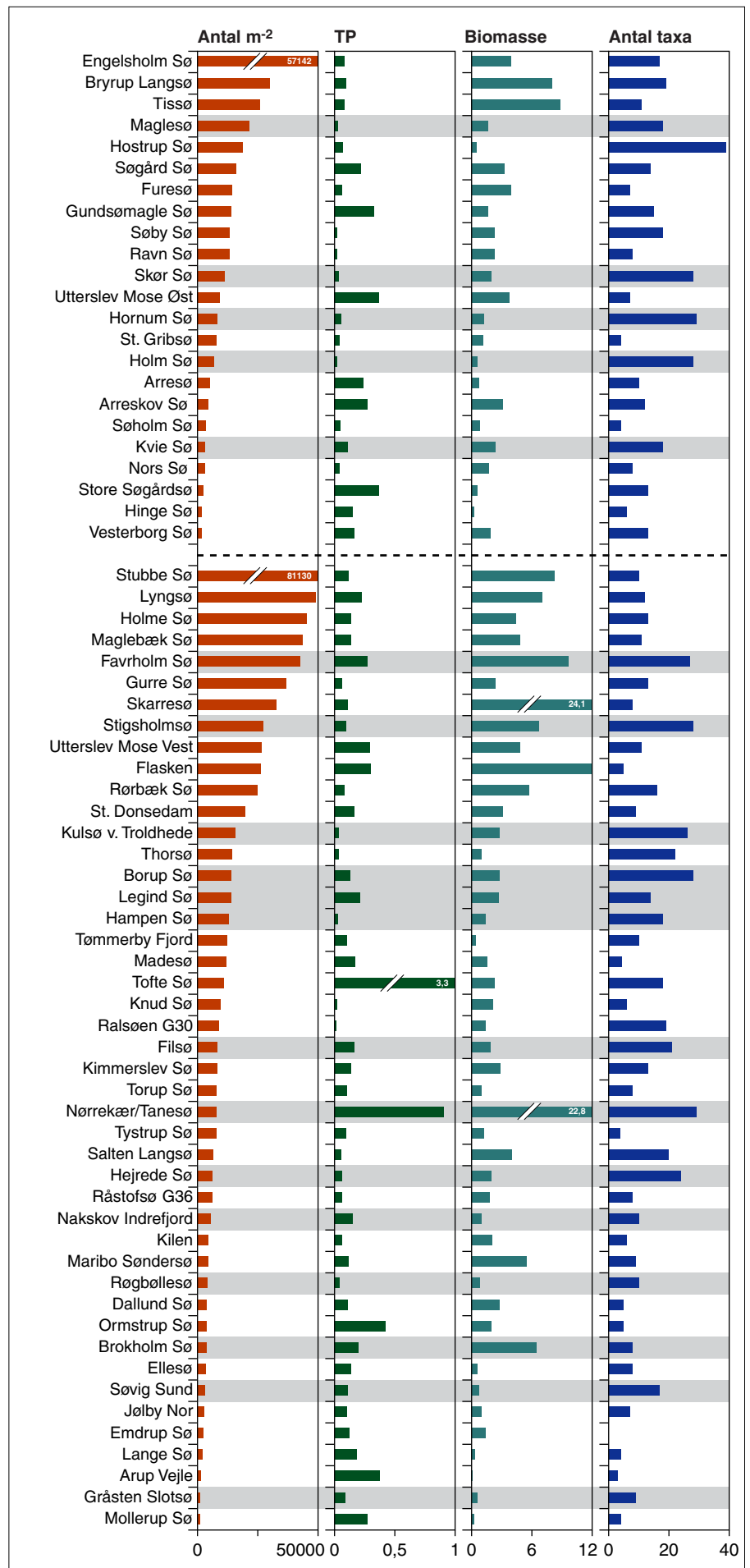
Undersøgelsen her er baseret på et enkelt års undersøgelser, dvs. at kun ca. 1/3 af det totale antal ekstensiv-1 søer er medtaget. En mere detaljeret analyse vil blive foretaget, når data fra flere søer fremkommer over de næste 2 år.

Relevans

Mængde og sammensætning af bunddyr afhænger af flere faktorer. I profundalzonen er bunddyrene til en vis grad følsomme over for lave iltkoncentrationer og dermed også eutrofiering. Der kan ligeledes være forskel på de forskellige gruppers tolerance, fx er dansemyggelarver mindre tolerante over for lave iltkoncentrationer, end børsteorme er det. Bunddyr kan også være påvirket af fisketæthed, således at høje fisketætheder dels kan reducere tætheden og dels størrelsen af bunddyrene. Bunddyr kan herved bidrage med information om søers tilstand og indgår som et element i Vandrammedirektivet til beskrivelse af søers økologiske tilstand.

Generelle betragtninger

De højeste bunddyrstætheder er fundet i Stubbe Sø og Engelsholm Sø med hhv. ca. 80.000 og 57.000 individer pr. m² (figur 3.9). Faunaen i disse søer domineres fuldstændig af ostracoder (muslingekrebs) efterfulgt af chironomider og børsteorme. Generelt er det kendetegnende for næsten alle de undersøgte søer, at chironomider og børsteorme er blandt de dominerende taxa. Da ostracoder ikke bidrager væsentligt til biomassen, er søerne med de største tætheder ikke nødvendigvis også søerne med de største biomasser. De højeste biomasser er således fundet i Skarresø og Nørrekær/Tanesø med hhv. 24,1 og 23,8 g tv pr. m² (figur 3.9). Faunaen i disse søer domineres af hhv. snegle og chironomider samt snegle og igler.



S005 - Fig. 3.7

Figur 3.9 Antal bunddyr m⁻², totalfosfor (TP, sommer median) l⁻¹, biomasse af bunddyr (g tv m⁻²) og total antal taxa i hhv. intensivt undersøgte (over stiplede linje) og ekstensiv-1 undersøgte søer (nederst). Søer med vegetation på én eller flere bunddyrslokaliteter er skraveret.

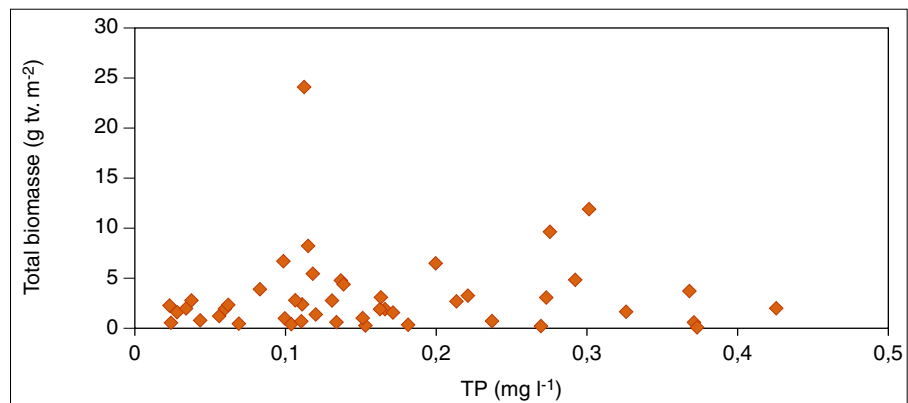
De mindste tætheder er registreret i Mollerup Sø og Gråsten Slotssø med hhv. 940 og 1180 individer pr. m² (figur 3.9). Faunaen var her domineret af hhv. chironomider og ostracoder samt *Chaoborus* (glasmyggelarver).

Betragtes søerne med vegetation voksende på alle eller enkelte af bundfaunalokaliteterne, kan der ikke på nuværende tidspunkt siges noget generelt om faunataethederne eller biomassen. Med undtagelse af Gråsten Slotssø, Brokholm Sø, Røgbølle Sø og Nakskov Indrefjord er der dog tendens til, at der registreres mange taxa i søerne med undervandsvegetation (figur 3.9).

Bunddyr og næringsstoffer

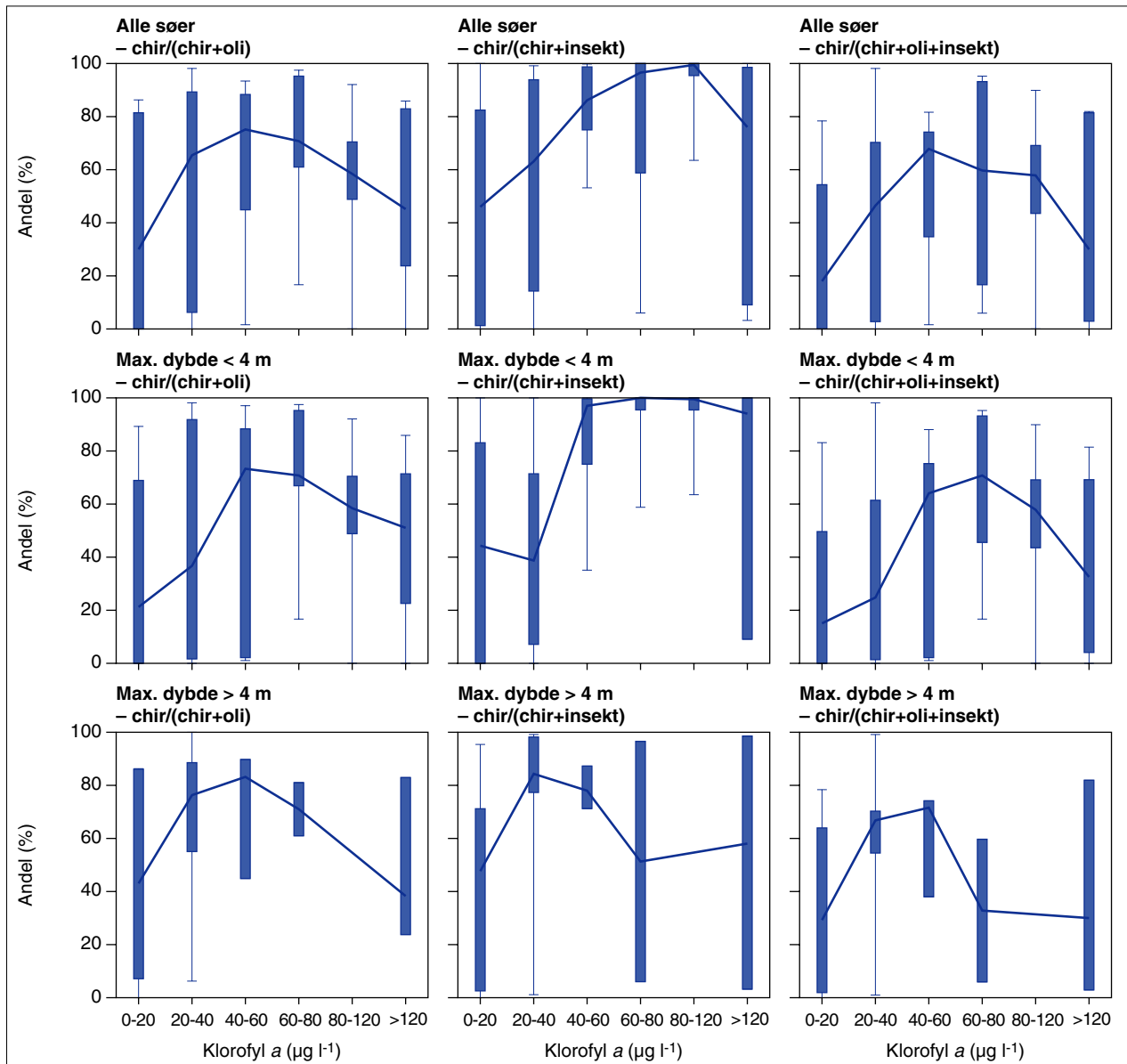
En øget næringsstofftilførsel medfører øget primærproduktion, hvilket betyder større potentiale for bentiske invertebrater, såsom dansemyggelarver, børsteorme og snegle. Samtidig sker der også en reduktion i fx døgnflueantallet, og diversiteten forventes at falde (Voss *et al.*, 2004). En gruppe, der især kommer til at dominere ved øget eutrofiering er børsteorme, som er blandt de mest tolerante invertebrater (Wetzel, 1983). Data fra de intensive og ekstensive søer følger dette mønster om end der er stor variation mellem søerne. De laveste totale biomasser findes i de mest næringsfattige samt de mest næringsrige søer. Derimellem findes de maksimale totale biomasser i de middelnæringsrige søer (figur 3.10).

Figur 3.10 Totalbiomasse af bunddyr som funktion af totalfosforkoncentrationen i NOVANA søer med en maksimaldybde < 6 m. Biomassen er eksklusiv muslinger.



En alternativ metode til at vurdere bunddyr i relation til næring er at relatere dem til klorofylmængden. Klorofyl afspejler ikke kun totalfosforniveauet men næringsstofferne generelt og giver samtidig en idé om den tilgængelige fødemængde.

Betragtes de generelt mest dominerende taxa, chironomider og børsteorme, er der en unimodal sammenhæng mellem den vægtmæssige andel af chironomider i forhold til henholdsvis chironomider +børsteorme, chironomider+insektlarver+chironomider og børsteorme+insektlarver. Sammenhængen viser toppunkt (højeste andel af chironomider) ved middelhøje værdier af klorofyl *a* (figur 3.11). Det gælder også, hvis datamaterialet opdeles i lavvandede og dybe søer. I de dybe søer er der tendens til, at toppunktet forrykkes mod venstre til lavere klorofylværdier. Årsagen hertil er formentlig, at der er større risiko for iltfrie forhold i bundvandet i de mere næringsrige søer.



Figur 3.11 Chironomidernes procentandel af hhv. chironomider + oligochaeter (venstre), chironomider + insektlarver (midten) og chironomider + oligochaeter + insektlarver (højre) i hhv. alle søer (øverste panel), søer med maksimal vandstand <4 m (midterste panel) og søer med maksimal vanddybde >4 m (nederste panel). Chir = chironomider, oli = oligochaeter, insekt = insektlarver.

Et unimodalt forløb er forventeligt. I de næringsfattige søer er der en del undervandsplanter, som fører til et organisk rigt sediment domineret af langsomt omsætteligt organiske forbindelser, hvilket favoriserer børsteorme. Ved højere planteplanktonproduktion, og dermed mere hurtigt omsætteligt organisk materiale, øges andelen af chironomider. Denne andel aftager igen ved de højeste planteplankton koncentrationer, både p.g.a. højere prædation fra fisk og i middeldybde og dybe søer også p.g.a. lave iltkoncentrationer om sommeren. Resultaterne viser dog stor variation søerne imellem.

