

Roskilde

Amt

Borup Sø 1989-98



Teknisk
Forvaltning

V VANDMILJØ
overvågning

Løbenr.: 16

1999

Eksemplar nr.: 1/2

VANDMILJØovervågning

Borup Sø

1989-98

Titel: VANDMILJØovervågning. Borup Sø 1989-98

Udarbejdet af: Fiskeøkologisk Laboratorium
Konsulent: Jens Peter Müller

Udarbejdet for: Roskilde Amt, Teknisk Forvaltning

Kortmateriale: Udsnit af kort- og Matrikelstyrelsens kort er gengivet med copyright Kort- og Matrikelstyrelsens tilladelse. Kort- og Matrikelstyrelsen 1992/KD.86.1035.

Tryk: 1. oplag 50 stk.

ISBN: 87-7800-345-8

Købes hos: Roskilde Amt, Biblioteket, Køgevej 80, 4000 Roskilde,
Tlf.: 46 30 35 52

Pris: 50 kr.

Forord

I 1987 vedtog Folketinget Vandmiljøplanen, hvis formål er at reducere udledningen af næringsstoffer til vandmiljøet. Målet med Vandmiljøplanen var en reduktion af fosforudledningerne med 80% og kvælstofudledningerne med 50%. For at kunne følge effekterne af den forventede reduktion i næringsstofudledningen, blev der i 1989 iværksat et intensivt overvågningsprogram af grundvand, spildevand, overfladevand og atmosfæren.

Som en del af dette program er 37 søer udpeget som overvågningssøer. Søerne blev udvalgt således, at de er repræsentative for de øvrige danske søer. I Roskilde Amt er udvalgt to overvågningssøer, Gundsømagle sø og Borup sø.

I 1998 blev Vandmiljøplanens overvågningsprogram erstattet af det nationale overvågningsprogram for vandmiljøet (NOVA)

Som regionale myndigheder er det amternes opgave at føre tilsynet med overvågningssøerne. Amterne behandler de indsamlede data og udgiver årligt rapporter om tilstanden og udviklingen i de enkelte overvågningssøer. De indsamlede data overføres endvidere til DMU, der på baggrund af disse data og amternes rapporter sammenfatter resultaterne fra alle søerne i en årlig statusrapport.

Nærværende rapport omhandler tilstanden i Borup Sø samt udviklingen i perioden 1989-98.

1. Sammenfatning

<i>Vandtilførsel</i>	Vandtilførslen var i 1998 på 2,05 mill. m ³ , hvilket er ca. 20% over gennemsnittet for måleperioden og markant større end i de to foregående år. Vandtilførslen var dog meget ujævnt fordelt med stor tilførsel forår og efterår, men en ringe tilførsel i sommerhalvåret.
<i>Fosfortilførsel</i>	Den samlede fosfortilførsel var i 1998 med 278 kg den næsthøjeste i overvågningsperioden. Årsagen hertil var den store afstrømning i forårsperioden og i det sene efterår, som medførte en betydelig transport af fosfor fra de dyrkede arealer oplandet.
<i>Fosfortilbageholdelse</i>	Søen tilbageholdte også i 1998 en del af den tilførte fosfor, hvorved søsedimentets fosforpulje fortsatte med at blive forøget.
<i>Kvælstoftilførsel</i>	Den samlede kvælstoftilførsel var i 1998 på 17,5 ton, hvilket var noget større end i de to foregående år og over gennemsnittet for hele perioden 1989-97. Den øgede kvælstoftilførsel skyldtes en øget kvælstofudvaskning fra de dyrkede arealer som følge af den rigelige nedbør i 1998.
<i>Søvandskoncentrationer - næringsstoffer</i>	<p>Fosforindholdet i søvandet var både som års- og sommergennemsnit øget i forhold til i 1997. Både års- og sommergennemsnittet var dog med henholdsvis 0,122 mg P/l og 0,189 mg P/l under gennemsnittet set i forhold til hele perioden 1989-97.</p> <p>Års- og sommermiddelkoncentrationen af totalkvælstof var med henholdsvis 5,36 mg N/l og 2,49 mg N/l større end i 1997.</p> <p>De forøgede næringsstofkoncentrationer i søvandet i 1998 skyldtes primært den større tilførsel til søen som følge af årets store nedbørsmængde.</p> <p>Set for hele perioden 1989-98 kan der ikke påvises en signifikant udvikling i næringsstofkoncentrationerne i søvandet.</p>
<i>Tungmetaller</i>	Undersøgelser af søvandets indhold af tungmetaller viste for alles vedkommende kun små koncentrationer, hvilket kan tilskrives mangel på egentlige punktkilder i oplandet. Kun indholdet af bly når op i nærheden af koncentrationer, hvor kroniske effekter på fisk eventuelt kan forventes som følge af bioakkumulation. Blykoncentrationen i søvandet opfylder dog de gældende krav til overfladevand.
<i>Sommersigtedybde</i>	Sommersigtedybden med 0,67 m var noget forringet i forhold til i 1997, men dog stadig bedre end i perioden før 1996.
<i>Plankton - lav blågrønalgbiomasse i 1998</i>	<p>Sommersmidtbiomassen af planteplankton var i 1998 med 18,5 mm³/l øget i forhold til året før, men dog stadig lidt under middelbiomassen i overvågningsperioden. Planteplanktonet var primært domineret af kiselalger og rekylalger, og ligesom i året før udeblev den massive opblomstring af blågrønalg, som har været kendetegnende i årene før 1997.</p> <p>Planteplanktonbiomassen har tidligere i overvågningsperioden frem til 1996 været signifikant stigende samtidig med at blågrønalgernes dominans har været tiltagende. Denne udvikling blev afbrudt i 1997, og dette skifte er tilsyneladende fortsat i 1998.</p>

- flere dafnier i 1998

Gennem overvågningsperioden er der sket et signifikant fald i dyreplanktonbiomassen primært forårsaget af en signifikant nedgang i dafniernes biomasse. Sommermiddelbiomassen var dog øget i 1998 til 744 μg tv/l, hovedsageligt som følge af en tiltagende mængde dafnier, og dafnier dominerede modsat de senere år dyreplanktonet i store dele af sæsonen.

Fiskebestand

I 1996 blev der indledt en opfiskning af søens store fredfiskebestand med det formål, at fremskynde en positiv udvikling i søen. Siden opfiskningen blev påbegyndt, er der fjernet omkring 5,1 ton skaller og brasener fra søen samtidig med, at der årligt er udsat omkring 25-30.000 stk. geddeyngel.

Resultatet af fiskeundersøgelsen viste kun mindre ændringer i fiskebestanden sammenlignet med året før. Fiskebestandens anslåede biomasse var efter det efterfølgende vodfiskeri reduceret til ca. 1,9 ton, svarende til omtrent 40% af fiskebiomassen før opfiskningen. Den reducerede biomasse skyldtes helt overvejende en mindre bestand af brasener, idet de opfiskede skaller i vid udstrækning var blevet erstattet gennem opvækst af store årgange af yngel. Årets fiskeyngelundersøgelse viste samstemmende en stor mængde årsyngel af både skaller og regnløjer.

Der var ikke sket væsentlige ændringer hverken med fiskenes kondition eller i aborrebestandens udvikling, og søen rummer vedvarende en stor mængde dyreplanktonædende småfisk. Disse forhold tyder på en til dato begrænset effekt af opfiskningen. Opfiskningen samt udsætning af geddeyngel fortsætter i 1999.

Samlet vurdering og konklusion

Søens miljøtilstand blev i perioden 1989-96 forværret væsentligt, med stigende planteplanktonbiomasser og stigende dominans af blågrønalger. Samtidig faldt dyreplanktonbiomassen støt gennem perioden og dyreplanktonets evne til at regulere planteplanktonet faldt tilsvarende.

I 1997 faldt algebiomassen blandt andet på grund af en væsentlig reduktion i mængden af blågrønalger, og sigtdybden steg markant. Den positive udvikling kunne primært tilskrives en ringe tilførsel af næringsalte og en nedsat resuspension. I 1998 fik søen tilført en relativ stor fosformængde i forårsperioden, hvilket antageligt har medvirket til den øgede fosforkoncentration over sommeren.

Algebiomassen steg igen i 1998, men som i 1997 udeblev masseopblomstringen af blågrønalger, muligvis som følge af en kold sommer. Mængden af suspenderet stof forblev dog lav, hvilket bevirkede en forholdsvis god sigtdybde især forår og efterår.

Det er nærliggende at koble den positive udvikling i søen med den opfiskning af skaller og brasener, som blev sat i værk i 1996. Selv om fiskene stadig begrænser dyreplanktonets muligheder for at nedgræsse planteplanktonet, har den markant reducerede bestand af brasener formodentligt medført en væsentligt nedsat resuspension, som har bevirket en mindre fosforfrigivelse fra sedimentet og mindre suspenderet materiale i søvandet.

Borup sø er generelt målsat (B) hvilket bl.a. indebærer krav til en gennemsnitlig fosforkoncentration mindre end 100-150 μg P/l og en sigtdybde ikke under 1 meter, begge beregnet som sommergennemsnit. Desuden er der krav om en udbredt undervandsvegetation og en varieret og alsidig fiskebestand uden masseforekomst af fredfisk.

For nærværende er hverken kravet til fosforindholdet i søvandet eller til sigtdybden opfyldt. En intensivning af opfiskningen vil dog formodentligt både kunne bringe de vandkemiske forhold og forholdene vedrørende fiskebestandens sammensætning nærmere målsætningen, og fastholdes en positiv udvikling vil undervandsvegetationen igen ad åre kunne dække en stor del af søbunden, og søen også på dette punkt kunne opfylde målsætningen. Helt afgørende for søens udvikling i de kommende år er det imidlertid, hvorvidt det lykkes at reducere næringsstofftilførslen til søen i et tilstrækkeligt omfang.

Nøgleparametre

Udviklingen gennem hele overvågningsperioden for udvalgte nøgleparametre er summarisk angivet i tabel 1. Eventuelle udviklingstendenser *for hele perioden 1989-98* er undersøgt ved hjælp af lineær regressionsanalyse og resultaterne af denne analyse er angivet ved hjælp af symboler. Det skal bemærkes, at da den foretagne analyse som nævnt er baseret på hele overvågningsperioden, vil en eventuel ny udvikling inden for de sidste par år ikke nødvendigvis statistisk slå igennem.

Tabel 1. Nøgleparametre i 1998 samt udvikling i 1989-98 i belastningsforhold, vandkemi og biologiske parametre. Evt. statistisk signifikante ændringer er undersøgt vha. lineær regressionsanalyse. +/-, +/- - og +++/--- svarer til en stigning/reduktion på henholdsvis 5%, 1% og 0,1% signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

Parameter	Enhed	1998	Udvikling
Opholdstid	år	0.045	0
Fosforbelastning	t/år	0.278	0
	mg/m2/dag	8.02	0
Indløbskoncentration	mg P/l	0.137	0
P-retention	mg/m2/dag	3.81	0
	%	48.0	0
Kvælstofbelastning	t/år	17.528	0
	mg/m2/dag	505.5	0
Indløbskoncentration	mg N/l	8.62	0
N-retention	mg/m2/dag	47.6	0
	%	9.5	0
Sediment PTOT (0-2 cm dybde)	mg P/g tv		
Sediment NTOT (0-2 cm dybde)	mg N/g tv		
Fe:P (0-2 cm dybde)			
P total år	mg P/l	0.122	0
P total sommer	mg P/l	0.189	0
PO4-P år	mg P/l	0.022	0
PO4-P sommer	mg P/l	0.015	0
N total år	mg N/l	5.36	0
N total sommer	mg N/l	2.49	0
Uorganisk N år	mg N/l	3.60	0
Uorganisk N sommer	mg N/l	0.31	0
pH år		8.1	0
pH sommer		8.3	0
Sigt dybde år	m	1.10	0
Sigt dybde sommer	m	0.67	0
Klorofyl år	µg/l	43	0
Klorofyl sommer	µg/l	78	0
Suspenderet stof år	mg SS/l	13.1	0
Suspenderet stof sommer	mg SS/l	22.4	0
Planteplanktonbiomasse år	mm3/l	9.7	0
Planteplanktonbiomasse sommer	mm3/l	18.5	0
% blågrønalger sommer	%	3.4	0
% kiselalger sommer	%	60.0	0
% grønalger sommer	%	6.8	0
Dyreplanktonbiomasse år	µg TV/l	346	--
Dyreplanktonbiomasse sommer	µg TV/l	744	--
% hjuldyr sommer	%	10.0	0
% vandlopper sommer	%	29.0	0
% cladoceer sommer	%	61.0	0
% Daphnia af cladoceer	%		
Middelvægt af daphnia			
Middelvægt af cladoceer			
Græsningstryk sommer			
Pot. græsning			
% af planteplanktonbiomasse	%	14.7	-
% af planteplanktonbiomasse < 50 µm	%	39.9	-
Fisk			
Total antal (CPUE-garn)	stk.		
Total vægt (CPUE-garn)	kg		
% rovfisk i antal (CPUE-garn)	%		
% rovfisk i vægt (CPUE-garn)	%		
Fiskeyngel i littoralen	stk./m3	5.60	
Fiskeyngel i pelagiet	stk./m3	11.40	
Undervandsplanter			
Max. dybdegrænse	m		
Dybdegrænse for ægte vandplanter	m		

2. Indledning

Borup Sø indgår under det nationale overvågningsprogram af vandmiljøet (NOVA) og er udvalgt som repræsentant for den type af søer, hvor næringssaltbelastningen primært stammer fra landbrugsdrift.

Siden Vandmiljøplanen blev indledt i 1989 har Roskilde Amt årligt udarbejdet en rapport om tilstanden og udviklingen i søen.

Den første rapport beskriver tilstand og udvikling i perioden 1983-89 /1/. Rapporten omfatter desuden en detaljeret beskrivelse af overvågningens måleprogram, søens topografiske opland, belastningskilderne og de fysisk/kemiske forhold i søvandet inden for perioden.

Den anden rapport dækker perioden 1989-91 og omfatter en præsentation og vurdering af tilstand og udvikling i stofbelastning, fysisk-kemiske forhold i søvandet, sedimentkemi samt tilstand og udvikling i søens biologiske forhold - henholdsvis planteplankton og dyreplankton, bund og bredfauna samt fiskebestand /2/.

Den tredje rapport omhandler udviklingen i stofbelastningen, de fysisk/kemiske forhold i søvandet samt udviklingen i plante- og dyreplanktonsamfundet i 1989-92 /3/. I rapporten er der endvidere fokuseret på samspillet mellem stofbalance, vandkvalitet og planktonets mængde og forekomst.

Den fjerde rapport omhandler resultaterne af undersøgelserne i 1993 og udviklingen i stofbelastning og fysisk/kemiske forhold i søvandet /4/. Endvidere beskrives tilstanden og udviklingen i søens biologiske forhold - planteplankton, dyreplankton, bund- og bredfauna samt fiskebestand. Resultaterne vedrørende fiskeundersøgelsen i 1993 er udgivet i en særskilt rapport /5/ og er derfor kun kortfattet omtalt. I rapporten er endvidere vurderet den "naturgivne" stoftilførsel til søen samt søtilstanden, såfremt søen ikke var påvirket af den kulturbetingede næringsstofftilførsel. Herunder hvilke tiltag der er nødvendige for at bringe søens tilstand i overensstemmelse med målsætningen.

Den femte rapport omhandler resultaterne fra overvågningen i 1994 samt udviklingen i perioden fra 1989-94 /6/. Det overordnede tema for årets rapportering er grundvand og der er derfor i rapporten fokuseret på vandudvekslingen mellem søen og grundvandet. Endvidere er der i rapporten fokuseret på samspillet mellem næringssaltkoncentrationer, planteplankton, dyreplankton og fiskebestand samt markante ændringer i overvågningsperioden 1989-94.

Den sjette rapport om Borup Sø omhandler resultaterne fra overvågningen i 1995 og udviklingen i perioden 1989-95 /7/. Dette år er der i overensstemmelse med det udsendte paradigme ikke et fællestema inden for søovervågningen og denne rapport har derfor karakter af en "normalrapportering".

Den syvende rapport omhandler resultaterne fra overvågningen i 1996 samt udviklingen i perioden 1989-96 /8/. Fællestemaet for årets rapportering er *ferskvand* og i overensstemmelse med paradigmet er tilstanden og udviklingen i amtets to overvågningssøer Gundsømagle Sø og Borup Sø, tillige med

en status over tilstanden og udviklingen i amtets øvrige søer, samlet i én rapport. Formålet med at inddrage det regionale søtilsyn i årets rapportering er dels at få et mere dækkende billede af søernes tilstand på landsplan og dels at få en status over tilstanden og udviklingen i søerne på regionalt plan. I rapporten redegøres bl.a. for målsætningerne for amtets søer samt hvorvidt de enkelte søer opfylder de tildelte målsætninger. Endelig redegøres der i rapporten for de tiltag, der er iværksat eller planlagt iværksat for de søer, der endnu ikke opfylder målsætningerne. For overvågningssøernes vedkommende er der i rapporten mere fokuseret på udviklingen i perioden 1989-96 fremfor på årstidsvariationer i de enkelte år. En række mere generelle forhold, bl.a. vedrørende årstidssvingninger i de vandkemiske forhold, er derfor udeladt i rapporten og der henvises i stedet til tidligere års rapporter. Udover det faste årlige tilsyn er der dette år i Gundsømagle sø foretaget en fiskeundersøgelse samt en undersøgelse af søens sediment. Resultaterne fra fiskeundersøgelsen er udsendt i en særskilt rapport /9/, men de vigtigste resultater og konklusioner er sammenfattet i rapporten. Resultaterne fra sedimentundersøgelsen foreligger som en intern rapport, der er gengivet i bilagsdelen. I Borup sø er der dette år iværksat et indgreb i fiskebestanden med det formål, at fremskynde en forbedring i søens tilstand. De foreløbige resultater herfra er sammenfattet i rapporten.

Den ottende rapport omhandler resultaterne fra overvågningen af Borup Sø i 1997 samt udviklingen siden 1989 /10/. I overensstemmelse med det udsendte paradigma er der tale om en "normalrapportering" og der er generelt fokuseret på eventuelle udviklingstendenser i perioden 1989-97. Ud over det faste tilsyn er der i 1997 foretaget en undersøgelse af søens sediment samt en reduceret fiskeundersøgelse med henblik på at følge effekterne af den opfiskning, der blev indledt i 1996.

Nærværende rapport omhandler resultaterne fra overvågningen af Borup Sø i 1998 samt udviklingen siden 1989. Der er som ved seneste rapport generelt fokuseret på eventuelle udviklingstendenser i perioden 1989-98, og som i 1997 er der ud over det faste tilsyn foretaget en fiskeundersøgelse med henblik på at følge effekterne af den opfiskning, der blev indledt i 1996.

3. Klimatiske forhold

Klimatiske forhold spiller en væsentlig rolle

Klimatiske forhold påvirker både direkte og indirekte de vandkemiske og biologiske forhold i en sø. Store nedbørsmængder, specielt i vinterhalvåret, betyder eksempelvis generelt en større udvaskning af næringsstoffer fra dyrkede arealer og dermed en tilsvarende større transport af disse næringsstoffer til søen. På tilsvarende vis spiller temperaturen, samt variationen i denne, eksempelvis en rolle for udviklingen af plante- og dyreplanktonet over året. Derfor er klimatiske forskelle fra år til år af væsentlig betydning for tolkningen af årets måleresultater.

I det følgende beskrives temperatur- og nedbørsforholdene i 1998, og der sammenlignes dels med overvågningsperioden, der startede i 1989 og dels med en længere årrække. Års- og månedsmidler for temperatur, nedbør og fordampning findes i bilag 1.

Temperatur

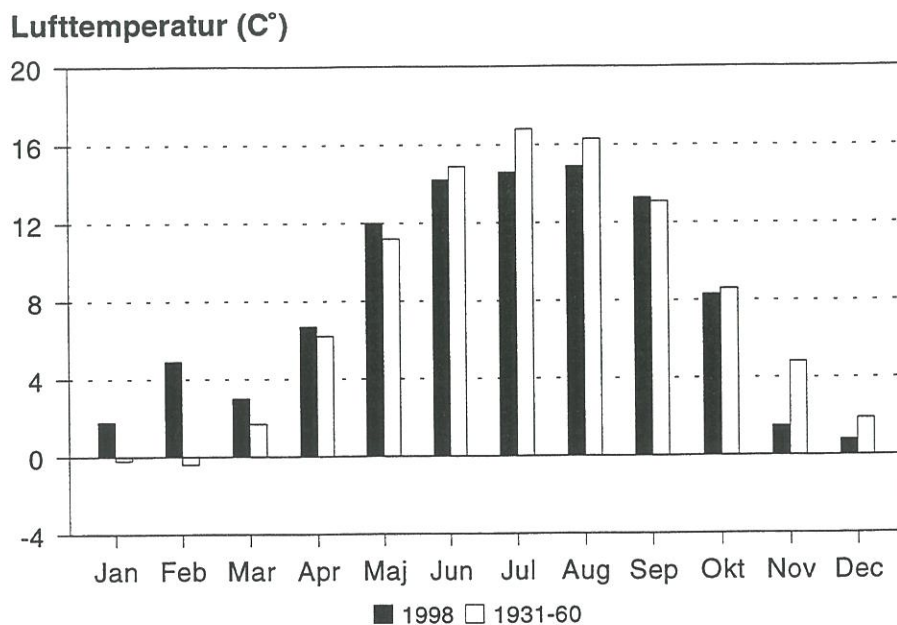
- en kold sommer

Sammenlignet med gennemsnittet for perioden 1931-60 var årets første måneder usædvanligt lune, og frem til og med maj måned var temperaturen over normalen (fig.1). Juni var tæt på normalen, men både juli og august var kolde med middeltemperaturer henholdsvis 2,2°C og 1,4°C under normalen.

Efter en september og oktober måned med normaltemperatur fulgte en usædvanlig kold november måned.

Samlet blev årets middeltemperatur 8,0°C mod et gennemsnit på 7,9°C for perioden 1931-60.

Figur 1. Gennemsnitlig månedstemperatur i 1998 sammenlignet med perioden 1931-60. Målinger fra målestationen Roskilde Syd.



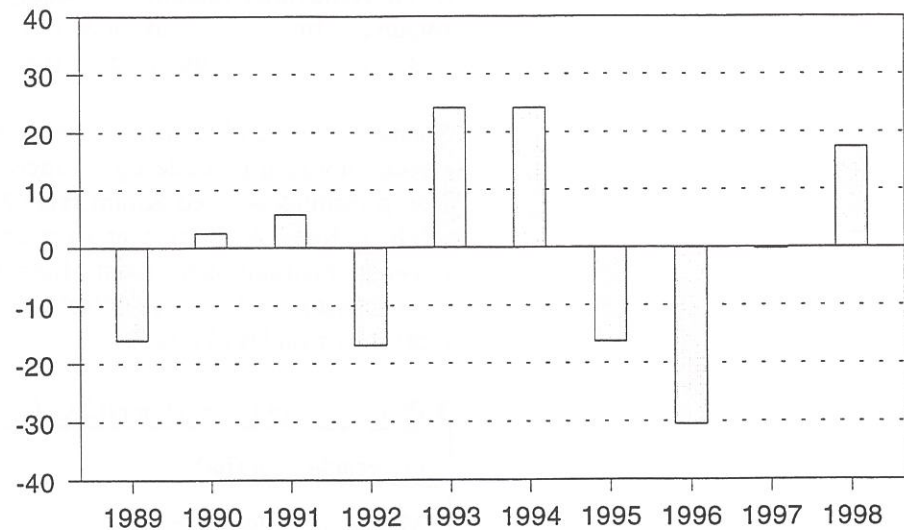
Nedbør

- nedbørsmængden i 1998 over normalen

Med en årsnedbør på 743 mm (målestation Roskilde Syd) var 1998 noget mere regnfuld en gennemsnittet på 633 mm beregnet for perioden 1980-90. Som det fremgår af figur 2, har nedbørsmængden varieret betydeligt gennem de seneste 10 år med 1993, 1994 og 1998 som regnfulde år og 1989, 1992, 1995 og 1996 som tørre år.

Figur 2. Afvigelse i procent for årsnedbøren i 1989-98 i forhold til "normalnedbøren" beregnet som et gennemsnit for perioden 1980-90. Data fra målestationen "Roskilde Lufthavn".

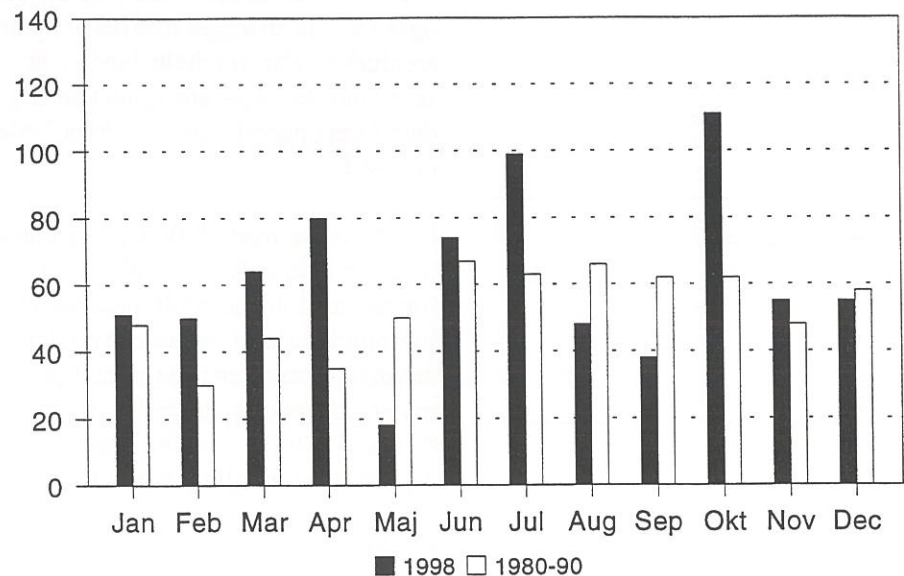
Afvigelse fra normalnedbør (%)



Betragtes nedbøren i 1998 på månedsbasis ses, at nedbøren var ujævnt fordelt over året (fig.3). Februar-april var således meget nedbørsrige, hvorimod maj var usædvanlig tør, med en nedbørsmængde på ca. en tredjedel af normalen. Efter en regnfuld juli kom en forholdsvis tør sensommer efterfulgt af en meget regnfuld oktober.

Figur 3. Månedsnedbøren i 1998 sammenlignet med gennemsnittet for perioden 1980-90. Data fra målestationen "Roskilde Lufthavn".

Månedsnedbør (mm)



4. Sø- og oplandsbeskrivelse samt målsætning

I dette afsnit er søen og dens opland kort beskrevet. For en mere detaljeret beskrivelse henvises til tidligere rapporter. Søen og dens historie er desuden udførligt beskrevet af Thorkild Høy og Jørgen Dahl i 3. bind af serien om Danmarks søer /11/.

Søbeskrivelse

Borup sø er beliggende umiddelbart vest for Borup by i Skovbo Kommune. Søen er omkranset af pilekrat og i den vestlige ende ellesump. Langs bredden er en veludviklet rørsump, hovedsageligt bestående af tagrør og uden for rørsumpen findes mange åkander. Der er ikke registreret undervandsvegetation i søen ved nogen af undersøgelserne, der startede i 1983.

Søens eneste egentlige tilløb er Borup Bæk, der løber til i den vestlige ende og i søens nordøstlige ende også fungerer som afløb. Borup Bæk har øst for Borup forbindelse med Kimmerslev Møllebæk, der via Kimmerslev Sø har afløb til Køge Å. Kort over søen og dens opland samt placeringen af de anvendte målestationer er vist i figur 4. De vigtigste morfometriske data for søen er vist i tabel 2. Mere udførlige data vedrørende søens dybdeforhold og morfometri findes i bilag 2.

Tabel 2. Borup sø, morfometriske forhold.

Overfladeareal (ha)	9,5
Maksimal vanddybde (m)	2,0
Gennemsnitlig vanddybde (m)	1,05
Vandvolumen (m ³)	100.000
Gennemsnitlig hydraulisk opholdstid i 1998 (dage)	16

Topografisk opland

Det samlede topografiske opland til søen udgør 757 ha og består af deloplandet til søens tilløb, Borup Bæk, samt det direkte opland til søen. Hovedparten af oplandet (61,6%) består af landbrugsområder, mens skovområder udgør 37,4%. Ferskvandsområder og befæstede arealer udgør med henholdsvis 0,9 og 0,1% kun en meget lille del af oplandet. Set i forhold til den gennemsnitlige arealudnyttelse for hele landet, er søens opland forholdsvis skovrigt, idet skovområderne på landsplan kun udgør omkring 11% af det samlede areal. En detaljeret opgørelse over jordtypefordeling og arealudnyttelse i oplandet findes i bilag 3.

Oplandsanalyse

I forbindelse med NOVA programmet skal der i perioden 1998-2003 ske en løbende indsamling af oplandsdata fra de 31 søoplande. Det overordnede formål med at indsamle data vedrørende eksempelvis oplandsafgrænsning, jordbundsforhold og arealanvendelse er, at opnå en større viden om vand- og næringstransporten i de forskellige søoplande. Ud fra oplandsanalyserne er det målet, at opstille modeller der mere præcist kan simulere betydningen af forskellige tiltag overfor kvælstof- og fosforbelastningen samt dokumentere og forklare udviklingen heri /34/.

I 1998 og foråret 1999 er der i oplandet til Borup Sø foretaget en opdatering af oplandsafgrænsningen, jordbundsforholdene og arealanvendelsen. Disse data er i maj 1999 endvidere gjort tilgængelige for bearbejdning med GIS-værktøj.

I foråret 1999 er der desuden foretaget en omfattende registrering af den spredte bebyggelse, herunder antallet af ejendomme, antallet af PE (personækvivalenter) samt rensetyper for de enkelte ejendomme. Formålet hermed er dels at ajourføre antallet af ukloakerede enkeltejendomme i oplandet og dels at kunne opgøre belastningen fra enkeltejendommene mere præcist end tidligere.

I oplandet til Borup Sø er der i foråret 1999 registreret 24 enkeltejendomme, hvoraf de 23 er helårshuse. Antallet af PE er opgjort til 62, mens den samlede belastning fra disse ejendomme er opgjort til 16 kg fosfor, 75 kg kvælstof samt 348 kg BI₅. Set i forhold til i 1997 er bidraget fra enkeltejendomme reduceret fra 26 kg fosfor og 116 kg kvælstof som følge af den nyeste opførelse.

I forbindelse med oplandsanalysen er der udarbejdet en standardiseret metode dels til opgørelse af vand- og stoftilførsel fra umålte søoplande og dels til kildeopsplitning af næringstransport /34/. Disse metoder er identiske med de metoder, der hidtil er anvendt i Roskilde Amt. Der er derfor ikke foretaget nye beregninger for Borup Sø for den foregående periode 1989-97.

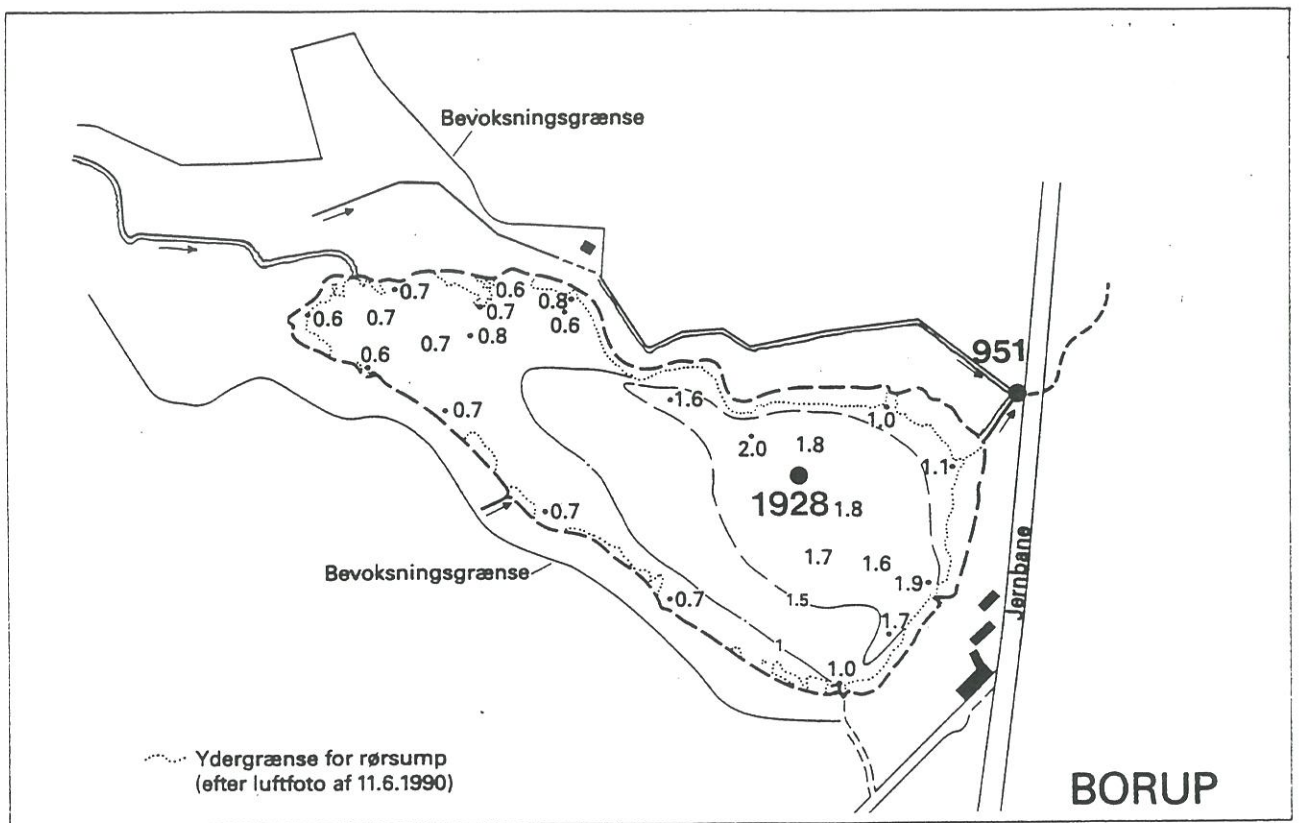
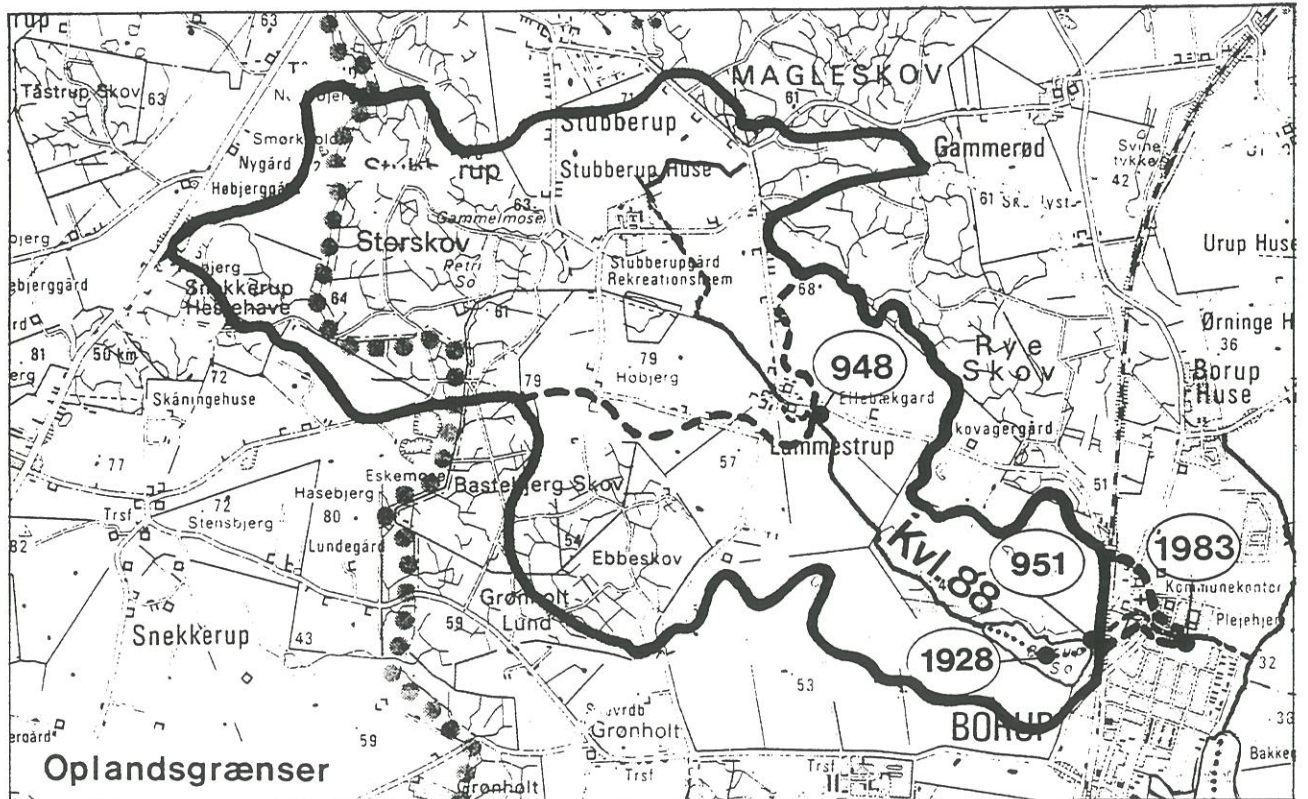
Målsætning for søen

Borup sø er tildelt en generel målsætning (B) svarende til en vandkvalitet, der er upåvirket/svagt påvirket af menneskelige aktiviteter. For at opfylde denne målsætning skal følgende krav være opfyldt:

- Sigtdybden skal være over 1 meter og total-fosforkoncentrationen mindre end 100-150 µg P/l. Begge parametre målt som sommergennemsnit.