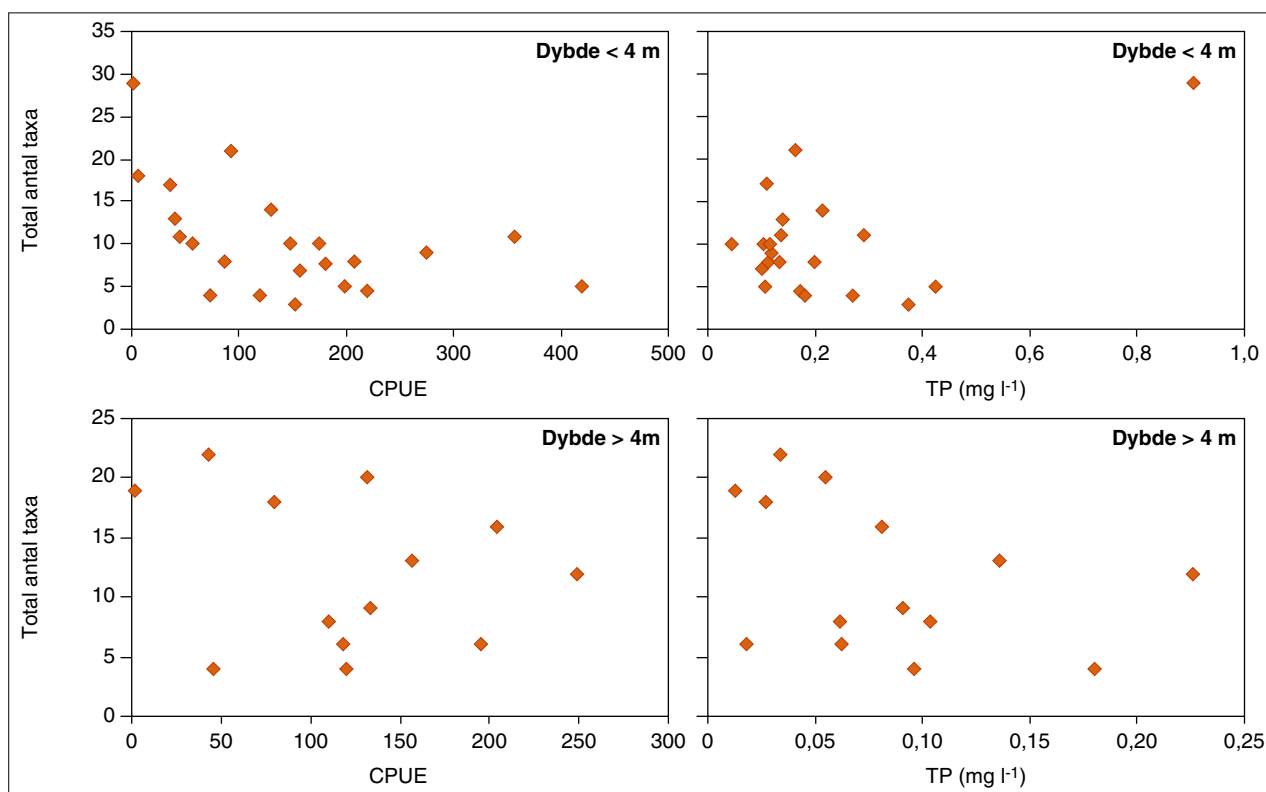
Bunddyr i relation til ilt og vanddybde

På en række områder ændres miljøforholdene for bunddyr i takt med, at vanddybden øges. I littoralen kan habitatet fx have en mere kompleks karakter, hvor der kan forekomme en blanding af rørskov, undervandsvegetation og barbund, som også kan bestå af forskellige substrattyper. I takt med at dybden øges, vil dette ændre sig til barbund/undervandsvegetation og til sidst ren barbund. Hermed ændres bunddyrssamfundet også fra et mere komplekst samfund til et mere enkelt samfund bestående af færre taxa (Wetzel, 1983).

I takt med at vanddybden øges, reduceres iltforholdene ved bunden, hvilket har afgørende betydning for tætheden af bunddyr (Dinsmore et al., 1999). Specielt er det tilfældet i dybere søer, hvor der i kortere eller længere perioder kan forekomme lagdeling. Det er bl.a. årsagen til det billede, vi ser i figur 3.11, hvor toppunktet i de dybere søer generelt rykker mod venstre p.g.a. lavere iltkoncentrationer i de mere næringsrige søer. I lavvandede søer med fuldstændig vandopblanding er iltforholdene ikke nødvendigvis lavere ved bunden, og billedet vil se anderledes ud.

Bunddyr og fisk

Næringsstofniveauet og iltforholdene er ikke de eneste faktorer, som har afgørende betydning for bunddyrssammensætning og -tæthed. I lavvandede søer har fødeforhold og tilstedeværelsen af prædatorer, såsom fisk, også stor indflydelse (Leppa et al., 2003). Som eksempel kan nævnes Arreskov Sø, hvor amtet har fulgt bunddyrssamfundet i profundalen siden 1989. I perioden 1989-2004 har tætheden varieret mellem 500 og 46.000 individer m^{-2} , uden at iltforholdene ved bunden har ændret sig væsentligt. Denne variation i tætheden tilskrives primært fiskesammensætningen (Fyns Amt, 2005). På datamaterialet fra 2004 er der en svag tendens til en tilsvarende sammenhæng. Derimod er der en klar tendens til en reduktion i antal taxa som funktion af øget fisketæthed målt som CPUE (figur 3.12). Nedgangen i antal taxa må dog også formodes at være en kombineret effekt af fisketæthed og næringsstofniveau, idet antal taxa også synes at falde med øget totalfosforkoncentration (figur 3.12). Årsagen til dette mønster er dels, at fiskene er størrelses-selektive i deres fødevalg, hvilket efterlader de mindre arter tilbage, og dels betyder den næringsrige tilstand, at det kun er de mest tolerante af de mindre arter/taxa, som kan overleve.

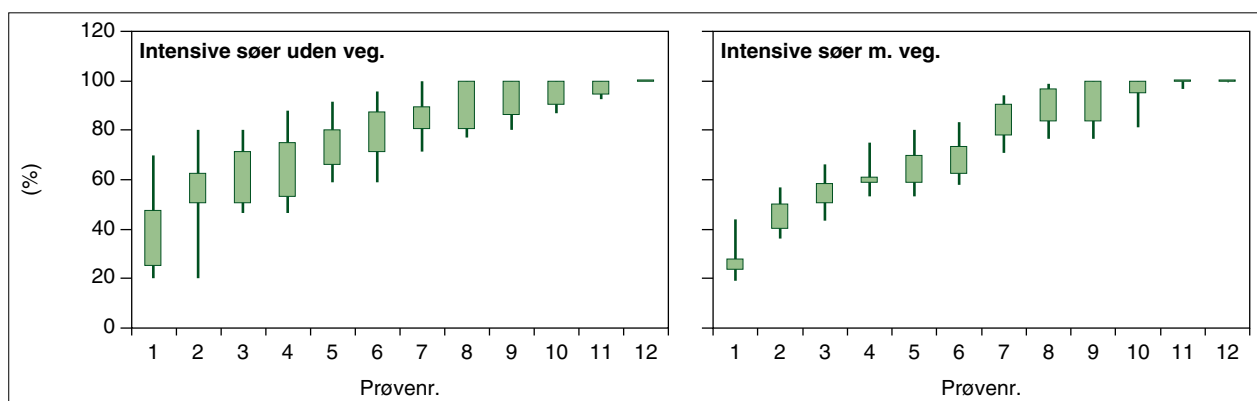


Figur 3.12 Total antal taxa som funktion af hhv. fisketæthed målt som CPUE (venstre) og totalfosforkoncentrationen (højre) i hhv. søer med en maksimaldybde <4 m (øverst) og >4 m (nederst). Dafnier og copepoder er ikke medtaget i taxa-antallet.

Evaluering af metoden

I forbindelse med introduktionen af bunddyr i NOVANA-programmet blev det diskuteret, hvorvidt 8 og 12 uafhængige prøver i hhv. de ekstensive og intensive søer ville være tilstrækkeligt til at give et rimeligt billede af bunddyrssamfundet i søerne. Af samme årsag blev det besluttet, at undersøgelsen skulle fokusere på profunden af hensyn til at mindske variabiliteten mellem prøverne. I den forbindelse blev det også besluttet, at der skulle konstrueres artsmætningskurver med henblik på at vurdere, om det valgte prøveantal giver et tilstrækkelig godt billede af artsantallet i profunden.

I dette afsnit præsenteres artsmætningskurver for de intensivt undersøgte søer, hvori der bliver taget 12 uafhængige prøver. Dette giver mulighed for at sammenligne det opnåede taxa-antal efter hhv. 8 og 12 prøver.



Figur 3.13 Relative artsakkumuleringskurver som funktion af prøveantal udtaget i de intensive søer hhv. uden undervandsvegetation (venstre) og med undervandsvegetation (højre). Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 percentiler.

Da der må forventes en mere kompleks artssammensætning i søer med vegetation i forhold til søer uden vegetation, er søerne opdelt i to grupper, hhv. med og uden undervandsvegetation. Sammenlignes de to kurver, ses det, at artsmætningskurven er mere stejl i starten i søerne uden vegetation (figur 3.13). Det vil sige, at allerede efter få prøver er der opnået en forholdsvis stor andel af det totale antal bunddyrstaxa. En sammenligning af de to kurveforløb viser også, at der er flere "spring" på kurven i søerne med vegetation, igen et udtryk for et mere komplekst bunddyrssamfund.

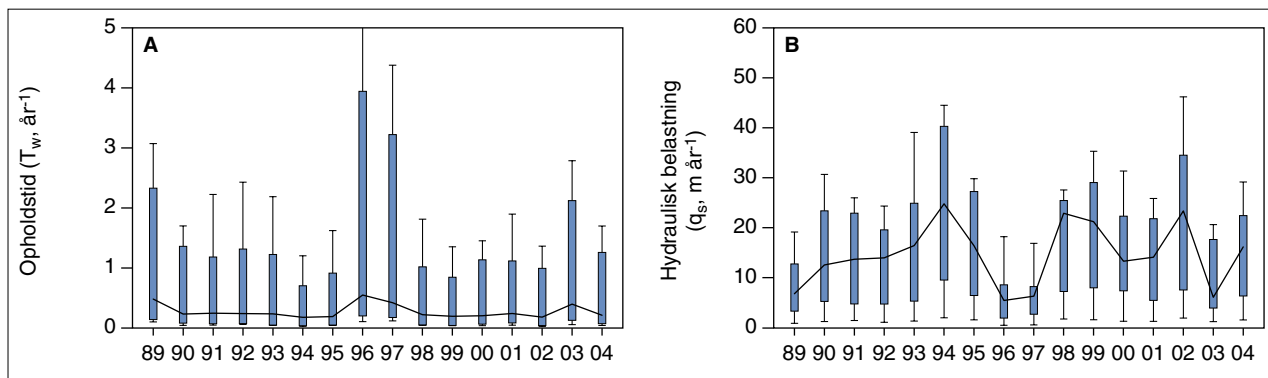
Ovenstående ændrer dog ikke ved, at på baggrund af 8 uafhængige kajakprøver kan vi forvente at finde > 80 % af det totale antal taxa observeret efter 12 prøver i > 75 % af søerne. Otte prøver giver således et rimeligt dækkende billede. Antallet af taxa ville dog forventeligt stadigvæk øges, hvis der blev taget mere end 12 prøver, men dette er ikke realistisk i NOVANA-sammenhæng af ressourcemæssige årsager.

3.8 Fosforkilder og fosforbalancer

Vandbalancer

Etableringen af gode vandbalancer er en vigtig forudsætning for at kunne lave gode massebalanceberegninger af fosfor og kvælstof. Generelt varierer vandtilførslen betydeligt fra år til, hvilket også påvirker tilførslen af næringsstoffer.

Mest markant i overvågningsperioden siden 1989 har været to tørre år i 1996 og 1997. Dette gav tilsvarende anledning til en betydeligt længere opholdstid i søerne (figur 3.14). Efter et forholdsvist tørt år i 2003 fulgte et relativt vådt år i 2004 med en nedbørsmængde, der var 16 % højere end for normalperioden 1961-1990 (se afsnit 6.2).



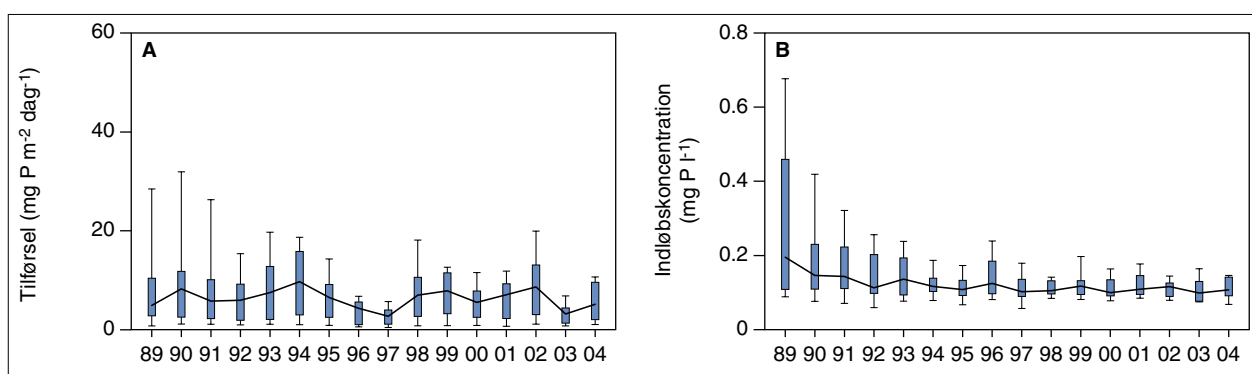
S005 - Fig. 3.8

Figur 3.14 Vandbalancer for de intensivt overvågede søer 1989-2004: venstre: Opholdstid, højre: Hydraulisk belastning. n=13

Fosfortilførsel og tilbageholdelse

Betydningen af vandtilførsel for den absolutte tilførsel af fosfor er i overvågningsperioden tydeligt illustreret af de to tørre år 1996 og 1997, hvor der var en tilsvarende mindre tilførsel af fosfor (figur 3.15). Derimod var tilførslen meget høj i det våde år 1994.

Gennemsnitskoncentrationen af totalfosfor i indløbsvandet er dog gennem hele overvågningsperioden siden 1989 blevet reduceret betydeligt (figur 3.15). Den største reduktion fandt sted i starten af overvågningsperioden, mens ændringerne siden midten af 1990'erne har været meget beskedne.



S005 - Fig. 3.9

Figur 3.15 Udviklingen i de intensivt (kun dem med massebalancer, n=13) overvågede søers tilførsel (venstre, $\text{mg P m}^{-2} \text{dag}^{-1}$) og indløbskoncentration (højre, mg P l^{-1}) af totalfosfor i perioden 1989 til 2004. Bjælkerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier.

Koncentrationen af fosfor i søernes indløb og udløb har generelt været faldende siden overvågningsprogrammets start i 1989 (tabel 3.8). Årsmiddelkoncentrationen af totalfosfor i indløbene er omtrent halveret fra $0,181 \text{ mg P l}^{-1}$ i perioden 1989-95 til $0,100 \text{ mg P l}^{-1}$ i 2004. Gennemsnitskoncentrationen er således reduceret med 44 % frem til 2004, mens medianen kun er reduceret med 20 % (tabel 3.9). 75 %- og 90 %-fraktilerne er reduceret signifikant i perioden fra 1989 til 2004, således er reduktionen af tilløbskoncentrationen størst i søerne med de højeste koncentrationer (figur 3.15).

Koncentrationen i udløbene er ikke faldet tilsvarende. Gennemsnittet for perioden 1989-95 er kun faldet med 31 % frem til 2004 (tabel 3.8).

Denne forskel kan i søerne med reduceret punktkildebetinget fos-

Table 3.8 Totalfosforkoncentration i indløb og afløb i de 20 intensivt overvågede søer med angivelse af middel-, median, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for perioderne 1989-95 og 1996-2003 og året 2004. Enheden er mg P l⁻¹.

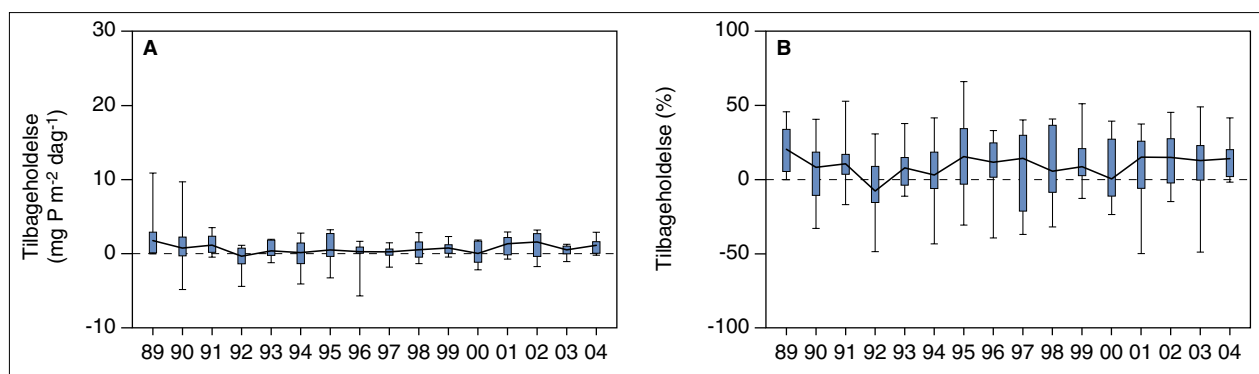
		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Årsværdier							
Indløb,	1989-95	0,181	0,022	0,078	0,118	0,178	1,073
Total-P	1996-03	0,105	0,021	0,075	0,098	0,128	0,228
	2004	0,100	0,016	0,068	0,094	0,124	0,192
Udløb,	1989-95	0,138	0,008	0,044	0,089	0,144	0,900
Total-P	1996-03	0,089	0,005	0,043	0,071	0,114	0,221
	2004	0,095	0,015	0,048	0,093	0,128	0,196

fortilførsel hovedsagelig relateres til intern frigivelse af fosfor fra sedimentet.

Såvel den absolutte som den relative tilbageholdelse af fosfor i søerne er ret lille i en del søer (figur 3.16) og peger på, at tidligere ophobet fosfor i sedimentet stadig frigives og påvirker tilbageholdelsen i specielt i de mere næringsrige søer. Dette betyder, at også ændringer i søvandet (totalfosfor, klorofyl mv.) er mindre, end man skulle forvente ud fra reduktionen i den eksterne belastning. Der er ikke væsentlige ændringer i 2004 i forhold til de foregående år.

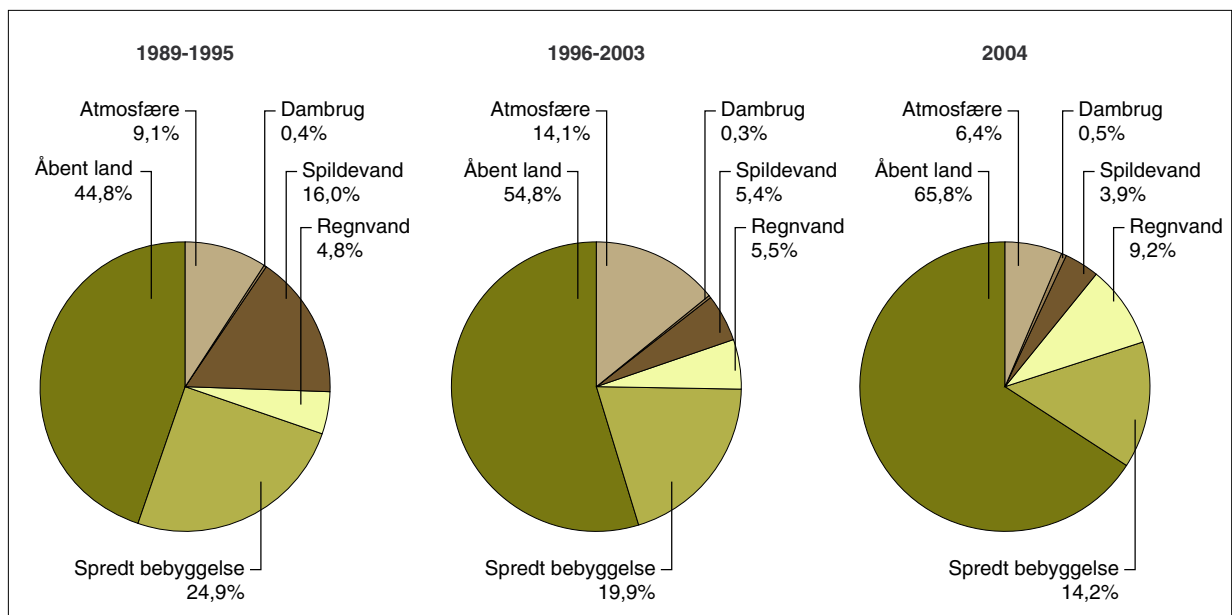
Fosforkilder

Igennem overvågningsperioden siden 1989 er der sket betydelige ændringer i den relative fordeling af fosforkilderne til søerne (figur 3.17). Mens bidraget fra spildevand er reduceret, er bidraget fra det åbne land øget fra at udgøre 45 % i perioden 1989-95 til at udgøre 66 % i 2004.



S005 - Fig. 3.10

Figur 3.16 Fosfortilbageholdelsen i de intensivt overvågede søer (n= 13). Venstre: mg P m⁻² dag⁻¹, højre: %. Bjælkerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier.



S005 - Fig. 3.11

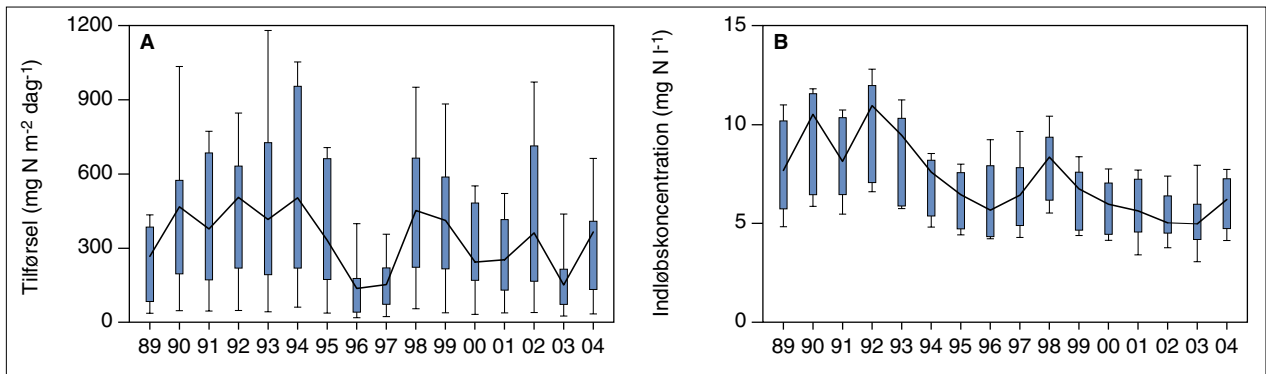
Figur 3.17 Den procentuelle kildefordeling for fosfortilførslen til de intensivt overvågede søer for perioderne 1989-95, 1996-2003 og 2004 (n=20). Fordelingen er beregnet som gennemsnit af de enkelte søers procentfordeling.

3.9 Kvælstofkilder og kvælstofbalancer

Kvælstoftilførsel og tilbageholdelse

Tilførslen af kvælstof til søerne afspejler i endnu højere grad end fosfor forskelle i vandafstrømningen fra år til år. De to tørre år i 1996 og 1997 er således meget markante i udviklingen i tilførslen af kvælstof siden 1989 (figur 3.18). Også i 2003 var tilførslen lav, mens den i 2004 var på niveau med perioden 1998-2002.

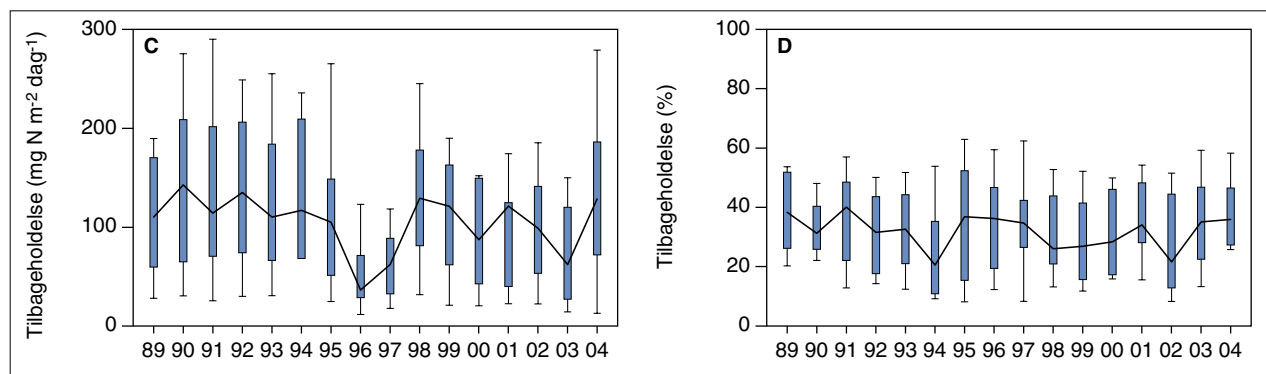
Den vandføringsvægtede indløbskoncentration af kvælstof har på trods forskellige nedbørsforhold generelt været faldende i perioden 1989 til 2004 (figur 3.18). Indløbskoncentrationen, der var høj i 1998, især sammenlignet med de tørre år (1996 og 1997), faldt igen fra 1999 til 2003. I 2004 steg indløbskoncentrationen lidt igen, formentlig på grund af det forholdsvis våde år i forhold til 2003. Den generelt faldende tendens i indløbskoncentrationen afspejler sig ikke ligeså tydeligt i kvælstoftilførslen (figur 3.18A). Årsagen hertil er formentlig den stigende tendens (ikke signifikant) i nedbøren, hvilket betyder øget stoftilførsel (Bøgestrand et al., 2003).



S005 – Fig. 3.12

Figur 3.18 Udviklingen i de intensivt overvågede søers (n=13) tilførsel (venstre, mg N m⁻² dag⁻¹) og indløbskoncentration (højre, mg N l⁻¹) af totalkvælstof i perioden 1989 til 2004. Bjælkerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier.

Kvælstoftilbageholdelsen var i 2004 i absolutte tal forholdsvis høj, mens den relative tilbageholdelse var knap 40 % som i de fleste af de foregående år (figur 3.19). I de tørre år 1996 og 1997, men også til dels 2003, var tilbageholdelsen mindre, modsvarende den mindre kvælstoftilførsel til søerne i tørre år.

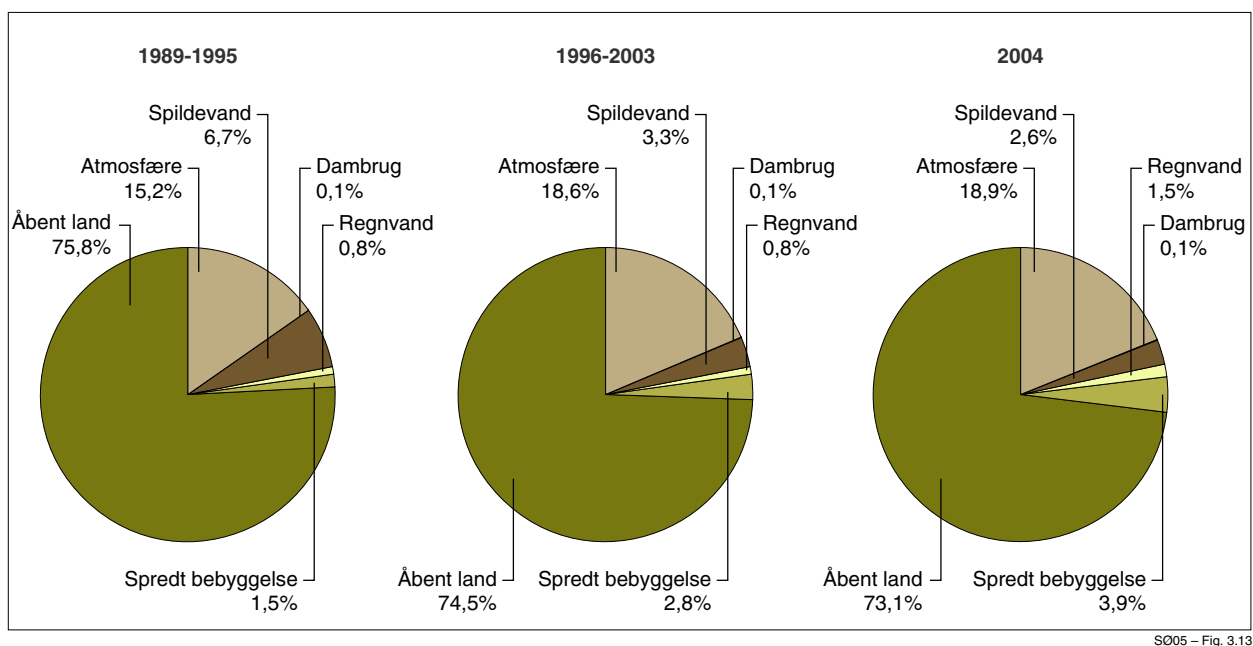


S005 – Fig. 3.13

Figur 3.19 Kvælstoftilbageholdelsen i de intensivt overvågede søer (n= 13). Venstre: mg N m⁻² dag⁻¹, højre: %. Bjælkerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier.

Kvælstofkilder

Kvælstofbelastningen fra det åbne land udgjorde i 2004 ca. 73 % af den totale tilførsel, dette er under forudsætning af, at fordelingen beregnes som gennemsnit af de enkelte søers procentfordeling (figur 3.20). Denne andel har været ret konstant siden 1989. Det atmosfæriske bidrag er den næstvigtigste kilde med en andel på 15-19 % i perioderne 1989-95 og 1996-2003 og 2004. Spildevand, regnvandsbetingede tilledninger, dambrug og spredt bebyggelse er som gennemsnit mindre væsentlige kilder til kvælstoftilførslen til søerne.