- Der skal sikres en alsidig og varieret fiskefauna, uden masseforekomst af fredfisk og med et indslag af større rovfisk.

- Der skal være en undervandsvegetation, hvor dybdeudbredelsen mindst svarer til gennemsnittet for sommersigtdybden.



Figur 4. Kort over Borup sø med topografisk opland samt tillob og afløb. De anvendte målestationer er angivet på kortet.

5. Søtilløb - vandføring og stofkoncentrationer

Borup Bæk st. 948

Målinger af vandføring og stofkoncentration er foretaget på station 948 i Borup Bæk, der er det eneste egentlige tilløb til Borup sø. Ud af det samlede opland til Borup sø på 757 ha, dækker målestationen et opland på 420 ha, svarende til en fordeling af målt og umålt opland på henholdsvis 55,5% og 44,5%. Vandføringen er siden 1989 målt kontinuerligt på stationen, mens vandprøver til bestemmelse af stofkoncentrationer er udtaget 26 gange årligt.

Samleskema for års- og sommermiddelværdier i tilløbet på station 948 for henholdsvis vandføring, fosfor- og kvælstofkoncentrationer findes i bilag 4.

- intensiv station

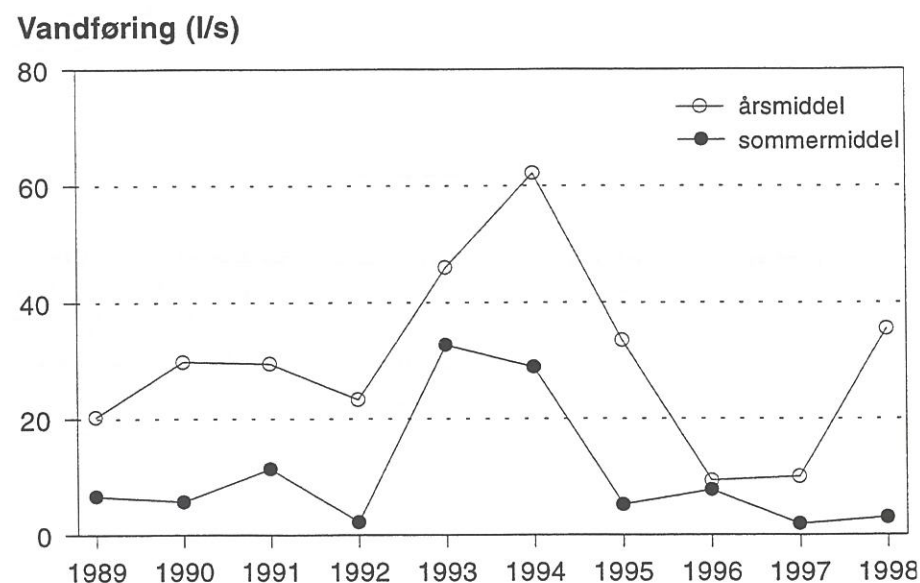
Siden begyndelsen af 1993 har station 948 desuden fungeret som intensiv station under overvågningsprogrammet, idet der er opstillet en automatisk prøvetager på stationen. I beregningerne af fosfortransporten til Borup sø er resultaterne fra den almindelige prøvetagning (26 gange årligt) anvendt. Når resultaterne fra den almindelige prøvetagning er anvendt, skyldes det bl.a., at den intensive station i kortere eller længere perioder har været ude af drift.

5.1 Vandføring

Vandføringen i Borup Bæk

Figur 5 viser vandføringen i Borup Bæk på station 948 i perioden 1989-98 angivet som tidsvægtede års- og sommermidler. Som følge af en væsentlig større nedbørsmængde i 1998 sammenlignet med året før, steg årsmiddelvandføringen markant fra 10,0 l/s til 35,5 l/s, mens sommermiddelvandføringen kun steg fra 1,9 l/s til 3,0 l/s. Sommervandføringen hører dermed til blandt de lavest registrerede i overvågningsperioden.

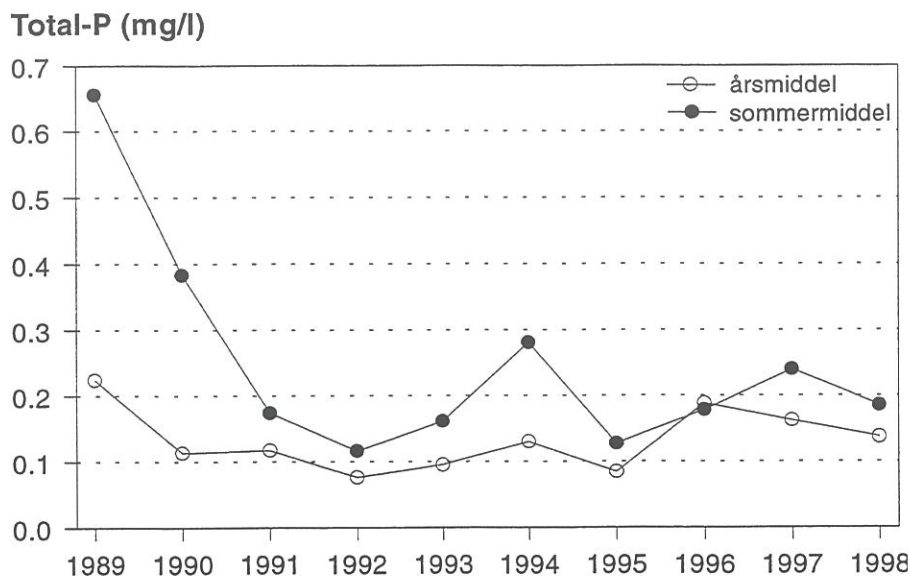
Figur 5. Års- og sommermiddelvandføring i Borup Bæk, station 948, i perioden 1989-98.



- lav sommervandføring i 1998

I gennemsnit for perioden 1989-97 har årsmiddelvandføringen på station 948 været 29,3 l/s (median 29,5 l/s), mens den tilsvarende sommermiddelvandføring har været på 11,4 l/s (median 6,6 l/s). På trods af en normal årsmiddelvandføring har sommervandføringen således i 1998 været noget under gennemsnittet for den foregående periode.

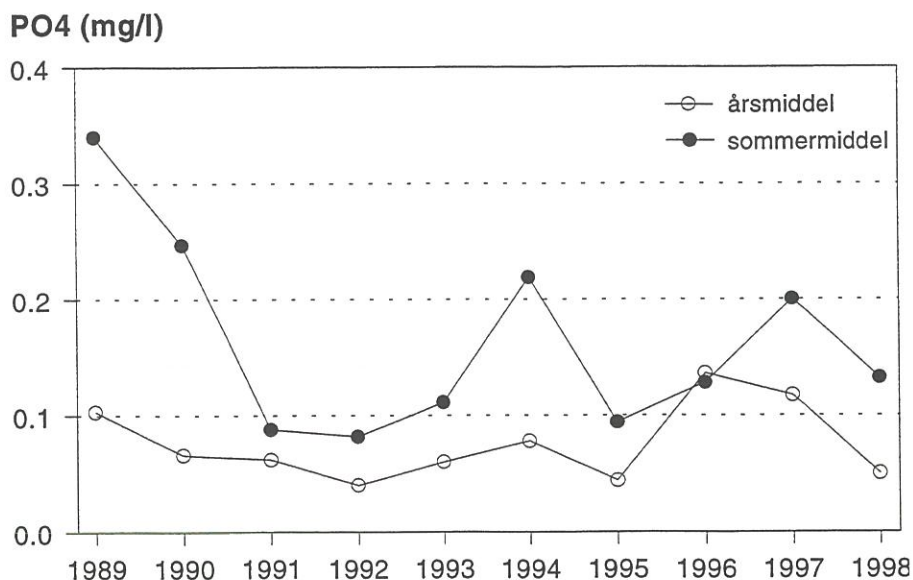
Figur 7. *Udviklingen i den vandføringsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af totalfosfor i perioden 1989-98.*



Opløst fosfat

Figur 8. *Udviklingen i den vandføringsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af opløst fosfat i perioden 1989-98.*

Figur 8 viser udviklingen i den vandføringsvægtede sommermiddelkoncentration af opløst fosfat gennem perioden. Også her er der sket et fald i koncentrationen i de første overvågningsår, men hverken for sommer- eller årsmiddelkoncentrationen kan der for hele perioden påvises en signifikant udvikling.



Som følge af en større vandføring i 1998 faldt årsmiddelkoncentrationen af opløst fosfat sammenlignet med de to foregående år. Både års- og sommermiddelkoncentrationen var i 1998 tæt på medianværdien for overvågningsperioden.

5.3 Kvælstof

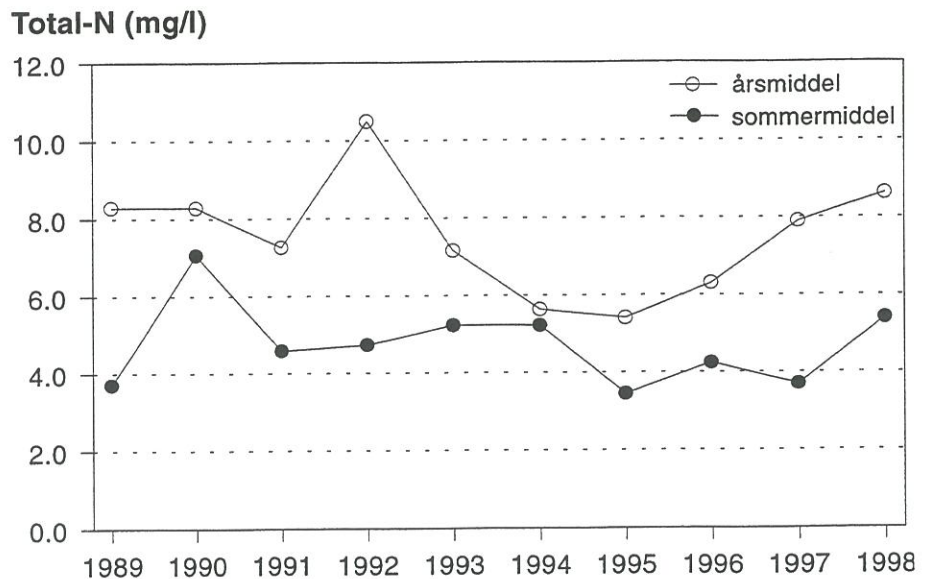
Høje kvælstofkoncentrationer i vinterperioden

- ingen udvikling i den vandføringsvægtede kvælstofkoncentration.

Modsat fosforkoncentrationen er kvælstofkoncentrationen i tilløbet generelt højest om vinteren og lavest i sommerperioden.

Figur 9 viser udviklingen i den vandføringsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af totalkvælstof i tilløbet på målestation 948. På nær i 1992, hvor årsmidlen med 10,5 mg N/l var den hidtil højeste, har den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration været svagt faldende i perioden 1989-95. De seneste tre år har årsmiddelkoncentrationen imidlertid igen været stigende og med 8,6 mg N/l i 1998, er årsmidlen i niveau med årsmidlen ved overvågningsperiodens start i 1989. Sommermiddelkoncentrationen i 1998 var med 5,4 mg N/l i niveau med medianværdien for perioden 1989-97 på 4,6 mg N/l. Set for hele overvågningsperioden 1989-98 kan der således hverken for års- eller sommermiddelkoncentrationen af kvælstof i tilløbet påvises en udvikling.

Figur 9. Udviklingen i den vandføringsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af total-kvælstof i perioden 1989-98.



6. Vandbalance

Beregningsgrundlag

Vandbalancerne for 1989-97 er beregnet ved brug af EDB-programmet STOQ-sømodul, version 3.30, mens der i 1998 er anvendt STOQ-sømodul windows vers. 4.0. De beregnede vandbalancer for 1998 opdelt på månedsbasis findes i bilag 5. Et samleskema over karakteristiske års- og sommerværdier for 1989-98 findes i bilag 6.

Stor usikkerhed på vandtilførslen før 1989

Vandføringen er siden 1989 målt kontinuerligt i tilløbet (st. 948) og afløbet (st. 1983) vha. Q/H målere. Ved undersøgelserne i 1983 og 1988 blev vandføringen målt med vingemåler i forbindelse med udtagning af vandprøver. På baggrund af den dermed forbundne store usikkerhed på vandbalancen i 1983 og 1988 er vand- og stofbalancer fra disse år ikke vurderet nærmere.

I STOQ-sømodul opstilles vandbalancen på baggrund af det målte bidrag fra tilløbet, det arealkorrigerede bidrag fra umålt opland, den målte fraførsel i afløbet, nedbør og fordampning samt magasineringen i søen som følge af vandstandsændringerne. Vandbalancen afstemmes herefter som tilført overfladevand minus fraført overfladevand, hvor den eventuelt resterende positive eller negative vandmængde henregnes som udveksling med grundvandet, henholdsvis som grundvandsindsivning eller som udsivning til grundvandet.

Den beregnede grundvandsindsivning til søen er næppe reel.

I forbindelse med temarapporteringen i 1995 blev det vurderet som meget tvivlsomt, at der sker en grundvandsindsivning til søen. På den baggrund blev det konkluderet, at forskellen mellem tilført og fraført overfladevand ved vandbalanceberegningerne dels skyldes usikkerhed på opgørelsen af de til- og fraførte vandmængder og dels usikkerhed på magasinændringer i søen.

Årlige til- og fraførsler

Årlige til- og fraførsler af vand angivet i henholdsvis mill. m³ og som afstrømningshøjder (m/år) er vist i tabel 3 og figur 10. I tabellen er endvidere angivet den beregnede indsivning/udsivning af grundvand, der som nævnt skal betragtes som usikkerheden på vandbalancen.

Tabel 3. Årlige eksterne til- og fraførsler af vand samt "grundvandsbidraget" i perioden 1989-98.

Borup sø, vandbalance	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Samlet ekst. tilførsel (mill. m ³)	1,14	1,70	1,69	1,31	2,63	3,55	1,90	0,51	0,58	2,05
Samlet ekst.fraførsel (mill.m ³)	1,09	2,13	1,84	1,38	2,65	3,30	2,09	0,62	0,76	1,98
+/- "Grundvand" (mill. m ³)	-0,05	0,45	0,14	0,07	0,02	-0,26	0,17	0,12	0,19	-0,07

Stor vandtilførsel i 1998

Vandtilførslen var i 1998 øget væsentligt i forhold til de to foregående år, hvor vandtilførslen var usædvanlig lav. Vandtilførslen var ca. 20% over gennemsnittet for overvågningsperioden, som følge af den store nedbørsmængde i 1998.

Stor variation i vandtilførslen fra år til år

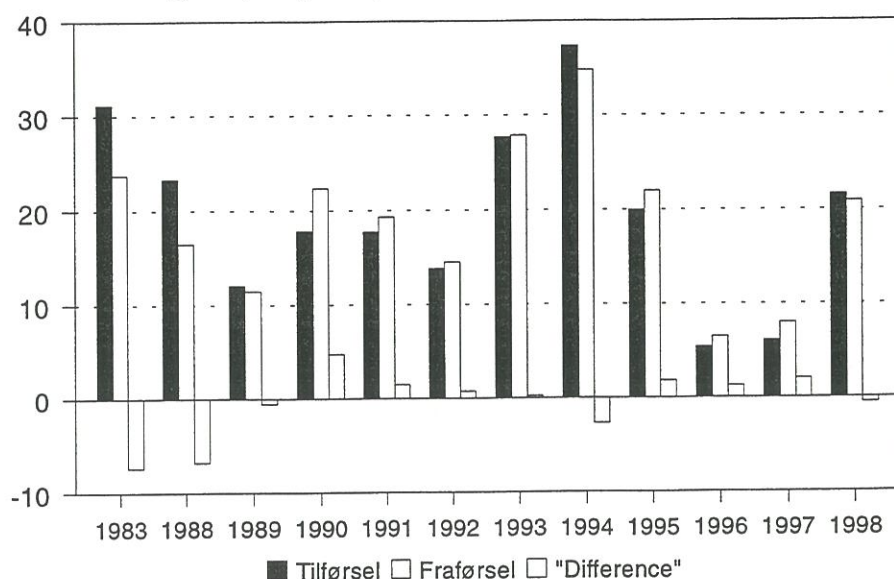
Som det endvidere fremgår af tabellen, varierer vandtilførslen meget fra år til år primært afhængig af nedbørsmængden i det enkelte år. Største vandtilførsler var i 1994, hvor søen modtog 3,55 mill. m³ vand, eller omkring syv gange

vandmængden i de tørre år 1996 og 1997.

I figur 10 er vist den årlige eksterne til- og fraførsel af vand angivet som afstrømningshøjder (m/år). Tallene for 1983 og 1988 skal som tidligere nævnt tages med forbehold, idet vandføringen disse år kun er målt med vingemåler i forbindelse med udtagning af vandkemiprøver. På figuren ses tydeligt de store år til år variationer i vandtilførslen.

Figur 10. Årlig ekstern til- og fraførsel angivet som afstrømningshøjder (m/år) for 1983 og 1988-98.

Afstrømningshøjde (m/år)



Opholdstiden i søen følger nedbørsmængden

Hydraulisk opholdstid

Den hydrauliske opholdstid for søvandet afhænger af vandføringen i tilløbet, og dermed i høj grad af nedbørsmængden. I år med en stor nedbørsmængde er opholdstiden derfor normalt kort og omvendt lang i nedbørsfattige år.

I 1998 var den gennemsnitlige opholdstid på årsbasis 16 dage og dermed forholdsvis kort i forhold til en middelværdi for perioden 1989-97 på 25 dage (tabel 4). Den gennemsnitlige opholdstid har i overvågningsperioden varieret betydeligt fra 10 dage i 1994 til 53 dage i 1996.

Tabel 4. Den hydrauliske opholdstid i perioden 1989-98 beregnet som henholdsvis gennemsnitligt antal dage og år⁻¹.

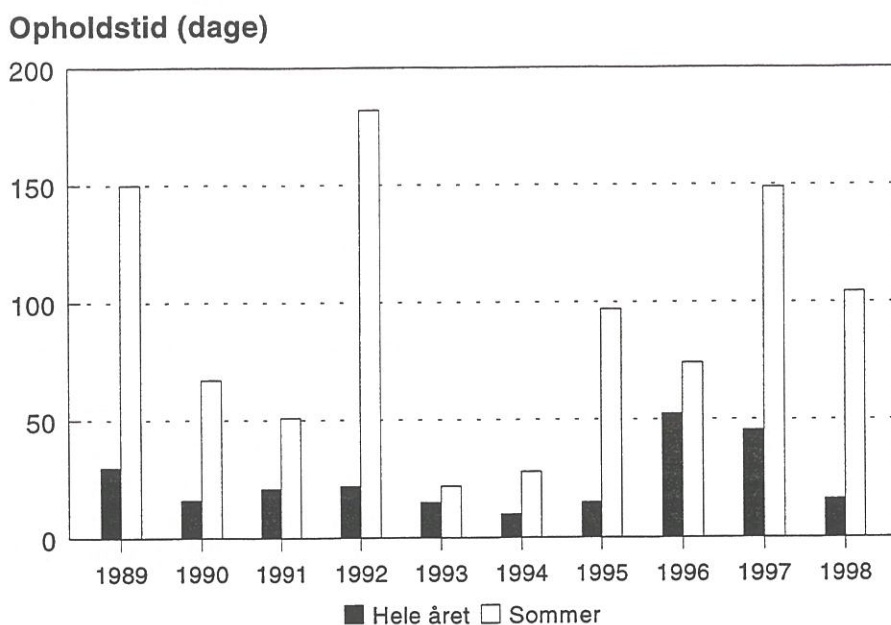
Opholdstid	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Antal dage	30	16	21	22	15	10	15	53	45	16
År ⁻¹	0,082	0,044	0,058	0,060	0,041	0,027	0,041	0,144	0,124	0,045

Opholdstiden er generelt kort i vinterperioden og lang i sommerperioden

Som følge af den tidligere omtalte karakteristiske årstidsvariation i vandføringen i tilløbet, er den gennemsnitlige opholdstid i sommerperioden normalt langt større end opholdstiden på årsbasis (fig.11). I de år, hvor nedbørsmængden og nedbørsfordelingen har været tættest på normalen, har opholdstiden i sommerperioden været omkring 50-75 dage. I de tørre somre 1989 og 1992 var opholdstiden meget lang, omkring 150-200 dage, mens opholdstiden i

regnfulde somre er nede omkring 25 dage. I 1998 var sommeropholdstiden med 104 dage noget længere end normalt i overensstemmelse med en forholdsvis tør sommer.

Figur 11. Års- og sommergennemsnitlig opholdstid i perioden 1989-98.



Sammenfatning

Sammenfattende er vandtilførslen til Borup sø karakteriseret ved en relativ stor tilførsel i vinterperioden og en lav tilførsel i sommerperioden. Vandtilførslen består næsten udelukkende af overfladeafstrømning samt drænvand fra dyrkede arealer, og varierer dermed med nedbørsforholdene. Vandtilførslen stiger nærmest momentant med nedbørshændelser og i tørre sommerperioder udtørres vandløbet som følge af manglen på egentlige punktkilder. Opholdstiden er normalt kort i vinterhalvåret og lang i sommerhalvåret.

Som følge af en stor nedbørsmængde i det tidlige forår og i efteråret var vandtilførslen i 1998 over gennemsnittet for overvågningsperioden. Vandtilførslen var dog mere beskedent i sommerhalvåret, og den hydrauliske opholdstid var i overensstemmelse hermed forholdsvis lang.

7. Stofbalance

Beregningsgrundlag

Stofbalanceberegningen for 1989-97 er foretaget vha. EDB-programmet STOQ-sømodul, version 3.30. I 1998 er anvendt STOQ-sømodul windows vers. 4.0. Stofbalanceberegninger omfatter fosfor (total-P), opløst fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$), kvælstof (total-N) samt jern (total-Fe).

Stofbalancerne på månedsbasis for 1998 findes i bilag 5. Årlige stofmængder i absolutte tal samt vandføringsvægtede indløbskoncentrationer for de nævnte parametre for 1989-98 findes i samleskemaer i bilag 6. Da de vandføringsvægtede indløbskoncentrationer til søen er identiske med koncentrationerne i tilløbet Borup Bæk, vil de ikke blive nærmere behandlet i dette afsnit. Der henvises i stedet til afsnit 5 om tilløbet.

Ændret prøvetagningsstrategi i 1993 og i 1998

I 1993 blev prøvetagningsstrategien ændret i forhold til de foregående år. Tidligere blev der udtaget prøver i sø og afløb sideløbende, men i perioden 1993-97 er prøverne i vinterperioden skiftevis udtaget i søen og i afløbet, mens der i sommerperioden ikke er udtaget afløbsprøver. I 1998 er der igen udtaget separate prøver i afløbet svarende til det normale program (26 prøver/år).

I beregningerne er stoftransporten fra det umålte opland fundet ved at arealkorrigere med det målte opland. Det er dermed antaget, at stofkoncentrationerne fra det målte og umålte opland er ens.

Anvendt metode ved beregning af stofmængder fra "ind- og udsivende grundvand"

Ved beregningsmetoden er det endvidere antaget, at de ind- og udsivende grundvandsmængder, som STOQ-sømodul programmet beregner, primært er et udtryk for usikkerheden på vandbalancen. Det betyder, at der reelt er tale om overfladevand. Stofbidraget fra "indsivende grundvand" *til* søen er derfor beregnet ved brug af vandføringsvægtede stofkoncentrationer i det målte tilløb (station 948). Dette svarer til de anbefalinger, som en teknisk arbejdsgruppe med repræsentanter fra amterne og Danmarks Miljøundersøgelser har givet /12/. Da beregningsprogrammet STOQ-sømodul tidligere kun kunne anvende en enkelt værdi pr. år for stofkoncentrationen i det indsvivende "grundvand", er der i beregningerne anvendt vandføringsvægtede årsmidler af stofkoncentrationen i tilløbet. Stoftransporten *fra* søen via udsivende "grundvand" er beregnet ved brug af interpolerede stofkoncentrationer i søvandet.

7.1 Fosfor

Årlige til- og fraførsler samt tilbageholdelse

Størst fosfortilførsel i de nedbørsrige år

Den årlige samlede til- og fraførsel af totalfosfor angivet som arealkoefficienter (g tot-P/m^2 søareal/år) samt den beregnede tilbageholdelse i søen er vist i figur 12. Fosfortilførslen har gennem perioden 1989-98 svinget mellem ca. 1-5 $\text{g P/m}^2/\text{år}$, med de største tilførsler i de nedbørsrige år og laveste tilførsler i de nedbørsfattige år. Fosfortilførslen i 1998 var med 2,93 $\text{g P/m}^2/\text{år}$ lidt over middelværdien på 2,26 $\text{g P/m}^2/\text{år}$ for perioden 1989-97.

Opgørelsen før 1989 er behæftet med stor usikkerhed

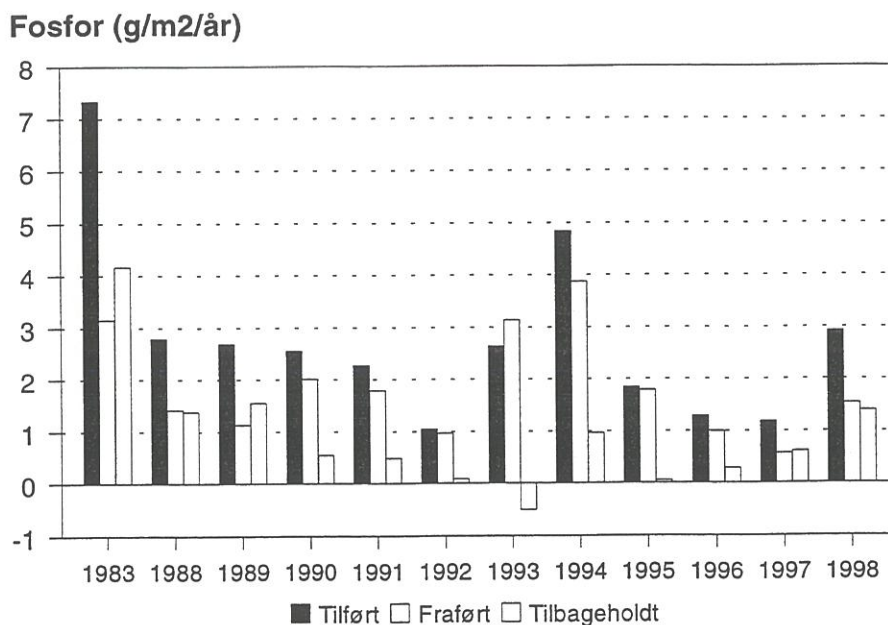
I 1983 var den beregnede fosfortilførsel med 7-8 $\text{g P/m}^2/\text{år}$ væsentligt højere end i nogen af de efterfølgende år. Denne meget store fosfortilførsel er næppe reel, men fremkommet som følge af den usikre opgørelse af vandtilførslen

dette år, hvor vandføringen i tilløbet er beregnet ud fra et beskedent antal vandføringsmålinger udført med vingemåler.

Ingen markante ændringer i fosfortilførslen 1989-98

Der kan ikke statistisk påvises ændringer i fosfortilførslen i overvågningsperioden.

Figur 12. Fosforbalance for Borup sø 1983 og 1988-98. Værdier angivet som stofmængder i g pr. m² søareal pr. år.



Til- og fraførslen af fosfor følger til dels årets nedbørsmængde

I tabel 5 er vist de samlede årlige til- og fraførsler af fosfor til søen i kg samt den beregnede tilbageholdelse i både kg og som procentdel af den eksterne tilførsel. Største tilførsel på 460 kg fandt sted i 1994, der var et meget nedbørsrigt år, mens laveste tilførsel på 100 kg fandt sted i 1992, der omvendt var et meget nedbørsfattigt år. Tilførslen i 1998 var med 278 kg noget større end i de foregående to år.

Tabel 5. Årlig til- og fraførsel samt tilbageholdelse af fosfor i Borup sø i perioden 1989-98.

Borup sø, stofbalance total-P	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Samlet tilførsel (kg)	256	243	216	100	250	460	175	123	113	278
Samlet fraførsel (kg)	108	192	170	92	299	368	170	95	54	146
Tilbageholdelse (kg)	148	52	46	8	-48	92	5	27	58	132
Tilbageholdelse (%)	59	21	21	8	-20	23	3	22	52	48

Søen tilbageholder fosfor

På nær i 1993, hvor gennemskylningen af søen begyndte i det meget tidlige efterår, har søen hvert år tilbageholdt fosfor. Denne tilbageholdelse har som maksimum været op til ca. 150 kg, svarende til 1,5 g P/m². I hovedparten af årene har tilbageholdelsen dog været væsentligt mindre (tab. 5 og fig.13). Som gennemsnit for perioden 1989-97 har søen årligt tilbageholdt 0,45 g P/m². I 1998 var tilbageholdelsen med 132 kg P svarende til 1,39 g P/m² den næststørste i overvågningsperioden kun overgået af tilbageholdelsen i 1989.

- ingen signifikant udvikling i fosforretentionen

Statistisk kan der ikke påvises en udvikling i fosforretentionen. Samlet er sedimentets fosforpulje i perioden 1989-98 øget med ca. 5,5 g P/m² svarende til, at der er lagt yderligere omkring et halvt ton til søsedimentets fosforpulje

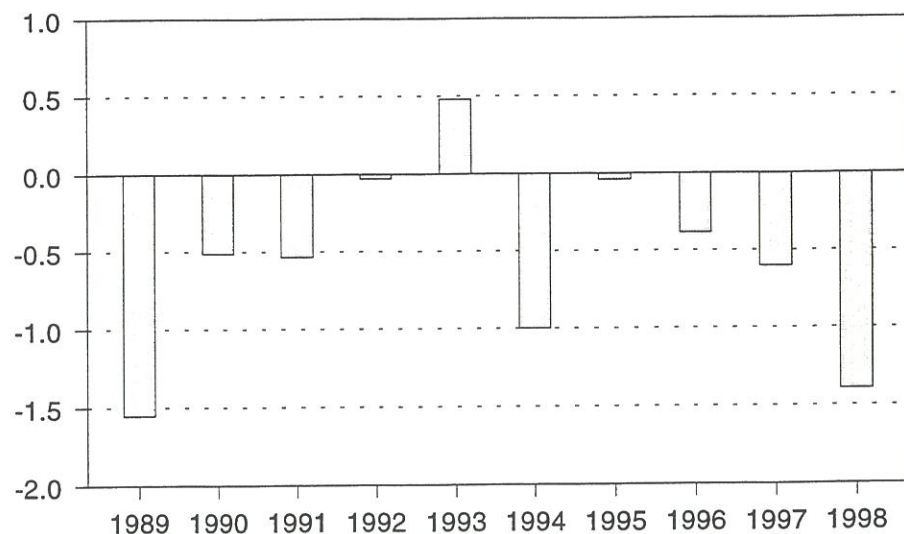
siden 1989.

- fosforfrigivelse fra søsedimentet
i foråret

Fosfortilbageholdelsen finder typisk sted i 1. samt 3.-4. kvartal. I 2. kvartal frigives derimod normalt fosfor fra sedimentet, og det er i høj grad denne årligt tilbagevendende fosforfrigivelse i det sene forår - forsommeren, der styrer søvandets fosforkoncentration i sommerperioden, hvor der føres meget lidt fosfor til søen via tilløbet. Frigivelsen af fosfor i det sene forår - forsommeren er antageligt primært betinget af temperaturstigningen, der medfører forøget biologisk aktivitet i sedimentet.

Figur 13. Beregnet fosforfrigivelse og fosfortilbageholdelse i g pr. m² søareal pr. år for perioden 1989-98.

Intern fosforfrigivelse (g/m²/år)



Kildeopsplitning

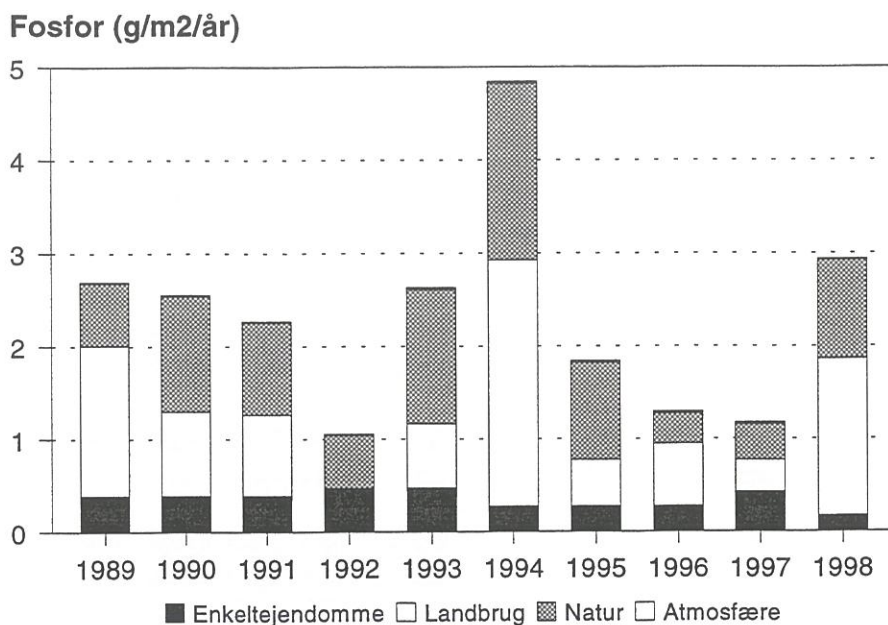
Den årlige eksterne tilførsel af fosfor i kg opdelt på belastningskilder fremgår af bilag 7, der endvidere indeholder den anvendte beregningsmetode.

I figur 14 er vist de enkelte kilders bidrag til fosfortilførslen på årsbasis angivet som arealkoefficienter. Atmosfærebidraget er som det fremgår af figuren af en meget beskedent størrelse, hvorfor der reelt kun er 3 fosforkilder tilbage af betydning, - bidraget fra enkeltejendomme, bidraget fra landbrug samt naturbidraget (basisbidraget).

I 1998 udgjorde landbrugsbidraget 58% af den samlede fosfortilførsel, naturbidraget udgjorde 36% og bidraget fra enkeltejendomme udgjorde 6%. Det er således især et stort bidrag fra de dyrkede arealer, som har resulteret i en relativ stor fosfortilførsel til søen.

Som gennemsnit for perioden 1989-97 har landbrugsbidraget tegnet sig for 36% af den samlede fosfortilførsel, mens bidraget fra enkeltejendomme har udgjort 21%. Naturbidraget og det atmosfæriske bidrag har i gennemsnit udgjort henholdsvis 42% og 1%.

Figur 14. Fosfortilførslen til Borup sø fordelt på belastningskilder.



7.2 Kvælstof

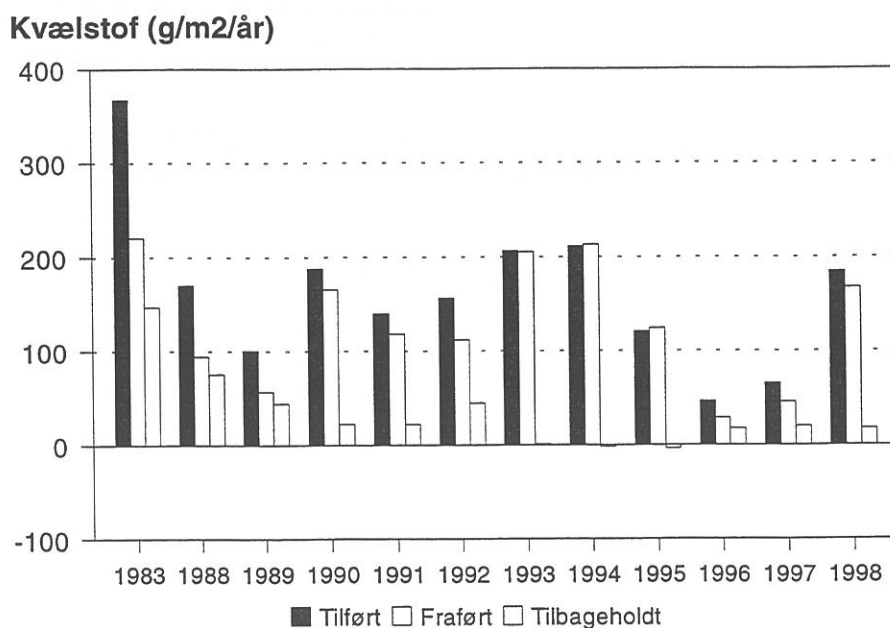
Årlige til- og fraførsler samt tilbageholdelse

Den årlige eksterne til- og fraførsel samt tilbageholdelse af kvælstof er vist i figur 15. De enkelte størrelser er angivet som arealkoefficienter (g tot-N/m² søareal/år). Til- og fraførte mængder samt tilbageholdelse angivet i ton er vist i tabel 6.

Kvælstoftilførslen var høj i 1998

Kvælstoftilførslen i 1998 var med 17,5 ton, svarende til 185 g N/m², noget større end i de to foregående år, og lidt over gennemsnittet for perioden 1989-97 på ca. 13 ton.

Figur 15. Kvælstofbalance for Borup sø 1983 og 1988-98. Værdier angivet som stofmængder i gram pr. m² søareal pr. år.



Kvælstoftilførslen følger i vid udstrækning nedbørsmængden

Kvælstoftilførslen har i gennem perioden 1989-98 svinget mellem 46 og 206 g N/m², afhængig af nedbørsmængden og -fordelingen i de enkelte år. Størst tilførsel har der været i de nedbørsrige år og specielt i de år, hvor der er faldet ekstraordinært store nedbørsmængder i vinterhalvåret. Dette års forholdsvis høje kvælstoftilførsel skyldes først og fremmest den store nedbørsmængde i årets første fire måneder og den dermed forbundne øgede udvaskning af kvælstof fra de dyrkede arealer.

Variationen i kvælstoftilførslen er således primært styret af de klimatiske forhold, og statistisk kan der da heller ikke påvises en egentlig udvikling i kvælstoftilførslen for hele perioden 1989-98.

Kvælstoftilførslen i 1983 er usikkert bestemt

Den tilsyneladende meget store kvælstoftilførsel i 1983 skal tages med et stort forbehold som følge af, at vandtilførslen dette år er meget usikkert bestemt.

I tabel 6 er vist den årlige til- og fraførsel af kvælstof til søen i ton samt den beregnede tilbageholdelse dels i ton og dels som procentdel af tilførslen. Den samlede tilførsel har i perioden som nævnt varieret overordentligt meget, fra 4,4 t i 1996 til godt 20 t i 1994.

Tabel 6. Årlig til- og fraførsel samt tilbageholdelse af kvælstof i Borup sø i perioden 1989-98.

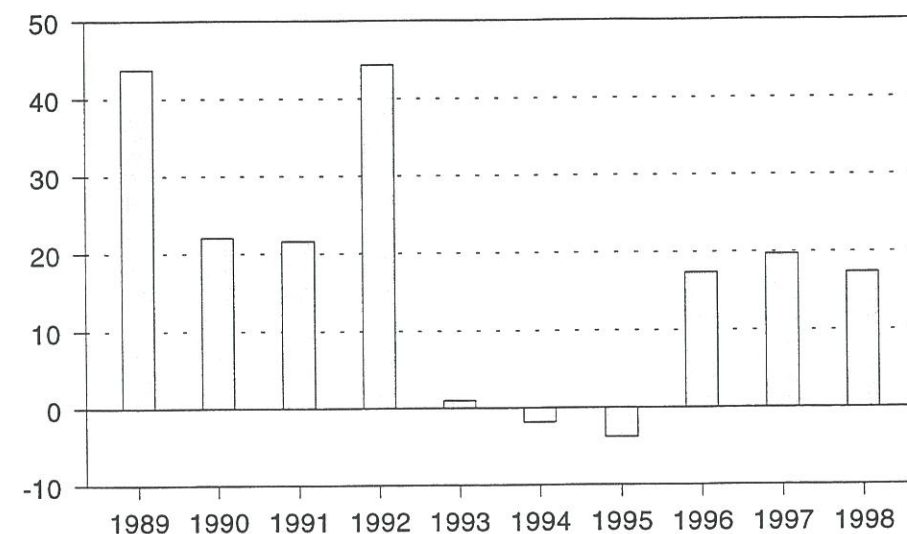
Borup sø, stofbalance total-N	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Samlet tilførsel (ton)	9,6	17,8	13,3	14,9	19,6	20,1	11,5	4,4	6,2	17,5
Samlet fraførsel (ton)	5,4	15,7	11,2	10,6	19,5	20,2	11,8	2,7	4,3	15,9
Tilbageholdelse (ton)	4,2	2,1	2,1	4,2	0,1	-0,2	-0,4	1,7	1,9	1,6
Tilbageholdelse (%)	44	12	16	28	< 1	< -1	-3	38	30	9

1,6 ton kvælstof tilbageholdt i 1998

Søen tilbageholdte i 1998 ca. 1,6 ton kvælstof svarende til 17,4 g pr. m² søareal eller ca 9% af den tilførte kvælstofmængde. Som gennemsnit for perioden 1989-97 har tilbageholdelsen været på 18% af den tilførte kvælstofmængde, men med meget store variationer fra år til år, som det fremgår af tabel 6 og figur 16. I de nedbørsmæssigt mest normale år 1990 og -91, tilbageholdte søen omkring 20 g N/m²/år, mens der i de tørre somre 1989 og -92 blev tilbageholdt omkring det dobbelte (ca. 45 g N/m²/år).

Figur 16. Beregnet kvælstoftilbageholdelse i g pr. m² søareal pr. år for perioden 1989-98.

Kvælstoftilbageholdelse (g/m²/år)



Kvælstoftilbageholdelsen udviser ikke samme tydelige årstidsmønster som for fosfors vedkommende. Årsagen hertil er, at tilbageholdelsen primært er styret af opholdstiden i søen og dermed af vandtilførslen, der som tidligere nævnt varierer overordentligt meget.

Statistisk kan der ikke påvises en udvikling i kvælstoftilbageholdelsen set for hele overvågningsperioden 1989-98.

Kildeopsplitning

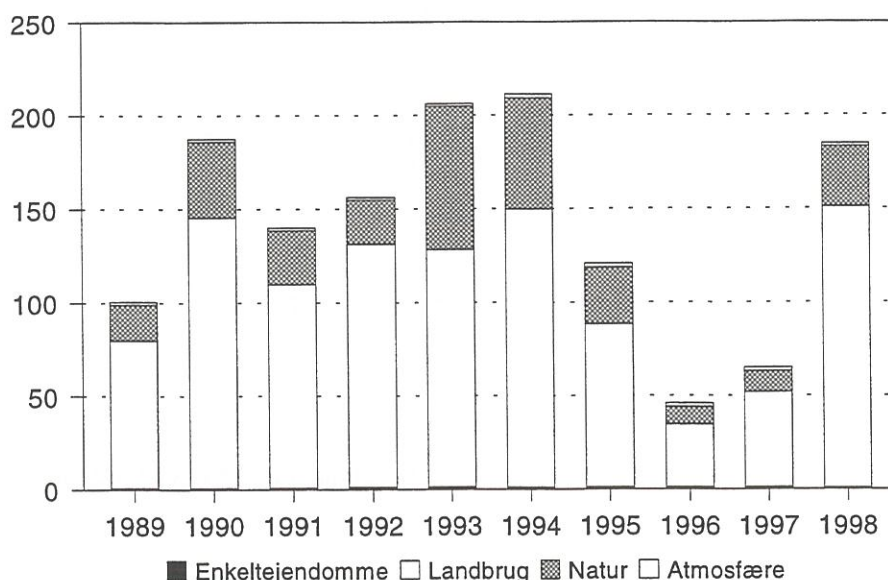
Fordelingen af den tilførte kvælstof på belastningskilder angivet som arealkoefficienter er vist i figur 17. Absolutte tal samt beregningsgrundlag findes i bilag 7.

Hovedparten af den tilførte kvælstof stammer fra dyrkede arealer

I 1998 udgjorde bidraget fra landbrugsarealer med 81% af det samlede bidrag langt hovedparten af den tilførte kvælstofmængde. Dette har været tilfældet i hele overvågningsperioden, hvor bidraget fra de dyrkede arealer har udgjort mellem 61% og 83% af kvælstoftilførslen. Den resterende del stammer stort set fra naturbidraget, mens både det atmosfæriske bidrag og bidraget fra enkeltejendomme kun har marginal betydning.

Figur 17. Kvælstoftilførslen til Borup sø fordelt på belastningskilder.

Kvælstof (g/m²/år)



7.3 Jern

Årlige til- og fraførsler samt tilbageholdelse

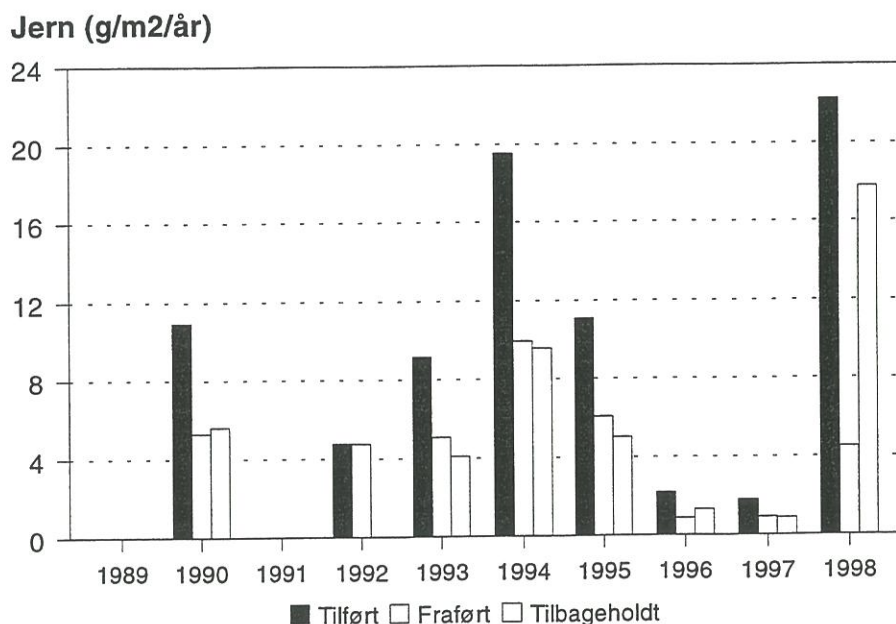
Den årlige eksterne til- og fraførsel samt tilbageholdelse af jern er vist i figur 18. De enkelte størrelser er angivet som arealkoefficienter (g total-Fe/m² søareal/år). Der er ikke opstillet jernbalancer for 1989 og -91, hvor der ikke blev målt for jernindhold i tilløbet. Årlige til- og fraførsler samt tilbageholdelse i ton er angivet i tabel 7.

Hidtil højeste jerntilførsel i 1998

Tilførslen af jern var i 1998 på 2.114 kg svarende til 22,3 g/m² søareal og dermed den hidtil højeste tilførsel i overvågningsperioden, hvor årsgennemsnits-

nittet for 1989-97 har været på 808 kg svarende til 8,5 g/m² søareal.

Figur 18. Jernbalance for Borup sø 1990 og 1992-98. Værdier angivet som stofmængder i g pr. m² søareal pr. år.



Tabel 7. Årlig til- og fraførsel samt tilbageholdelse af jern i Borup sø i 1990 og 1992-98.

Borup sø, stofbalance jern	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Samlet tilførsel (ton)		1,04		0,45	0,87	1,86	1,05	0,21	0,17	2,11
Samlet fraførsel (ton)		0,50		0,45	0,48	0,95	0,58	0,08	0,09	0,43
Tilbageholdelse (ton)		0,53		0	0,39	0,91	0,48	0,12	0,08	1,68
Tilbageholdelse (%)		51		<1	45	49	45	60	49	80

Omkring halvdelen af den tilførte jernmængde tilbageholdes i søen

Søen tilbageholdte 80% af den tilførte jernmængde, hvilket er væsentligt mere end i de øvrige år, hvor jernbalancen er målt. Tilbageholdelsen har således i de fleste år været på omkring halvdelen af den tilførte jernmængde. 1992 skiller sig dog markant ud i forhold til de øvrige år, idet de til- og fraførte mængder dette år stort set var i samme størrelsesorden. Samlet betød tilbageholdelsen i 1998, at sedimentets jernpulje blev øget med knap 18 g jern pr. m².

Lavt jern-fosfor forhold i søsedimentet

Sedimentundersøgelsen i 1997 viste et jern-fosfor forhold i de øverste 10 cm af sedimentet på knap 7:1 mod et tilsvarende forhold i 1990 på ca 6:1. Selv om jern-fosfor forholdet er steget en smule siden 1990, er der stadig lang vej op til det jern-fosfor forhold på over 15:1, hvor jernindholdet under iltede forhold i sedimentet kan spille en væsentlig rolle for fosforfrigivelsen /13/.

8. Fysisk-kemiske målinger i søen

I dette afsnit præsenteres nogle af de målte parametre i søvandet i 1998 og en eventuel udvikling i perioden 1989-98 er vurderet.

Års- og sommermidler for samtlige målte parametre i søvandet samt figurer over udviklingsforløb findes i bilag 8.

8.1 Næringsstoffer

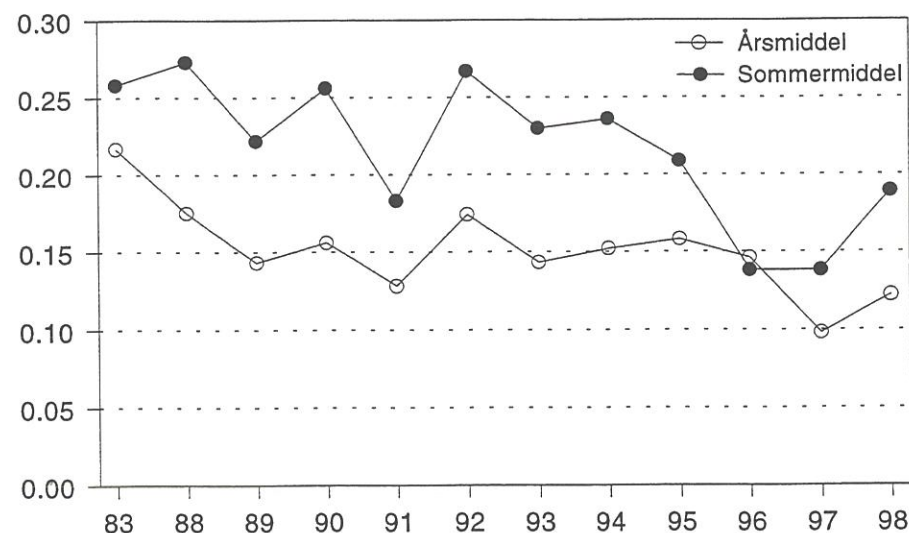
Totalfosfor

- søvandskoncentrationen stiger i sommerhalvåret

Totalfosforkoncentrationen i søen har i alle årene været karakteriseret ved lave værdier i vinterperioden, hvor søvandskoncentrationen stort set er identisk med indløbskoncentrationen som følge af den korte opholdstid. I sommerperioden løber der normalt kun meget lidt vand til søen, og indløbskoncentrationen er derfor af mindre betydning. Søvandskoncentrationen stiger i sommerperioden til relativt høje værdier, typisk omkring 2-300 µg P/l, som følge af en fosforfrigivelse fra sedimentet kombineret med den lange opholdstid. Derfor er den gennemsnitlige sommermiddelkoncentration af fosfor i søvandet, som det fremgår af figur 19, højere end den tilsvarende årsmiddelkoncentration.

Figur 19. Den tidsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af totalfosfor i søvandet 1983 og 1988-98.

Total-P (mg/l)



- forøgede års- og sommermiddelkoncentrationer i 1998

I 1998 var den tidsvægtede årsmiddelkoncentration af totalfosfor med 0,122 mg P/l noget højere end i 1997, men dog stadig lavere end i årene før 1997. Den sommergennemsnitlige fosforkoncentration var med 0,189 mg P/l ligeledes øget i forhold til i 1997, og den positive udvikling fra 1992 og frem er således tilsyneladende stagneret.

Årsagen til det øgede fosforindhold i søvandet hænger antageligt primært sammen med den store afstrømning i det tidlige forår, som medførte en øget tilførsel af fosfor til søen sammenlignet med årene inden.

- fosforkoncentrationen er faldet i de sidste år

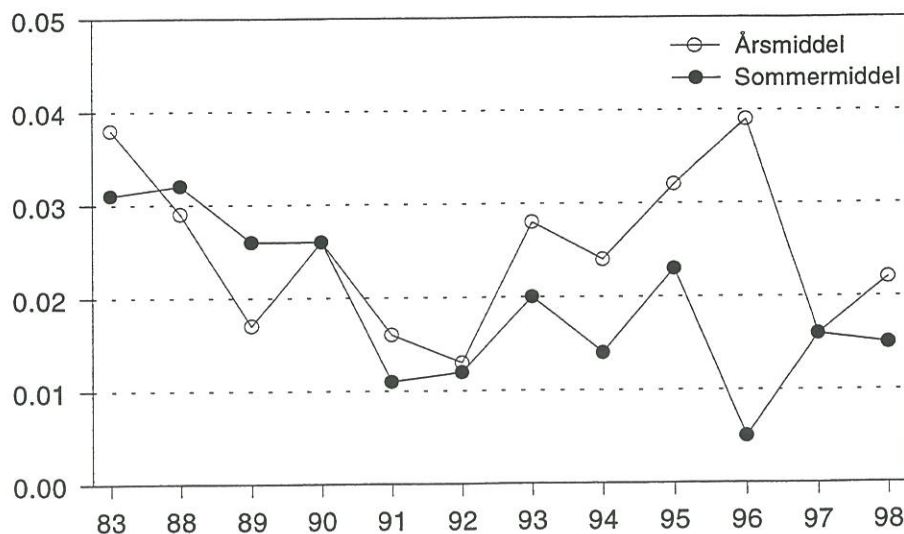
Set for perioden 1989-98 kan der statistisk ikke påvises en udvikling i hverken års- eller sommermiddelkoncentrationen af totalfosfor i søvandet. Både års- og sommermiddelkoncentrationen af totalfosfor i søvandet har dog i de sidste 2-3 år ligget på et lidt lavere niveau sammenlignet med årene før.

Opløst fosfat

Figur 20. Den tidsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af opløst fosfat i søvandet 1983 og 1988-98.

Søvandets indhold af opløst fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) angivet som tidsvægtede års- og sommergennemsnit for 1983 og 1988-98 er vist i figur 20. Koncentrationen af opløst fosfat er både på års- og sommerbasis meget lille, under $30 \mu\text{g P/l}$, og i sommerperioden i længere perioder under detektionsgrænsen. Opløst fosfat er derfor en potentiel begrænsende faktor for planteplanktonet i perioder hver sommer.

Opløst fosfat (mg/l)



I 1998 var den tidsvægtede sommermiddelkoncentration med $15 \mu\text{g P/l}$ i niveau med sommermiddelkoncentrationen fundet i årene efter 1990, og mængden af opløst fosfat var også i 1998 i store perioder under detektionsgrænsen og dermed en potentiel vigtig faktor i begrænsningen af sommerens planteplankton.

- ingen statistisk signifikant udvikling

Set over hele perioden 1989-98 kan der ikke umiddelbart påvises signifikante ændringer i hverken års- eller sommermiddelkoncentrationen af opløst fosfat i søvandet. De perioder, hvor søvandets indhold af opløst fosfat har været nede omkring detektionsgrænsen, og en dermed potentielt begrænsende faktor, er imidlertid generelt blevet længere op gennem overvågningsperioden.

Kvælstof

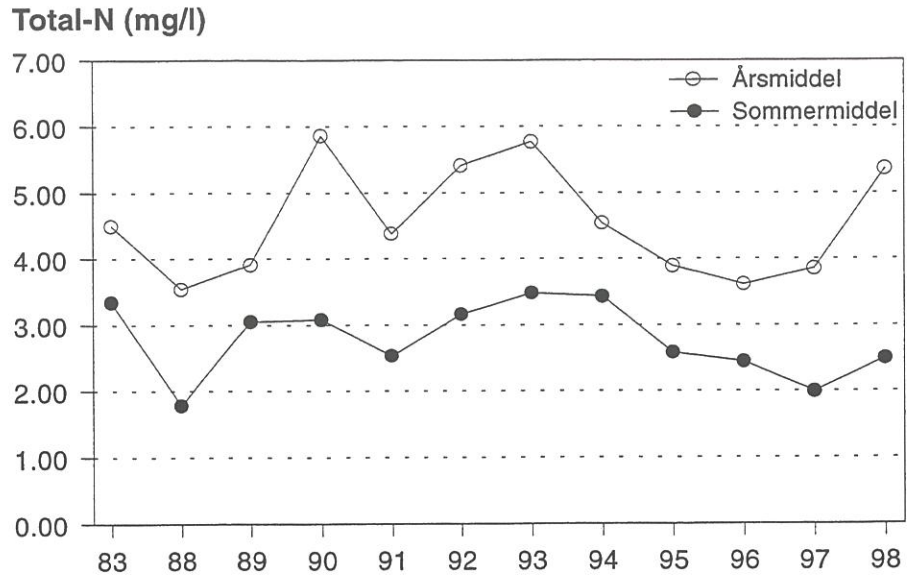
-forøgede kvælstofkoncentrationer i 1998

Omvendt af fosforkoncentrationen i søvandet, er kvælstofkoncentrationen sædvanligvis højest i vinterperioden som følge af de høje kvælstofkoncentrationer i tilløbet i denne periode.

Søvandets indhold af totalkvælstof beregnet som henholdsvis års- og sommermidler i 1983 og 1988-98 er vist i figur 21. I 1998 var årsmiddelkoncentrationen $5,36 \text{ mg N/l}$, hvilket er højere end gennemsnittet for perioden 1989-97 på $4,58 \text{ mg N/l}$. Sommermiddelkoncentrationen af totalkvælstof i 1998 var med $2,49 \text{ mg N/l}$ øget i forhold til i 1997, men dog stadig under gennemsnittet på $2,86 \text{ mg N/l}$ for perioden 1989-97. Det registrerede fald i kvælstofindholdet i søvandet gennem sommeren fra 1993 til 1997 er således ikke fortsat i 1998.

Selv om der for hele perioden 1989-98 ikke statistisk kan påvises et fald i års- eller sommermiddelkoncentrationen af kvælstof i søvandet, er der tilsyneladende sket et lille fald i sommermiddelkoncentrationen inden for de senere år, idet koncentrationen siden 1995 har ligget lidt under de foregående års niveau.

Figur 21. Den tidsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af totalkvælstof i søvandet 1983 og 1988-98.



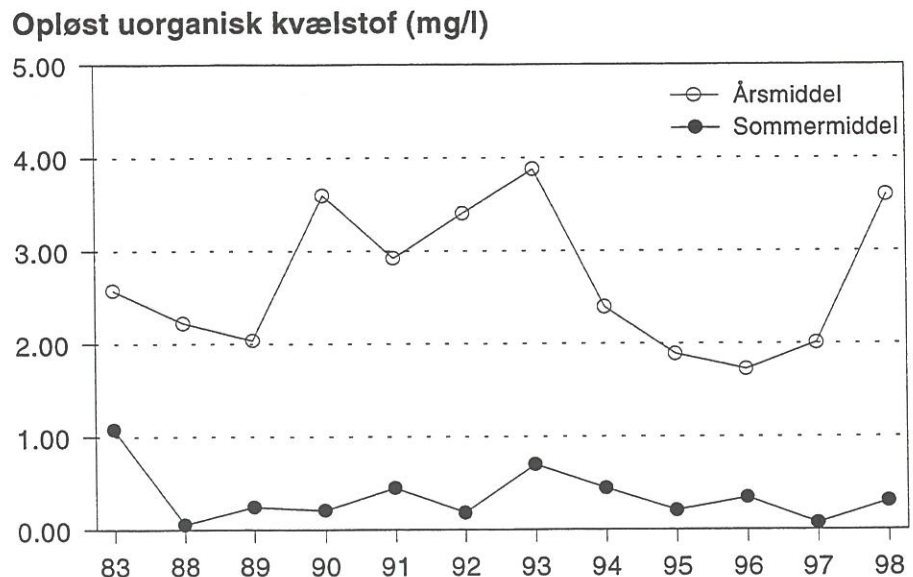
Opløst uorganisk kvælstof

I figur 22 er vist søvandets indhold af opløst uorganisk kvælstof ($\text{NO}_{2+3}\text{-N}$ og $\text{NH}_{3+4}\text{-N}$) i 1983 og 1988-98 beregnet som tidsvægtede års- og sommermidler. Langt hovedparten af den kvælstofmængde der tilføres søen, er på nitratform og stammer fra dyrkede arealer. Koncentrationen af opløst uorganisk kvælstof i søen er derfor sædvanligvis høj i vinterperioden, hvor udvaskningen fra de dyrkede arealer er størst. I sommerperioden falder koncentrationen af opløst uorganisk kvælstof i søvandet dels som følge af en lav tilførsel og dels som følge af denitrifikation samt algernes optag. Derfor falder koncentrationen af opløst kvælstof i perioder om sommeren til så lave værdier, at opløst kvælstof kan være potentielt begrænsende for planteplanktonet.

- ingen markante ændringer i koncentrationerne 1989-98

Årsmidlen for opløst uorganisk kvælstof i 1998 var med 3,6 mg N/l forøget i forhold til de foregående fire år, mens sommermiddelkoncentrationen med 0,31 mg N/l var tæt på gennemsnittet for perioden 1989-97.

Figur 22. Den tidsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af opløst uorganisk kvælstof ($\text{NO}_{2+3}\text{-N}$ og $\text{NH}_{3+4}\text{-N}$) i søvandet 1983 og 1988-98.



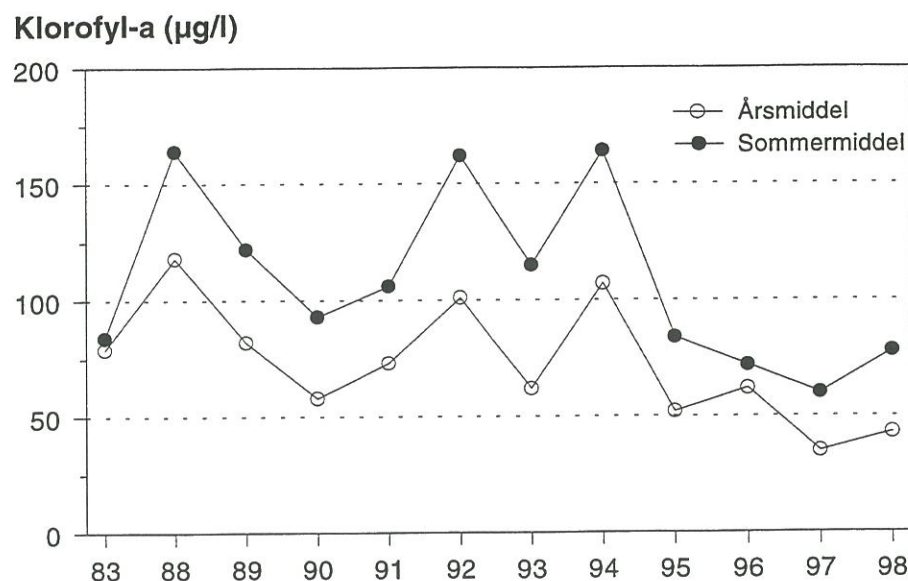
8.2 Øvrige målinger i søvandet

Klorofyl a

Søvandets indhold af klorofyl a i 1983 og 1988-98 er vist i figur 23. På trods af en lille stigning i forhold til 1997 var både det års- og sommergennemsnitlige klorofylindhold med henholdsvis 43 og 78 $\mu\text{g/l}$ lavere end gennemsnittet for perioden 1989-97 på henholdsvis 70 og 109 $\mu\text{g/l}$.

Dermed fastholdtes det fald i det sommergennemsnitlige klorofylindhold, der tilsyneladende blev indledt i 1995. Faldet i det gennemsnitlige klorofylindhold kan kun delvist relateres til et tilsvarende fald i planteplanktonbiomassen, og skyldes antageligt tillige de ændringer i planteplanktonets artssammensætning, der har fundet sted i de seneste år.

Figur 23. Søvandets indhold af klorofyl a i 1983 og 1988-98.



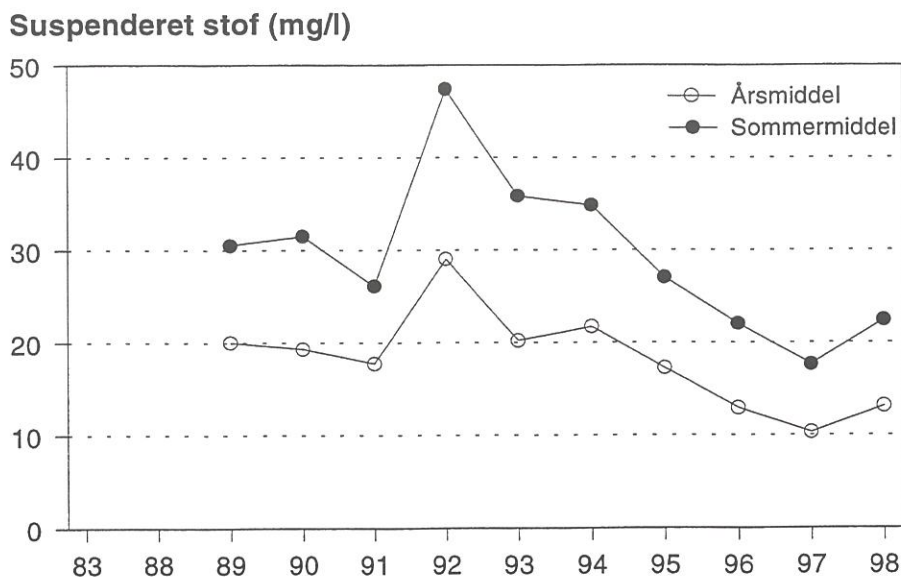
Suspenderet stof

Mængden af suspenderet stof var med års- og sommergennemsnittet på henholdsvis 13,1 mg/l og 22,4 mg/l øget lidt i forhold til i 1997, men dog stadig lavt sammenlignet med værdierne målt i starten af perioden (fig.24). Udover mængden af planteplankton, er søvandets indhold af suspenderet stof tillige forbundet med ophvirvlet materiale fra søbunden (resuspension). Da Borup sø er lavvandet og uden undervandsplanter, kan resuspension i perioder udgøre en væsentlig del af den suspenderede stofmængde i søvandet.

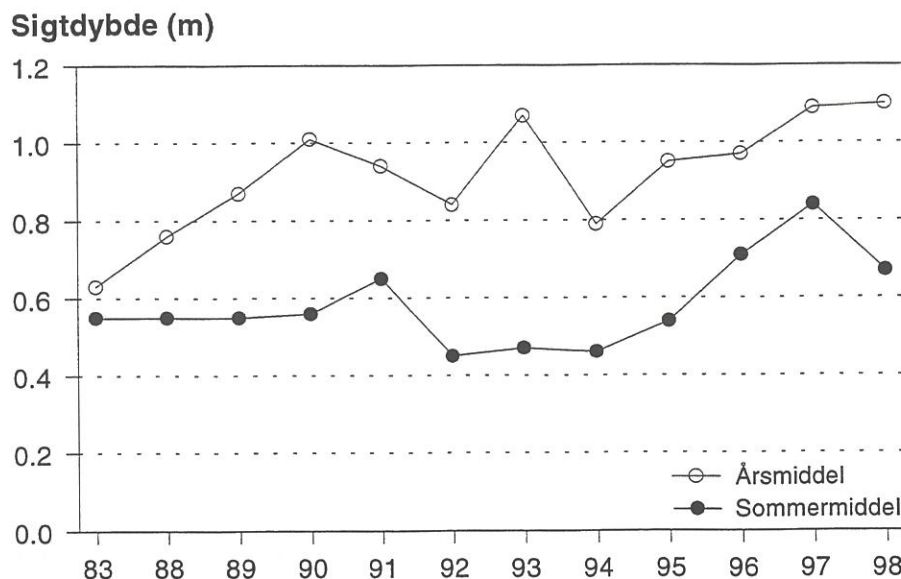
Sigtdybde

Den gennemsnitlige sommersigtdybde var i perioden op til 1990 meget konstant omkring 0,55 m (fig.25). I 1991 steg sommersigtdybden en smule til 0,66 m for herefter at falde markant året efter. Sommersigtdybden lå i de følgende år omkring 0,45 m, men steg herefter og nåede i 1997 op på 0,87 m. I 1998 var sommersigtdybden faldet til 0,67 m, mens årsgennemsnittet med 1,10 m var den hidtil bedste i overvågningsperioden. Selv om der for hele perioden ikke statistisk kan påvises en udvikling i hverken års- eller sommermiddelsigtdybden, har der dog været tale om en forbedring de seneste år.