S005 - Fig. 3.13

Figur 3.20 Den procentuelle kildefordeling af kvælstoftilførslen til de intensivt overvågede søer for perioderne 1989-95, 1996-2003 og 2004. Fordelingen er beregnet som gennemsnit af de enkelte søers procentfordeling.

3.10 Søernes målsætning og aktuelle tilstand

De intensivt undersøgte overvågningssøer er som andre større danske søer tildelt en målsætning for den ønskede miljøtilstand. Målsætninger udarbejdes af amterne og indgår i amternes regionalplaner. På baggrund af de fastlagte målsætninger sættes mere specifikke krav til de enkelte søers tilstand og næringsstofftilførsel. De enkelte amter har på baggrund af de generelle retningslinjer (*Miljøstyrelsen, 1983*) udarbejdet deres egne systemer til fastlæggelse af målsætninger for søerne og opstilling af de specifikke krav til søernes tilstand og næringsstofftilførsel (*Jensen et al., 1997*). Dette forhold besværliggør en standardiseret national sammenstilling, men generelle informationer kan godt uddrages.

På baggrund af resultaterne fra undersøgelserne af miljøtilstanden i 2004 har amterne vurderet, om overvågningssøernes målsætninger er opfyldt. Disse vurderinger er opsummeret i tabel 3.10. Langt hovedparten af de 23 søer lever ikke op til deres målsætninger, idet målsætningen kun er vurderet som værende opfyldt for 5 af søerne. Dette svarer til niveauet set tidligere, da der var flere intensivt undersøgte søer med, men ligger lidt lavere end for alle større danske søer som helhed. Ved en sammenstilling for 698 søer i 1997 blev det påvist, at 34 % af disse søer opfyldte deres målsætning (*Jensen et al., 1997*), mens Skov- og Naturstyrelsens sammenstilling af regionale tilsynsdata (250 søer, 2003 data) viser, at 34 % af søerne opfyldte målsætningen (*Ivan Karottki, pers. medd.*). Det betyder, at fosfortilførslen til søerne skal reduceres yderligere for at opnå en tilstrækkelig god tilstand i søerne, svarende til kravene i målsætningerne. Målsætningssystemet skal formentlig revideres i forbindelse med implementeringen af Vandrammedirektivet (*se også Søndergaard et al., 2003*).

Tabel 3.10 Oversigt over de 23 intensivt undersøgte søers målsætning (udvalgte krav) med amternes vurdering af om målsætningen er opfyldt. Målsætninger A: skærpet målsætning (upåvirket af menneskelig aktivitet), A1: naturvidenskabelig interesseområde, A2 badevand, B: generel målsætning (svag påvirkning af menneskelig aktivitet tilladt).

Sø	Amt/kommune	Målsætning	Specifikke krav		Opfyldt	Habitatsø ja/nej, type
			Sigt dybde (sommer), m	Tot-P (sommer-/år), mg P l ⁻¹		
Arreskov Sø	Fyn	A1	> 1,5-2	<0,06 (som)	Nej	ja, 3150
Arresø	Frederiksborg	B	> 0,8	<0,065 (år)	Nej	ja, 3150
Bryrup Langsø	Århus	B2	> 2	<0,05 (som)	Nej	nej
Engelsholm Sø	Vejle	A2	> 2,0		Nej	nej
Furesøen	København	A1/A2	> 4	<0,04 (år)	Nej	ja, 3150
Gundsømagle Sø	Roskilde	B	> 1	< 0,15 (som)	Nej	nej
Hinge Sø	Viborg	B			Nej	nej
Holm Sø	Ribe	A1	>1,8	<0,025 (som)	Ja	ja, 3110
Hornum Sø	Nordjylland	A2/B	> 2		Ja	nej
Hostrup Sø	Sønderjylland	A1	> 2,5		Nej	ja, 3130
Kvie Sø	Ribe	A1	> 2,6	<0,04 (som)	Nej	nej
Maglesø	Vestsjælland	A1			Ja	nej
Nors Sø	Viborg	A			Ja	ja, 3140
Ravn Sø	Århus	B2		<0,025 (som)	Nej	nej
Skør Sø	Ringkøbing	A1	> 3	< 0,04 (år)	Ja	nej
St. Gribbsø	Frederiksborg	A1	> 3		Nej	ja, 3160
Store Søgårdsø	Sønderjylland	B	> 1		Nej	nej
Søby Sø	Ringkøbing	A1/A2	> 3	<0,04 (år)	Nej	nej
Søgård Sø	Vejle	B	> 0,9		Nej	nej
Søholm Sø	Fyn	A1	> 3,5		Nej	nej
Tissø	Vestsjælland	A1			Nej	ja, 3150
Utterslev mose	Københavns	B	> 1,0	<0,06 (som)	Nej	nej
Vesterborg Sø	Storstrøm	B	> 1,0		Nej	nej

Otte af de 23 undersøgte søer er habitatsøer. De 8 søer er fordelt på 5 forskellige habitattyper (se *Søgaard et al., 2003*). På nuværende tidspunkt kan der ikke gives en endelig vurdering af bevaringsstatus af habitatsøerne, da de generelle miljømål for habitatområderne endnu ikke er fastlagt (se også afsnit 4.4).

3.11 Sammenfatning

Den gennemsnitlige årsmiddelværdi for de 20 ferske overvågnings-søer er reduceret fra 0,204 mg totalfosfor l⁻¹ i 1989 til 0,106 mg totalfosfor l⁻¹ i 2004. Reduktionen i søernes totalfosfor er især sket blandt de næringsrige søer. I samme periode er den gennemsnitlige indløbskoncentration af totalfosfor til søerne tilsvarende reduceret fra 0,181 mg P l⁻¹ til 0,100 mg P l⁻¹.

Elleve ud af de 20 søer har haft en signifikant faldende årsmiddeltotalfosforkoncentration i perioden fra 1989 til 2004. I alle de 11 søer har der været tale om kraftige ændringer på 1 % signifikansniveau eller derunder.

Også totalkvælstof er reduceret fra 1989 til 2004. I alle de 13 søer med signifikante ændringer (5 % niveau eller mindre) for årsmiddeltotalkvælstof har der været tale om en faldende koncentration.

Den gennemsnitlige årssigt dybde for søerne var i 2004 øget til 1,9 m. Men 50 % af søerne havde dog i sommeren 2004 en middelsigt dybde

på mindre end 1,5 m. Tendensen er gået i retning af, at de mest uklare søer generelt er blevet mindre uklare, hvilket er sammenfaldende med, at især disse har haft faldende søkoncentration af fosfor.

I størsteparten af søerne med ændret sigtddybde er der tale om en øget sigtddybde. I 8 ud af de 20 søer er sommersigtddybden således øget, mens den kun er reduceret i en enkelt sø i perioden fra 1989 til 2004. For undervandsplanterne har der generelt været en tendens til øget udbredelse i perioden fra 1994 til 1998, men denne tendens blev dog afbrudt i mange af søerne i 1999. Efter 1999 steg udbredelsen igen, og i 2004 er niveauet stort set tilbage på niveauet i 1997/98. De mest markante ændringer er en øget udbredelse af undervandsplanter i Kvie Sø og Furesøen.

Den overordnede konklusion vedrørende søernes miljøtilstand er, at der i over halvdelen af de 20 overvågningssøer er sket forbedringer i perioden 1989 til 2004. De største forbedringer ses m.h.t. næringsstofkoncentrationerne og til dels sigtddybden. I andre søer er næringsstofniveauet ikke reduceret tilstrækkeligt til at give markante forbedringer i biologien. I en del af disse søer forventes det, at næringsstofniveauet reduceres yderligere, når indflydelsen af den interne fosforfrigivelse fra sedimentet mindskes.

Størstedelen af søerne kan stadig ikke opfylde de krav, der er opstillet i de tildelte målsætninger for miljøtilstanden. Yderligere indgreb i forhold til at reducere fosfortilførslen fra landbrugsarealerne i det åbne land er nødvendige, for at det kan lade sig gøre.

4 Ekstensivt undersøgte søer

Et af de ny elementer i NOVANA-programmet i forhold til tidligere overvågningsprogrammer er et større antal ekstensivt undersøgte søer. Disse omfattede i 2004 71 søer større end 5 hektar, 67 søer mellem 0,1 og 5 hektar og 65 søer mellem 100 og 1000 m². Søerne undersøgt ekstensivt i 2004, vil i 2005 og 2006 blive suppleret med et yderligere antal søer, så der i alt undersøges 639 søer i den 3-årige periode.

Omfanget af undersøgelsesprogrammet reduceres i takt med søstørrelse, så fx vandkemiske undersøgelser i de mindste søer er begrænset til en enkelt prøvetagning i løbet af sommeren (se kapitel 2). Dette betyder, at værdierne fra de mindre søer er bestemt med en betydelig større usikkerhed end for de mere intensivt undersøgte søer og som sådan må tolkes med større forsigtighed.

Undersøgelserne for de tre niveauer er typisk gennemført i af amterne udvalgte geografiske områder. Dette er sket af hensyn til at begrænse transporttiden i forbindelse med prøvetagningen. Som det fremgår af figur 4.1, 4.3 og 4.5 ligger de undersøgte søer i 2004 derfor klumpet fordelt over landet.

I dette års rapport gives en kort karakteristik af de undersøgte områder. Når data fra den tre-årige turnus er tilendebragt, vil der blive givet en mere omfattende analyse.

4.1 Ekstensiv 1 søer (> 5 hektar)

De 71 ekstensiv-1 undersøgte søer er fordelt i samtlige amter (figur 4.1). Som de intensivt undersøgte søer dækker de undersøgte søer over store morfologisk, kemiske og biologiske forskelle. En samlet karakteristik af søerne er givet i tabel 4.1-4.3.

Tabel 4.1 Fysiske og morfometriske forhold de ekstensiv 1 undersøgte søer.

	Gns	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Oplandsareal (km ²)	25,9	13,8	0,3	168,9	36
heraf dyrket areal (%)	60	67	0	90	36
Søareal (km ²)	0,81	0,22	0,05	5,72	36
Middeldybde (m)	2,7	1,6	0,3	13,4	35
Maksimumsdybde (m)	4,5	2,4	0,2	28	36

Tabel 4.2 Vandkemiske forhold i de ekstensiv 1 undersøgte søer (sommerværdier).

	Gns	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Ptot (mg P l ⁻¹)	0,218	0,120	0,013	3,334	71
Ntot (mg N l ⁻¹)	1,89	1,62	0,34	6,32	71
Sigtedybde (m)	1,33	0,90	0,19	6,48	71
Klorofyl (µg l ⁻¹)	60,0	44,2	1,3	295,1	71
Farvetal (Pt)	42,6	25,3	7,8	457,3	63
Alkalinitet (mmol l ⁻¹)	2,32	2,41	0,03	5,64	67
pH	8,4	8,4	6,2	9,3	66
Salinitet ¹ (‰)	2,0	0,1	0,1	7,7	5

1) kun beregnet for brakke søer

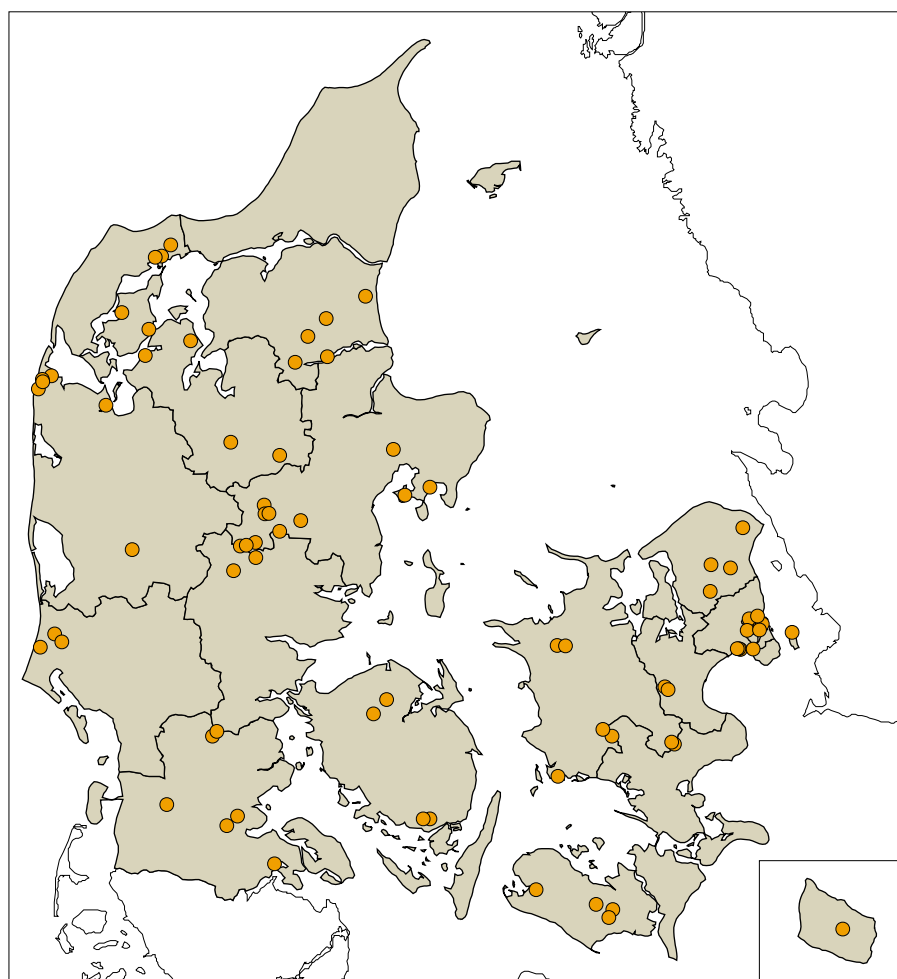
Tabel 4.3 Biologiske forhold i de ekstensiv 1 undersøgte søer. Dyre- og planteplanktondata er baseret på kun én sommerprøve.