Figur 24. Søvandets indhold af suspenderet stof i 1989-98.



Figur 25. Den gennemsnitlige års- og sommersigt dybde i Borup sø 1983 og 1988-98.



I forrige års rapport /8/ blev der foretaget en analyse af sammenhængen mellem sommersigt dybden og en række øvrige parametre. Resultatet af denne analyse viste, at der var en stærk sammenhæng mellem mængden af suspenderet stof i søvandet og sigt dybden. Mulige årsager til ændringerne i henholdsvis mængden af suspenderet stof og sigt dybden er nærmere diskuteret i afsnit 9.4.

8.3 Tungmetaller

1998 er første år, hvor der systematisk måles for tungmetaller ifølge NOVA 2003. I Borup Sø blev der i perioden 30. juli til 8. oktober udtaget prøver og analyseret for en række tungmetaller. Resultaterne for de enkelte prøvetagninger findes i bilag 9, mens middelkoncentrationer, minimum- og maksimumsværdier for både filtreret søvand og for ufiltreret søvand er angivet i tabel 7.

Tabel 7. Middel-, minimum- og maksimumkoncentration af tungmetaller i søvandet i Borup Sø målt i perioden 30. juli til 8. oktober 1998 angivet for filtreret søvand og ufiltreret søvand.

Filtreret	Hg ug/l	As ug/l	Pb ug/l	Cd ug/l	Cr ug/l	Cu ug/l	Ni ug/l	Zn ug/l
Gns.		0,230	0,137	0,017	0,098	0,245	0,732	0,500
Min.		0,030	0,020	0,004	0,070	0,160	0,410	0,500
Max.		0,350	0,290	0,047	0,140	0,410	1,100	0,500

Total	Hg ug/l	As ug/l	Pb ug/l	Cd ug/l	Cr ug/l	Cu ug/l	Ni ug/l	Zn ug/l
Gns.	0,0025	0,250	0,583	0,032	0,340	0,633	0,860	5,183
Min.	0,0017	0,100	0,200	0,016	0,200	0,400	0,600	0,500
Max.	0,0036	0,400	0,900	0,051	0,600	1,000	1,000	16,000

Mængden af tungmetaller i Borup Sø er generelt lav, hvilket afspejler søens beliggenhed uden egentlige industriområder i oplandet.

Kviksølv (Hg)

Kviksølvkoncentrationen varierede mellem 0,0017- 0,0036 µg/l med en middelkoncentration på 0,0025 µg/l. Kviksølvkoncentrationen er dermed ca. 400 gange under kravet til både overfladevand og drikkevand på 1 µg/l angivet i Miljøstyrelsens foreløbige vejledning /14/. På trods af en betydelig bioakkumulation på 1.800-27.000 gange i fisk, er der ikke risiko forbundet med at spise fisk fra søen, idet grænseværdien for kviksølv ligger på 500 µg/kg.

Arsen (As)

Mængden af arsen varierede mellem 0,1-0,4 µg/l med lidt mindre værdier i den filtrerede prøve. Kravet til overfladevand er 4 µg/l, mens den maksimale tolerable koncentration i drikkevand er 50 µg/l. Arsen bioakkumuleres med en faktor 4 kun i meget beskedent omfang i fisk, og mængden af arsen er dermed under de kritiske værdier for både plante- og dyrelivet i søen.

Bly (Pb)

Bly er overvejende partikelbundet, hvilket afspejler sig i væsentligt mindre koncentration i det filtrerede søvand. I det ufiltrerede søvand var blykoncentrationen 0,2-0,9 µg/l, hvilket er væsentligt under de angivne forslag til krav til såvel overfladevand (3,2 µg/l) som drikkevand (50 µg/l), og markant under grænsen for akutte giftvirkninger for plante- og dyrelivet. Bly bioakkumuleres med en faktor 45 i fisk, og middelkoncentrationen var med 0,14 µg/l i det filtrerede vand og 0,58 µg/l i det ufiltrerede vand i sidstnævnte tilfælde over grænsen for kroniske effekter hos fisk, som er angivet til 0,4 µg/l.

Cadmium (Cd)

Mængden af cadmium var ca. dobbelt så stor i det ufiltrerede vand som i det filtrerede søvand. Generelt var mængden af cadmium dog ringe med maksimale koncentrationer på 0,05 µg/l, hvilket er en faktor 50 under de mest restriktive krav til overfladevand og drikkevand. På trods af en markant bioakkumulering på 280 gange i fisk er middelkoncentrationen ca. 30 gange mindre end de 1 µg/l, som er angivet for grænsen for kroniske effekter hos fisk.

Chrom (Cr)

Chrom findes hovedsageligt partikelbundet i søvandet. I det ufiltrerede søvand var koncentrationen 0,2-0,6 µg/l, hvilket er mindre end de mest restriktive forslag til krav til både overfladevand og drikkevand. Selv om chrom

bioakkumuleres med en faktor 200-400 i fisk er middelkoncentrationen væsentligt under den angivne værdi for kroniske effekter hos fisk på 132 µg/l.

Kobber (Cu)

Kobber findes som flere af de øvrige tungmetaller overvejende bundet til partikler. Mængden af kobber i søvandet er dog langt under de mest restriktive forslag til krav til overfladevand og drikkevand (2,9 µg/l), og på trods af en betydelig bioakkumulation i fisk, er middelkoncentrationen af kobber i søvandet ca. 6 gange mindre end de angivne 4 µg/l, som kan forårsage kroniske effekter hos fisk.

Nikkel (Ni)

Koncentrationen af nikkel varierede mellem 0,4-1,1 µg/l, hvilket er langt under de mest restriktive forslag til krav til overfladevand og drikkevand (8,3 µg/l), og væsentligt under grænsen for såvel akutte effekter på plante- og dyreliv som kroniske effekter på fisk.

Zink (Zn)

Koncentrationen af zink var med 5,2 µg/l i gennemsnit størst i det ufiltrerede søvand, men væsentligt mindre end de mest restriktive forslag til krav til overfladevand og drikkevand (86 µg/l). Den maksimale koncentration på 16 µg/l var væsentligt under de angivne værdier for akutte effekter på plante- og dyrelivet, og på trods af en betydelig bioakkumulation på 920 gange tillige mindre end koncentrationen på 26 µg/l angivet for kroniske effekter på fisk.

Konklusion

Borup Sø er ikke belastet i nævneværdig grad af tungmetaller. For alle de målte tungmetaller gælder, at koncentrationen er væsentlig under kravene til overfladevand, og under grænsen for akutte effekter på plante- og dyreliv. Kun koncentrationen af bly er i nærheden af en værdi, hvor bioakkumulation kan medføre kroniske effekter hos fisk.

9. Biologiske målinger i søen

I dette afsnit præsenteres resultaterne af de biologiske undersøgelser i 1998 samt udviklingen i perioden 1989-98.

Søens plante- og dyreplankton er siden 1989 blevet undersøgt efter Miljøstyrelsens retningslinier /15,16/. Hvert års undersøgelser med artslistor, volumenberegninger osv. er udarbejdet som interne rapporter /17-26/. Vigtige nøgletal for planktonet i perioden 1989-98 findes i bilag 10.

Årstidsvariationer inden for plante- og dyreplanktonets biomasser og artssammensætning er detaljeret beskrevet i tidligere rapporter. I det følgende er der derfor primært fokuseret på markante ændringer i perioden 1989-98. Til vurderingen af hvorvidt der er sket signifikante ændringer, er anvendt lineær regressionsanalyse mellem tiden (år) og års- og sommergennemsnit af planktonbiomassen og -sammensætningen.

Søens fiskebestand er undersøgt i 1988 og 1993 efter retningslinierne angivet i vejledningen for fiskeundersøgelser fra DMU /27/. Undersøgelserne er særskilt rapporteret i /28/ og /5/, og resultaterne er endvidere resumeret i rapporten for året 1996 /8/. I 1996 blev der iværksat et indgreb i fiskebestanden med det formål, at forkorte indsvingningstiden efter den planlagte reduktion i fosfortilførslen. De foreløbige resultater af opfiskningen er ligeledes vurderet i dette afsnit. Endelig er søens fiskeyngel undersøgt i juli 1998 efter retningslinierne i vejledningen for fiskeyngelundersøgelser fra DMU /29/.

9.1 Planteplankton

Udvikling i biomasse og artssammensætning

Sommermiddelbiomasse

Sommermiddelbiomassen af planteplankton steg i perioden 1989-91 jævnt, fra 12,4 til 15,0 mm³/l, for herefter i 1992 at stige brat til 29,7 mm³/l, dels som følge af et mindre græsningstryk dette år og dels som følge af en varm sommer, der gav algerne gode vækstbetingelser (fig.26). I 1993 faldt sommerkiddelbiomassen igen som følge af en kølig sommer samt en stor gennemstrømning af søen allerede i september måned. Året efter steg sommerkiddelbiomassen atter bla. som følge af en varm sommer og et lavt græsningstryk og nåede med 29,2 mm³/l op på samme høje niveau som i 1992. I 1995 faldt sommerkiddelbiomassen igen som følge af dels en kølig forsommer og dels et øget græsningstryk. I 1996 steg sommerkiddelbiomassen til 26,7 mm³/l trods lave planteplanktonbiomasser i maj og juni måned. Årsagen til den relativ høje sommerkiddelbiomasse i 1996 var den varme og tørre august måned, der skabte basis for en rekordhøj blågrønalgbiomasse, der midt i måneden nåede et ekstremt højt niveau på 173 mm³/l. I 1997 faldt sommerkiddelbiomassen til 10,9 mm³/l, det hidtil laveste sommergennemsnit i hele overvågningsperioden. Årsagen til dette fald var primært udeblivelsen af den massive blågrønalgopblomstring, der de senere år har fundet sted omkring august måned.

- få blågrønalger i 1998

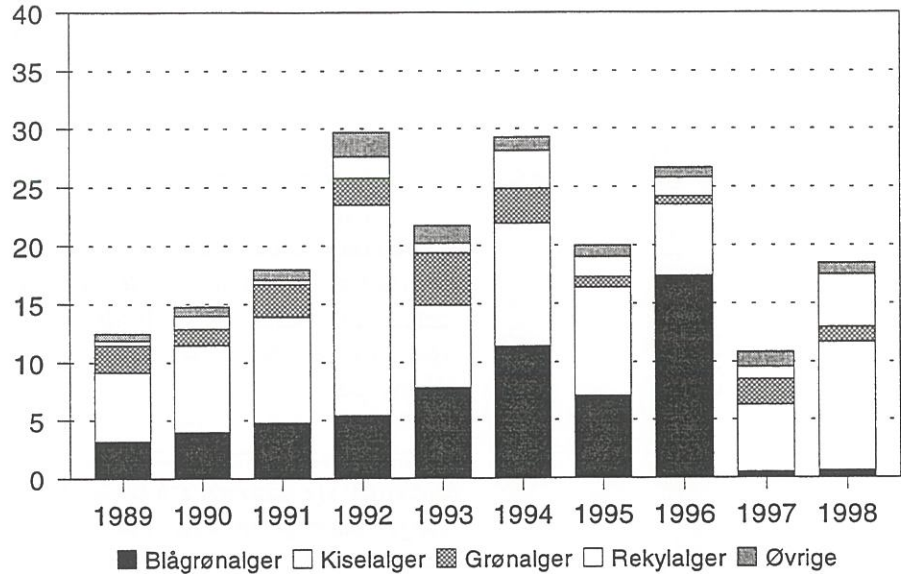
I 1998 steg sommerkiddelbiomassen til 18,5 mm³/l, hvilket er tæt på gennemsnittet for perioden 1989-97 på 20,4 mm³/l. Forøgelsen skyldtes primært en stigning i mængden af kiselalger og rekylalger i forhold til året før, og ikke som i perioden før 1997 en masseopblomstring af blågrønalger.

- ingen signifikante udviklingstendenser i sommermiddelbiomassen

Sommermiddelbiomassen af planteplankton har i perioden 1989-96 været svagt stigende, men det bratte fald i 1997 og de moderate værdier i 1998 betyder, at der ikke længere kan påvises en statistisk udvikling i sommermiddelbiomassen for hele perioden 1989-97.

Figur 26. Tidsvægtede sommermiddelbiomasser af planteplankton 1989-98.

Planteplanktonbiomasse (mm³/l)



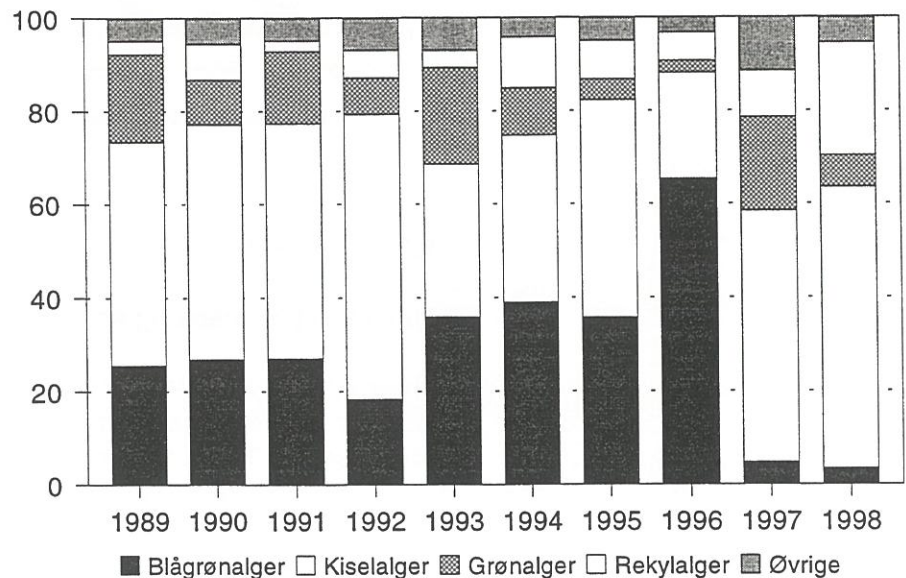
Betragtes de enkelte algegrupper, kan der kun for rekyalger påvises en statistisk signifikant forøgelse (5% niveau) gennem overvågningsperioden.

De enkelte algegrupperes procentandel af sommermiddelbiomassen

Betragtes de enkelte algegrupperes procentvise andel af biomassen i vækstsæsonen, har blågrønalgernes procentandel været stigende frem til 1996, men de små blågrønalgforekomster i 1997 og 1998 betyder, at der ikke længere for perioden 1989-98 statistisk kan påvises en signifikant udvikling (fig.27). Rekyalgerne har derimod været signifikant stigende gennem perioden (5% niveau).

Figur 27. De enkelte algegrupperes procentandel af planteplanktonbiomassen i sommerperioden 1989-98.

Planteplanktonbiomasse (%)



Status 1998

Udviklingen i planteplanktonbiomassen i 1998

- tidligere års store blågrønalgopblomstring i august udeblev også i 1998

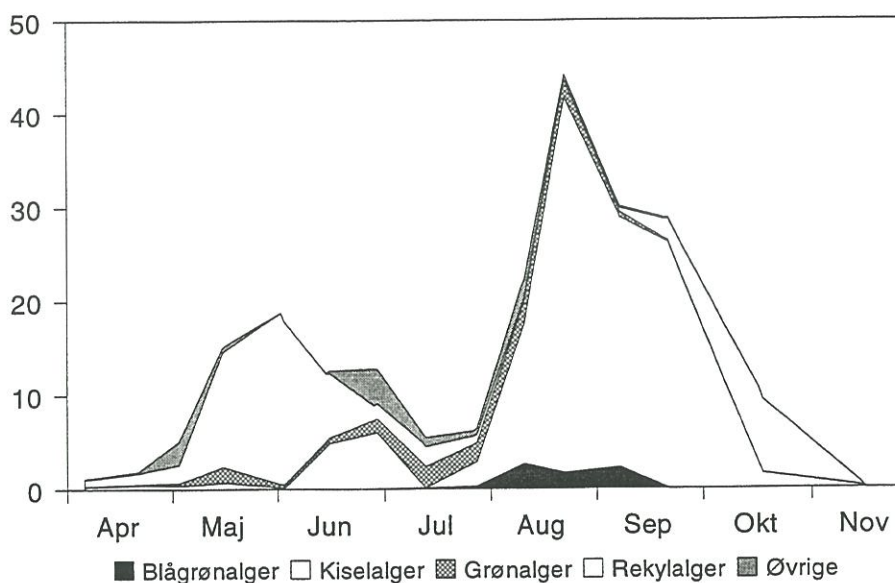
Udviklingen i planteplanktonbiomassen i 1998 er vist i figur 28. Planteplanktonbiomassen var fra april til midten af juni domineret af rekylalger, som omkring starten af juni optrådte med en forholdsvis stor biomasse på omkring 18 mm³/l. I løbet af juni forøgedes mængden af kiselalger, mens rekylalgebio-massen aftog, og sidst i juni var kiselalger dominerende, for siden midt i juli at forsvinde. Biomassen faldt generelt gennem denne periode og holdt et lavt niveau på ca. 6 mm³/l i sidste halvdel af juli.

Fra starten af august steg algebio-massen markant og nåede midt i august et maksimum på 45 mm³/l, hvoraf kiselalger tegnede sig for mere end 80%. I løbet af september og oktober klingede algebio-massen af og nåede i starten af november ned på meget lave værdier. Blågrøn-alger optrådte i august og i første halvdel af september i beskedne mængder sammenlignet med tidligere års masseopblomstringer. Efterhånden som kiselalgerne klingede af øgedes mængden af rekylalger, som dominerede planteplanktonet fra sidste halvdel af oktober.

Udviklingen fulgte samme mønster som i 1997, og begge de to seneste år adskiller sig markant fra de tidligere år ved fraværet af den meget massive blågrønalgopblomstring, der tidligere er iagttaget i søen. Den kolde sommer kan dog have været en medvirkende årsag til fraværet af blågrøn-alger i 1998.

Figur 28. Udviklingen i planteplanktonbiomassen 1998.

Planteplanktonbiomasse (mm³/l)



9.2 Dyreplankton

Udvikling i biomasse og artssammensætning

Sommermiddelbiomasser

- signifikant fald i dyreplanktonbiomassen 1989-98

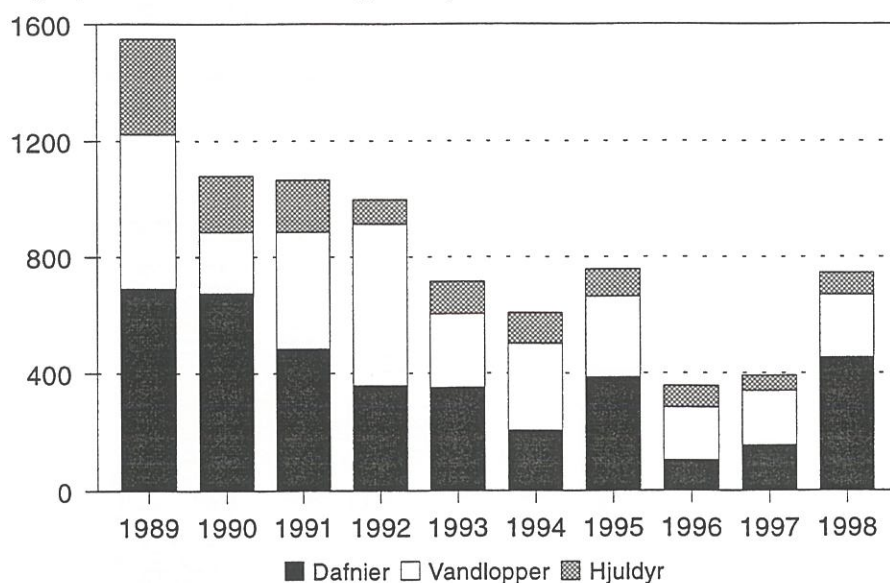
Dyreplanktonbiomassen har generelt været faldende gennem overvågningsperioden (fig.29). Fra en sommermiddelbiomasse i 1989 på 1551 µg tv/l nåede biomassen i 1996 et minimum på 357 µg tv/l, men er siden steget til en sommermiddelbiomassen i 1998 på 744 µg tv/l, svarende til ca. halvdelen af biomassen ved overvågningsperiodens start. Statistisk er faldet i sommermiddelbiomassen signifikant på 1%-niveau.

- generel tilbagegang for alle dyreplanktongrupper

Figur 29. Udviklingen i den sommergennemsnitlige dyreplanktonbiomasse 1989-98.

Nedgangen i dyreplanktonets sommermiddelbiomasse skyldes først og fremmest en nedgang i dafniebiomassen i første halvdel af overvågningsperioden, men også for hjuldyrenes og vandlopperens vedkommende er der tale om et fald i biomassen siden 1989. Faldet i dafniernes, hjuldyrenes og vandlopperens sommermiddelbiomasse er statistisk signifikant på henholdsvis 5%-niveau, 1%-niveau og 5%-niveau. Betragtes de seneste tre år isoleret, ses dog en markant forøgelse af dafniebiomassen, hvilket muligvis kan tilskrives opfiskningen af skaller og brasener, som startede i efteråret 1996.

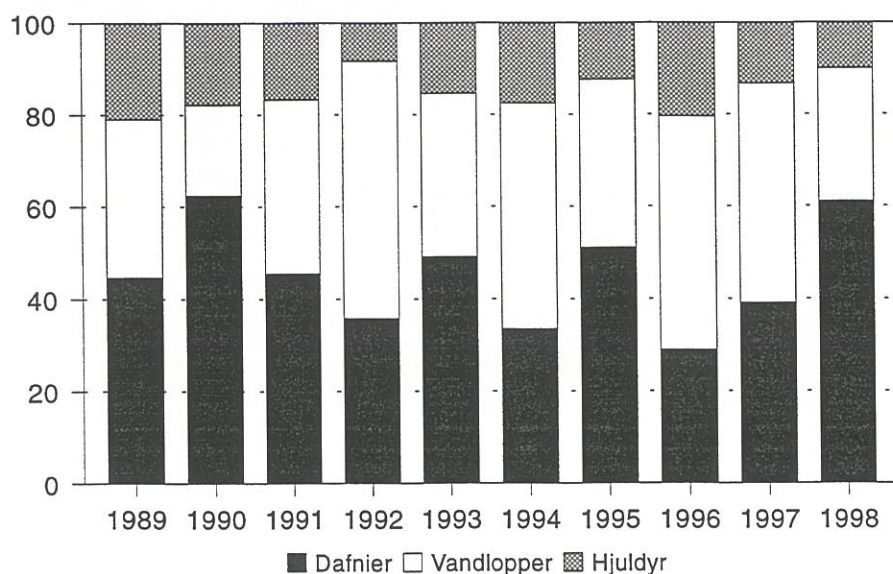
Dyreplanktonbiomasse (μ TV/l)



Betragtes de tre dyreplanktongruppers procentandel af sommermiddelbiomassen gennem overvågningsperioden, er der ikke sket signifikante ændringer. Der er således tale om en generel tilbagegang for alle tre grupper (fig.30). Dafniernes andel af biomassen er dog øget væsentligt i de seneste tre år fra 29% i 1996 til 61% i 1998.

Figur 30. Udviklingen i de forskellige dyreplanktongruppers procentandel af sommermiddelbiomassen 1989-98.

Dyreplanktonbiomasse (%)



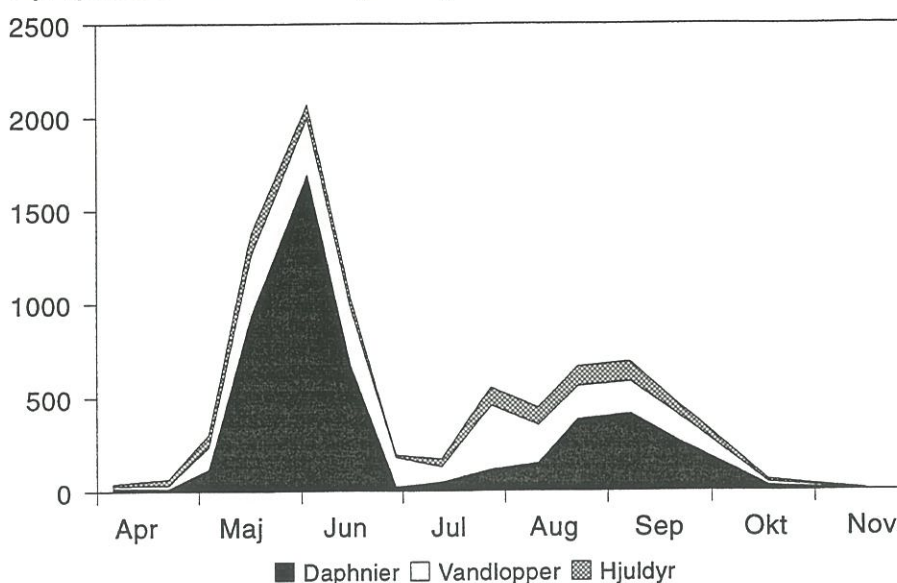
Status 1998

Udviklingen i 1998

Udviklingen i dyreplanktonbiomassen over året i 1998 er vist i figur 31. Dyreplanktonbiomassen var lav i april, men fra starten af maj og frem til starten af juni blev der opbygget en betydelig biomasse af hovedsageligt dafnier, hvoraf snabeldafnier *Bosmina longirostris* var helt dominerende. Efter at have kulmineret med en biomasse på 2.068 $\mu\text{g tv/l}$ faldt biomassen af især dafnier voldsomt i løbet af juni, og i midten af juli nåede dyreplanktonbiomassen et minimum på 167 $\mu\text{g tv/l}$. Gennem hele juli, hvor dyreplanktonbiomassen var beskedent, var den cyklopoide vandloppe *Mesocyclops leuckarti* dominerende, men i løbet af august øgedes biomassen af dafnier, hovedsageligt *Daphnia cucullata*, påny, og dyreplanktonbiomassen nåede et nyt maksimum midt i september på 690 $\mu\text{g tv/l}$. Herefter aftog biomassen af alle grupper gradvist frem til midten af oktober.

Figur 31. Udviklingen i dyreplanktonbiomassen i 1998.

Dyreplanktonbiomasse ($\mu\text{ TV/l}$)



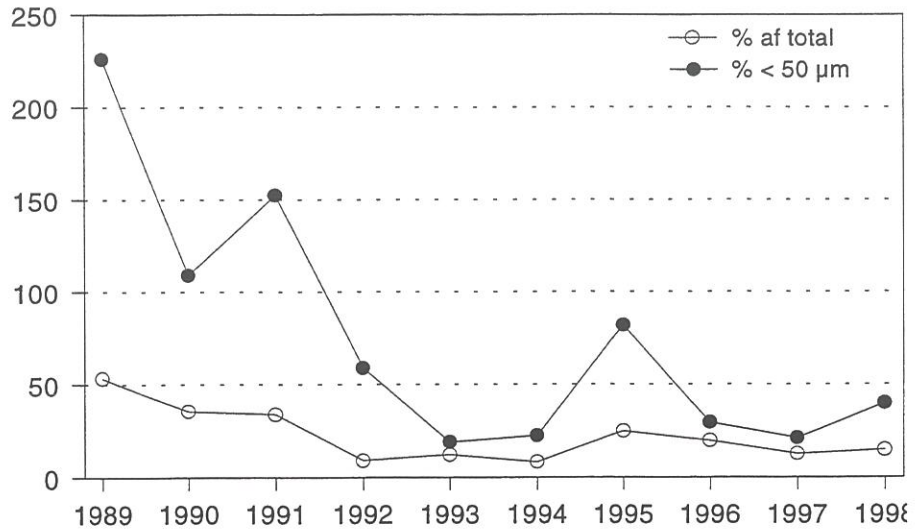
Græsning

Udviklingen i dyreplanktonets potentielle græsningstryk på planteplanktonet i perioden 1989-98 er vist i figur 32. På figuren er dels angivet det potentielle græsningstryk på hele planteplanktonet og dels det potentielle græsningstryk på den del af algerne, der umiddelbart er spiseligt for dyreplanktonet (alger $< 50 \mu\text{m}$). De viste værdier på figuren er sommermidler for de enkelte år.

Som det fremgår af figuren, er græsningstrykket faldet både totalt og på algefraktionen mindre end $50 \mu\text{m}$ (begge fald signifikante på 5%-niveau). Faldet er stort set sket i den første halvdel af overvågningsperioden, hvorefter græsningstrykket gennemgående har været lavt i den anden halvdel af perioden.

Figur 32. Udviklingen i det sommergennemsnitlige græsningstryk 1989-98.

Potentielt græsningstryk (%)



9.3 Fiskebestand

Fiskeyngel

Søens fiskeyngel blev undersøgt i juli 1998 efter det standardiserede fiskeyngelundersøgelingsprogram/29/. Resultaterne er særskilt rapporteret i /30/ og i bilag 11 findes opgørelsen over fangsten i de enkelte yngeltrawltræk.

Ynglens tæthed og sammensætning

Der blev i 1998 konstateret yngel fra 4 arter; skalle, regnløje, brasen og aborre, hvoraf skaller og regnløjer med omtrent samme andel næsten udgjorde hele fangsten. Den samlede yngeltæthed var 5,6 pr m³ i littoralen og 11,4 pr m³ i pelagiet. Vægtmæssigt var tætheden (i spritvægt) 0,53 g pr. m³ i littoralen og 1,06 g pr m³ i pelagiet.

Tabel 8

Den beregnede tæthed af fiskeynglen hos de respektive grupper i littoralzonen og i pelagiet i Borup Sø juli 1998.

Antal/m ³			Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Karpefisk	5,525	11,372	99	100
Aborrefisk	0,071	0,019	1	0
Laksefisk	0,000	0,000	0	0
Andre	0,000	0,000	0	0
Total	5,596	11,391	100	100

Tabel 9

Den beregnede biomassetæthed af fiskeynglen hos de respektive grupper i littoralzonen og i pelagiet i Borup Sø juli 1998.

Spritvægt/m ³			Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Karpefisk	0,497	1,053	94	99
Aborrefisk	0,030	0,008	6	1
Laksefisk	0,000	0,000	0	0
Andre	0,000	0,000	0	0
Total	0,527	1,061	100	100

Sammenlignet med 11 andre danske søer, hvor der er foretaget yngelundersøgelser, var yngeltætheden i Borup Sø tredjestørst i littoralen og størst i pelagiet. Som følge af de store tætheder af skalle og regnløje yngel var den arealvægtede middeltæthed for hele søen var markant større i Borup Sø end i de øvrige undersøgte søer. Vægtmæssigt var tætheden tilsvarende større i Borup Sø.

Størrelse

Fiskeynglens størrelse adskilte sig ikke i Borup Sø fra de øvrige søer undersøgt på samme tidspunkt.

Påvirkning af dyreplanktonet

Fiskeynglens beregnede konsumptionsrate omkring 1. juli var med 56 mg tv/m³/d markant større end i 11 andre undersøgte søer i juli 1998 på grund af et stort fødebehov hos karpefiskeynglen. Medregnes de etårige karpefisk småfiskenes prædationstryk på dyreplanktonet antages at have være meget betydeligt i juli 1998.

Øvrige fiskebestand

Søens fiskebestand er undersøgt i 1988 og 1993 efter det standardiserede fiskeprogram /27/. I forbindelse med den opfiskning, der blev indledt i foråret 1996, er fiskebestanden tillige undersøgt i efteråret 1996, 1997 og 1998 efter et reduceret undersøgelsesprogram. Formålet med disse undersøgelser er løbende at følge udviklingen i fiskebestanden under opfiskningen.

Udviklingen i fiskebestanden fra 1988 og frem til 1996 er udførligt beskrevet i 1996-rapporten /8/, og fiskebestandens sammensætning og udvikling i 1997 og 1998 er på baggrund af fiskeundersøgelserne i efteråret 1997 og 1998 beskrevet i to interne notater /31/32/, hvoraf sidstnævnte findes i bilag 12. I det følgende gives et kort resume af fiskebestandens udvikling i perioden 1988-1998 samt en beskrivelse af fiskebestandens aktuelle størrelse og sammensætning i 1998.

Artssammensætning

Søen rummer i alt 10 arter: Skalle, brasen, aborre, regnløje, rudskalle, sandart, gedde, suder, ål og spejlskarpe, hvoraf sidstnævnte første gang er registreret i søen i 1996.

Fiskebestanden var både i 1988 og i 1993 karakteristisk for en mindre, lavvandet og næringsrig sø med en ringe sigtddybde: med en udpræget dominans af småskaller og mindre brasener, med en til tider talrig bestand af regnløjer og med gedden som dominerende rovfisk.

Fiskebiomassen var med skønsmæssigt 40-50 g vådvægt/m³ forholdsvis høj i overensstemmelse med søens høje næringsniveau, og rovfisk udgjorde med 9-12% kun en beskedent andel af fiskebiomassen.

Opfiskning

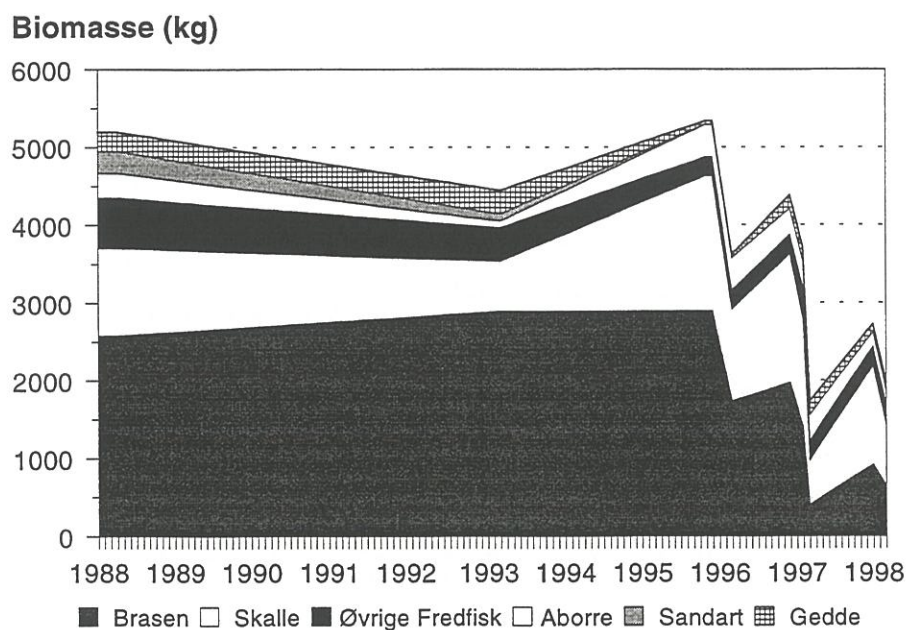
I foråret 1996 indledtes opfiskningen af fredfisk, og siden starten i 1996 er der i alt opfisket 5.115 kg fisk i søen fordelt på 2.115 kg skaller og 3.000 kg brasener (tabel 10). Opfiskningen svarer omtrent til fiskebestandens samlede biomasse før fiskeriet.

Tabel 10. Oversigt over opfiskningen i perioden 1996 - 1998.

Periode	Skalle (kg)	Brasen (kg)	Total (kg)
Maj-juli 1996	550	1.160	1.710
Maj-juli 1997	260	575	835
September 1997	825	995	1.820
Juli 1998	480	270	750
Total	2.115	3.000	5.115

Som det fremgår af figur 33 har opfiskningen tydeligt præget fiskebestandens udvikling frem til i dag.

Figur 33. Udviklingen i biomassen af de respektive fiskearter perioden 1988-1998. Biomassen er vurderet ud fra resultaterne af fiskeundersøgelserne korrigeret med de opfiskede mængder.