	Gns	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Planteplanktonbiom ($\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$)	17,1	7,7	0,1	224,7	65
% blågrønalger	35	13	0	100	65
% grønalger	16	3	0	100	65
% kiselalger	13	1	0	88	65
% gulalger	2	0	0	66	65
Dyreplanktonantal (antal l^{-1}) ¹	269	170	2	1768	62
% hjuldyr (=Asplanchnoidae)	4,6	0	0	89	62
% copepoder	66	75	1	100	62
% cladoceer	29	20	0	99	62
% <i>Daphnia</i> af cladoceer	37	25	0	100	55
Undervandsplanter % RPA	16,0	5,3	0	71,4	63
% RPV	6,6	0,8	0	44,5	63
dybdegrænse ² (m)	2,4	1,8	0,3	8,5	57
artsantal ²	8	7	1	25	57
Bunddyr, tæthed (antal pr. m^2)	16741	10000	952	81130	43
(biomasse pr. m^2)	4,69	2,2	0,1	29	45
antal TAXA	12,7	10	3	29	44
Fisk ³ (CPUE)					
total antal	131,5	130,5	1,8	356,7	41
total biomasse (kg)	5,44	4,30	0,005	15,31	41
% rovfisk af antal	32	24	0	100	41
% rovfisk af biomasse	32	26	0	100	41

1) I totalantallet er kun *Asplanchnoidae* medtaget fra hjuldyrene

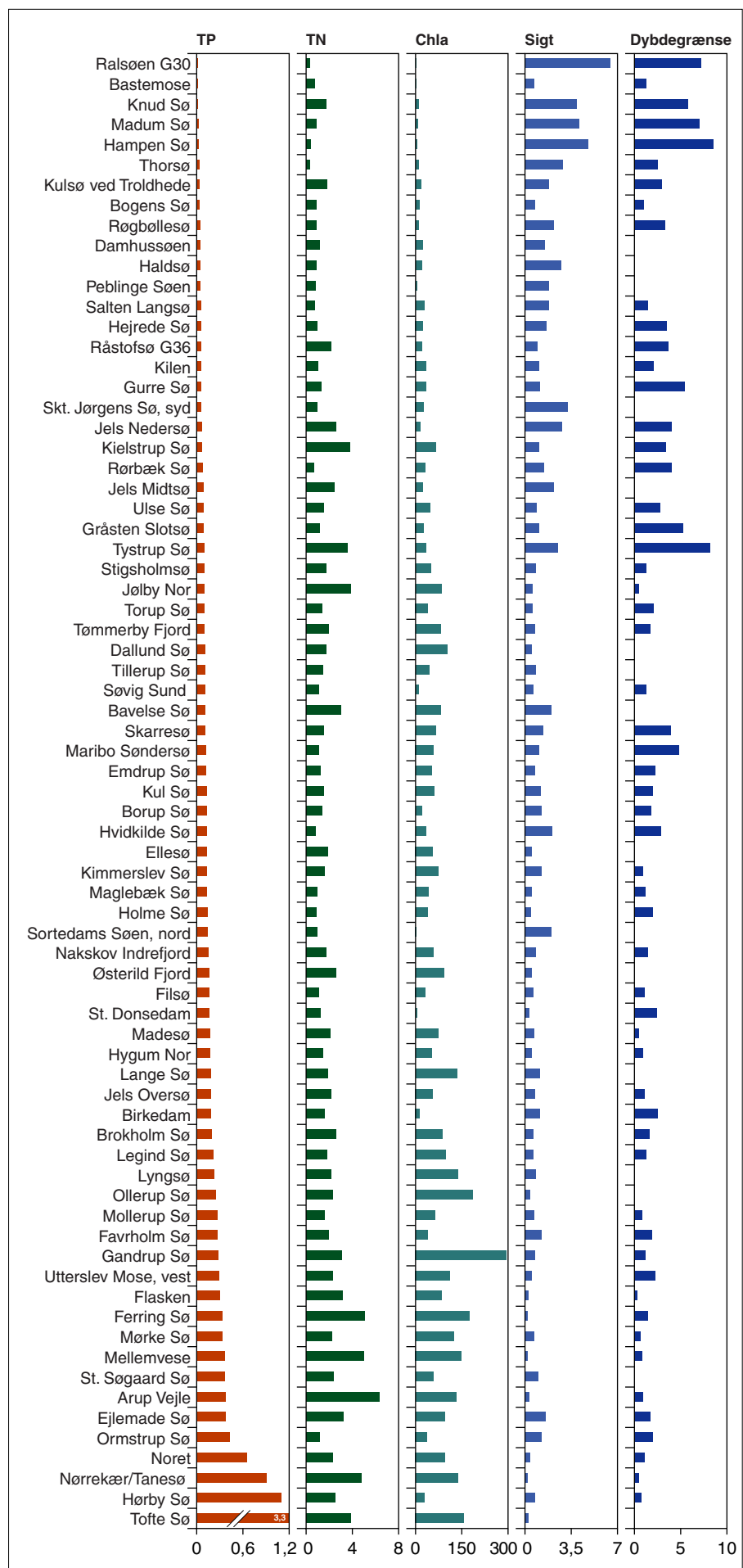
2) Kun søer indeholdende undervandsplanter

3) CPUE for garn, inkl. 68 og 85 mm



S005 - Fig. 4.1

Figur 4.1 Placering af de 71 ekstensivt 1 undersøgte søer i 2004.



S005 - Fig. 4.2

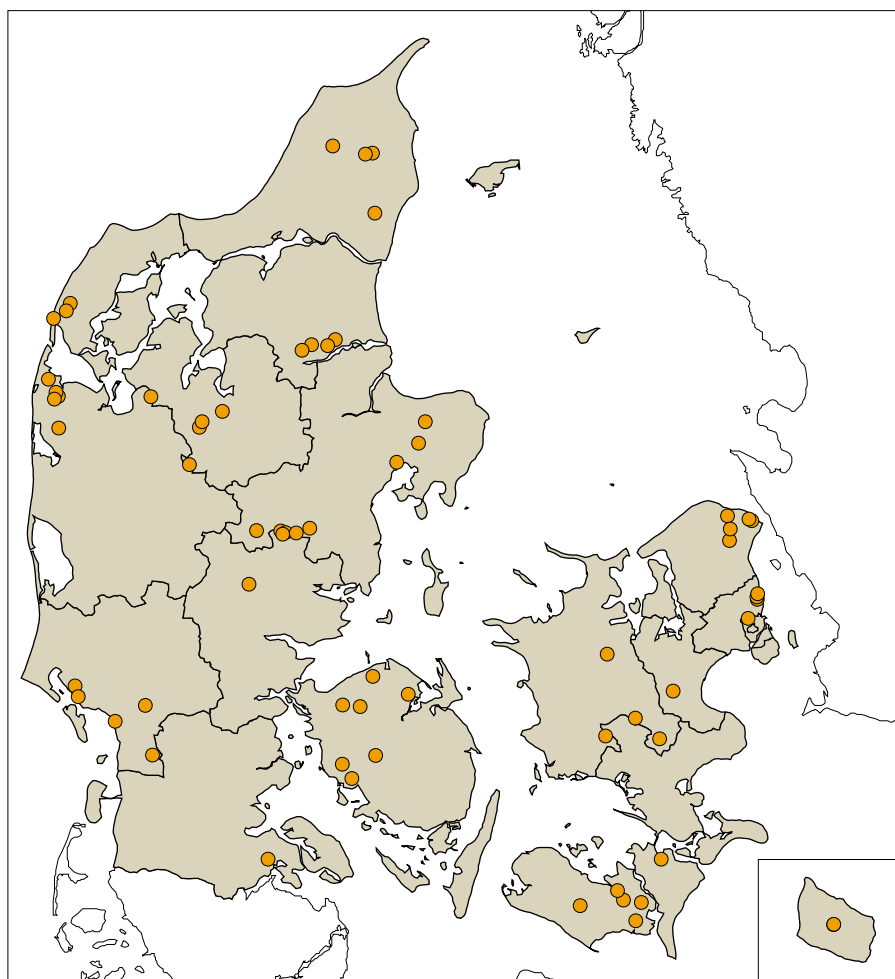
Fig. 4.2 Sommermiddel totalfosfor (TP, mg l⁻¹) og totalkvælstof (TN, mg l⁻¹), klorofyl *a* (Chl *a*, µg l⁻¹) samt sigtddybe og undervandsplanternes dybdegrænse (m) i de ekstensiv 1 undersøgte søer. I enkelte søer skyldes den ringe sigt- og dybdegrænse, på trods af lave næringsstofkoncentrationer, at sigtddyben er lig vanddybden (fx Bastemose).

Totalfosfor median værdien er 0,120 mg l⁻¹, og 5 % af søerne har en sommer totalfosfor-koncentration større end 0,5 mg l⁻¹. To søer, Hørby Sø og Tofte Sø har koncentrationer over 1 mg TP l⁻¹ (figur 4.2).

Median dækningsgraden for alle undersøgte søer er kun 5,3 %. 63 % og 50 % af søerne med undervandsplanter har en dybdegrænse større end hhv. 1,0 og 1,5 m (figur 4.2). Syv af søerne med undervandsplanter indeholder kun én art, mens median værdien for artsantallet er 7 arter. Fire søer indeholder mere end 20 arter af undervandsplanter, det er: Søvig Sund, Knud Sø, Maribo Sønder sø og Hampen Sø med hhv. 22, 23, 24 og 25 arter.

4.2 Ekstensiv 2 søer (0,1-5 hektar)

Ekstensiv-2 søerne er ligesom de foregående søer fordelt i samtlige amter (figur 4.3). Morfometrisk er der stor variation mellem søerne, om end den maksimale dybde ikke overstiger 6 m. Næringsstofkoncentrationerne varierer meget mellem søerne, og variationen er meget større end i de store ekstensiv-1 søer. Årsagen er, at maksimal-koncentrationerne i de mindre søer er meget høje (tabel 4.4). Dette giver sig også udslag i høje klorofylværdier.



Figur 4.3 Placering af de 67 ekstensiv 2 undersøgte søer, der hidtil er undersøgt.

S005 - Fig. 4.3

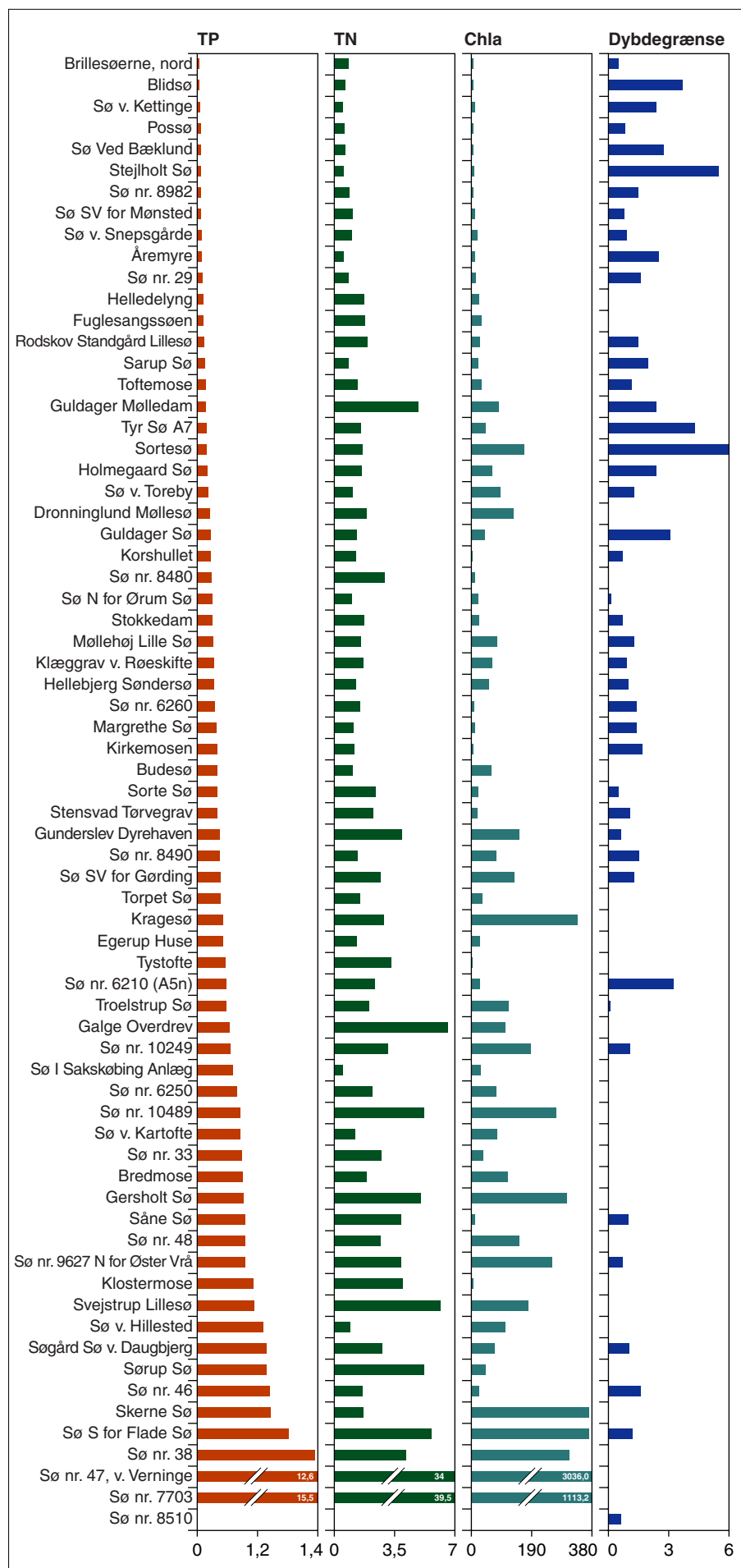
Tabel 4.4 Oversigt over data fra de ekstensiv 2 undersøgte søer (sommerværdier).

	Gns	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Oplandsareal (km ²)	2,54	0,27	0,0035	62,6	55
heraf dyrket areal (%)	50	58	0	98	55
Søareal (km ²)	0,013	0,008	0,001	0,055	56
Middeldybde (m)	1,0	0,9	0,3	3	47
Maksimumsdybde (m)	1,9	1,5	0,5	6	47
Ptot (mg P l ⁻¹) sommer	0,71	0,23	0,026	15,5	68
Ntot (mg N l ⁻¹) sommer	3,2	1,7	0,47	39	68
Sigt dybde (m) sommer	0,90	0,73	0,13	3,3	67
Klorofyl (µg l ⁻¹) sommer	138,9	40,8	3,6	3036	68
Alkalinitet (mmol l ⁻¹) sommer	2,5	2,1	-0,01	7,9	67
pH sommer	7,5	7,6	5,0	9,8	65
Salinitet (‰) sommer	0,45	0,1	0,04	3,5	11
Undervandsplanter % RPA	18,9	4,3	0	91,5	58
% RPV	12,8	0,7	0	85,9	58
dybdegrænse ¹ (m)	1,67	1,3	0,1	6	43
artsantal ¹	3,1	2	1	15	43

1) Kun søer indeholdende undervandsplanter

Totalfosfor median værdien er 0,23 mg l⁻¹, dvs. næsten dobbelt så høj som i ekstensiv-1 søerne. 25 % af søerne har en totalfosfor koncentration større end 0,5 mg l⁻¹, og 4 søer har koncentrationer over 1 mg TP l⁻¹.

I alt er der registreret undervandsplanter i 65 % af de ekstensiv-2 undersøgte småsøer (Fig. 4.4). Median-dækningsgraden for alle undersøgte ekstensiv-2 søer er kun 4,1 %. 69 % af søerne med undervandsplanter har en dybdegrænse $\geq 1,0$ m. I 18 % af søerne med vegetation er der kun registreret én art af undervandsplanter, mens median værdien for artsantallet er 2. De to søer med flest arter er Possø og Margrethe Sø med hhv. 10 og 11 arter.



S005 - Fig. 4.4

Fig. 4.4 Sommermiddeltotalfosfor (TP, mg l⁻¹) og totalkvælstof (TN, mg l⁻¹), klorofyl *a* (Chl *a*, µg l⁻¹) og dybdegrænsen for undervandsplanter (m) i de ekstensiv 2 undersøgte søer. En lille dybdegrænse, på trods af lave næringsstofkoncentrationer, kan skyldes, at dybdegrænsen er lig vanddybden.

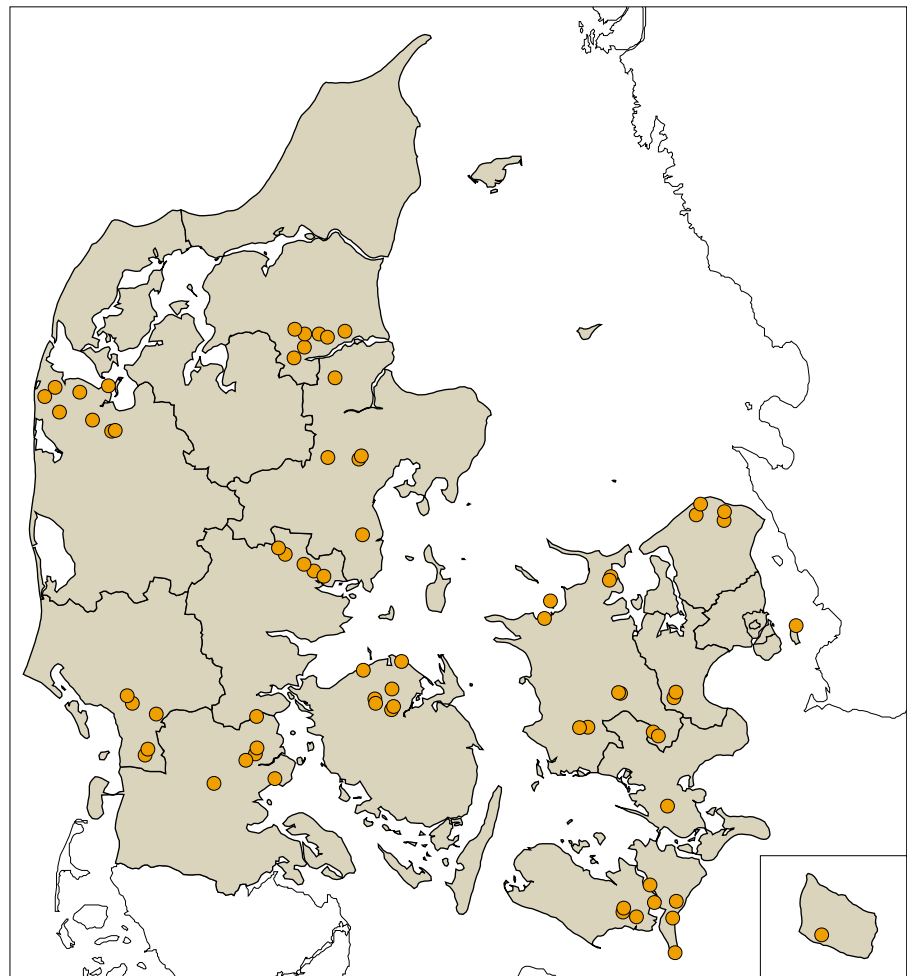
4.3 Ekstensiv 3 søer (<0,1 hektar)

Ligesom for de foregående søkategorier er de ekstensiv-3 søerne (vandhuller) fordelt i samtlige amter (Fig. 4.5). Der er dog tendens til en mere klumpet fordeling inden for amterne, igen for at reducere transporttiden. Der er ikke foretaget prøvetagning i denne kategori i et enkelt amt i 2004. Morformetrisk varierer ekstensiv-3 søerne ikke så meget som ekstensiv-1 og -2 søerne. Årsagen er, at det totale størrelsesspænd inden for søkategorien kun varierer med en faktor 10 (100-1000 m²). Det meget lille areal har også indflydelse på maksimaldybden. Ligesom for ekstensiv-2 søernes vedkommende registreres der ekstreme vandkemiske koncentrationer i vandhullerne. Totalkvælstof viser koncentrationer op til 42 mg l⁻¹, og der er målt klorofylkoncentrationer på op til 3200 µg l⁻¹. De meget høje koncentrationer er verificeret i amterne.

Table 4.5 Oversigt over data fra de ekstensiv 3 undersøgte søer. Data for undervandsplanter er skønnede værdier.

	Gns	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Oplandsareal (km ²)	0,257	0,049	0,003	2,972	39
heraf dyrket areal (%)	74	88	0	100	61
Søareal (m ²)	485	500	100	632	62
Middeldybde (m)	0,5	0,5	0,1	1,8	29
Maksimumsdybde (m)	0,9	0,8	0,2	2,3	15
Ptot (mg P l ⁻¹) sommer	1,03	0,46	0,033	9,6	65
Ntot (mg N l ⁻¹) sommer	4,0	2,3	0,6	42	65
Sigt dybde (m) sommer	0,6	0,6	0,2	1,6	29
Klorofyl (µg l ⁻¹) sommer	121	31	2	3200	65
Alkalinitet (mmol l ⁻¹) sommer	3,3	3,2	0,1	10,5	65
pH sommer	7,5	7,5	5,9	9,5	59
Undervandsplanter % RPA	46,6	15	0	97,5	59
dybdegrænse (m)	0,6	0,5	0,15	1,5	9
artsantal	2,1	2	1	6	33

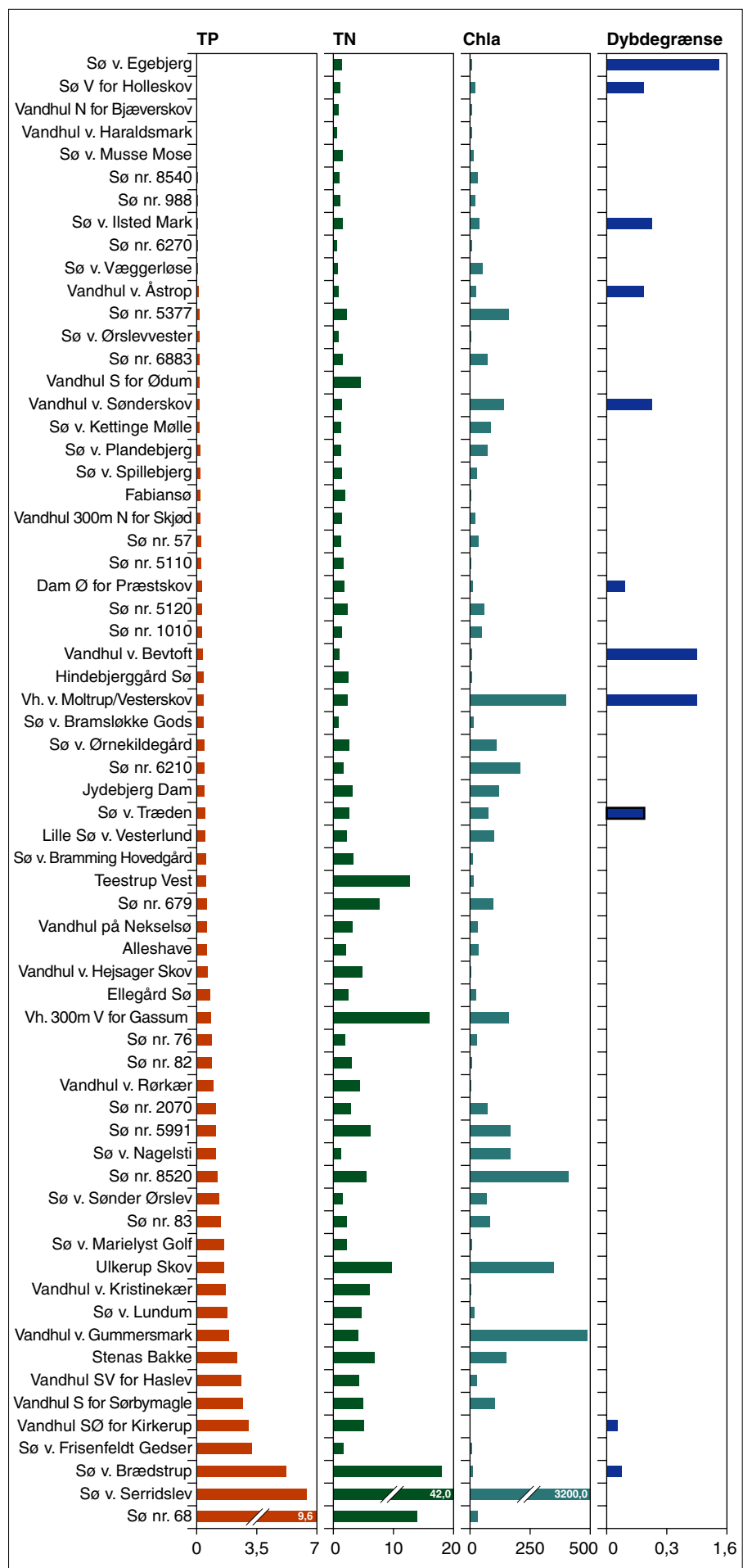
Figur 4.5 Placering af de 65 ekstensiv 3 undersøgte søer, der hidtil er undersøgt. Der er ikke undersøgt ekstensiv-3 søer i Viborg Amt i 2004.



S005 – Fig. 4.5

Totalfosfor median værdien er $0,463 \text{ mg l}^{-1}$, og 47 % af de ekstensiv 3 undersøgte vandhuller har en totalfosforkoncentration $>0,5 \text{ mg TP l}^{-1}$. 30 % har en koncentration $>1 \text{ mg TP l}^{-1}$, og 8 vandhuller (12 %) har en koncentration over 2 mg TP l^{-1} (figur 4.6).

Der er registreret undervandsplanter i 71 % af vandhullerne og en median dækningsgrad på 15 %. Vi kan ikke udtale os om dybdegrænsen i ekstensiv-3 søerne, da der ikke er krav om, at denne registreres. Generelt er vandhullerne meget lavvandede, hvorfor dybdegrænsen i de fleste tilfælde heller ikke vil give information, som det er tilfældet i de større søer. 16 af de 33 vandhuller med registrerede arter indeholder kun én art (som oftest trådalger). Et enkelt vandhul indeholder 6 arter og to vandhuller 5 arter.



S005 - Fig. 4.6

Fig. 4.6 Sommermiddel totalfosfor (TP, mg l⁻¹) og totalkvælstof (TN, mg l⁻¹), klorofyl *a* (Chl *a*, µg l⁻¹) og dybdegrænsen for undervandsplanter (m) i de ekstensiv 3 undersøgte søer.

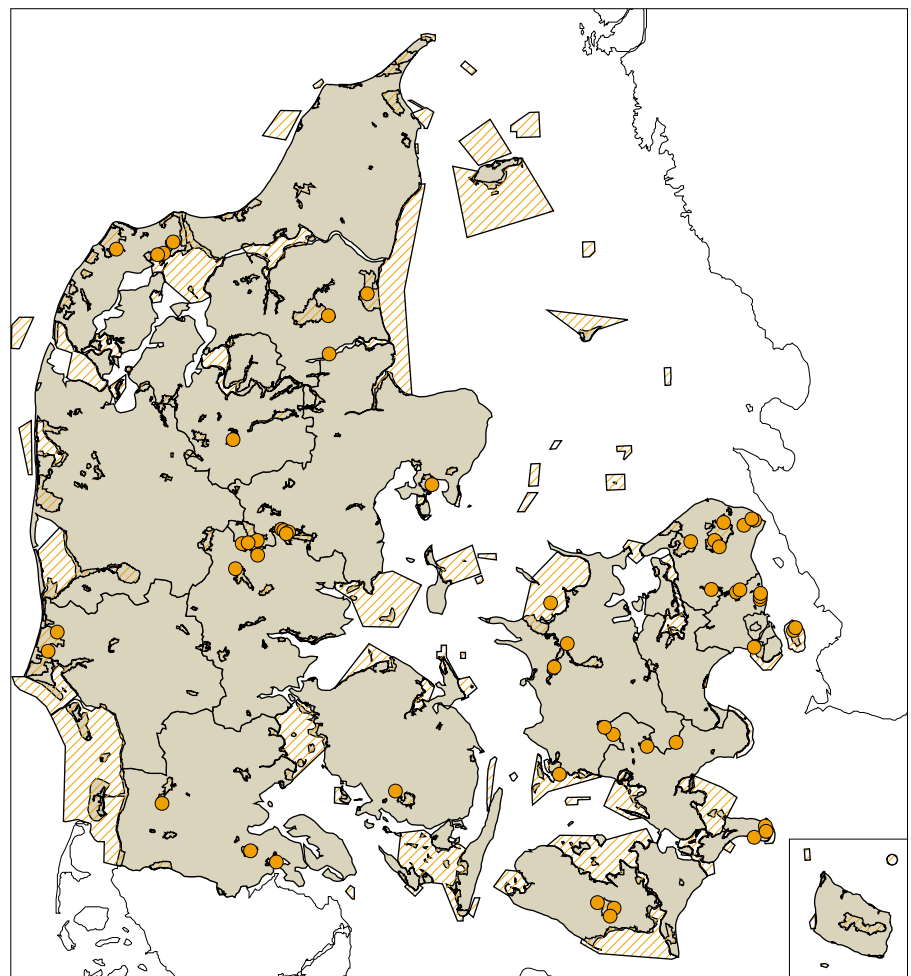
4.4 Habitatdirektivet

Mange af søerne i NOVANA er omfattet af Habitatdirektivet, hvor der er udpeget en række særligt bevaringsområder, de såkaldte habitatområder (<http://www2.skovognatur.dk/natura2000/Habitat/habitatdirektivet>). I Danmark er der udpeget i alt 254 habitatområder, hvoraf havområder dog udgør de største arealer. Hvert område er udpeget for at beskytte bestemte naturtyper og arter af dyr og planter.

Undersøgelserne i 2004 omfattede i alt 48 søer beliggende i habitatområderne (tabel 4.6; figur 4.7). Det svarer til 22% af de undersøgte søer. Enkelte amter har forsøgt at give en vurdering af bevaringsstatus i de intensive habitatsøer. Vi kan dog ikke give en endelig vurdering af bevaringsstatus, da de generelle miljømål for bevaringsstatus i habitatområderne endnu ikke er fastlagt.

Tabel 4.6. Antallet af søer beliggende i habitatområder indenfor de enkelte undersøgelsestyper.

Type	Total antal	Habitatområde	
		ja	nej
Intensiv	23	8	15
Ekstensiv 1	71	28	43
Ekstensiv 2	67	9	58
Ekstensiv 3	65	3	62
I alt	226	48	178



S005 - Fig. 4.7

Figur 4.7 Habitatområderne i Danmark med angivelse af de søer, der ved undersøgelsen i 2004 var en del af et habitatområde.