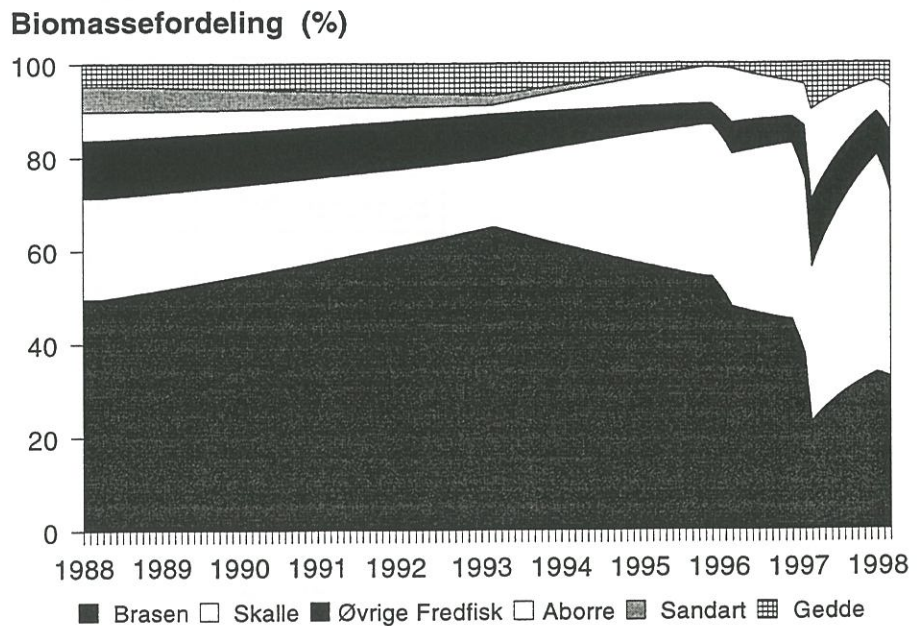


På trods af en betydelig nedfiskning har fredfiskebestanden efter hver opfiskning hurtigt formået at gendanne en væsentlig del af den opfiskede biomasse. Især har skallerne udvist en stor evne til hurtigt at erstatte den tabte biomasse, hvorimod brasenerne kun i mindre omfang har formået at overkomme fiskeriet. Ved den seneste fiskeundersøgelse i 1998 var skallerne biomasse således i niveau med biomassen i 1988-1993, mens brasenernes biomasse var reduceret til omkring en fjerdedel af biomassen før fiskeriet. Samlet har den foreløbige opfiskning betydet, at fiskebestandens samlede biomasse i september 1998 var reduceret til ca. 1,9 tons svarende til omkring 200 kg pr. ha eller til ca. 40% af fiskebiomassen før indgrebet.

Fiskebestandens sammensætning har dog ikke ændret sig væsentligt på trods af det omfattende fiskeri. Som vist i figur 34 udgør fredfiskene stadig over 80% af fiskebiomassen, omend brasenernes betydning er reduceret, mens skallerne tilsvarende er øget. Skallerne betydelige evne til at erstatte den opfiskede mængde skyldes primært usædvanligt gode rekrutteringsforhold, og kun i mindre omfang en hurtig opvækst. Brasenernes regeneration skyldes omvendt i højere grad en hurtig opvækst hos de unge brasener, for hvilke

søens små snabeldafnier er et ideelt fødegrundlag.

Figur 34. Udviklingen i fiskebiomassens sammensætning i perioden 1988-1998.



Status 1998

Fiskeundersøgelsen i 1998 viste kun ringe ændringer i forhold til i 1997. Som følge af opfiskningen af hovedsageligt ældre fisk bestod både skalle- og brasenbestanden næsten udelukkende af unge 0-3 årige fisk, og hos de øvrige fredfisk var bestandene omtrent uændrede.

Aborrebestanden var som tidligere meget ringe med meget få aborrer større end 15 cm, og geddebestanden var som i 1997 præget af mange smågedder i bredzonen, antageligt som et resultat af de gentagne udsætninger af geddeyngel siden 1996.

Vækst- og konditionsforholdene viste som ved de foregående undersøgelser ingen eller kun en svag forbedring i forhold til før indgrebet.

På trods af en forholdsvis massiv opfiskning af skaller og brasener udviser fiskebestanden i 1998 således kun svage tegn på en positiv udvikling mod flere rovlevende aborrer og færre planktivore fisk.

For at overkomme trægheden i fiskebestanden vil intensiteten i fiskeriet vil blive øget væsentligt i 1999.

9.4 Samspillet mellem stofkoncentrationer, plante- og dyreplankton samt fiskebestand.

I dette afsnit er udviklingen gennem perioden og de vigtigste styrende faktorer kort resumeret, og mulige effekter af den igangværende opfiskning er vurderet.

Sommermiddelbiomassen af planteplankton var i perioden 1989-1992 kraftigt stigende, primært som følge af en stigning i biomassen af kiselalger. I perioden 1993-96 varierede biomassen en del, men forblev generelt på et højt niveau. Gennem hele periode 1989-96 steg blågrønalgerne biomasse og nåede et foreløbigt maksimum i 1996, hvor de helt dominerede biomassen af alger i søen.

Sideløbende faldt sommermiddelbiomassen af dyreplankton gennem perioden 1989-96, hovedsageligt som følge af et fald i biomassen af dafnier, hvilket resulterede i et faldende græsningstryk på algerne.

Både i 1996 og i 1997 var tilførslen af næringssalte til søen forholdsvis begrænset som følge af en ringe nedbørsmængde, hvilket kan have været en medvirkende årsag til at fosforkoncentrationen i søvandet faldt til et lavt niveau over sommeren i begge år.

I foråret 1996 blev opfiskningen indledt, og på trods af en stor mængde blågrønalger samme år steg sommersigtdybden primært som følge af en reduceret mængde suspenderet stof. Sigtedybden steg yderligere i 1997, og algebiomassen faldt markant primært som følge af en meget ringe blågrønalgebiomasse. Samtidig nåede mængden af suspenderet stof det laveste niveau i overvågningsperioden.

I 1998 var fosfortilførslen relativ stor i foråret, hvilket muligvis har været medvirkende til, at fosforkoncentrationen i søvandet over sommeren var større end i de foregående to år. Antageligt af samme grund steg algebiomassen ligeledes, men masseopblomstringen af blågrønalger udeblev, muligvis som følge af en kold sommer. Mængden af suspenderet stof var dog stadig forholdsvis beskeden, og sigtedybden var især i forårs- og efterårsperioden god.

I 1998 steg dyreplanktonbiomassen igen sammenlignet med de to foregående år hovedsageligt som følge af en større dafniebiomasse, men græsningstrykket på algerne forblev forholdsvis lavt. De generelt forbedrede forhold i de seneste par år kan således næppe tilskrives en øget græsning på algerne, som siden starten af 1990'erne antageligt i stigende grad har været reguleret af mængden af tilgængelige næringssalte.

Effekter af opfiskning

Ved de øvrige biomanipulationsprojekter herhjemme har udviklingen efter en massiv opfiskning fulgt et ensartet mønster. Fredfiskene bliver fede, og aborrernes mængde øges voldsomt som følge af en meget hurtig opvækst betinget af væsentligt forbedrede fødevilkår. Vandet klarer op som følge af en øget græsning på algerne, og dyreplanktonet kommer i højere grad til at bestå af store dafnier /33/.

Dette mønster kan endnu ikke erkendes i Borup Sø. Fiskene udviser således kun meget svage tegn på en mindsket fødekonekurrence, aborrernes mængde er stadig meget beskeden og antallet af planktivore fisk er vedvarende højt. Dyreplanktonet består stadig overvejende af små former, og græsningstrykket på algerne er vedvarende lavt.

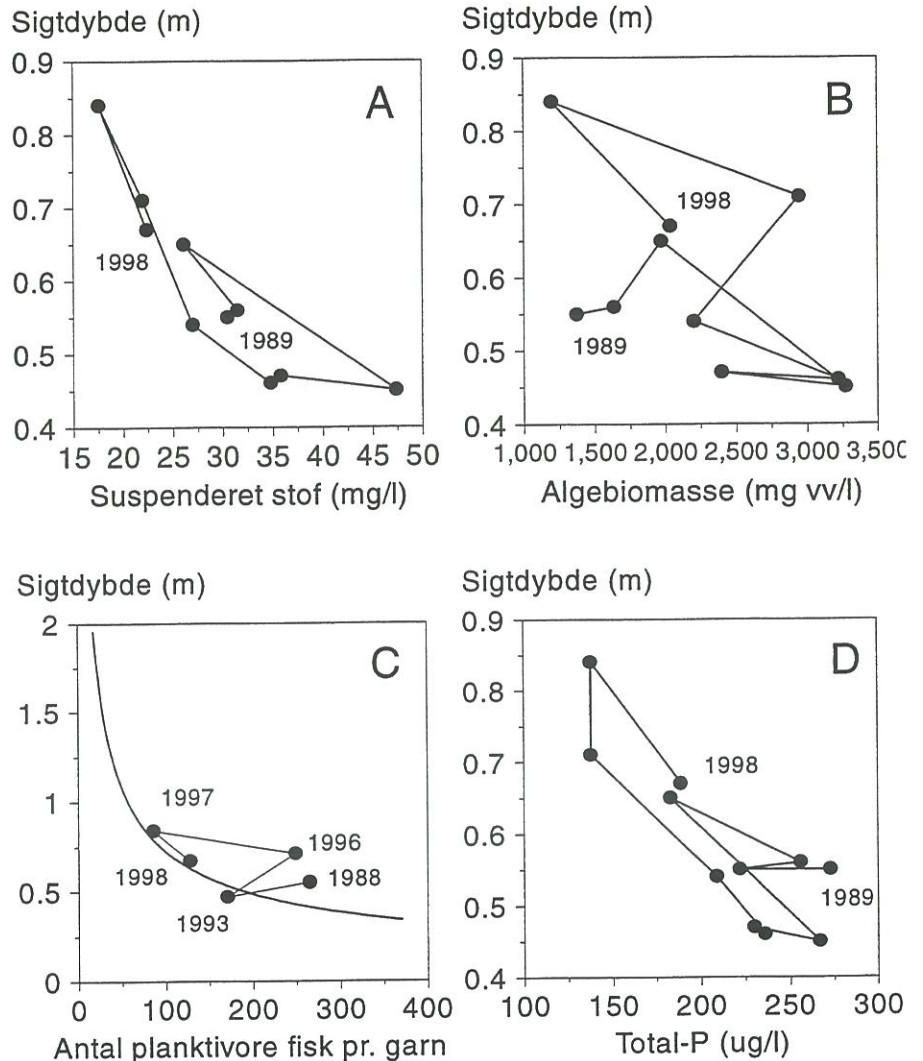
Der er dog sket en positiv udvikling i søen i de seneste tre år, som kan hænge sammen med reduktionen i fiskebestanden. Fosforniveauet i søvandet over sommeren har således været relativt lavt i de seneste tre år som følge af, at der er blevet frigivet mindre fosfor fra sedimentet end i de foregående år. Mængden af suspenderet stof har været lav, og sigtedybden har generelt været forbedret i forhold til før opfiskningen.

Disse forhold tyder på en effekt af primært opfiskningen af brasener. Brasener er kendt for at ophvirvle sediment fra bunden under deres fødesøgning, og opfiskningen af foreløbig 3 ton brasener i søen må således have medført en kraftig formindskelse af den sedimentophvirvling, der er forårsaget af fiskene.

I Borup Sø er det tidligere påvist, at mængden af suspenderet stof i søvandet

i høj grad er betinget af resuspension /8/. Set i lyset af søens meget lave gennemsnitsdybde på godt 1 meter er en del af denne resuspension givet forårsaget af vindpåvirkningen, men de sidste års markante fald i mængden af suspenderet stof i søvandet sandsynliggør, at opfiskningen kan have ført til en væsentlig formindskelse i ophvirvlingen af sedimentet og dermed fosforfrigivelsen fra sedimentet. Som vist i figur 35 er forbedringen af sigtddyben således hovedsageligt korreleret med et fald i mængden af suspenderet stof og med et fald i totalfosforkoncentrationen over sommeren og kun i mindre grad med algebiomassen.

Figur 35. Den sommergennemsnitlige sigtddybde relativt til A) mængden af suspenderet stof, B) algebiomassen, C) antallet af planktivore fisk med den generelle empiriske sammenhæng og D) totalfosfor sommergennemsnit.



Borup Sø er vedvarende i en uklar fase med en ringe græsningskontrol på planteplanktonet. Et markant skifte til en klarvandet fase kan ved det nuværende næringsniveau ikke forventes før fiskenes prædationskontrol på dyreplanktonet er reduceret væsentligt, hvilket som vist i figur 35 i følge empiriske sammenhænge kræver at mængden af planktivore fisk reduceres til et niveau svarende til en fangst på under 50 fisk pr. garn ved fiskeundersøgelserne.

Fiskene har gode rekrutteringsmuligheder i Borup Sø, hvilket især for skallerens vedkommende resulterer i store årgange, som det blev afsløret ved fiskeyngelundersøgelsen i 1998. For at imødegå disse forhold bør opfiskningen derfor intensiveres i den kommende periode.

10. Konklusion

Set for hele perioden 1989-98 kan der ikke konstateres et fald i hverken fosfor- eller kvælstoftilførslen til Borup sø. De betydelige variationer årene imellem i tilførslen af både fosfor og kvælstof kan stort set tilskrives variationer i vandtilførsel til søen i de respektive år. Mængden af tilført fosfor er dog stadig større end den fosformængde, der fraføres søen, hvorfor søens interne fosforpulje stadig øges.

Resultaterne fra overvågningen i 1998 viser, at den positive udvikling, som blev konstateret i 1997, kun delvist er fastholdt. Fosforindholdet i søvandet er således steget og sommersigtedybden faldet i forhold til i 1997, hvilket muligvis kan tilskrives den øgede mængde af tilført fosfor i foråret 1998 sammenlignet med de foregående to år.

På trods af en øget mængde fosfor i søvandet var sigtedybden over sommeren dog bedre i 1998 end i perioden før 1996, hovedsageligt på grund af en reduceret mængde suspenderet stof.

I 1996 blev der indledt et restaureringsprojekt for søen baseret på en opfiskning af søens meget store fredfiskebestand. Der er til dato opfisket 5,1 tons, hvilket endnu ikke har medført en øget dyreplanktongræsning på algerne, men derimod en reduceret resuspension, som har været en medvirkende årsag til den øgede sommersigtedybde i de seneste tre år. Opfiskningen fortsætter i 1999.

Borup Sø er generelt målsat (B) hvilket bl.a. indebærer krav til en gennemsnitlig fosforkoncentration mindre end 100-150 $\mu\text{g P/l}$ og en sigtdybde ikke under 1 meter, begge beregnet som sommergennemsnit. Desuden er der krav om en udbredt undervandsvegetation og en varieret og alsidig fiskebestand uden masseforekomst af fredfisk.

For nærværende er hverken kravet til fosforindholdet i søvandet eller til sigtedybden opfyldt. En intensivering af opfiskningen vil dog formodentligt både kunne bringe de vandkemiske forhold og forholdene vedrørende fiskebestandens sammensætning nærmere målsætningen, og fastholdes en positiv udvikling vil undervandsvegetationen igen ad åre kunne dække en stor del af søbunden, og søen også på dette punkt kunne opfylde målsætningen. Helt afgørende for søens udvikling i de kommende år er det imidlertid, hvorvidt det lykkes at reducere næringsstofftilførslen til søen i et tilstrækkeligt omfang.

11. Referencer

- 1/ Roskilde Amt (1990). Vandmiljøovervågning. Søovervågning: Gundsømagle sø og Borup sø.
- 2/ Roskilde Amt (1992). Vandmiljøovervågning. Borup sø 1989-91.
- 3/ Roskilde Amt (1993). Vandmiljøovervågning. Borup sø 1989-92.
- 4/ Roskilde Amt (1994). Vandmiljøovervågning. Borup sø 1989-93.
- 5/ Roskilde Amt (1994). Fiskebestanden i Borup sø, August 1993. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 6/ Roskilde Amt (1995). Vandmiljøovervågning. Borup sø 1989-94.
- 7/ Roskilde Amt (1996). Vandmiljøovervågning. Borup sø 1989-95.
- 8/ Roskilde Amt (1997). Vandmiljøovervågning. Overvågning af søer 1996 samt temarapportering regionale søer. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 9/ Roskilde Amt (1997). Fiskebestanden i Borup Sø, september 1996. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 10/ Roskilde Amt (1998). Vandmiljøovervågning. Borup sø 1989-97. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 11/ Høy, T. og J. Dahl (1995). Danmarks søer. Søerne i Roskilde Amt, Københavns Kommune og Københavns Amt. Strandbergs Forlag.
- 12/ Danmarks Miljøundersøgelser (1994). Notat fra arbejdsgruppe vedrørende beregning af den diffuse tilførsel af total N og total P fra umålte oplande i overvågningsprogrammet.
- 13/ Kristensen, P., Jensen, J.P. & E. Jeppesen (1990). Eutrofieringsmodeller for søer. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, nr. C9.
- 14/ Danmarks Miljøundersøgelser (in prep.). Datablade for stoffer der indgår i NOVA 2003. Del I. Udkast, version af 23.marts 1999.
- 15/ Olrik, K. (1991). Planteplankton-metoder. Prøvetagning, bearbejdning og rapportering ved undersøgelser af planteplankton i søer og marine områder. Miljøprojekt nr. 187. Miljøstyrelsen.
- 16/ Hansen, A.-M., E. Jeppesen, S. Bosselmann & P. Andersen (1992). Zooplankton i søer - metoder og artslistes. Miljøprojekt 205. Miljøstyrelsen.
- 17/ Carl Bro as (1990). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1989. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 18/ Carl Bro as (1991). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1990. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.

- 19/ Carl Bro as (1992). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1991. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 20/ Carl Bro as (1993). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1992. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 21/ Carl Bro as (1994). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1993. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 22/ Carl Bro as (1995). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1994. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 23/ Carl Bro as (1996). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1995. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 24/ Carl Bro as (1997). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1996. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 25/ Carl Bro as (1998). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1997. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 26/ Carl Bro as (1999). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1998. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 27/ Mortensen, E., H.J. Jensen, J.P. Müller & M. Timmermann (1990). Fiskeundersøgelser i søer. Undersøgellesprogram, fiskeredskaber og metoder. Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk anvisning fra DMU, nr. 3.
- 28/ Roskilde Amt (1989). Fiskeribiologisk undersøgelse af Borup sø, august 1988. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 29/ Lauridsen T.L. (1998). Fiskeyngelundersøgelser i søer. - Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk anvisning fra DMU, nr. .
- 30/ Roskilde Amt (upubl.). Fiskeynglen i Borup Sø juli. Notat udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 31/ Roskilde Amt (upubl.). Notat vedr. fiskebestanden i Borup Sø september 1997. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 32/ Roskilde Amt (upubl.). Notat vedr. fiskebestanden i Borup Sø september 1998. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 33/ Søndergaard, M., Jeppesen, E., Jensen, J.P, Lauridsen, T.L. edt. (1998). Sørestaurering i Danmark. Metoder, erfaringer og anbefalinger. Danmarks Miljøundersøgelser. Miljønyt nr. 28. 228 pp.
- 34/ Miljøstyrelsen (1998). Udkast til Teknisk anvisning vedr. Oplandsanalyse af vandløbs- og søoplade NOVA 1998-2003. Vandløb og søer.

12. Bilagsoversigt

1. Klimadata for perioden 1989-98.
2. Søkort og morfometriske data.
3. Oplandsstørrelse, areal- og jordtypefordeling.
4. Samleskema for vandføring og stofkoncentrationer i tilløbet Borup Bæk, station 948, i perioden 1989-98.
5. Vand- og stofbalanceberegninger for 1998 opgjort på månedsbasis.
6. Samleskemaer for vand og stof. Års- og sommerværdier 1989-98.
7. Kildeopsplitning.
8. Samleskema for fysisk-kemiske målinger 1989-98.
9. Miljøfremmede stoffer
10. Samleskemaer for plankton.
11. Fiskeyngelundersøgelse 1998.
12. Fiskeundersøgelse 1998.
13. Oversigt over udførte undersøgelser i søen.

Bilag 1

- Borup sø

Nedbør (Roskilde Syd)
Månedsmiddel i mm

	1980-90	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Jan	48	7	52	58	40	91	96	88	5	4	51
Feb	30	22	65	27	26	20	46	61	24	50	50
Mar	44	45	32	12	64	10	84	33	9	20	64
Apr	35	32	31	56	38	5	44	59	24	31	80
Maj	50	15	29	32	10	21	43	53	62	63	18
Jun	67	36	61	138	0	37	48	41	20	128	74
Jul	63	45	30	76	51	141	4	12	51	39	99
Aug	66	150	60	41	61	90	64	26	41	55	48
Sep	62	21	126	67	34	144	158	71	34	21	38
Okt	62	84	62	35	63	69	41	35	54	121	111
Nov	48	17	63	74	100	66	65	24	91	50	55
Dec	58	58	38	54	39	92	93	27	25	49	55
SUM	633	532	649	670	526	786	786	530	440	631	743

Potentiel fordampning (Roskilde Forsøgsstation)
Månedsmiddel i mm

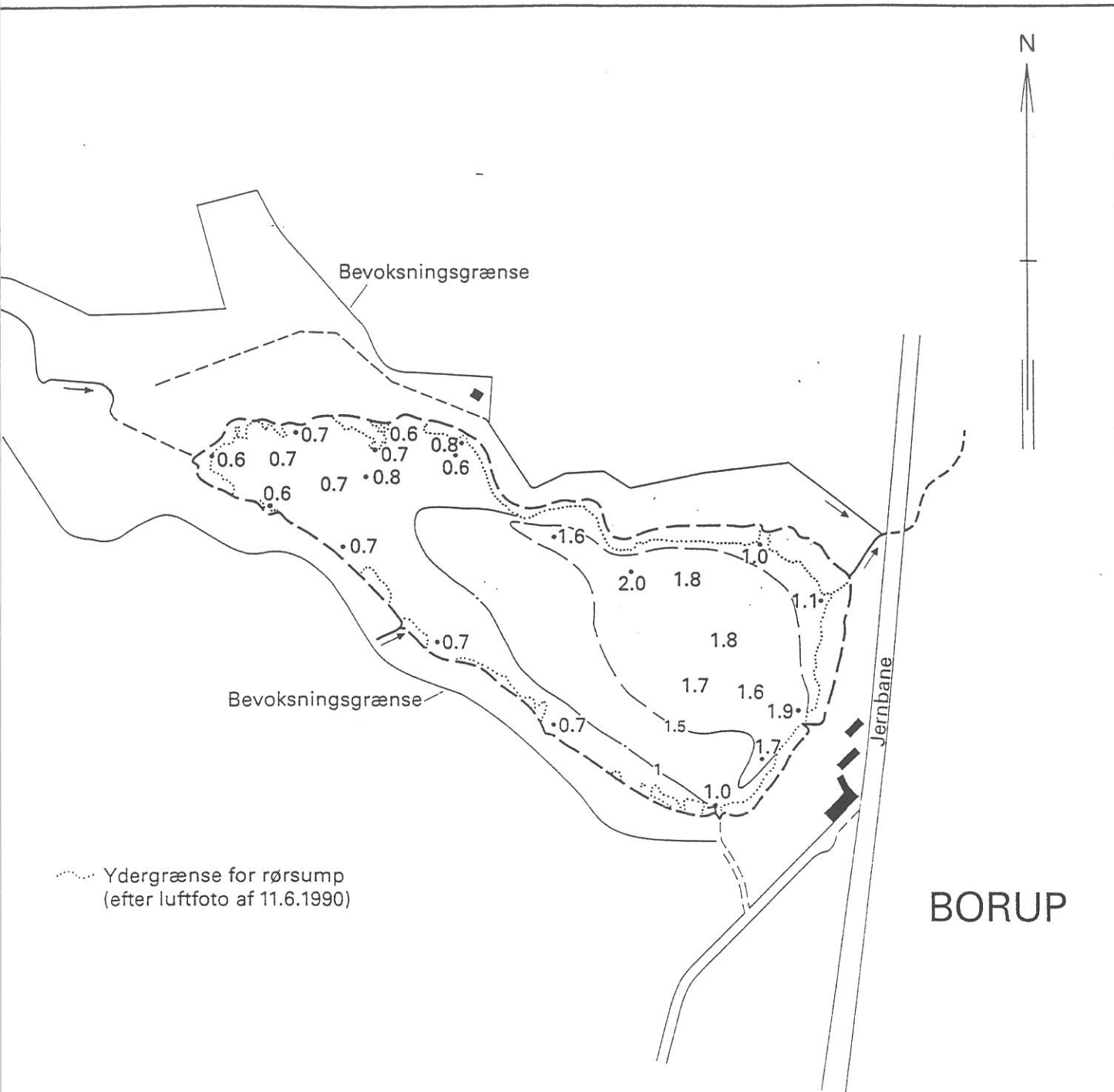
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Jan	7	5	8	7	8	5	4	5	0	2
Feb	12	15	13	12	11	9	14	9	14	10
Mar	30	37	28	29	33	27	34	21	32	27
Apr	60	70	54	48	69	55	58	66	59	38
Maj	111	105	92	117	104	90	87	67	81	87
Jun	116	94	72	137	105	100	97	90	94	81
Jul	117	111	114	120	79	135	124	104	103	76
Aug	78	92	90	80	71	93	114	109	96	70
Sep	56	48	56	52	33	40	41	52	48	36
Okt	24	23	26	24	22	23	18	16	14	18
Nov	11	10	9	9	6	10	7	8	5	2
Dec	5	5	5	5	4	5	2	1	1	2
SUM	625	615	567	641	545	592	600	548	547	447

Lufttemperatur (Roskilde Lufthavn)
Månedsmiddel i grader C

	1931-60	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Jan	-0,2	4,1	3,6	1,5	1,9	1,6	2,2	-0,4	-2,0	-2,1	1,8
Feb	-0,4	4,0	5,1	-1,2	2,8	0,6	-1,5	3,3	-3,3	2,7	4,9
Mar	1,7	5,0	5,6	3,8	3,7	2,4	3,1	2,6	-0,5	3,5	3,0
Apr	6,2	5,7	7,5	5,8	5,9	6,9	7,1	6,1	6,3	5,3	6,7
Maj	11,2	11,5	12,1	9,3	12,4	12,9	10,0	9,6	8,6	9,8	12,0
Jun	14,9	14,9	15,0	11,9	17,4	13,8	13,0	13,8	13,0	14,8	14,2
Jul	16,8	17,0	15,9	17,4	17,6	14,6	19,3	17,3	14,4	17,5	14,6
Aug	16,3	15,4	16,9	16,7	16,4	13,8	16,9	18,1	16,9	20,5	14,9
Sep	13,1	13,1	11,4	12,9	12,5	10,5	12,6	12,7	10,3	13,3	13,3
Okt	8,6	9,8	9,4	8,4	5,9	6,6	7,4	10,7	9,3	7,4	8,3
Nov	4,8	3,3	3,7	4,6	4,4	1,8	6,1	2,8	4,6	4,5	1,5
Dec	1,9	1,7	1,9	2,2	2,3	2,0	3,7	-2,7	-1,3	2,4	0,8
Årsmiddel	7,9	8,8	9,0	7,8	8,6	7,3	8,3	7,8	6,4	8,3	8,0

Bilag 2

- Borup sø



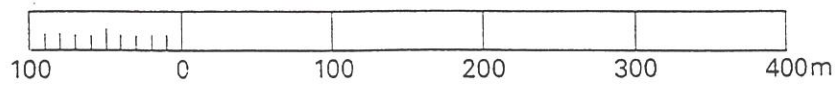
Ydergrænse for rørsump
(efter luftfoto af 11.6.1990)

BORUP

BORUP SØ

SKOVBO KOMMUNE, ROSKILDE AMT

1:5000



Ekkolodning foretaget maj 1991
ved vandspejl 40,0 m over DNN (GI)
Måling og udarbejdelse: Landinspektør Thorkild Høy
2. udg. juni 1991 på basis af fuldstændig nymåling.

© THORKILD HØY

BORUP SØ

Morfometriske data bestemt efter kort i 1:5000 udarbejdet af under-
tegnede:

Areal: 9,5 ha

Volumen:

I dybdeintervallet 0-1 m	74.000 m ³
1-1,5 m	20.000 "
1,5-2,0 m	6000 "

Volumen i alt 100.000 m³

Middeldybde: 1,05 m

Thorvald Høy

Bilag 3

- Borup sø

BORUP SØ. Topografisk opland, jordtypefordeling og arealudnyttelse opgjort i maj 1990.

OPLAND TIL:	Delopland til Borup Bæk, st. 948		Delopland direkte til sø		Samlet opland	
	ha	%	ha	%	ha	%
ENHED:						
TOTAL AREAL:	420	100	337	100	757	100
JORDTYPEFORDELING:						
1) Grovsandet jord	-	-	-	-	-	-
2) Finsandet jord	-	-	-	-	-	-
3) Lerblandet sandjord	3	1.4	-	-	3	0.6
4) Sandblandet lerjord	202	91.8	200	81.3	402	86.3
5) Lerjord	15	6.8	46	18.7	61	13.1
6) Svær lerjord	-	-	-	-	-	-
7) Humus	-	-	-	-	-	-
8) Kalkrig jord	-	-	-	-	-	-
AREALUDNYTTELSE:						
Dyrket areal	220	52.4	246	73.0	466	61.6
Skovareal	192	45.7	91	27.0	283	37.4
Ferskvandsareal	7	1.7	-	-	7	0.9
Byzoneareal	-	-	-	-	-	-
Befæstet areal	1	0.2	-	-	1	0.1
Andre arealer	-	-	-	-	-	-
CORINE:						
2110 Dyrket areal	225	53.6	251	74.5	476	62.9
3130 Blandet skov	195	46.4	86	25.5	281	37.1

Bilag 4

- Borup sø

Borup Bæk, station 948	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Vandføring										
Årsmiddel (l/s)	20,3	29,8	29,5	23,3	46,0	62,1	33,5	9,3	10,0	35,5
Sommermiddel (l/s)	6,6	5,7	11,3	2,2	32,7	28,9	5,2	7,7	1,9	3,0
Total-P										
Årsmiddelkoncentration (mg/l)	0,346	0,305	0,206	0,300	0,154	0,242	0,308	0,395	0,337	0,203
Sommermiddelkoncentration (mg/l)	0,504	0,588	0,339	0,501	0,278	0,441	0,476	0,462	0,388	0,284
Vandføringsvægtet årsmiddelkonc. (mg/l)	0,224	0,113	0,117	0,076	0,095	0,130	0,106	0,188	0,162	0,137
Vandføringsvægtet sommermiddelkonc. (mg/l)	0,656	0,383	0,174	0,116	0,161	0,281	0,127	0,178	0,240	0,185
Årlig stoftransport (kg)	141,4	105,9	109,5	54,7	138,1	254,5	111,7	55,0	51,0	153,8
Sommer stoftransport (kg)	57,3	28,8	25,9	3,4	69,8	106,0	8,7	18,0	6,0	7,3
Opløst fosfatfosfor										
Årsmiddelkoncentration (mg/l)	0,182	0,217	0,109	0,246	0,117	0,186	0,240	0,332	0,269	0,127
Sommermiddelkoncentration (mg/l)	0,325	0,440	0,180	0,435	0,227	0,375	0,378	0,404	0,309	0,221
Vandføringsvægtet årsmiddelkonc. (mg/l)	0,103	0,066	0,062	0,040	0,060	0,078	0,055	0,136	0,117	0,050
Vandføringsvægtet sommermiddelkonc. (mg/l)	0,340	0,247	0,088	0,082	0,111	0,219	0,094	0,128	0,200	0,132
Årlig stoftransport (kg)	66,0	62,4	57,9	29,4	87,6	152,2	58,2	40,0	37,0	56,5
Sommer stoftransport (kg)	29,4	18,5	13,1	2,4	47,9	82,4	6,4	13,0	5,0	5,2
Part.-P										
Årsmiddelkoncentration (mg/l)	0,164	0,088	0,097	0,053	0,037	0,056	0,068	0,063	0,068	0,076
Sommermiddelkoncentration (mg/l)	0,179	0,148	0,159	0,067	0,051	0,066	0,098	0,058	0,079	0,063
Vandføringsvægtet årsmiddelkonc. (mg/l)	0,121	0,047	0,055	0,036	0,035	0,052	0,051	0,051	0,044	0,087
Vandføringsvægtet sommermiddelkonc. (mg/l)	0,316	0,136	0,086	0,034	0,050	0,062	0,034	0,049	0,040	0,053
Årlig stoftransport (kg)	75,4	43,5	51,6	25,3	50,5	102,3	53,5	15,0	14,0	97,3
Sommer stoftransport (kg)	27,9	10,3	12,8	1,0	21,9	23,6	2,3	5,0	1,0	2,1
Total-N										
Årsmiddelkoncentration (mg/l)	6,417	6,651	6,067	7,829	7,274	5,108	4,617	5,909	6,260	6,872
Sommermiddelkoncentration (mg/l)	4,345	5,024	4,684	5,283	5,416	4,635	3,747	4,745	4,463	5,049
Vandføringsvægtet årsmiddelkonc. (mg/l)	8,288	8,283	7,262	10,490	7,163	5,637	5,410	6,301	7,896	8,616
Vandføringsvægtet sommermiddelkonc. (mg/l)	3,701	7,065	4,586	4,735	5,237	5,227	3,439	4,240	3,685	5,403
Årlig stoftransport (kg)	5.195	7.736	6.729	7.573	10.391	11.044	5.715	1.848	2.490	9.646
Sommer stoftransport (kg)	323	532	685	138	2.264	1.971	235	429	92	213

Bilag 5

- Borup sø

Vandbalance Borup Sø 1998

Alle værdier i 1000 m3

	Nedbør x søareal	Fordampn x søareal	Dir. vand- tilførsel	Tilløb	Fraløb	Umålt opland	Magasin	Grundvand
Jan	5,6	0,2	0,0	148,3	268,5	119,0	-0,8	-5
Feb	5,5	1,0	0,0	175,2	342,5	140,6	2,3	24,6
Mar	7,0	2,9	0,0	187,3	365,5	150,3	9,8	33,6
Apr	8,8	3,9	0,0	172,4	278,1	138,4	-21,5	-59,1
Maj	2,0	9,1	0,0	24,4	51,3	19,6	-13,7	0,7
Jun	8,2	8,5	0,0	5,9	11,7	4,7	-3,2	-1,8
Jul	10,9	7,9	0,0	4,6	3,5	3,7	0,1	-7,7
Aug	5,3	7,4	0,0	2,6	2,3	2,1	-1,5	-1,7
Sep	4,2	3,7	0,0	1,6	0,3	1,3	1,9	-1,2
Okt	12,2	1,8	0,0	110,0	155,1	88,2	37,9	-15,6
Nov	6,1	0,2	0,0	130,7	268,5	104,9	-15,6	11,3
Dec	6,1	0,2	0,0	155,5	236,7	124,8	17,4	-32
Sommer	30,5	36,6	0,0	39,0	69,1	31,3	-16,4	-11,6
År	81,9	46,8	0,0	1118,4	1983,9	897,4	13,2	-53,9

Stofbalance Borup Sø 1998

Total fosfor

Alle værdier i kg

	Atm. dep.	Umålt opland	Tilløb	Fraløb	Grund vand	Magasin	Int. belast.	Retention	Samlet ekst. tilf.
Jan	0,1	10,9	13,6	16,6	-0,3	-1,7	-7,70	9,4	24,6
Feb	0,1	19,5	24,4	23,2	3,1	-0,7	-24,00	24,7	44
Mar	0,1	21,8	27,2	17,9	4,3	3,3	-35,50	32,2	49,1
Apr	0,1	9,3	11,6	20,5	-4	-0,1	3,50	-3,4	21
Maj	0,1	2,5	3,1	5,4	0,1	13,6	-0,30	-13,3	5,7
Jun	0,1	0,9	1,2	2,2	-0,4	-9,2	0,40	8,8	2,2
Jul	0,1	1,2	1,5	0,4	-1,1	2,1	-1,30	-0,8	2,8
Aug	0,1	0,8	1,0	0,4	-0,4	0,6	-1,20	0,6	1,9
Sep	0,1	0,5	0,6	0,1	-0,2	-2,7	-0,90	3,6	1,2
Okt	0,1	35,0	43,6	14,6	-1,7	-1,9	-62,40	64,3	78,7
Nov	0,1	14,3	17,8	21,6	1,4	-1,1	-12,00	13,1	32,2
Dec	0,1	6,7	8,3	20,3	-3,7	1,1	8,90	-10,0	15,1
Sommer	0,9	123,4	153,9	143,2	-2,9	3,3	-132,5	129,2	278,2
År	0,4	5,9	7,4	8,5	-2,0	4,4	-3,3	-1,1	13,7

Stofbalance Borup Sø 1998

Opløst fosfat

Alle værdier i kg

	Atm. dep.	Umålt opland	Tilløb	Fraløb	Grund vand	Magasin	Int. belast.	Retention	Samlet ekst. tilf.
Jan	0,0	4,5	5,7	4,6	-0,2	0,5	-5,5	5,0	10,2
Feb	0,0	5,8	7,2	6,2	1,8	-0,9	-8,6	9,5	13,0
Mar	0,0	5,6	7,0	7,0	2,5	0,8	-8,1	7,3	12,6
Apr	0,0	3,6	4,5	5,7	-0,9	-2,8	-1,5	4,3	8,1
Maj	0,0	1,4	1,8	1,1	0,1	3,0	-2,2	-0,8	3,2
Jun	0,0	0,7	0,9	0,3	0,0	-2,9	-1,3	4,2	1,6
Jul	0,0	0,9	1,2	0,1	-0,1	1,2	-1,9	0,7	2,1
Aug	0,0	0,7	0,8	0,1	0,0	-1,1	-1,4	2,5	1,5
Sep	0,0	0,4	0,5	0,0	0,0	0,1	-0,8	0,7	0,9
Okt	0,0	11,7	14,6	4,7	-0,1	1,2	-21,6	20,4	26,3
Nov	0,0	5,7	7,1	8,4	0,8	3,0	-5,3	2,3	12,8
Dec	0,0	4,2	5,3	7,8	-2,0	0,9	0,3	-1,2	9,5
Sommer	0,0	45,2	56,6	46,0	1,9	3,0	-57,9	54,9	101,8
År	0,0	4,1	5,2	1,6	0,0	0,3	-7,6	7,3	9,3

Stofbalance Borup Sø 1998

Total kvælstof

Alle værdier i kg

	Atm. dep.	Umålt opland	Tilløb	Fraløb	Grund vand	Magasin	Int. belast.	Retention	Samlet ekst. tilf.
Jan	11,9	1.383,8	1.724,6	2.859,5	-58,0	103,8	-202,8	99,0	3.120,3
Feb	11,9	1.516,7	1.890,2	3.395,7	180,7	-83,6	-203,8	287,4	3.418,8
Mar	11,9	1.454,5	1.812,8	3.351,6	247,2	-154,8	-174,7	329,5	3.279,2
Apr	11,9	897,7	1.118,8	1.791,3	-393,8	-438,8	156,7	282,1	2.028,4
Maj	11,9	106,7	133,0	177,6	5,4	-237,3	-79,4	316,7	251,6
Jun	11,9	32,6	40,6	27,4	-4,6	-89,2	-53,0	142,2	85,1
Jul	11,9	17,8	22,2	5,6	-13,4	-3,1	-32,8	35,9	51,9
Aug	11,9	8,5	10,5	4,4	-4,1	45,1	-22,4	-22,7	30,9
Sep	11,9	5,1	6,3	0,6	-2,7	-1,6	-19,9	21,5	23,3
Okt	11,9	724,8	903,4	730,2	-43,0	332,2	-866,8	534,6	1.640,1
Nov	11,9	793,7	989,1	1.848,0	83,2	134,3	-29,9	-104,4	1.794,7
Dec	11,9	797,6	994,0	1.506,4	-175,9	125,7	-121,3	-4,4	1.803,5
Sommer	142,8	7.739,5	9.645,5	15.698,3	-179,0	-267,3	-1.650,1	1.917,4	17.527,8
År	59,5	170,7	212,6	215,6	-19,4	-286,1	-207,5	493,6	442,8

Stofbalance Borup Sø 1998

Total jern

Alle værdier i kg

	Atm. dep.	Umålt opland	Tilløb	Fraløb	Grund vand	Magasin	Int. belast.	Retention	Samlet ekst. tilf.
Jan	0,0	61,2	76,3	20,0	-0,70	5,3	-116,80	111,5	137,50
Feb	0,0	122,2	152,2	55,1	25,40	2,9	-244,60	241,7	274,40
Mar	0,0	173,0	215,6	64,4	34,70	15,8	-358,90	343,1	388,60
Apr	0,0	23,1	28,8	65,1	-18,30	-20,6	31,30	-10,7	51,90
Maj	0,0	3,7	4,6	3,0	0,80	-1,4	-6,00	7,4	8,30
Jun	0,0	1,4	1,8	1,4	-0,30	-1,7	-1,40	3,1	3,20
Jul	0,0	1,8	2,3	0,2	-0,50	-5,9	-3,40	9,3	4,10
Aug	0,0	1,0	1,2	0,2	-0,30	12,7	-23,70	11,0	2,20
Sep	0,0	0,6	0,7	0,0	-0,10	-11,3	-1,20	12,5	1,30
Okt	0,0	374,3	466,4	42,8	-1,40	8,1	-796,50	788,4	840,70
Nov	0,0	128,7	160,4	80,5	11,70	22,6	-220,40	197,8	289,10
Dec	0,0	36,3	45,3	94,5	-19,70	10,5	32,50	-43,0	81,60
Sommer	0,00	927,30	1.155,60	427,20	31,30	37,00	-1.709,10	1.672,10	2.082,90
År	0,00	8,50	10,60	4,80	-0,40	-7,60	-35,70	43,30	19,10

Bilag 6

- Borup sø

Borup Sø - Vand- og stofbalanceberegninger

Vand- og stofbalanceberegningerne er 1989-97 udført ved hjælp af EDB-programmet STOQ-sømodul version 3.30, i 1998 version 4.0. De anvendte beregningsmetoder er udførligt beskrevet i de tidligere års rapporter, eksempelvis i rapporten "Borup Sø 1989-95". For en gennemgang af programmets beregningsmetoder henvises der derfor til eksempelvis nævnte rapport.

Til de beregnede værdier i samleskemaerne knytter sig følgende forklaringer:

Vandbalancer

1. Vandbalancer for perioden 1989-98 er beregnet under hensyntagen til vandstandsændringer, nedbør og fordampning.
2. Opholdstiden er beregnet på grundlag af fraførte vandmængder.

Stofbalancer

1. I 1989-97 er indsvivet stofmængde via grundvandsindsivning lagt til tilførslen; udsivet stofmængde via grundvandsudsivning er lagt til fraførslen.
2. I 1989-97 er tilbageholdelsen beregnet som tilført stofmængde - fraført stofmængde, hvor tilført stofmængde er: transport i tilløb + atm. deposition + transport i grundvand.
3. Vandføringsvægtet indløbskoncentration er beregnet som periodens eksterne stoftilførsel / periodens eksterne vandtilførsel.

Vandbalance Borup Sø 1989-97

Årftige tal i 1000 m ³	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Nedbør x søareal	51	62	64	50	74	75	50	49	70	82
Fordampning x søareal	59	58	54	61	52	56	57	62	62	47
Dir. vandtilførsel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tilløb	641	941	931	736	1.450	1.959	1.057	293	317	1.118
Fraløb	1.089	2.125	1.836	1.380	2.651	3.302	2.091	617	760	1.984
Umålt opt.	513	753	745	589	1.160	1.568	846	234	254	897
Ekstern tilførsel	1.144	1.697	1.686	1.313	2.633	3.545	1.897	513	578	2.051
Magasin	2	24	-12	2	6	-12	-21	12	9	13
Indsvining/udsvining (+/-)	-54	452	138	69	23	-256	173	116	190	-54
Samlet tilførsel (ekst. tilf. + evt. indsvining)	1.144	2.149	1.824	1.382	2.656	3.545	2.070	629	768	2.051
Samlet fratørsel (søafløb + evt. udsvining)	1.143	2.125	1.836	1.380	2.651	3.558	2.091	617	760	2.038
Stighøjder i m/år	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Ekstern tilførsel	12,0	17,9	17,7	13,8	27,7	37,3	20,0	5,4	6,1	21,6
Fraløb (i søafløb)	11,5	22,4	19,3	14,5	27,9	34,8	22,0	6,5	8,0	20,9
Opholdstid (dage)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
År (1/1-31/12)	30	16	21	22	15	10	15	53	45	16
Sommer (1/5-30/9)	150	67	51	182	22	28	97	74	149	104
Max. måned	1.226	815	480	7.699	5.129	942	7.752	9.634	8.903	
Min. måned	9	9	7	9	5	4	5	24	17	
Opholdstid (år)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
År (1/1-31/12)	0,082	0,044	0,058	0,060	0,041	0,027	0,041	0,144	0,124	0,05
Sommer (1/5-30/9)	0,411	0,184	0,140	0,499	0,060	0,076	0,267	0,203	0,408	0,29
Max. måned	3,359	2,233	1,315	21,093	14,052	2,581	21,239	26,394	24,393	
Min. måned	0,025	0,025	0,019	0,025	0,014	0,011	0,014	0,066	0,047	

Årsopgørelse TOTAL-P

Borup Sø

År	Atm. dep. (kg)	Umålt opland (kg)	Tilløb (kg)	Fraløb (kg)	"Grundvand" (kg)	Magasin (kg)	Int. belast. (kg)	Retention (kg)	Samlet overfl.tilf. (kg)	Retention %	Samlet tilførsel (kg)	Samlet fraførsel (kg)	Samlet tilførsel (g/m2/år)	Retention (mg/m2/dag)	Retention (mg/m2/dag)	Vandføringsvægtet indløbskoncentration (mg/l)
1983								396,0								
1988								131,0								
1989	1,4	113,1	141,4	102,6	-5,5	0,1	-147,6	147,7	255,9	59,0	696,0	300,0	7,33	4,17	11,42	0,235
1990	1,4	84,7	105,9	191,6	50,9	3,0	-48,7	51,7	192,0	21,3	266,0	135,0	2,80	1,38	3,78	0,120
1991	1,4	87,6	109,5	169,8	17,4	-4,8	-50,8	46,0	198,5	21,3	255,9	108,1	2,69	1,56	4,26	0,224
1992	1,4	43,7	54,7	91,9	-0,3	4,8	-2,8	7,6	99,8	7,6	242,8	191,6	2,56	0,54	1,49	0,113
1993	1,9	110,4	138,1	288,4	-10,4	-2,7	45,7	-48,4	250,4	-20,2	99,8	92,2	1,05	0,08	0,22	0,076
1994	1,9	203,6	254,5	302,7	-65,2	-2,8	-94,9	92,1	460,0	23,3	250,4	298,8	2,64	-0,51	-1,40	0,095
1995	1,9	71,2	89,0	169,9	12,8	1,2	-3,8	5,0	162,1	2,9	460,0	367,9	4,84	0,97	2,66	0,130
1996	1,9	44,2	55,2	95,2	21,3	-9,2	-36,6	27,4	101,3	22,3	174,9	169,9	1,84	0,05	0,14	0,084
1997	1,9	28,9	50,9	54,3	30,8	1,1	-57,1	58,2	81,7	51,7	122,6	95,2	1,29	0,29	0,79	0,188
1998	0,9	123,4	153,8	143,1	-2,8	3,1	-129,1	132,2	278,1	48,0	112,5	54,3	1,18	0,61	1,68	0,162
											278,1	145,9	2,93	1,39	3,81	0,137

Sommeropgørelse TOTAL-P

Borup Sø

År	Atm. dep. (kg)	Umålt opland (kg)	Tilløb (kg)	Fraløb (kg)	"Grundvand" (kg)	Magasin (kg)	Int. belast. (kg)	Retention (kg)	Samlet overfl.tilf. (kg)	Retention %	Samlet tilførsel (kg)	Samlet fraførsel (kg)	Samlet tilførsel (g/m2/år)	Retention (mg/m2/dag)	Retention (mg/m2/dag)	Vandføringsvægtet indløbskoncentration (mg/l)
1983								-21,0								
1988								36,0								
1989	0,6	45,8	57,3	19,6	-14,0	2,8	-67,3	70,1	103,7	78,2	64,0	85,0	0,67	-0,22	-0,61	0,101
1990	0,8	23,1	28,8	55,8	7,8	0,5	-4,1	4,7	52,7	7,7	48,0	12,0	0,51	0,38	1,04	0,260
1991	0,6	20,8	25,9	44,1	1,2	4,0	-0,4	4,4	47,3	9,0	103,7	33,6	1,09	0,74	2,02	0,656
1992	0,6	2,7	3,4	8,5	-2,7	1,7	6,2	-4,5	6,6	-112,8	60,5	55,8	0,64	0,05	0,13	0,383
1993	0,8	55,8	69,8	115,4	-25,6	6,1	20,7	-14,6	126,4	-14,5	48,5	44,1	0,51	0,05	0,13	0,174
1994	0,8	84,8	106,1	68,4	-72,7	3,2	-47,4	50,6	191,7	42,5	6,6	11,1	0,07	-0,05	-0,13	0,116
1995	0,8	7,0	8,7	19,5	-3,2	3,5	9,7	-6,2	16,5	-47,0	126,4	141,0	1,33	-0,15	-0,42	0,161
1996	0,8	14,6	18,3	19,9	-0,2	-0,8	-14,4	13,6	33,7	40,5	191,7	141,1	2,02	0,53	1,46	0,281
1997	0,8	5,1	6,3	9,8	4,8	-1,8	-9,0	7,2	12,2	42,3	16,5	22,7	0,17	-0,07	-0,18	0,127
1998	0,9	5,9	7,3	8,5	-2,0	4,3	0,7	3,6	14,1	29,8	33,7	20,1	0,35	0,14	0,39	0,178
											17,0	9,8	0,18	0,08	0,21	0,240
											14,1	10,5	0,15	0,04	0,10	0,185

Årsopgørelse Ortho-P

Borup Sø

1983	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Atm. dep. (kg)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Umålt opland (kg)	52,8	49,9	62,4	46,3	23,5	70,1	121,8	37,2	32,4	19,4	45,2
Tilløb (kg)	66,0	62,4	71,0	57,9	29,4	87,6	152,2	46,5	40,4	36,6	56,6
Fraløb (kg)	26,3	71,0	57,8	4,3	2,2	140,7	107,4	57,2	23,7	11,1	46,0
Grund vand (kg)	5,4	30,1	10,6	-3,9	4,3	8,2	8,9	8,5	17,1	22,4	1,9
Magasin (kg)	0,0	3,5	-68,0	-60,8	2,2	-25,0	-0,7	-1,5	-4,9	-0,3	3,0
Int. belast. (kg)	-97,9	-68,0	-60,8	-60,8	-25,0	-25,3	-176,1	-36,4	-71,0	-67,5	-54,7
Retention (kg)	98,0	97,9	71,5	57,0	27,2	25,3	175,5	35,0	66,2	67,2	57,7
Samlet overfl. tilf. (kg)	118,8	112,3	104,2	52,9	52,9	15,2	274,0	83,7	72,8	55,9	101,8
Retention %	64,9	78,8	50,2	49,6	47,6	15,2	62,0	37,9	73,6	85,8	55,6
Samlet tilførsel (kg)	151,0	124,2	142,4	114,7	57,1	166,0	282,9	92,2	89,9	78,3	103,7
Samlet fratørsel (kg)	53,0	26,3	71,0	57,8	29,9	140,7	107,4	57,2	23,7	11,1	46,0
Samlet tilførsel (g/m2/år)	1,59	1,31	1,50	1,21	0,60	1,75	2,98	0,97	0,95	0,82	1,09
Retention (g/m2/år)	1,03	1,03	0,75	0,60	0,29	0,27	1,85	0,37	0,70	0,71	0,61
Retention (mg/m2/dag)	2,83	2,82	2,06	1,64	0,78	0,73	5,06	1,01	1,91	1,94	1,66
Vandføringsvægtet indløbskoncentration (mg/l)	0,068	0,103	0,066	0,062	0,040	0,060	0,078	0,044	0,136	0,117	0,050

Sommeropgørelse Ortho-P

Borup Sø

1983	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Atm. dep. (kg)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Umålt opland (kg)	23,6	14,8	10,5	1,9	38,3	65,9	5,2	10,2	3,7	4,1	5,2
Tilløb (kg)	29,4	18,5	13,1	2,4	47,9	82,4	6,4	12,8	4,6	5,2	5,2
Fraløb (kg)	6,5	13,3	8,9	1,3	46,7	14,8	1,6	0,8	0,9	1,6	1,6
Grund vand (kg)	0,9	4,8	1,6	0,0	-1,1	-2,9	-0,3	1,2	3,7	0,0	0,0
Magasin (kg)	-3,5	3,7	1,4	-0,3	9,6	3,0	1,0	0,7	0,1	0,3	0,3
Int. belast. (kg)	-51,0	-21,1	-15,1	-3,3	-28,7	-127,6	-8,6	-22,7	-11,1	-7,4	-7,4
Retention (kg)	47,4	24,8	16,4	3,0	38,3	130,6	9,6	23,4	11,2	7,7	7,7
Samlet overfl. tilf. (kg)	53,0	33,2	23,6	4,3	86,1	148,3	11,6	23,0	8,4	9,3	9,3
Retention %	88,0	65,0	65,0	69,3	45,0	89,8	85,3	96,7	92,5	82,8	82,8
Samlet tilførsel (kg)	53,9	38,1	25,3	4,3	86,1	148,3	11,6	24,2	12,1	9,3	9,3
Samlet fratørsel (kg)	6,5	13,3	8,9	1,3	47,9	17,7	1,9	0,8	0,9	1,6	1,6
Samlet tilførsel (g/m2/år)	0,57	0,40	0,27	0,04	0,91	1,56	0,12	0,25	0,13	0,10	0,10
Retention (g/m2/år)	0,50	0,26	0,17	0,03	0,40	1,37	0,10	0,25	0,12	0,08	0,08
Retention (mg/m2/dag)	1,37	0,71	0,47	0,09	1,10	3,77	0,28	0,67	0,32	0,22	0,22
Vandføringsvægtet indløbskoncentration (mg/l)	0,340	0,247	0,088	0,082	0,111	0,219	0,094	0,128	0,200	0,132	0,132

Årsopgørelse TOTAL-N

Borup Sø

Afm. dep. (kg)	Umålt opland (kg)	Tilløb (kg)	Fraløb (kg)	"Grundvand" (kg)	Magasin (kg)	Int. belast. (kg)	Retention (kg)	Samlet overfl. tilf. (kg)	Retention %	Samlet tilførsel (kg)	Samlet fraførsel (kg)	Samlet tilførsel (g/m2/år)	Retention (g/m2/år)	Vandføringsvægtet indløbskoncentration (mg/l)	
1983							13.951,0	40,0		34.879	20.928	367,1	146,9	402,3	11,790
1988							7.176,0	44,5		16.139	8.963	169,9	75,5	207,0	7,288
1989	131	4.156	5.195	5.391	72	-37	-4.200	9.482	43,6	9.554	5.391	100,6	43,8	120,0	8,288
1990	131	6.189	7.736	15.716	3.758	719	-1.379	2.098	11,8	17.814	15.716	187,5	22,1	60,5	8,283
1991	131	5.383	6.729	11.233	1.046	-487	-2.544	2.057	15,5	13.290	11.233	139,9	21,7	59,3	7,262
1992	143	6.058	7.573	10.644	1.086	585	-3.631	4.216	28,4	14.859	10.644	156,4	44,4	121,6	10,490
1993	142	8.313	10.391	19.511	758	-621	-715	94	0,5	19.605	19.511	206,4	1,0	2,7	7,163
1994	190	8.836	11.044	19.678	-564	18	190	-171	-0,9	20.070	20.242	211,3	-1,8	-4,9	5,637
1995	190	4.572	5.715	11.826	990	-459	-100	-360	-3,1	11.467	11.826	120,7	-3,8	-10,4	5,410
1996	190	1.479	1.848	2.721	853	187	-1.463	1.650	37,8	4.370	2.721	46,0	17,4	47,6	6,301
1997	190	1.992	2.490	4.313	1.513	552	-1.320	1.872	30,3	6.186	4.313	65,1	19,7	54,0	7,896
1998	143	7.740	9.646	15.698	-179	-267	-1.917	1.650	9,5	17.528	15.877	184,5	17,4	47,6	8,616

Sommeropgørelse TOTAL-N

Borup Sø

Afm. dep. (kg)	Umålt opland (kg)	Tilløb (kg)	Fraløb (kg)	"Grundvand" (kg)	Magasin (kg)	Int. belast. (kg)	Retention (kg)	Samlet overfl. tilf. (kg)	Retention %	Samlet tilførsel (kg)	Samlet fraførsel (kg)	Samlet tilførsel (g/m2/år)	Retention (g/m2/år)	Vandføringsvægtet indløbskoncentration (mg/l)	
1983							1.359,0	31,3		4.338	2.979	45,7	14,3	39,2	6,822
1988							843,0	89,1		946	103	10,0	8,9	24,3	5,131
1989	55	258	323	250	-132	-163	-416	253	50,3	636	383	6,7	2,7	7,3	3,701
1990	55	426	532	868	605	460	-290	750	46,3	1.618	868	17,0	7,9	21,6	7,065
1991	55	548	685	694	164	-118	-877	759	52,2	1.452	694	15,3	8,0	21,9	4,586
1992	60	110	138	169	19	-299	-457	158	48,3	326	169	3,4	1,7	4,5	4,735
1993	60	1.811	2.264	3.625	-442	529	461	68	1,8	4.134	4.067	43,5	0,7	2,0	5,237
1994	80	1.576	1.971	1.781	-925	96	-823	920	34,1	3.627	2.707	38,2	9,7	26,5	5,227
1995	80	188	235	286	-53	-126	-289	163	36,3	502	339	5,3	1,7	4,7	3,439
1996	79	343	429	435	22	-160	-598	438	50,2	873	435	9,2	4,6	12,6	4,240
1997	80	73	92	155	250	-50	-389	339	24,4	494	155	5,2	3,6	9,8	3,685
1998	59	171	213	216	-20	-286	-494	208	49,0	443	235	4,7	2,2	6,0	5,403

Årsoppgørelse TOTAL-Jern

Borup Sø

Atm. dep. (kg)	Umålt opland (kg)	Tilløb (kg)	Fraløb (kg)	Grund vand (kg)	Magasin (kg)	Int. belast. (kg)	Retention (kg)	Samlet overfl. tilf. (kg)	Retention %	Samlet tilførsel (kg)	Samlet fratørsel (kg)	Samlet tilførsel (g/m2/år)	Retention (mg/m2/dag)	Vandføringsvægtet indløbskoncentration (mg/l)
0,0	255,8	319,8	504,3	463,1	-3,4	-537,8	534,3	575,6	51,4	1.038,6	504,3	10,93	15,41	0,339
0,0	201,6	252,0	436,2	-15,8	-3,3	-5,0	1,7	453,7	0,4	453,7	452,0	4,78	0,02	0,616
0,0	380,6	475,7	481,2	15,0	28,7	-361,4	390,1	856,3	44,8	871,3	481,2	9,17	4,11	0,328
0,0	812,8	1.015,9	946,2	28,7	-4,4	-915,6	911,2	1.828,7	49,1	1.857,4	946,2	19,55	9,59	0,518
0,0	425,3	531,6	578,0	97,8	-44,4	-521,1	476,7	956,9	45,2	1.054,7	578,0	11,10	5,02	0,504
0,0	72,0	90,1	82,6	44,8	-0,9	-125,2	124,3	162,1	60,1	206,9	82,6	2,18	1,31	0,307
0,0	57,1	71,4	87,4	42,9	-0,2	-84,3	84,0	128,5	49,0	171,4	87,4	1,80	0,88	0,225
0,0	927,3	1.155,6	427,2	31,3	37,0	-1.650,0	1.687,0	2.082,9	79,8	2.114,2	427,2	22,25	17,76	0,225

Sommeroppgørelse TOTAL-Jern

Borup Sø

Atm. dep. (kg)	Umålt opland (kg)	Tilløb (kg)	Fraløb (kg)	Grund vand (kg)	Magasin (kg)	Int. belast. (kg)	Retention (kg)	Samlet overfl. tilf. (kg)	Retention %	Samlet tilførsel (kg)	Samlet fratørsel (kg)	Samlet tilførsel (g/m2/år)	Retention (mg/m2/dag)	Vandføringsvægtet indløbskoncentration (mg/l)
0,0	60,9	76,2	211,6	73,9	30,4	31,0	-0,6	137,1	-0,3	211,1	211,6	2,22	-0,01	1,018
0,0	5,0	6,2	10,8	-11,9	101,2	112,8	-11,6	11,2	-96,5	11,2	22,7	0,12	-0,12	0,213
0,0	93,3	116,6	99,0	-32,3	27,3	-51,3	78,6	209,9	44,3	209,9	131,3	2,21	0,83	0,270
0,0	82,8	103,4	98,1	-45,1	3,5	-39,5	43,0	186,2	30,5	186,2	143,2	1,96	0,45	0,274
0,0	12,5	15,7	25,2	-3,6	-0,4	0,3	-0,6	28,2	-2,4	28,2	28,8	0,30	-0,01	0,230
0,0	16,5	20,6	23,5	1,2	-5,9	-20,7	14,8	37,1	38,7	38,3	23,5	0,40	0,16	0,208
0,0	5,9	7,3	10,4	6,9	-5,8	-15,4	9,7	13,2	48,1	20,1	10,4	0,21	0,10	0,280
0,0	8,5	10,6	4,8	-0,4	-7,6	-21,5	13,9	19,1	74,3	19,1	5,2	0,20	0,15	0,280

Bilag 7

- Borup sø

Borup Sø - kildeopsplitning af kvælstof (N) og fosfor (P)

Forklaring til kildeopsplitningen:

Naturbidraget er beregnet ved multiplikation af den årlige vandtilførsel til søen og vandføringsvægtede mediankoncentrationer, anbefalet af DMU. De anbefalede værdier er:

1989:	Tot-P: 0,055 mg/P/l	Tot-N: 1,6 mg N/l
1990:	Tot-P: 0,055 mg/P/l	Tot-N: 1,8 mg N/l
1991:	Tot-P: 0,052 mg/P/l	Tot-N: 1,5 mg N/l
1992:	Tot-P: 0,050 mg/P/l	Tot-N: 1,61 mg N/l
1993:	Tot-P: 0,052 mg/P/l	Tot-N: 2,77 mg N/l
1994:	Tot-P: 0,051 mg/P/l	Tot-N: 1,6 mg N/l
1995:	Tot-P: 0,048 mg/P/l	Tot-N: 1,4 mg N/l
1996:	Tot-P: 0,048 mg/P/l	Tot-N: 1,4 mg N/l
1997:	Tot-P: 0,048 mg/P/l	Tot-N: 1,4 mg N/l
1998:	Tot-P: 0,050 mg/P/l	Tot-N: 1,52 mg N/l

For årene 1989-91 blev antal enkeltejendomme og PE i oplandet til søen opgjort til henholdsvis 19 stk. og 2,6 PE/enkeltejendom. I 1992 blev antallet korrigeret til 21 stk. enkeltejendomme og 2,6 PE/enkeltejendom i forbindelse med kommunernes registrering af enkeltejendomme efter Miljøstyrelsens retningslinier. Antallet af enkeltejendomme er i 1994 justeret til 25 og 2,0 PE/enkeltejendom.

En mere detaljeret registrering foretaget af kommunerne i foråret 1999 har medført en ny justering af antallet af enkeltejendomme og PE i oplandet til henholdsvis 26 og 62.

Siden 1994 er 1 PE ændret i forhold til tidligere:

1 PE = 1,0 kg/P pr. år og 4,4 kg/N pr. år.

Bemærk:

Bidraget fra enkeltejendomme i 1997 er incl. den anslåede fosformængde på 15 kg, der i januar førtes til Borup Bæk via overløb fra kloakledning. Det reelle bidrag fra enkeltejendomme i 1997 er således uændret 26 kg fosfor.

Borup Sø kildeopsplittning

1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	Total-P: Kildeopsplittning (%)								
										Landbrug	Natur	Atmosfære	Samlet tilf.	Enkeltejend.	Landbrug	Natur	Atmosf.	Samlet tilf.
37	37	37	45	45	26	26	26	41	16	154	63	1	256	14,5	60,2	24,8	0,6	100
87	87	83	0	66	252	48	64	33	161	118	1	243	15,2	35,6	48,6	0,6	100	
83	83	83	0	66	252	48	64	33	161	94	1	216	17,1	38,5	43,7	0,7	100	
45	45	83	0	66	252	48	64	33	161	54	1	100	45,0	0,0	54,0	1,4	100	
45	45	83	0	66	252	48	64	33	161	137	2	250	18,0	26,5	54,8	0,8	100	
26	26	83	0	66	252	48	64	33	161	180	2	460	5,7	54,8	39,1	0,4	100	
26	26	83	0	66	252	48	64	33	161	99	2	175	14,9	27,3	56,7	1,1	100	
26	26	83	0	66	252	48	64	33	161	31	2	123	21,1	52,2	25,1	1,5	100	
41	41	83	0	66	252	48	64	33	161	37	2	112	36,5	29,2	32,6	1,7	100	
16	16	83	0	66	252	48	64	33	161	101	1	278	5,8	57,9	36,3	0,4	100	

1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	Total-N: Kildeopsplittning (%)								
										Landbrug	Natur	Atmosfære	Samlet tilf.	Enkeltejend.	Landbrug	Natur	Atmosf.	Samlet tilf.
92	92	92	132	132	116	116	116	116	75	7.486	1.845	131	9.554	1,0	78,4	19,3	1,4	100
92	92	92	132	132	116	116	116	116	75	13.729	3.862	131	17.814	0,5	77,1	21,7	0,7	100
92	92	92	132	132	116	116	116	116	75	10.346	2.721	131	13.290	0,7	77,8	20,5	1,0	100
132	132	132	132	132	116	116	116	116	75	12.341	2.243	143	14.859	0,9	83,1	15,1	1,0	100
132	132	132	132	132	116	116	116	116	75	12.035	7.295	143	19.605	0,7	61,4	37,2	0,7	100
116	116	116	132	132	116	116	116	116	75	14.121	5.643	190	20.070	0,6	70,4	28,1	0,9	100
116	116	116	132	132	116	116	116	116	75	8.266	2.895	190	11.467	1,0	72,1	25,2	1,7	100
116	116	116	132	132	116	116	116	116	75	3.162	902	190	4.370	2,7	72,4	20,6	4,3	100
116	116	116	132	132	116	116	116	116	75	4.815	1.065	190	6.186	1,9	77,8	17,2	3,1	100
75	75	75	132	132	116	116	116	116	75	14.246	3.064	143	17.528	0,4	81,3	17,5	0,8	100

Bilag 8

- Borup sø

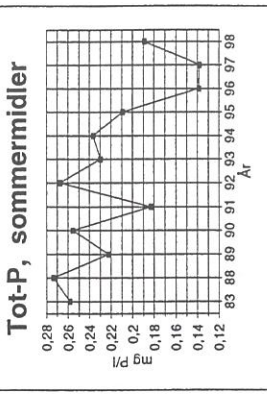
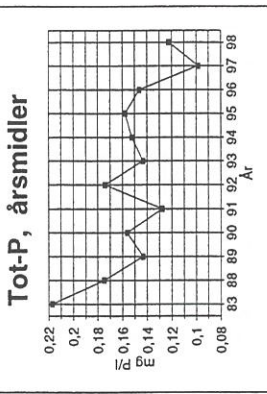
Parameter

Tidsvægtede års- og sommermidler

Statistik - års- og sommermidler

Grafik

ÅR	År 1/1-31/12	Sommer 1/5-30/9		Vinter 1/12-31/3		År		Sommer Max.	Sommer Min.
		Max.	1/12-31/3	1/5-30/9	Max.	Min.	Min.		
83	0,217	0,258	0,126	0,520	0,082	0,520	0,120		
88	0,175	0,273	0,080	0,400	0,064	0,400	0,130		
89	0,143	0,222	0,073	0,310	0,051	0,310	0,120		
90	0,156	0,256	0,069	0,400	0,048	0,400	0,180		
91	0,128	0,183	0,072	0,270	0,042	0,270	0,100		
92	0,174	0,267	0,072	0,370	0,064	0,370	0,180		
93	0,143	0,230	0,075	0,340	0,045	0,340	0,120		
94	0,152	0,236	0,085	0,309	0,045	0,309	0,113		
95	0,158	0,209	0,093	0,284	0,049	0,284	0,081		
96	0,146	0,138	0,184	0,271	0,061	0,196	0,061		
97	0,098	0,138	0,078	0,250	0,033	0,250	0,066		
98	0,122	0,189	0,065	0,274	0,040	0,274	0,093		



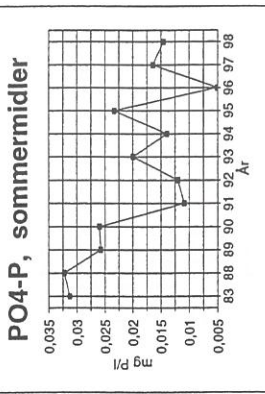
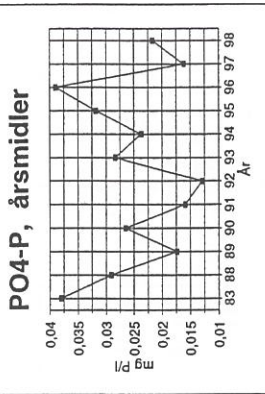
Parameter

Tidsvægtede års- og sommermidler

Statistik - års- og sommermidler

Grafik

ÅR	År 1/1-31/12	Sommer 1/5-30/9		Vinter 1/12-31/3		År		Sommer Max.	Sommer Min.
		Max.	1/12-31/3	1/5-30/9	Max.	Min.	Min.		
83	0,038	0,031	0,025	0,160	0,005	0,160	0,005		
88	0,029	0,032	0,029	0,100	0,005	0,100	0,005		
89	0,017	0,026	0,012	0,060	0,005	0,060	0,005		
90	0,026	0,026	0,024	0,120	0,005	0,120	0,005		
91	0,016	0,011	0,029	0,055	0,005	0,045	0,005		
92	0,028	0,020	0,034	0,085	0,005	0,085	0,005		
93	0,024	0,014	0,044	0,056	0,002	0,056	0,004		
94	0,032	0,023	0,037	0,072	0,004	0,065	0,004		
95	0,039	0,005	0,101	0,181	0,002	0,102	0,002		
96	0,016	0,016	0,024	0,060	0,002	0,060	0,002		
97	0,022	0,015	0,035	0,063	0,002	0,048	0,002		
98									