5 Sammenligning af de intensive og ekstensive undersøgte søer

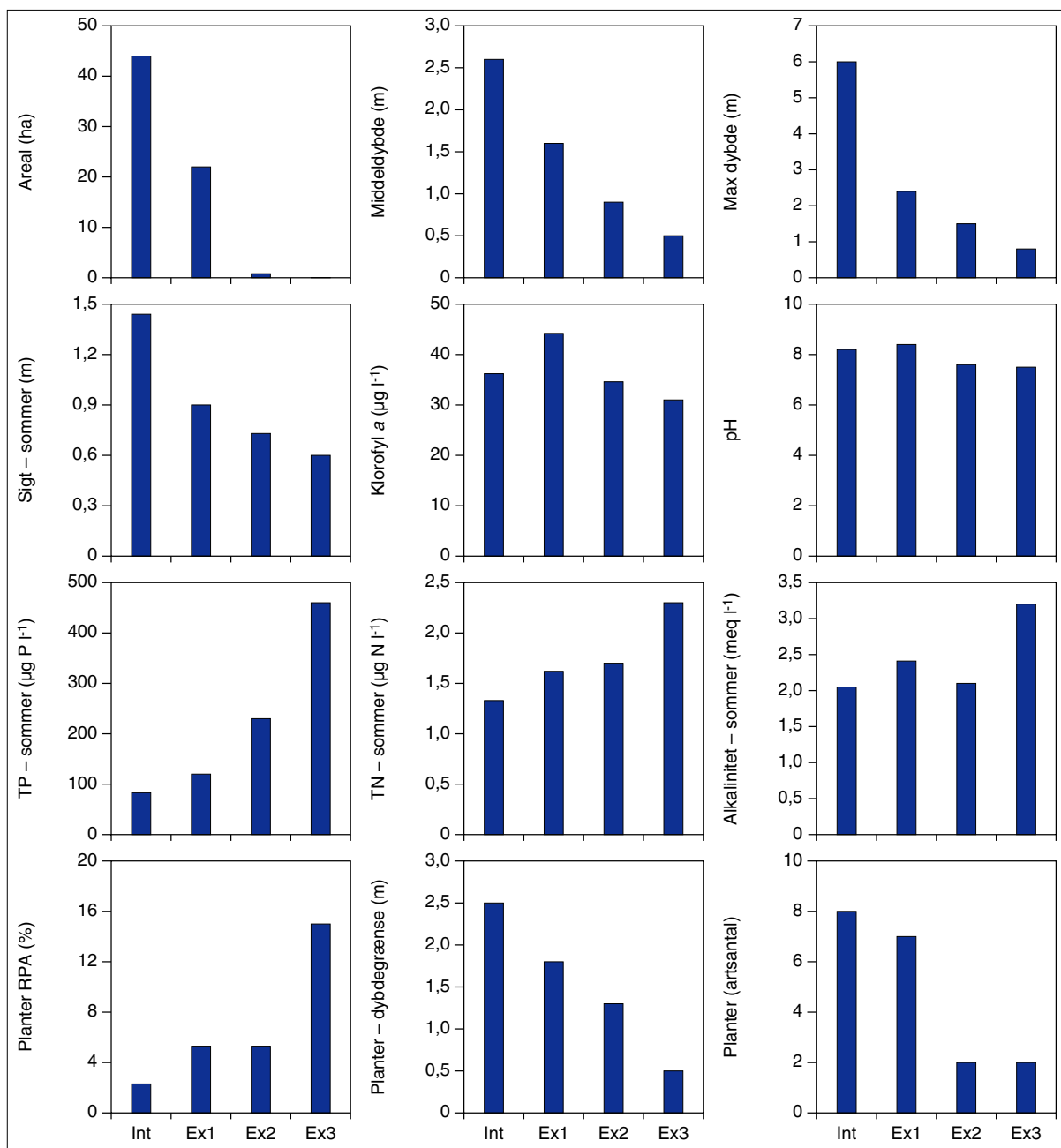
En sammenligning mellem de forskellige undersøgelsesprogrammer viser at de intensive søer er generelt mere næringsfattige og har højere sigtdybde end de ekstensiv 1 undersøgte søer (Fig. 5.1). Det betyder man skal være forsigtig med at anvende data fra de intensivt undersøgte søer som et udtryk for den generelle tilstand i danske søer over 5 hektar.

Inddragelsen af tre nye forholdsvis næringsfattige søer i det intensive NOVANA overvågningsprogram, samtidig med at andre mere næringsrige søer er udgået fra undersøgelsesprogrammet, har bidraget til at øge denne skævhed mellem de intensive søer og de tilfældigt udvalgte ekstensiv-1 søer.

Det skal dog i den forbindelse nævnes at der både er størrelsesmæssige og dybdemæssige forskelle mellem de intensivt og ekstensivt 1 undersøgte søer (Fig. 5.1). Det kan bidrage til forskelle såvel i næringsstofindhold som i nogle af de biologiske forskelle.

Ekstensiv-2 og ekstensiv-3 søerne, bekræfter imidlertid det billede de ekstensiv 1 undersøgte søer viser, nemlig en lidt ringere tilstand end det billede som de intensivt undersøgte søer har givet af tilstanden i de danske søer.

Dette stemmer godt overens med tidligere undersøgelser hvor store og mindre søer blev sammenlignet (*Søndergaard et al., 2002*).



S005 - Fig. 5.1

Figur 5.1 Sammenligninger på tværs af de intensivt (Int) og ekstensivt (Ex) undersøgte søer. Der er anvendt medianværdier.

6 Klimatiske forhold

Variationer i de klimatiske forhold kan både direkte og indirekte influere på søernes miljøtilstand. I nedbørsrige år med stor afstrømning vil der generelt være en større næringsstofftilførsel til søerne – specielt af kvælstof. Vandopholdstiden vil til gengæld være kort, og derfor vil der 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 mellem 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 nødvendig, når resultaterne fra søovervågningen skal tolkes.

I dette afsnit gives derfor en kort oversigt over de klimatiske forhold i 2004 sammenlignet med de forudgående overvågningsår. De klimatiske data er baseret på oplysninger fra Statens Planteavlsvforsøg, Afdeling for arealdata (Data før 1998, Statens Planteavlsvforsøg, pers. medd.), Meteorologisk Institut (DMI, 2005 DMI, pers. medd. og www.dmi.dk). Herudover er benyttet egne data.

6.1 Temperatur og globalindstråling

Høj årsmiddeltemperatur i 2004

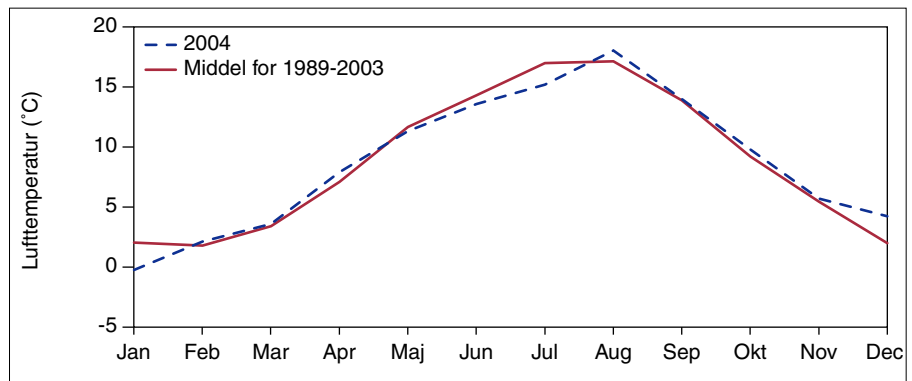
Året 2004 var som 2003 varmere end normalt i hele landet. Årsmiddeltemperaturen var 8,9 °C i 2004 mod 8,6 °C som gennemsnit for de foregående overvågningsår (1989-2003) (tabel 6.1). De sidste tre år 2002-2004 har generelt været væsentligt varmere end resten af perioden (1989-2001). 2004 blev det 11. varmeste år siden begyndelsen af de systematiske klimamålinger i 1874 (DMI, 2005).

Tabel 6.1 Oversigt og sammenligning af de klimatiske forhold i 2004 og perioden 1989 til 2003. For nedbør, potentiel fordampning og global indstråling er den samlede årlige mængde angivet. For lufttemperatur og vindhastighed er det årlige gennemsnit vist. Gennemsnit og sommer er arealvægtede (baseret på gridværdier). Således er værdierne for hele landet ikke blot et simpelt gennemsnit af værdier for landsdelene.

*Bornholm er udeladt af beregningerne for hele landet.

	Temperatur (°C)	Indstråling (MJ m ⁻² år ⁻¹)	Nedbør (mm år ⁻¹)	Fordampning (mm år ⁻¹)	Gns. vindhast. (m s ⁻¹)
1989-2003					
Jylland	8,3	3546	763	527	4,6
Fyn	8,8	3663	635	553	4,6
Sjælland	8,7	3672	615	566	4,6
Hele landet ^{*)}	8,6	3627	671	549	4,6
2004					
Jylland	8,7	3663	877	597	4,8
Fyn	9,0	3692	734	608	4,4
Sjælland	8,8	3686	673	604	4,5
Hele landet ^{*)}	8,9	3680	761	603	4,6

Figur 6.1 Sammenligning af den månedlige middeltemperatur (°C) i 2004 (---) og middelen for perioden 1989 til 2003 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm.



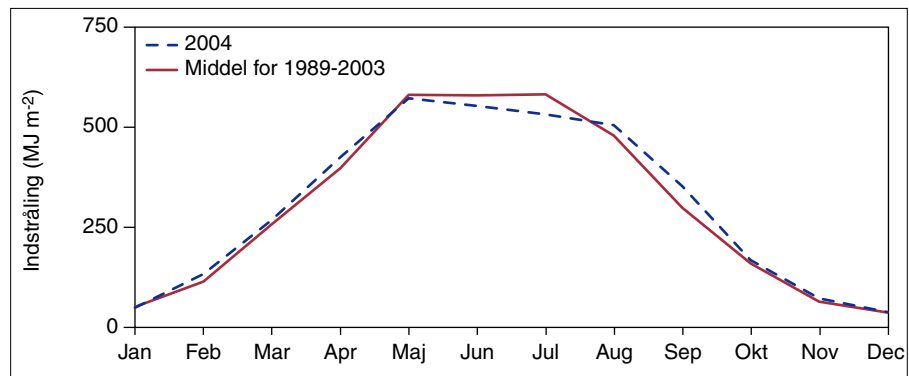
S005 – Fig. 6.1

På trods af en gennemsnitlig højere temperatur samlet for 2004 sammenlignet med de foregående år (1989-2003) var januar samt både juni og juli forholdsvis kolde (figur 6.1), men i august og september var det varmere end tidligere. Tilsvarende var december væsentlig varmere end normalt, også i det tidlige forår var temperaturen lidt højere.

Globalindstråling i 2004 tillige højere end de foregående år

Globalindstrålingen var som årsgennemsnit tilsvarende højere i 2004 sammenlignet med de foregående år (tabel 6.1). Som for temperaturen var det først i august, at den højere indstråling indtraf, i juni og juli var indstrålingen noget lavere end gennemsnittet for de foregående år (figur 6.2).

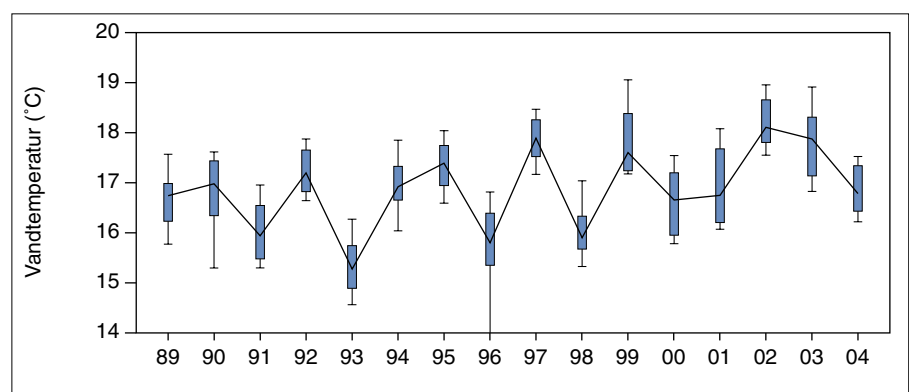
Figur 6.2 Sammenligning af den månedlige globalindstråling (MJ m⁻² mdr⁻¹) i 2004 (---) og middelen for perioden 1989 til 2003 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm



S005 – Fig. 6.2

Vandtemperaturerne i søerne responderer på de aktuelle lufttemperaturer og indstrålingsforhold, hvorfor vandtemperaturen i overvågningssøerne også var forholdsvis høj i 2004 (figur 6.3), men især den "sene" sommer betød dog, at vandtemperaturen var noget lavere som gennemsnit for året sammenlignet med 2002 og 2003:

Figur 6.3 Den gennemsnitlige vandtemperatur i overfladevandet i de 20 ferske overvågningssøer for sommerperioden for de enkelte år 1989 til 2004.



S005 – Fig. 6.3

6.2 Nedbør og fordampning

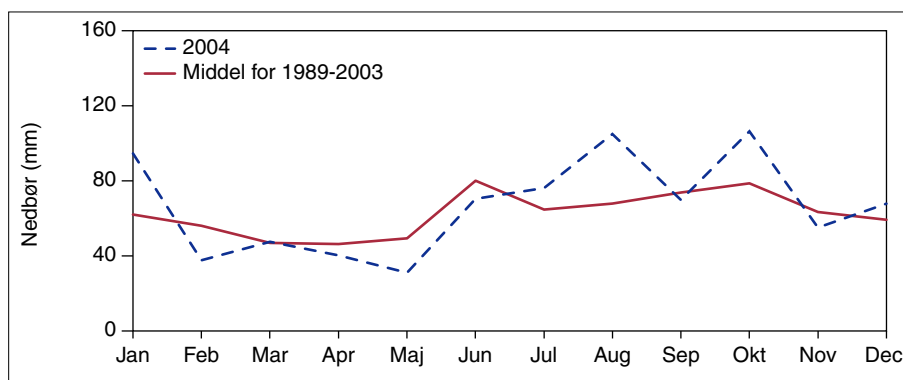
Årsmiddelnedbør var i 2004 over normalen

Årsnedbøren var som gennemsnit over hele landet (ekskl. Bornholm) 671 mm, hvilket er 13 % mere end gennemsnittet for de foregående overvågningsår (tabel 6.1), sammenlignet med "normal"-perioden 1961-90 lå 2004 16 % højere (DMI, 2005). Det var især i de vestlige Danmark (Jylland og Fyn), at nedbørsmængden var øget, mens øgningen var mindre på Sjælland. I perioden 1989-2004 har der på landsplan været en stigende tendens i nedbørsmængden, den er dog ikke signifikant. Betragtes derimod perioden 1917-2000 har der på landsplan, og på trods af store variationer fra år til år, været en signifikant stigende udviklingstendens i nedbørsmængden (Bøgestrand et al., 2003).

I januar var der væsentlig mere nedbør end normalt (figur 6.4), især på grund af ret stort snefald i måneden. Omvendt var nedbøren i februar mindre end ellers. I de relativt lune forårsmåneder var nedbøren også mindre end ellers. Sommeren og resten af året var nedbørsrigt, specielt i august og oktober faldt der store nedbørsmængder.

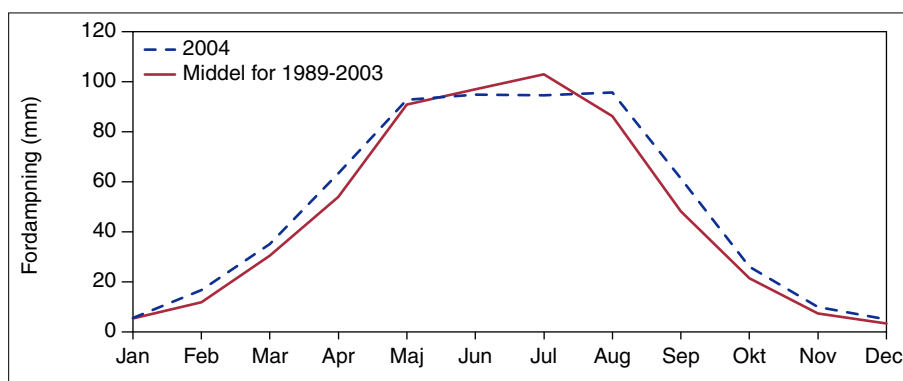
Den potentielle fordampning i 2004 var 10 % højere end gennemsnittet for de foregående overvågningsår (tabel 6.1). Denne højere potentielle fordampning gjorde sig gældende gennem hele året på nær juni og især juli (figur 6.5).

Figur 6.4 Sammenligning af den månedlige nedbør (mm mdr^{-1}) i 2004 (---) og midt-delen for perioden 1989 til 2003 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm.



S005 - Fig. 6.4

Figur 6.5 Sammenligning af den månedlige potentielle fordampning (mm mdr^{-1}) i 2004 (---) og midt-delen for perioden 1989 til 2003 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm.



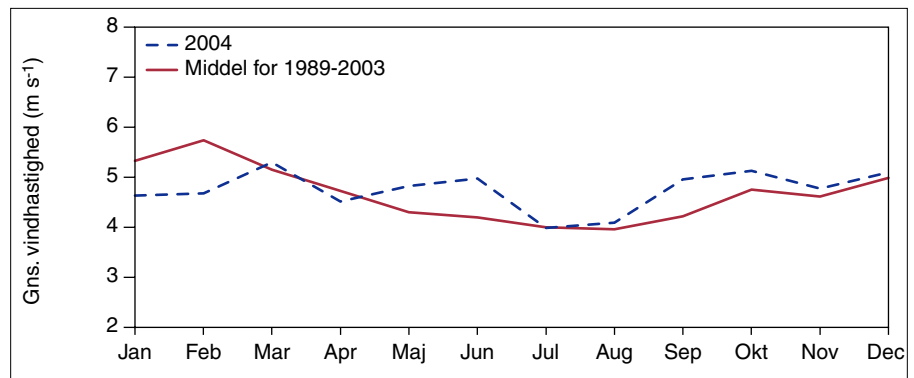
S005 - Fig. 6.5

6.3 Vindforhold

Den gennemsnitlige vindhastighed for hele Danmark var i 2004 nogenlunde som gennemsnittet for perioden fra 1989 til 2003 (tabel 6.1), men der var dog væsentlige regionale forskelle. I Jylland var den gennemsnitlige vindhastighed højere end de foregående år, mens den på Fyn og Sjælland var lavere end ellers.

Gennem året var der væsentlig mindre vind end ellers i januar og februar, mens juni, september og oktober havde mere vind end ellers (figur 6.6).

Figur 6.6 Sammenligning af den månedlige middelvindhastighed (m s^{-1}) i 2004 (---) og middelen for perioden 1989 til 2003 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm.



S005 - Fig. 6.6

6.4 Sammenfatning

Året 2004 blev generelt et ret varmt og nedbørsrigt år sammenlignet såvel med gennemsnittet i overvågningsperioden fra 1989 til 2003 som med "normalen" fra 1961-1990.

Lufttemperaturen var for året som helhed noget højere end normalt, men det slog først rigtigt igennem fra august og året ud.

Globalindstrålingen var tilsvarende i 2004 højere end gennemsnittet for de foregående 15 overvågningsår.

Vandtemperaturen i søerne var ligesom lufttemperaturen relativt høj i 2004, men både i 2002 og 2003 var den dog noget højere.

2004 blev nedbørsrigt, årsnedbøren var som gennemsnit for hele landet 10% over normalen for de foregående overvågningsår. Specielt var januar, august og oktober væsentlig mere nedbørsrige end normalt.

Den potentielle fordampning i 2004 var 10 % højere end gennemsnittet for den foregående overvågningsperiode på grund af en generelt højere fordampning hele året på nær juni og juli.

Den gennemsnitlige vindhastighed i Danmark var på $4,6 \text{ m s}^{-1}$, hvilket er det samme som gennemsnittet for perioden fra 1989 til 2003. Der var dog væsentlige regionale forskelle. Således var den gennemsnitlige vindhastighed i Jylland højere end normalt, mens den på Fyn og Sjælland var lavere end ellers.

Referencer

Bøgestrand, J (Ed) (2003): Vandløb 2002, NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig Rapport fra DMU nr. 470.

Breiman L., Friedman J.H., Olshen R.A & Stone C.G. (1984): Classification and regression trees. Wadsworth International Group, Belmont, California, USA.

Danmarks Meteorologiske Institut (2005): Danmarks klima 2004 med Færøerne og Grønland. 88 s. (findes på www.dmi.dk).

De'ath G. (2002): Multivariate regression trees: A new technique for modelling species-environment relationships. Ecology 83: 1105-1117.

De'ath G. & Fabricus K.E. (2000): Classification and regression trees: A powerful and simple technique for ecological data analysis. Ecology 81: 3178-3192.

Dinsmore, W.P., Scrimgeour, G.J. & Prepas, E.E. (1999): Empirical relationships between profundal macroinvertebrate biomass and environmental variables in boreal lakes of Alberta, Canada. Freshwater Biology 41: 91-100.

83). Limnology 2nd edition. CBS College Publishing 1983.

Fyns Amt (2005): Søer 2004. NATUR og VANDMILJØovervågning, 64 sider. <http://www.fyns-amt.dk/wm167205>

Frederiksborg Amt (2005): Søer. Status og udvikling 1989-2004. Vandmiljøovervågning nr. 114, 82 sider.

Gonzales Sagrario, M.A., E. Jeppesen, J. Goma, M. Søndergaard, J.P. Jensen, T.L. Lauridsen and F. Landkildehus., 2005: Does high nitrogen loading prevent clearwater conditions in shallow lakes at moderately high phosphorus concentrations? Freshwater Biology 50: 27-41.

Jackson S.T. & Charles D.F. (1988): Aquatic macrophytes in Adirondack New York lakes: Patterns of species composition in relation to environment. Canadian Journal of Botany, 66, 1449-1460.

Jensen, J.P., Jeppesen, E., Søndergaard, M., Lauridsen, T. & Sortkjær, L. (1997): Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 211. 106 s.

Larsen, S..E., Jensen, C. & Carstensen, J. (2002): Statistisk optimering af monitoringsprogrammer på miljøområdet. Eksempler fra NOVA-2003. 195 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 426. <http://www.dmu.dk/Overvågning/NOVA-revision>.

Leppa, M., Hamalainen, H. & Karjalainen, J. (2003): The response of benthic macroinvertebrates to whole-lake biomanipulation. Hydrobiologia, 498: 97-105.

Miljøstyrelsen (1983): Vejledning i recipientkvalitetsplanlægning. Del 1. Vandløb og søer. Vejledning 1/1983. 89 s.

Nordjyllands Amt (2005): Nordjyllands søer. NOVANA 2009, 42 sider.

R Development Core Team (2004): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-00-3. URL <http://www.Rproject.org>

Ringkøbing Amt (2005): Miljøtilstanden i Skør Sø 2004, 28 sider.

Ringkøbing Amt (2005): Vandmiljøovervågning. Søby Sø 2004, 40 sider.

Søgaard, B., Skov, F., Ejrnæs, R., Nielsen, K.E., Pihl, S., Lauersen, K., Bregnballe, T., Madsen, J., Baattrup-Pedersen, A., Søndergaard, M., Lauridsen, T.L., Møller, P.F., Riis-Nielsen, T., Butteschøn, R.M., Fredshavn, J., Aude, E. & Nygaard, B.(2003): Kriterier for gunstig bevaringsstatus. Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fugle omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. 2. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 462 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 457. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>

Søndergaard, M., Jensen, J.P. & Jeppesen, E. (2002): Små søer og vandhuller. Skov og Naturstyrelsen, 104 s.

Søndergaard, M., Jensen, J.P., Liboriussen, L. & Nielsen, K. (2003): Danske søer – fosfortilførsel og opfyldelse af målsætninger. VMP III, Fase II. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU 480: 37 s. (elektronisk).

Vestergaard O. & Sand-Jensen K. (2000): Alkalinity and trophic state regulate aquatic plant distribution in Danish lakes. *Aquatic Botany* 67: 85-107.

Viborg Amt (2005): Indikatorrapport for Nors Sø & Hinge Sø 2004, 56 sider.

Vestsjællands Amt (2005): Vandmiljø Overvågning 2004. Søer, 63 sider.

Voss, J.H., Peters, E.T.H.M., Gylstra, R., Kraak, M.H.S. & Admiraal, W. (2004): Nutritional value of sediments for macroinvertebrates communities in shallow eutrophic waters. *Arch. Hydrobiol.* 161: 469-487.

Wetzel, R. (1983): Limnology 2nd edition. CBS College Publishing 1983.

Danmarks Miljøundersøgelser

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

Henvendelser kan rettes til:

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

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

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

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

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

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

Afd. for Vildtbiologi og Biodiversitet

Publikationer:

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

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

2005

- Nr. 526: Effekter af fiskeri på stenrevs algevegetation. Et pilotprojekt på Store Middelgrund i Kattegat. Af Dahl, K. 16 s. (elektronisk)
- Nr. 527: The impact on skylark numbers of reductions in pesticide usage in Denmark. Predictions using a landscape-scale individual-based model. By Topping, C.J. 33 pp. (electronic)
- Nr. 528: Vitamins and minerals in the traditional Greenland diet. By Andersen, S.M. 43 pp. (electronic)
- Nr. 529: Mejlgrund og lillegrund. En undersøgelse af biologisk diversitet på et lavvandet område med stenrev i Samsø Bælt. Af Dahl, K., Lundsteen, S. & Tendal, O.S. 87 s. (elektronisk)
- Nr. 530: Eksempler på økologisk klassificering af kystvande. Vandrammedirektiv-projekt, Fase IIIa. Af Andersen, J.H. et al. 48 s. (elektronisk)
- Nr. 531: Restaurering af Skjern Å. Sammenfatning af overvågningsresultater fra 1999-2003. Af Andersen, J.M. (red.). 94 s.
- Nr. 532: NOVANA. Nationwide Monitoring and Assessment Programme for the Aquatic and Terrestrial Environments. Programme Description - Part 1. By Svendsen, L.M. & Norup, B. (eds.). 53 pp., 60,00 DKK.
- Nr. 533: Fate of mercury in the Arctic (FOMA). Sub-project atmosphere. By Skov, H. et al. 55 pp. (electronic)
- Nr. 534: Control of pesticides 2003. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T., Petersen, K.T. & Christoffersen, C. 32 pp. (electronic)
- Nr. 535: Redskaber til vurdering af miljø- og naturkvalitet i de danske farvande. Typeinddeling, udvalgte indikatorer og eksempler på klassifikation. Af Dahl, K. (red.) et al. 158 s. (elektronisk)
- Nr. 536: Aromatiske kulbrinter i produceret vand fra offshore olie- og gasindustrien. Test af prøvetagningsstrategi. Af Hansen, A.B. 41 s. (elektronisk)
- Nr. 537: NOVANA. National Monitoring and Assessment Programme for the Aquatic and Terrestrial Environments. Programme Description - Part 2. By Svendsen, L.M., Bijl, L. van der, Boutrup, S. & Norup, B. (eds.). 137 pp., 100,00 DKK.
- Nr. 538: Tungmetaller i tang og musling ved Ivituut 2004. Johansen, P. & Asmund, G. 27 s. (elektronisk)
- Nr. 539: Anvendelse af molekyllærogenetiske markører i naturforvaltningen. Af Andersen, L.W. et al. 70 s. (elektronisk)
- Nr. 540: Cadmiumindholdet i kammusling *Chlamys islandica* ved Nuuk, Vestgrønland, 2004. Af pedersen, K.H., Jørgensen, B. & Asmund, G. 36 s. (elektronisk)
- Nr. 541: Regulatory odour model development: Survey of modelling tools and datasets with focus on building effects. By Olesen, H.R. et al. 60 pp. (electronic)
- Nr. 542: Jordrentetab ved arealekstensivering i landbruget. Principper og resultater. Af Schou, J.S. & Abildtrup, J. 64 s. (elektronisk)
- Nr. 543: Valuation of groundwater protection versus water treatment in Denmark by Choice Experiments and Contingent Valuation. By Hasler, B. et al. 173 pp. (electronic)
- Nr. 544: Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2004, Part 1 Measurements. By Kemp, K. et al. 64 pp. (electronic)
- Nr. 546: Environmental monitoring at the Nalunaq Mine, South Greenland, 2004. By Glahder, C.M. & Asmund, G. 32 pp. (electronic)
- Nr. 549: Kriterier for gunstig bevaringsstatus for EF-habitatdirektivets 8 marine naturtyper. Af Dahl, K. et al. 39 s. (elektronisk)
- Nr. 550: Natur og Miljø 2005. Påvirkninger og tilstand. Af Bach, H. (red.) et al. 205 s., 200,00 kr.
- Nr. 551: Marine områder 2004 – Tilstand og udvikling i miljø- og naturkvaliteten. NOVANA. Af Ærtebjerg, G. et al. (elektronisk)
- Nr. 552: Landovervågningsoplande 2004. NOVANA. Af Grant, R. et al. (elektronisk)
- Nr. 553: Søer 2004. NOVANA. Af Lauridsen, T.L. et al. (elektronisk)
- Nr. 554: Vandløb 2004. NOVANA. Af Bøgestrand, J. (red.) (elektronisk)
- Nr. 555: Atmosfærisk deposition 2004. NOVANA. Af Ellermann, T. et al. (elektronisk)
- Nr. 557: Terrestriske naturtyper 2004. NOVANA. Af Nielsen, K.E. et al. (elektronisk)
- Nr. 558: Vandmiljø og Natur 2004. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Af Andersen, J.M. et al. (elektronisk)
- Nr. 560: Arter 2004. NOVANA. Af Søgaard, B. & Pihl, S. (elektronisk)

[Tom side]

Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

ISBN 87-7772-890-4
ISSN 1600-0048