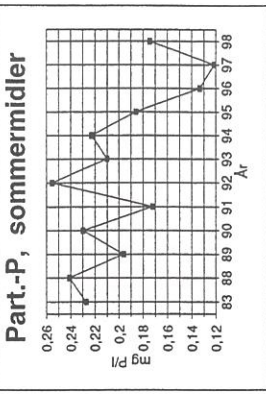
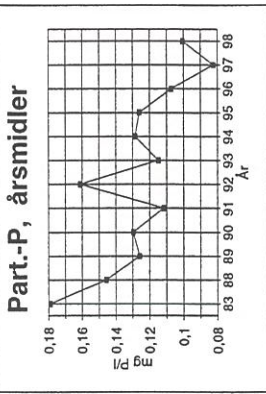
Parameter

Tidsvægtede års- og sommermidler

Statistik - års- og sommermidler

Grafik

ÅR	År 1/1-31/12	Sommer 1/5-30/9		Vinter 1/12-31/3		År		Sommer Max.	Sommer Min.
		Max.	1/12-31/3	1/5-30/9	Max.	Min.	Min.		
83	0,179	0,227	0,101	0,515	0,050	0,515	0,050		
88	0,146	0,241	0,051	0,395	0,038	0,395	0,116		
89	0,126	0,196	0,061	0,295	0,039	0,295	0,076		
90	0,130	0,230	0,046	0,285	0,030	0,285	0,175		
91	0,112	0,172	0,043	0,265	0,021	0,265	0,095		
92	0,161	0,255	0,053	0,365	0,035	0,365	0,166		
93	0,115	0,210	0,040	0,309	0,025	0,309	0,115		
94	0,128	0,223	0,041	0,298	0,010	0,298	0,104		
95	0,126	0,186	0,056	0,254	0,037	0,254	0,076		
96	0,107	0,133	0,083	0,263	0,034	0,194	0,051		
97	0,082	0,121	0,054	0,232	0,028	0,232	0,061		
98	0,101	0,175	0,030	0,229	0,019	0,229	0,091		



Parameter

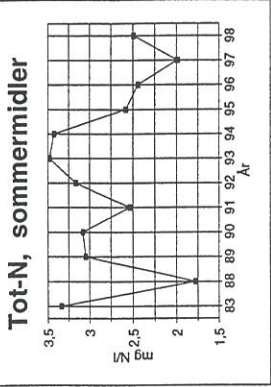
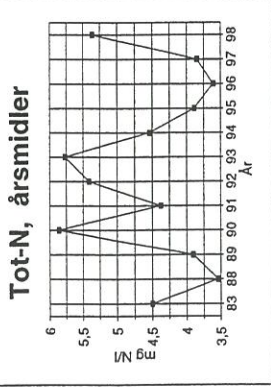
Tidsvægtede års- og sommermidler

BORUP SØ

Statistik - års- og sommermidler

Grafik

Total-N mg/l	År	Sommer		Vinter		År		Sommer	
		1/1-31/12	1/5-30/9	1/12-31/3	1/12-31/3	Min.	Max.	Min.	Max.
	83	4,50	3,34	6,06	8,70	1,50	5,60	1,50	1,50
	88	3,54	1,78	6,61	7,90	1,50	2,70	1,50	1,50
	89	3,91	3,05	5,08	7,60	1,80	4,80	1,80	1,80
	90	5,86	3,08	9,00	11,00	2,20	3,80	2,20	2,20
	91	4,38	2,53	7,40	10,00	1,40	4,30	1,40	1,40
	92	5,41	3,16	9,04	14,40	1,50	4,90	1,50	1,50
	93	5,77	3,48	8,43	11,40	2,14	6,15	2,14	2,14
	94	4,54	3,43	6,49	7,68	2,28	5,58	2,28	2,28
	95	3,89	2,58	5,42	7,77	1,56	3,55	1,56	1,56
	96	3,61	2,44	5,00	6,68	1,83	3,08	1,83	1,83
	97	3,85	1,99	6,28	8,94	1,49	3,13	1,49	1,49
	98	5,36	2,49	8,92	11,60	1,75	4,28	1,75	1,75



Parameter

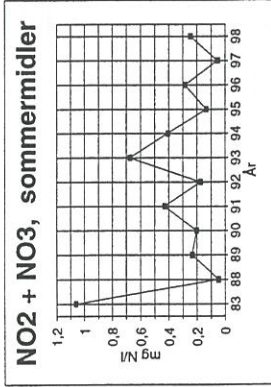
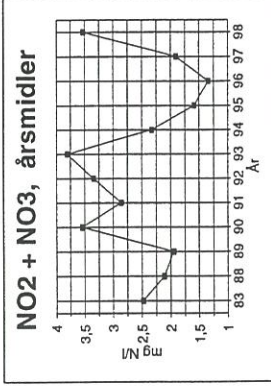
Tidsvægtede års- og sommermidler

BORUP SØ

Statistik - års- og sommermidler

Grafik

NO2 + NO3 mg/l	År	Sommer		Vinter		År		Sommer	
		1/1-31/12	1/5-30/9	1/12-31/3	1/12-31/3	Min.	Max.	Min.	Max.
	83	2,475	1,063	4,465	7,200	0,003	3,300	0,003	0,003
	88	2,111	0,047	5,586	7,200	0,003	0,450	0,003	0,003
	89	1,948	0,293	4,154	6,800	0,005	1,400	0,005	0,005
	90	3,545	0,202	7,134	8,700	0,005	0,013	0,005	0,005
	91	2,852	0,430	6,444	9,300	0,005	2,600	0,005	0,005
	92	3,344	0,175	7,965	13,200	0,005	1,000	0,005	0,005
	93	3,808	0,674	7,171	10,200	0,005	4,300	0,005	0,005
	94	2,328	0,408	5,081	6,130	0,003	3,460	0,003	0,003
	95	1,587	0,135	3,647	6,550	0,005	1,500	0,005	0,005
	96	1,341	0,285	2,421	4,290	0,003	0,898	0,003	0,003
	97	1,904	0,054	4,135	6,350	0,003	0,308	0,003	0,003
	98	3,526	0,245	7,379	9,380	0,003	2,390	0,003	0,003



Parameter

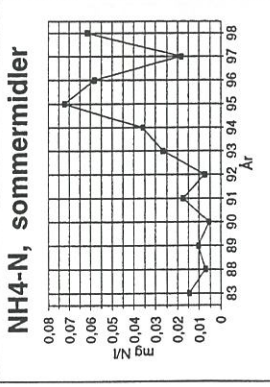
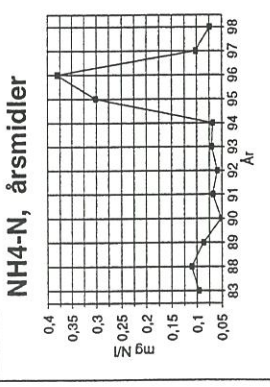
Tidsvægtede års- og sommermidler

BORUP SØ

Statistik - års- og sommermidler

Grafik

NH4-N mg/l	År	Sommer		Vinter		År		Sommer	
		1/1-31/12	1/5-30/9	1/12-31/3	1/12-31/3	Min.	Max.	Min.	Max.
	83	0,096	0,015	0,085	0,580	0,001	0,038	0,007	0,007
	88	0,110	0,007	0,289	0,540	0,004	0,012	0,004	0,004
	89	0,086	0,010	0,097	0,430	0,002	0,036	0,002	0,002
	90	0,051	0,005	0,072	0,180	0,001	0,008	0,001	0,001
	91	0,068	0,017	0,117	0,250	0,001	0,033	0,001	0,001
	92	0,059	0,007	0,131	0,250	0,001	0,013	0,001	0,001
	93	0,070	0,027	0,108	0,280	0,001	0,120	0,001	0,001
	94	0,068	0,036	0,117	0,248	0,003	0,248	0,003	0,003
	95	0,301	0,072	0,394	1,190	0,006	0,254	0,008	0,008
	96	0,380	0,058	0,868	1,570	0,003	0,318	0,003	0,003
	97	0,102	0,018	0,215	0,378	0,003	0,079	0,003	0,003
	98	0,074	0,062	0,092	0,231	0,003	0,231	0,003	0,003



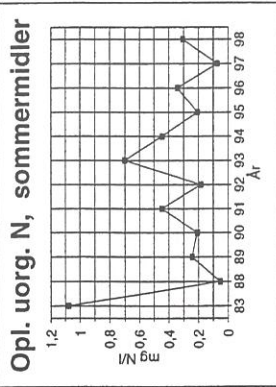
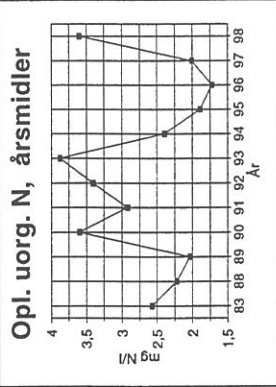
Parameter

Tidsvægtede års- og sommermidler

Statistik - års- og sommermidler

Grafik

Parameter	ÅR	Sommer		Vinter		År		Sommer Max.	Sommer Min.
		1/1-31/12	1/5-30/9	1/12-31/3	1/12-31/3	Min.	Max.		
Opl. uorg. N mg/l	83	2,571	1,077	4,551	7,268	0,006	3,316	0,011	0,011
	88	2,221	0,054	5,875	7,740	0,003	0,462	0,003	0,003
	89	2,034	0,243	4,252	7,020	0,008	1,415	0,008	0,008
	90	3,596	0,208	7,207	8,785	0,006	0,021	0,006	0,006
	91	2,920	0,447	6,561	9,386	0,006	2,633	0,006	0,006
	92	3,403	0,183	8,096	13,450	0,007	1,011	0,007	0,007
	93	3,879	0,700	7,280	10,480	0,006	4,420	0,006	0,006
	94	2,392	0,444	5,189	6,228	0,008	3,708	0,008	0,008
	95	1,888	0,207	4,041	6,667	0,013	1,535	0,013	0,013
	96	1,721	0,343	3,289	4,488	0,005	1,216	0,005	0,005
	97	2,006	0,072	4,350	6,579	0,009	0,318	0,009	0,009
	98	3,600	0,307	7,471	9,471	0,005	2,404	0,005	0,005



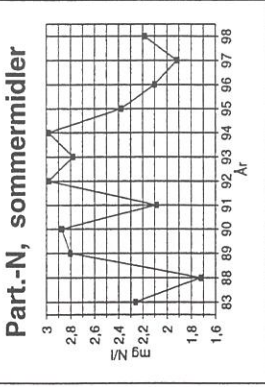
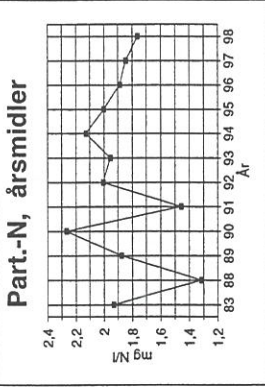
Parameter

Tidsvægtede års- og sommermidler

Statistik - års- og sommermidler

Grafik

Parameter	ÅR	Sommer		Vinter		År		Sommer Max.	Sommer Min.
		1/1-31/12	1/5-30/9	1/12-31/3	1/12-31/3	Min.	Max.		
Part.-N mg/l	83	1,930	2,260	1,504	3,590	0,775	3,590	1,460	1,460
	88	1,315	1,722	0,734	2,698	0,160	2,698	1,438	1,438
	89	1,874	2,803	0,825	4,789	0,575	4,789	1,788	1,788
	90	2,267	2,872	1,789	3,792	0,692	3,792	2,194	2,194
	91	1,455	2,086	0,842	2,890	0,114	2,890	1,394	1,394
	92	2,005	2,981	0,941	4,885	0,530	4,885	1,493	1,493
	93	1,954	2,780	1,312	3,687	0,920	3,687	1,730	1,730
	94	2,128	2,982	1,253	4,599	0,829	4,599	1,872	1,872
	95	2,001	2,375	1,382	3,490	0,881	3,490	1,471	1,471
	96	1,887	2,101	1,709	3,029	1,134	3,029	1,134	1,134
	97	1,844	1,916	1,930	3,562	1,181	3,099	1,452	1,452
	98	1,762	2,185	1,444	2,579	0,896	2,579	1,745	1,745



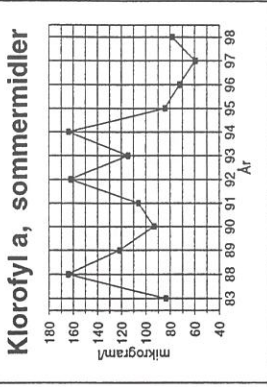
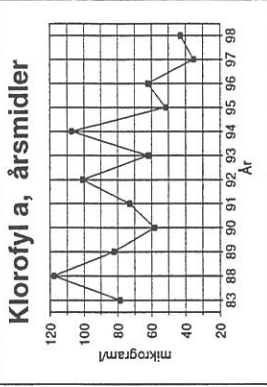
Parameter

Tidsvægtede års- og sommermidler

Statistik - års- og sommermidler

Grafik

Parameter	ÅR	Sommer		Vinter		År		Sommer Max.	Sommer Min.
		1/1-31/12	1/5-30/9	1/12-31/3	1/12-31/3	Min.	Max.		
Klorofyl a mikrogram/l	83	79	84	53	240	25	116	48	48
	88	118	164	34	290	8	290	95	95
	89	82	122	52	310	16	310	39	39
	90	58	93	28	210	5	210	38	38
	91	73	106	25	220	4	220	74	74
	92	101	162	25	260	9	260	85	85
	93	62	115	20	200	9	200	25	25
	94	107	164	13	284	1	251	63	63
	95	52	84	21	150	4	150	20	20
	96	62	72	46	195	17	165	17	17
	97	35	60	16	99	5	99	19	19
	98	43	78	8	155	1	155	14	14



Parameter

Tidsvægtede års- og sommermidler

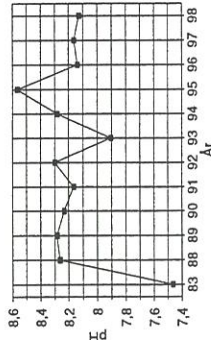
Statistik - års- og sommermidler

Grafik

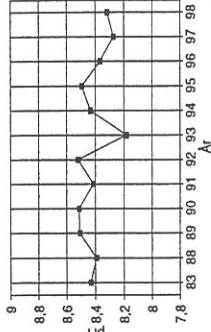
pH

ÅR	År 1/1-31/12	Sommer 1/5-30/9		Vinter 1/12-31/3		År		Sommer		Sommer	
		Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.		
83	7,5	8,4	5,7	8,8	7,8	8,7	7,9				
88	8,3	8,4	8,0	8,7	7,9	8,7	8,3				
89	8,3	8,5	8,1	8,9	7,7	8,9	8,1				
90	8,2	8,5	7,9	8,9	7,6	8,9	8,0				
91	8,2	8,4	7,8	8,7	7,3	8,7	8,2				
92	8,3	8,5	8,0	9,0	7,9	9,0	8,1				
93	7,9	8,2	7,6	8,7	7,2	8,7	7,4				
94	8,3	8,4	8,0	9,0	7,7	8,7	8,0				
95	8,6	8,5	8,1	8,9	7,8	8,9	8,1				
96	8,1	8,4	7,9	8,6	7,7	8,6	8,2				
97	8,2	8,3	8,0	8,5	7,7	8,4	8,1				
98	8,1	8,3	7,9	8,6	7,5	8,6	8,0				

pH, årsmidler



pH, sommermidler



Parameter

Tidsvægtede års- og sommermidler

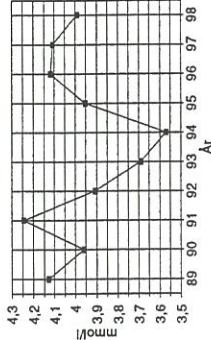
Statistik - års- og sommermidler

Grafik

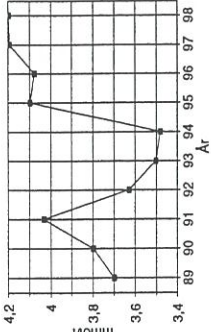
Alkalinitet
mmol/l

ÅR	År 1/1-31/12	Sommer 1/5-30/9		Vinter 1/12-31/3		År		Sommer		Sommer	
		Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.		
83	4,128	3,699	4,509	5,030	3,010	4,380	3,010				
88	3,958	3,797	4,038	4,340	3,410	4,220	3,410				
89	4,246	4,032	4,289	4,900	3,170	4,750	3,170				
90	3,906	3,629	4,158	4,550	2,770	4,340	2,770				
91	3,690	3,502	3,749	4,400	2,790	3,960	2,790				
92	3,570	3,480	3,522	4,180	2,940	4,180	2,940				
93	3,952	4,098	3,600	4,720	3,370	4,720	3,470				
94	4,118	4,077	4,355	5,070	3,220	4,460	3,560				
95	4,108	4,193	4,108	5,230	3,310	4,430	3,790				
96	3,990	4,197	3,736	4,800	3,200	4,800	3,870				

Alkalinitet, årsmidler



Alkalinitet, sommermidler



Parameter

Tidsvægtede års- og sommermidler

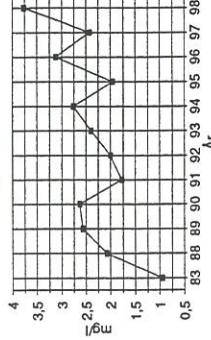
Statistik - års- og sommermidler

Grafik

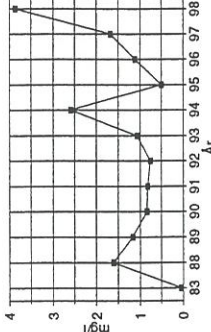
Silicium
mg/l

ÅR	År 1/1-31/12	Sommer 1/5-30/9		Vinter 1/12-31/3		År		Sommer		Sommer	
		Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.		
83	0,946	0,047	1,864	2,900	0,005	0,125	0,005				
88	2,075	1,599	3,806	4,800	0,025	4,800	0,025				
89	2,564	1,168	4,264	6,700	0,040	3,900	0,040				
90	2,630	0,841	4,257	5,300	0,020	4,200	0,020				
91	1,775	0,822	3,261	4,500	0,033	3,200	0,033				
92	1,997	0,762	4,006	4,900	0,040	3,700	0,040				
93	2,397	1,062	3,586	5,000	0,070	3,100	0,070				
94	2,758	2,588	3,961	6,600	0,170	6,600	0,310				
95	1,953	0,498	3,726	4,571	0,030	1,700	0,030				
96	3,123	1,116	5,267	6,700	0,015	2,600	0,015				
97	2,427	1,671	3,450	5,900	0,050	5,900	0,050				
98	3,766	3,868	3,956	9,300	0,030	9,300	0,030				

Silicium, årsmidler



Silicium, sommermidler



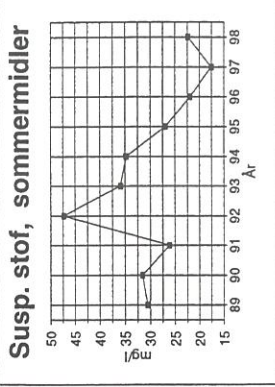
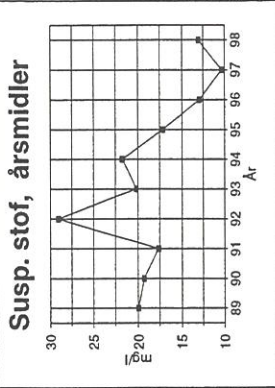
Parameter

Tidsvægtede års- og sommermidler

Statistik - års- og sommermidler

Grafik

Parameter	BORUP SØ					
	År	År	Sommer	Vinter	År	Sommer
Suspenderet stof mg/l	1/1-31/12	1/5-30/9	1/12-31/3	1/12-31/3	Max.	Min.
83						
88						
89	20,0	30,5	9,7	50,0	6,0	18,0
90	19,3	31,5	9,0	47,0	5,0	20,0
91	17,7	26,1	7,3	35,0	4,0	35,0
92	29,0	47,4	8,3	68,0	5,0	68,0
93	20,2	35,8	7,4	51,0	3,0	17,0
94	21,7	34,8	7,5	52,0	5,6	14,0
95	17,2	27,0	5,1	44,0	2,2	14,0
96	12,9	22,0	4,7	37,0	2,4	14,0
97	10,3	17,6	4,7	36,0	1,0	9,5
98	13,1	22,4	4,6	46,0	3,0	13,0



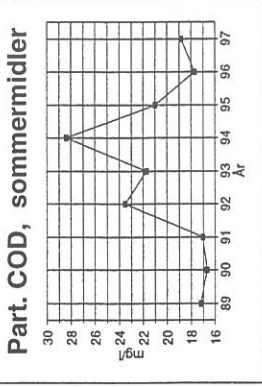
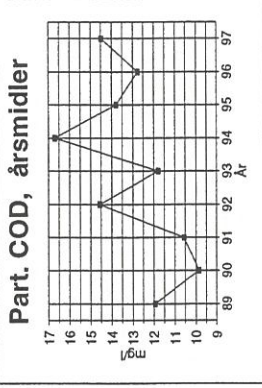
Parameter

Tidsvægtede års- og sommermidler

Statistik - års- og sommermidler

Grafik

Parameter	BORUP SØ					
	År	År	Sommer	Vinter	År	Sommer
Part. COD mg/l	1/1-31/12	1/5-30/9	1/12-31/3	1/12-31/3	Max.	Min.
83						
88						
89	11,9	17,2	8,1	32,0	4,0	9,0
90	9,8	16,7	3,7	24,0	2,7	12,0
91	10,6	17,0	3,0	42,0	1,0	10,0
92	14,6	23,5	4,3	49,0	2,5	13,0
93	11,8	21,7	3,9	31,0	2,1	4,9
94	16,7	28,4	4,1	35,0	1,7	13,2
95	13,8	21,0	5,1	37,0	2,4	11,0
96	12,8	17,7	7,5	26,0	3,4	9,7
97	14,5	18,8	12,8	41,0	3,0	7,7
98						



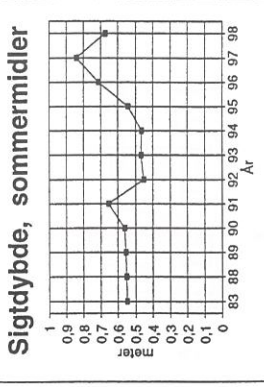
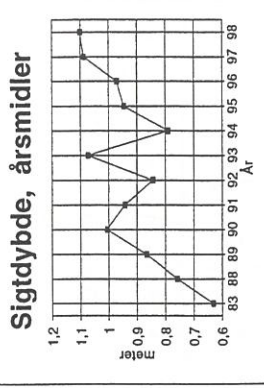
Parameter

Tidsvægtede års- og sommermidler

Statistik - års- og sommermidler

Grafik

Parameter	BORUP SØ					
	År	År	Sommer	Vinter	År	Sommer
Sigt dybde m	1/1-31/12	1/5-30/9	1/12-31/3	1/12-31/3	Max.	Min.
83	0,63	0,55	0,62	1,20	0,35	0,35
88	0,76	0,55	1,01	1,30	0,45	0,45
89	0,87	0,55	1,18	1,50	0,30	0,30
90	1,01	0,56	1,42	1,70	0,32	0,32
91	0,94	0,65	1,37	1,54	0,52	0,52
92	0,84	0,45	1,44	1,80	0,30	0,30
93	1,07	0,47	1,65	1,80	0,30	0,30
94	0,79	0,46	1,19	1,50	0,28	0,28
95	0,95	0,54	1,39	1,70	0,36	0,36
96	0,97	0,71	1,26	1,60	0,42	0,42
97	1,09	0,84	1,22	1,68	0,50	0,55
98	1,10	0,67	1,52	1,80	0,45	0,45



Parameter

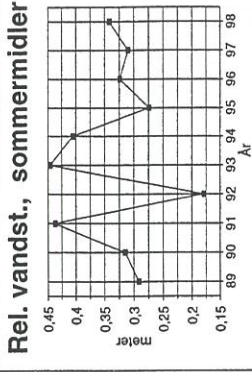
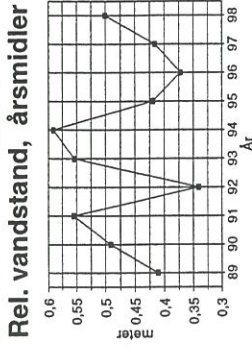
Tidsvægtede års- og sommermidler

BORUP SØ

Statistik - års- og sommermidler

Grafik

Rel. vandstand m	År	Sommer		Vinter		År		Sommer	
		1/5-30/9	1/12-31/3	1/5-30/9	1/12-31/3	Min.	Max.	Min.	Max.
83									
88									
89	0,41	0,29	0,50	0,60	0,15	0,47	0,15		
90	0,49	0,32	0,66	0,85	0,17	0,41	0,17		
91	0,55	0,44	0,67	0,85	0,28	0,64	0,28		
92	0,34	0,18	0,60	0,62	0,00	0,48	0,02		
93	0,55	0,45	0,63	1,46	0,19	1,46	0,19		
94	0,59	0,41	0,81	1,23	0,20	0,78	0,20		
95	0,42	0,27	0,63	1,05	0,08	0,50	0,08		
96	0,37	0,32	0,45	0,53	0,15	0,45	0,15		
97	0,42	0,31	0,54	0,65	0,15	0,47	0,15		
98	0,50	0,34	0,62	0,84	0,30	0,48	0,30		



Parameter

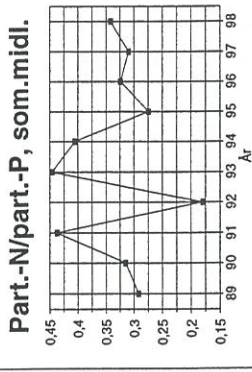
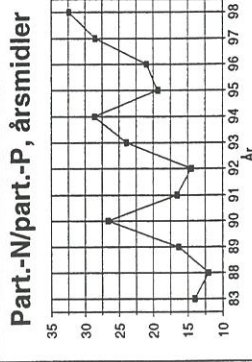
Tidsvægtede års- og sommermidler

BORUP SØ

Statistik - års- og sommermidler

Grafik

Part.-N/Part.-P	År	Sommer		Vinter		År		Sommer	
		1/1-31/12	1/5-30/9	1/12-31/3	1/12-31/3	Min.	Max.	Min.	Max.
83									
88									
89	14,0	16,2	13,4	47,6	4,4	47,6	4,4		
90	12,0	7,7	15,8	47,0	3,7	12,4	5,5		
91	16,3	15,9	14,2	34,7	9,1	30,1	9,1		
92	26,6	12,9	41,7	73,8	7,8	19,3	10,0		
93	16,5	12,5	25,2	46,2	1,2	17,5	9,6		
94	14,4	11,9	18,9	31,6	6,5	16,4	6,5		
95	23,9	15,0	32,0	42,2	7,5	26,3	7,5		
96	28,6	13,8	52,2	134,0	10,1	18,1	10,1		
97	19,3	13,0	24,4	29,2	9,2	21,0	9,2		
98	20,9	16,6	26,3	46,3	9,1	23,7	11,3		
99	28,5	17,2	41,6	71,2	9,1	27,9	9,1		
00	32,4	13,0	61,1	112,1	10,5	20,6	10,5		



Parameter

Tidsvægtede års- og sommermidler

BORUP SØ

Statistik - års- og sommermidler

Grafik

Glødetab, s.stof mg/l	År	Sommer		Vinter		År		Sommer	
		1/1-31/12	1/5-30/9	1/12-31/3	1/12-31/3	Min.	Max.	Min.	Max.
83									
88									
89	9,3	14,9	4,5	25,0	1,0	25,0	8,0		



Bilag 9

- Borup sø

ANALYSEMETODE

BESTEMMELSE AF METALLER OG SPORELEMENTER I SØVAND

Prøveflasker blev leveret af VKI, dog for Hg af Force Instituttet

PRINCIP:

Forbehandling: Prøverne blev ved modtagelse filtreret gennem et 0.4 µm polycarbonat membranfilter. Filtratet og en delprøve af den modtagne prøve (total vandig prøve) blev konserveret med suprapur salpetersyre til pH < 2. Filtrene blev derefter destrueret i henhold til udkast til teknisk anvisning, miljøfremmede stoffer i ferskvand. Desuden blev en delprøve af de ufiltrerede prøver destrueret med henblik på undersøgelse af filtreringen og filtrenes egnethed for bestemmelse af indhold af metaller i det suspenderede materiale.

Hg blev bestemt af Force Instituttet med atomfluorescens.

Analyse:

Cd, Pb, Cr, Cu, Ni, Zn i destruerede prøver: Prøverne analyseres direkte ved hjælp af atomabsorptionsspektrometri med grafitovnsteknik (ETAAS), idet der anvendes baggrundskorrektion og standardadditionsteknik.

As: Prøverne analyseres ved hjælp af atomabsorptionsspektrometri med hydridteknik (HAAS) under anvendelse af natriumborhydrid, idet der anvendes baggrundskorrektion og standardadditionsteknik. Forud for måling reduceres en delprøve med saltsyre, kaliumiodid og ascorbinsyre.

Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, i filtrat: Prøverne analyseres direkte ved hjælp af højtopløselig induktiv koblet plasma massespektrometri (HR-ICPMS), idet der anvendes ekstern kalibreringskurve og rentrumsteknik.

Resultatberegning

Ud fra vurdering af de samlede analyseresultater af filtrat, destruede prøver og filtre, er resultaterne for det totale indhold af metaller i vandprøverne udregnet ud fra:

Destrueret filter: Pb, As, Cd

Destrueret ufiltreret vandprøve: Cr, Cu, Ni, Zn

For bestemmelsen af indhold af metaller i de destruerede filtre, er der fundet et relativt højt indhold af chrom. Der er undersøgt 2 produkter af polycarbonat filtre. Indholdet af chrom i polycarbonat filtre er ikke fundet at afgives under den normale filtrering af vandprøverne. Det nødvendigt at foretage bestemmelsen af chrom i den totale vandprøve ud fra en destruktion af den ufiltrerede prøve. For Cu, Ni og Zn opnås sammenlignelige resultater med bestemmelse af metaller som summen af metaller i filtreret prøve og i metaller i filtermasse.

REFERENCER:

Måling ved ETAAS; Dansk Standard DS 2211, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 3113 A+B, 18th edition (1992+1994). Perkin Elmer Analytical Techniques for Furnace Atomic Absorption Spectrometry 1984.

Måling ved HAAS; ISO/DIS 11969. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 3114 B, 18th edition (1992). Perkin Elmer Analytical Methods using the MHS Mercury/hydride System 1979.

Måling ved HR-ICPMS: U.S. Environmental Protection Agency method 200.8 : 1991: Determination of trace elements in waters and wastes by inductively coupled plasma - mass spectrometry.

INTERN KVALITETSKONTROL:

Resultaterne er kontrolleret ved samtidig analyse af vandige referencematerialer.

RESULTATSKEMA

Dato: 20. januar 1999
 Init.: ANB/KJA
 Sag: 11607
 Resultatskema
 Side 2 af 3

Søvandprøver modtaget på VKI i perioden fra den 30. juli 1998 til d. 8. oktober 1998
 Prøverne er analyseret i perioden 30. juli 1998 til 8. januar 1999

Prøvemærkning kunde	Modtage dato	Hg µg/L	As µg/L	Pb µg/L	Cd µg/L	Cr µg/L	Cu µg/L	Ni µg/L	Zn µg/L	SSTS mg/L
Borup St. 1928, filt. 0,40 um	30. juli 1998	0,0023	<0,03	0,09	0,012	-	0,16	0,54	<0,5	
Borup St. 1928, Total			<0,1	0,5	0,016	(1,3)	0,4	1,0	(<0,5)	-
Borup St. 1928, filt. 0,40 um	13. august 1998	0,0017	0,35	<0,02	0,019	0,12	0,23	0,41	<0,5	
Borup St. 1928, Total			0,4	0,2	0,033	0,2	0,6	0,6	0,6	(9,7)
Borup St. 1928, filt. 0,40 um	25. august 1998	0,0034	0,24	0,05	0,004	0,07	0,22	0,58	<0,5	
Borup St. 1928, Total			0,2	0,9	0,035	0,6	1,0	1,0	-	(16)
Borup St. 1928, filt. 0,40 um	10. september 1998	0,0018	0,22	0,12	0,007	0,14	0,41	0,76	-	
Borup St. 1928, Total			0,2	0,9	0,038	0,3	0,7	0,7	1,0	(3,3)
Borup St. 1928, filt. 0,40 um	24. september 1998	0,0036	0,27	0,29	0,047	0,08	0,20	1,1	-	
Borup St. 1928, Total			0,3	0,4	0,051	0,4	0,5	0,5	0,7	(<0,5)
Borup St. 1928, filt. 0,40 um	8. oktober 1998	0,0021	0,27	0,25	0,012	0,08	0,25	1,0	-	
Borup St. 1928, Total			0,3	0,6	0,020	0,2	0,6	0,6	1,0	(1,1)

- resultaterne af blindanalyser indikerer forurening af prøven.

Bilag 10

- Borup sø

Fytoplanktonbiomasser - tidsvægtede årsgennemsnit

	Blågrønalt mm3/l	Kiselalger mm3/l	Grønalger mm3/l	Rekylalger mm3/l	Furealger mm3/l	Øjealger mm3/l	Gulalger mm3/l	Stilkalger mm3/l	Ubestemt Total mm3/l	Øvrige mm3/l
1989	1,4	3,3	1,4	0,5	0,1	0,3	0,0	0,0	0,2	7,1
1990	1,9	5,1	0,9	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	9,8
1991	2,1	6,9	1,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	11,4
1992	2,3	13,0	2,1	2,6	0,0	0,1	0,0	0,0	1,2	20,4
1993	3,3	4,6	2,1	1,1	0,0	0,2	0,3	0,7	12,2	1,2
1994	4,8	9,6	1,5	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	19,3
1995	3,0	4,6	0,4	1,8	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	10,4
1996	7,3	2,8	0,5	2,6	0,2	0,0	0,1	0,0	0,3	13,7
1997	0,2	2,5	1,0	1,4	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	6,0
1998	0,3	5,4	0,6	2,9	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	9,7
Gennemsnit 1989-97	2,9	5,8	1,1	1,6	0,1	0,0	0,1	0,1	0,5	12,3

Udvikling:

Linear regressionsanalyse

Signifikansniveau:

Symbol: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Signifikansniveau:

Symbol: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Fytoplanktonbiomasser - tidsvægtede sommergennemsnit

	Blågrønalt mm3/l	Kiselalger mm3/l	Grønalger mm3/l	Rekylalger mm3/l	Furealger mm3/l	Øjealger mm3/l	Gulalger mm3/l	Stilkalger mm3/l	Ubestemt Total mm3/l	Øvrige mm3/l
1989	3,2	6,0	2,3	0,4	0,0	0,3	0,0	0,0	0,2	12,5
1990	4,0	7,5	1,4	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	14,9
1991	4,8	9,1	2,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	18,0
1992	5,4	18,1	2,3	1,8	0,0	0,0	0,2	0,0	1,9	29,7
1993	7,8	7,1	4,5	0,8	0,0	0,2	0,1	1,2	21,8	1,5
1994	11,4	10,5	3,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	29,3
1995	7,1	9,3	0,9	1,7	0,3	0,0	0,3	0,0	0,5	20,0
1996	17,4	6,1	0,7	1,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,5	26,7
1997	0,5	5,8	2,2	1,1	0,0	0,3	0,2	0,1	0,6	10,9
1998	0,6	11,1	1,3	4,5	0,4	0,2	0,2	0,0	0,2	18,5
Gennemsnit 1989-97	6,9	8,8	2,2	1,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,9	20,4

Udvikling:

Linear regressionsanalyse

Signifikansniveau:

Symbol: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Signifikansniveau:

Symbol: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Fytoplanktonbiomasser - %-fordeling årsgennemsnit

	Blågrønalt %	Kiselalger %	Grønalger %	Rekylalger %	Furealger %	Øjealger %	Gulalger %	Stilkalger %	Ubestemt Total %	Øvrige %
1989	19,6	46,4	19,2	7,2	0,8	3,5	0,7	0,0	2,7	100
1990	18,9	52,1	9,3	13,3	0,0	0,0	0,1	0,0	6,2	100
1991	18,5	60,3	11,1	5,1	0,0	0,0	0,1	0,0	5,1	100
1992	11,1	63,9	5,9	12,7	0,0	0,0	0,4	0,0	6,0	100
1993	26,7	37,2	17,1	8,8	0,0	0,0	1,9	2,8	5,5	100
1994	24,6	49,7	7,8	14,6	0,0	0,0	0,2	0,1	3,0	100
1995	29,2	43,9	4,1	17,8	1,0	0,0	1,1	0,0	2,9	100
1996	52,9	20,2	3,8	18,9	1,7	0,1	0,6	0,0	1,9	100
1997	3,7	41,6	16,3	23,9	0,9	2,1	2,6	3,3	5,7	100
1998	2,7	56,4	5,8	30,0	1,7	0,9	1,0	0,0	1,4	100
Gennemsnit 1989-97	22,8	46,1	10,5	13,6	0,5	0,6	0,9	0,7	4,3	100,0

Udvikling:

Linear regressionsanalyse

Signifikansniveau:

Symbol: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Signifikansniveau:

Symbol: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Fytoplanktonbiomasser - %-fordeling sommergennemsnit

	Blågrønalt %	Kiselalger %	Grønalger %	Rekylalger %	Furealger %	Øjealger %	Gulalger %	Stilkalger %	Ubestemt Total %	Øvrige %
1989	25,5	48,0	18,8	3,0	0,3	2,6	0,3	0,0	1,6	100
1990	26,8	50,3	9,6	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	100
1991	27,0	50,4	15,5	2,2	0,0	0,0	0,1	0,0	4,8	100
1992	18,3	61,0	7,9	5,9	0,0	0,0	0,6	0,0	6,3	100
1993	35,9	32,7	20,8	3,7	0,0	0,0	0,8	0,5	5,7	100
1994	38,9	35,8	10,2	10,9	0,0	0,0	0,1	0,1	4,0	100
1995	35,7	46,6	4,4	8,3	1,3	0,0	1,3	0,0	2,4	100
1996	65,3	22,8	2,6	6,1	1,4	0,0	0,1	0,0	1,7	100
1997	4,8	53,7	20,1	10,0	0,4	2,8	2,2	0,5	5,5	100
1998	3,4	60,0	6,8	24,3	2,1	1,2	1,0	0,0	1,2	100
Gennemsnit 1989-97	30,9	44,6	12,2	6,4	0,4	0,6	0,6	0,1	4,2	100,0

Udvikling:

Linear regressionsanalyse

Signifikansniveau:

Symbol: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Signifikansniveau:

Symbol: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Dyreplankton biomasser - %-fordeling årsgennemsnit

Hjuldyr µg TV/l	Vandlopper µg TV/l	Dafnier µg TV/l	Total µg TV/l
1989	20,9	40,5	38,6
1990	17,2	18,0	64,8
1991	25,2	35,7	39,1
1992	6,9	67,2	25,9
1993	13,5	45,2	41,3
1994	14,0	50,2	35,9
1995	11,7	28,9	59,4
1996	28,5	47,4	24,1
1997	12,2	52,6	35,3
1998	10,9	30,4	58,7
Gennemsnit 1989-97	16,7	42,8	40,5

Udvikling:
Lineær regressionsanalyse

Signifikansniveau: - 0 0 0
Symbol: - 0 0

Dyreplankton biomasser samt græsningstryk - tidsvægtede årsgennemsnit

Hjuldyr µg TV/l	Vandlopper µg TV/l	Dafnier µg TV/l	Total µg TV/l	Pot. græsningstryk % af total % < 50 mµg C/l	Fyto-bio to µg C/l	Fyto-bio < Fytoplanktonbiomasse %-store
1989	190	368	351	41,7	142,6	213,2
1990	99	104	375	22,9	60,6	338,1
1991	156	221	242	24,3	93,6	1240,0
1992	46	447	172	8,7	32,2	2238,8
1993	49	166	152	7,2	10,6	1346,7
1994	50	180	129	35,8	6,1	12,7
1995	68	167	343	57,8	44,4	73,4
1996	65	108	55	228	17,7	1506,8
1997	25	109	73	207	8,4	12,0
1998	38	105	203	346	10,1	21,9
Gennemsnit 1989-97	83	208	210	501	20,2	51,1

Udvikling:
Lineær regressionsanalyse

Signifikansniveau: 1% -- 1% 5% - 0 0 0
Symbol: -- 0 0 0

Dyreplankton biomasser - %-fordeling sommergennemsnit

Hjuldyr µg TV/l	Vandlopper µg TV/l	Dafnier µg TV/l	Total µg TV/l
1989	21,1	34,4	44,6
1990	17,9	19,7	62,4
1991	16,9	37,8	45,4
1992	8,4	55,9	35,8
1993	15,4	35,5	49,1
1994	17,5	49,0	33,5
1995	12,4	36,6	51,0
1996	20,4	50,7	28,9
1997	13,3	47,6	39,1
1998	10,0	29,0	61,0
Gennemsnit 1989-97	15,9	40,8	43,3

Udvikling:
Lineær regressionsanalyse

Signifikansniveau: - 0 0 0
Symbol: - 0 0

Dyreplankton biomasser samt græsningstryk - tidsvægtede sommergennemsnit

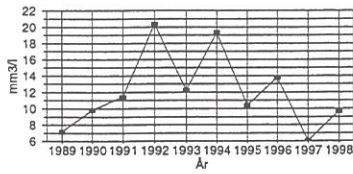
Hjuldyr µg TV/l	Vandlopper µg TV/l	Dafnier µg TV/l	Total µg TV/l	Pot. græsningstryk % af total % < 50 mµg C/l	Fyto-bio to µg C/l	Fyto-bio < Fytoplanktonbiomasse %-store
1989	327	533	691	1551	53,2	1373,0
1990	193	213	674	1081	35,5	1638,5
1991	180	403	484	1067	33,9	152,2
1992	84	558	357	999	9,0	58,8
1993	110	254	351	715	12,1	18,9
1994	106	298	204	609	8,2	22,4
1995	94	277	386	756	24,8	81,7
1996	73	181	103	357	19,6	29,5
1997	52	187	153	392	12,5	21,0
1998	75	216	453	744	14,7	39,9
Gennemsnit 1989-97	135	323	378	836	23,2	79,9

Udvikling:
Lineær regressionsanalyse

Signifikansniveau: 1% -- 1% 5% - 0 0 0
Symbol: -- 0 0 0

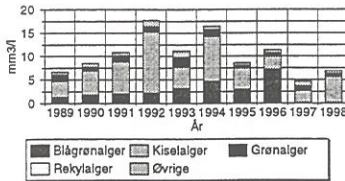
Fytoplanktonbiomasse 1989-98

Tidsvægtede årsmidler



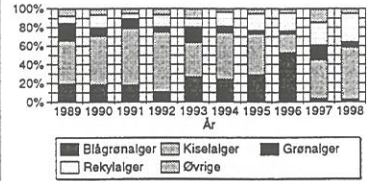
Fytoplanktonbiomasse 1989-98

Tidsvægtede årsmidler



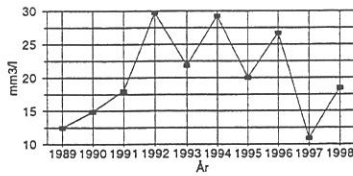
Fytoplanktonbiomasse 1989-98

%-fordeling årsmidler



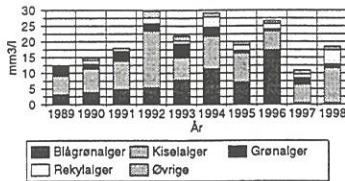
Fytoplanktonbiomasse 1989-98

Tidsvægtede sommermidler



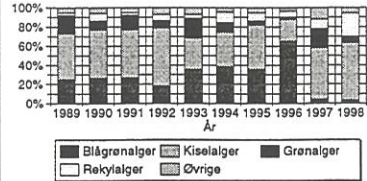
Fytoplanktonbiomasse 1989-98

Tidsvægtede sommermidler



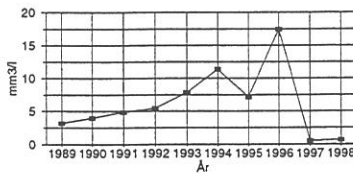
Fytoplanktonbiomasse 1989-98

%-fordeling sommermidler



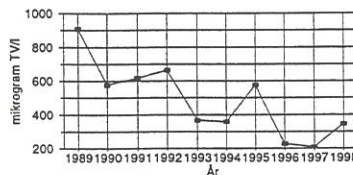
Blågrønalgge-biomassen 1989-98

Tidsvægtede sommermidler



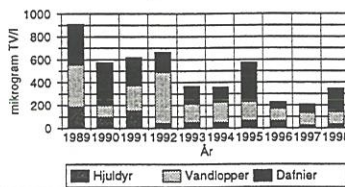
Dyreplanktonbiomasse 1989-98

Tidsvægtede årsmidler



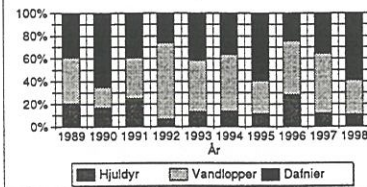
Dyreplanktonbiomasse 1989-98

Tidsvægtede årsmidler



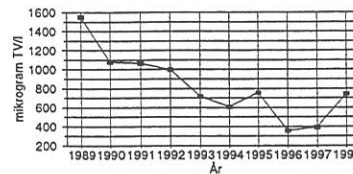
Dyreplanktonbiomasse 1989-98

%-fordeling årsmidler



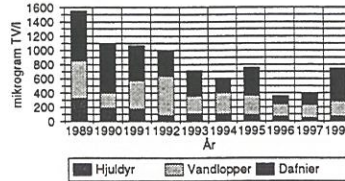
Dyreplanktonbiomasse 1989-98

Tidsvægtede sommermidler



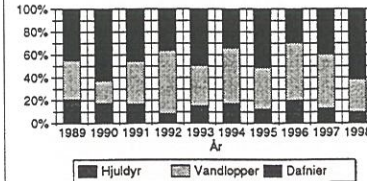
Dyreplanktonbiomasse 1989-98

Tidsvægtede sommermidler



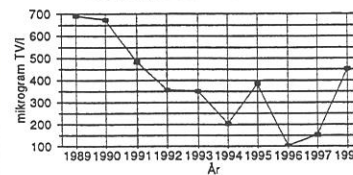
Dyreplanktonbiomasse 1989-98

%-fordeling sommermidler



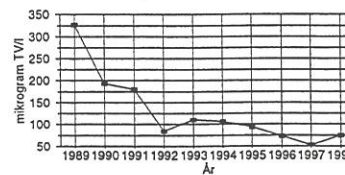
Biomassen af dafnier 1989-98

Tidsvægtede sommermidler



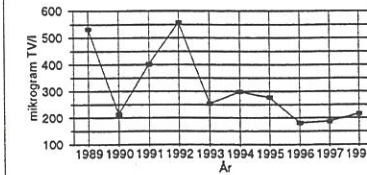
Biomassen af hjuldyr 1989-98

Tidsvægtede sommermidler

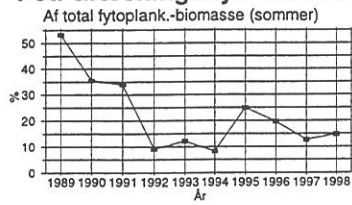


Biomassen af vandlopper 1989-98

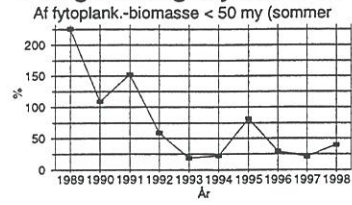
Tidsvægtede sommermidler



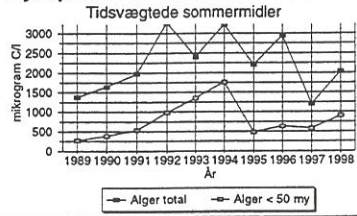
Pot. Græsningstryk 1989-98



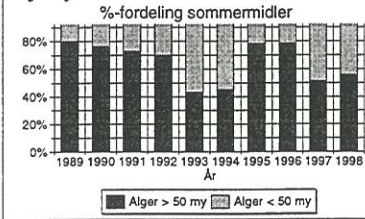
Pot. græsningstryk 1989-98



Fytoplanktonbiomasse 1989-98



Fytoplanktonbiomasse 1989-98



Bilag 11

- Borup sø

0. Sammenfatning

Feltundersøgelsen

I forbindelse med Roskilde Amts overvågning af miljøtilstanden i Borup Sø blev fiskeynglen undersøgt i natten fra 1.- 2. juli 1998. Undersøgelsen blev udført i overensstemmelse med anvisningen fra DMU med yngeltræk i 5 transekter i littoralen og 5 transekter i pelagiet af ca. 1 minuts varighed.

Ynglens tæthed og sammensætning

Der blev konstateret yngel fra 4 arter; skalle, regnløje, brasen og aborre, hvoraf skaller og regnløjer med omtrent samme andel næsten udgjorde hele fangsten. Den samlede yngeltæthed var 5,6 pr m^3 i littoralen og 11,4 pr m^3 i pelagiet. Vægtmæssigt var tætheden (i spritvægt) 0,53 g pr. m^3 i littoralen og 1,06 g pr m^3 i pelagiet.

Sammenlignet med 11 andre danske søer, hvor der er foretaget yngelundersøgelser, var yngeltætheden i Borup Sø tredjestørst i littoralen og størst i pelagiet, som følge af de store tætheder af skalle og regnløjeyngel, og den arealvægtede middeltæthed for hele søen var markant større i Borup Sø end i de øvrige undersøgte søer. Vægtmæssigt var tætheden tilsvarende tilsvarende større i Borup Sø.

Størrelse

Fiskeynglens størrelse adskilte sig ikke i Borup Sø fra de øvrige søer undersøgt på samme tidspunkt.

Fordeling

Ynglens fordeling i de undersøgte søer viste en forkærlighed hos karpefiskeynglen for de lavvandede områder, og kun i de uklare og lavvandede søer fandtes karpefiskeyngel i pelagiet. Aborrefiskeynglen var mere jævnt fordelt, dog med generelt aftagende mængder med øget dybde og sigtddybde. Fiskeynglens tæthed og sammensætning i Borup Sø er således i overensstemmelse med søens status som lavvandet og uklar.

Påvirkning af dyreplanktonet

Fiskeynglens beregnede konsumptionsrate omkring 1.juli var med 56 mgtv/ m^3 /d markant større end i de øvrige undersøgte søer på grund af et stort fødebehov hos karpefiskeynglen. Medregnes de etårige karpefisk må småfiskenes prædationstryk på dyreplanktonet antages at have være meget betydeligt i juli 1998.

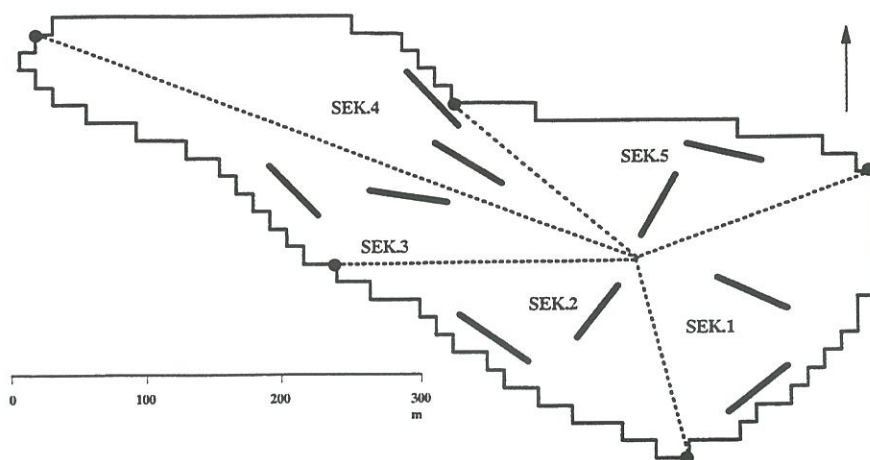
1. Baggrund og formål

I foråret 1997 vedtog Styringsgruppen for Ferskvand, at undersøgelser af fiskeyngel fra 1998 skal indgå i det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljøet (NOVA 2003).

Borup Sø er udvalgt som overvågnings sø, og som følge heraf blev der i juli 1998 foretaget en undersøgelse af fiskeynglen. Formålet med undersøgelsen har været at belyse årsynglens mængde og sammensætning, for herigennem at vurdere fiskeynglens betydning for søens økologi over sommeren.

2. Materialer og metoder

Fiskeriet fandt sted natten mellem den 1.- 2. juli 1998 i tidsrummet kl.0.05 - 2.40, og blev udført som beskrevet i vejledningen for fiskeyngelundersøgelser i søer fra Danmarks Miljøundersøgelser /1/. Søen blev således inddelt i 5 sektioner, der hver især blev befisket med 1 minut i et transekt i bredzonen og 1 minut i et transekt i pelagiet (fig.1) med et standardyngelnet (hoopnet).



Figur 1. Kort over Borup Sø med angivelse af sektioner placering af transekter.

Fiskeri med yngelnet

Det anvendte yngelnet var et standardnet som beskrevet i vejledningen, dvs. bestående af en 1 m lang cylindrisk del med en diameter på 40 cm og en maskestørrelse på 2 mm og en 1 m lang konisk del med en maskevidde på 1 mm monteret med en opsamlingsbeholder. Nettet var monteret med et kalibreret flowmeter placeret i nettets åbning.

Nettets centrum blev placeret 0,5 meter under overfladen og bevæget med en hastighed af omkring 1,5 m/s.

Registrering

Ved de enkelte træk blev starttidspunkt, sluttidspunkt og omdrejningstæller ved start og slutning registreret. Fangsten blev opsamlet i plastikglas til udsortering følgende dag.

Efter udsortering blev fiskene konserveret i 70 % ethanol. En delprøve blev dog målt og vejet forud for konserveringen med henblik på at fastlægge forholdet mellem vådvægt og spritvægt. Ved registreringen blev fiskene sorteret i arter og opmålt til nærmeste mm. og fangsten af de respektive arter blev for hver transekt vejet til nærmeste 1/10 g.

2.2 Beregninger

<i>Tæthed</i>	For hver transekt er den gennemsnitlige fangst i antal og i vægt pr. m ³ udregnet både for de enkelte arter og for hele årsynglen som fangsten divideret med den filtrerede vandmængde. Herefter er et gennemsnit for de respektive transekter i littoralzonen og i pelagiet med tilhørende 95% konfidensgrænser udregnet.
<i>Gennemsnitsvægt</i>	Tilsvarende er de enkelte arters gennemsnitsvægt (vådvægt) beregnet som et gennemsnit af gennemsnitsvægten fundet i de respektive transekter.
<i>Vægtet gennemsnit</i>	I diskussionsafsnittet er anvendt arealvægtede gennemsnit beregnet som middelværdien i de respektive områder ganget med områdets andel af søarealet. Littoralzonen er sat udtil 50 m fra kystlinien dog maksimalt 50 % af søarealet.
<i>Daglig vækstrate</i>	Middelvækstraten pr. dag er beregnet for perioden fra 1. juni til prøvetagningstidspunktet (G_0) og fra prøvetagningstidspunktet frem til 1. september (G_1) som: $G_0 = \ln(W_t / W_0) / T_0 \text{ og}$ $G_1 = \ln(W_1 / W_t) / T_1$ hvor W_0 , W_t og W_1 er henholdsvis den skønnede middelvægt 1. juni, middelvægten på prøvetagningstidspunktet og middelvægten fundet ved fiskeundersøgelsen 16. september. T_0 og T_1 er henholdsvis antallet af dage fra 1. juni til prøvetidspunktet og antallet af dage fra prøvetidspunktet til 16. september.
<i>Konsumptionsrate</i>	Den daglige konsumptionsrate før (K_0) og efter (K_1) prøvetidspunktet er beregnet i mg/v/m ³ /d som: $K_0 = 1000 (G_0 B_t) \text{ og}$ $K_1 = 1000 (G_1 B_t)$ hvor B_t er den beregnede arealvægtede biomassetæthed på prøvetagningstidspunktet. Konsumptionsraten omkring prøvetidspunktet er skønnet til $(K_0 + K_1) / 2$.
<i>Årgangsstyrke</i>	Årgangsstyrken hos de respektive arter kan først vurderes, når der foreligger en tidsserie.
<i>Sammenligningsgrundlag</i>	De beregnede værdier er så vidt muligt sammenholdt med tilsvarende størrelser fra 12 andre danske søer, hvor yngelundersøgelelsesprogrammet har været anvendt.

3. Resultater

3.1 Arealæthed

Der er ved undersøgelsen konstateret årsyngel fra 4 arter; skalle, brasen, regnløje og aborre. Den beregnede arealæthed af de respektive arter i littoralen og i pelagiet og de respektive arters numeriske andel af årsynglen er givet i tabel 1, mens samme data fordelt på karpefisk, aborrefisk, laksefisk og øvrige fisk er givet i tabel 2.

Tabel 1

Den beregnede tæthed af fiskeynglen hos de respektive arter i littoralzonen og i pelagiet i Borup Sø juli 1998.

Antal/m ³			Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Karpefisk				
Skalle	2,558	5,714	46	50
Brasen	0,000	0,132	0	1
Rudskalle	0,000	0,000	0	0
Regnløje	2,967	5,526	53	49
Aborrefisk				
Aborre	0,071	0,019	1	0
Hork	0,000	0,000	0	0
Sandart	0,000	0,000	0	0
Laksefisk				
Smelt	0,000	0,000	0	0
Helt	0,000	0,000	0	0
Andre/ukendt				
9-pig. hundestejle	0,000	0,000	0	0
3-pig. hundestejle	0,000	0,000	0	0
Gedde	0,000	0,000	0	0
Total	5,596	11,391	100	100

Tabel 2

Den beregnede tæthed af fiskeynglen hos de respektive grupper i littoralzonen og i pelagiet i Borup Sø juli 1998.

Antal/m ³			Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Karpefisk	5,525	11,372	99	100
Aborrefisk	0,071	0,019	1	0
Laksefisk	0,000	0,000	0	0
Andre	0,000	0,000	0	0
Total	5,596	11,391	100	100

Yngel af skalle og regnløje var helt dominerende både i littoralen og i pelagiet med omtrent lige andele i begge områder. Hos begge arter var middeltætheden omtrent dobbelt så stor i pelagiet som i littoralen, hvilket dog udelukkende skyldes en usædvanlig talrig fangst i pelagiet i sektion 5.

Biomassetæthed

Biomassetætheden uviste ikke overraskende samme mønster som den numeriske tæthed (tab.3 og 4).

Tabel 3

Den beregnede biomassetæthed af fiskeynglen hos de respektive arter i littoralzonen og i pelagiet i Borup Sø juli 1998.

Spritvægt/m ³	Littoralen		Pelagiet	
	Littoralen	Pelagiet	Procent Littoralen	Procent Pelagiet
Karpefisk				
Skalle	0,270	0,624	51	59
Brasen	0,000	0,011	0	1
Rudskalle	0,000	0,000	0	0
Regnløje	0,226	0,418	43	39
Aborrefisk				
Aborre	0,030	0,008	6	1
Hork	0,000	0,000	0	0
Sandart	0,000	0,000	0	0
Laksefisk				
Smelt	0,000	0,000	0	0
Helt	0,000	0,000	0	0
Andre/ukendt				
9-pig. hundestejle	0,000	0,000	0	0
3-pig. hundestejle	0,000	0,000	0	0
Gedde	0,000	0,000	0	0
Total	0,527	1,061	100	100

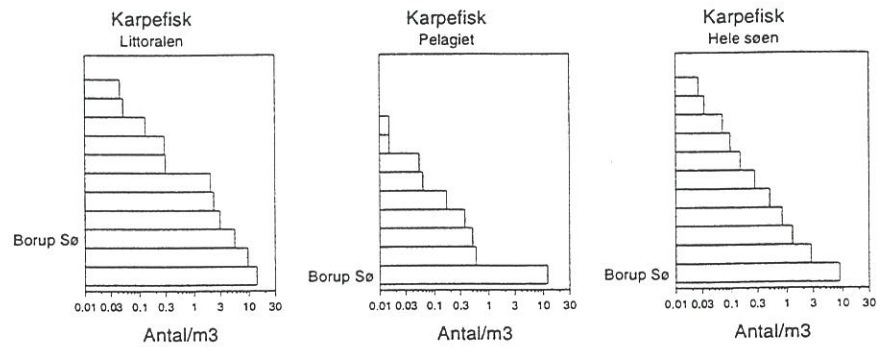
Tabel 4

Den beregnede biomassetæthed af fiskeynglen hos de respektive grupper i littoralzonen og i pelagiet i Borup Sø juli 1998.

Spritvægt/m ³	Littoralen		Pelagiet	
	Littoralen	Pelagiet	Procent Littoralen	Procent Pelagiet
Karpefisk	0,497	1,053	94	99
Aborrefisk	0,030	0,008	6	1
Laksefisk	0,000	0,000	0	0
Andre	0,000	0,000	0	0
Total	0,527	1,061	100	100

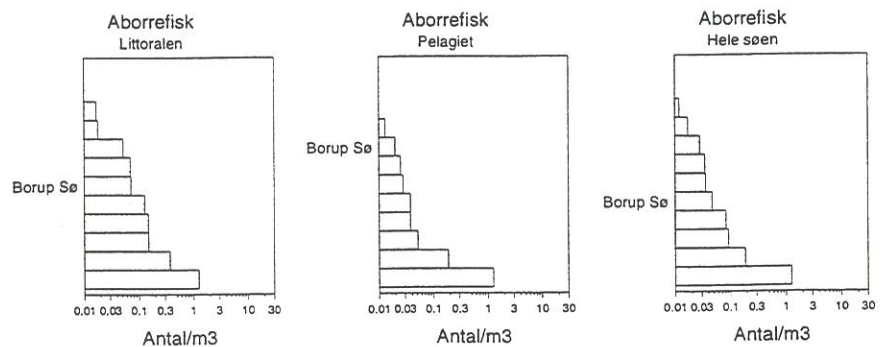
Regnløjernes beskedne middelvægt bevirker dog en noget mindre vægtmæssig dominans af regnløjer, og aborrernes tilsvarende større middelvægt bevirker en større biomasseandel af aborre især i littoralzonen. Generelt er årsynglen dog både antalmæssigt og vægtmæssigt helt domineret af karpefisk over hele søen.

Sammenlignet med andre søer, hvor der er foretaget undersøgelser af fiskeynglen, var årsynglen meget talrig i Borup Sø. I littoralen var tætheden af karpefiskeyngel således stor og i pelagiet størst blandt de undersøgte søer, og den arealvægtede middeltæthed for hele søen var ligeledes størst blandt søerne (fig.2).



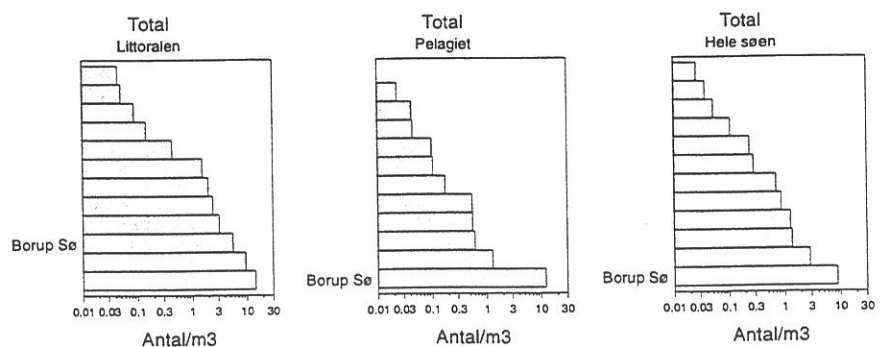
Figur 2. Tætheden af karpeskeyngel i Borup Sø i littoralzonen, pelagiet og i hele søen sammenlignet med tætheden fundet i andre danske søer.

Aborrefiskenes tæthed var noget mere beskednen sammenlignet med tætheden fundet i andre danske søer (fig.3).



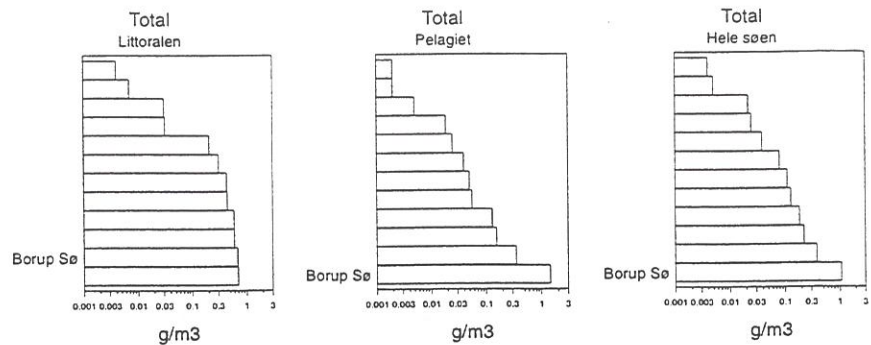
Figur 3. Tætheden af aborrefiskeyngel i Borup Sø i littoralzonen, pelagiet og i hele søen sammenlignet med tætheden fundet i andre danske søer.

Den samlede tæthed af fiskeyngel var meget betydelig i Borup Sø sammenlignet med tætheden fundet i de øvrige undersøgte søer, som følge af den store tæthed af karpeskeyngel (fig.4).



Figur 4. Tætheden af fiskeyngel i Borup Sø i littoralzonen, pelagiet og i hele søen sammenlignet med tætheden fundet i andre danske søer.

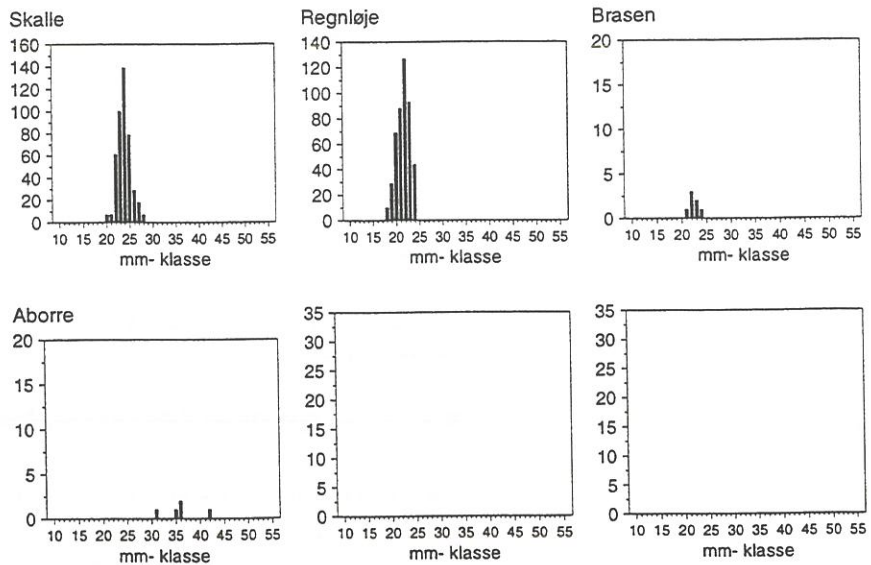
Den store numeriske tæthed af skaller og regnløjer bevirker en tilsvarende stor biomassetæthed sammenlignet med andre danske søer (fig.5). Borup Sø topper således listen både i pelagiet og i hele søen, mens tætheden i littoralen kun er overgået i en enkelt sø (Tissø).



Figur 5. Biomassetætheden af fiskeyngel i Borup Sø i littoralzonen, pelagiet og i hele søen sammenlignet med tætheden fundet i andre danske søer.

Størrelsesfordeling

Størrelsesfordelingen af årsyngel af skalle, regnløje, brasen og aborre fremgår af figur 6.

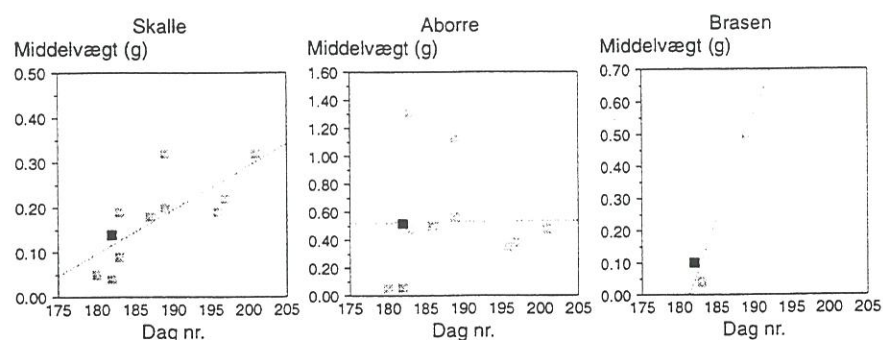


Figur 6. Længdefordelingen af de respektive arters yngel i fangsten i Borup Sø juli 1998.

Middelvægt

Middelvægten hos skalle-, aborre- og brasenårsyngel afveg generelt ikke fra middelvægten fundet hos de respektive arters yngel på samme tidspunkt i de øvrige undersøgte søer (fig.7). Hos skaller var der en tydelig forøgelse af middelvægten gennem juli måned i de respektive søer, hvilket ikke kunne konstateres hos aborreynghen. Der må dog forventes en meget stor spredning i ynglens størrelse på et givent tidspunkt i de respektive søer, på grund af morfometriske forskelle, som bl.a. påvirker gydetidspunkt og tilvækst som

følge af den meget forskellige hastighed hvormed opvarmningen af søvandet foregår gennem forsommeren.



Figur 7. Middelvægten af skalle-, aborre- og brasenynglen på undersøgelsestidspunktet i Borup Sø juli 1998 (sort markering) sammenlignet med andre undersøgte danske søer.

4. Vurderinger

Selvom søers fiskebestande oftest udviser variationer som kan relateres til søernes morfologi og næringsniveau, er forholdene vedrørende årsynglen mere komplekse. Der vil således i alle søer og hos de fleste arter forekomme meget betydelige år til år variationer i ynglens mængde, idet de klimatiske forhold om foråret og gennem forsommeren påvirker henholdsvis gydetidspunkt og vækst og overlevelse hos den spæde yngel.

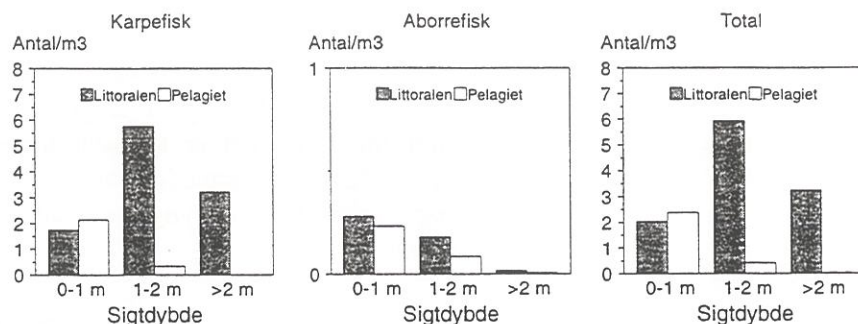
Især hos de relativt sent gydende arter som brasen, rudskalle, suder og karusse er der ofte meget store variationer i ynglens mængde i sensommeren, antageligt bl.a. på grund af afhængigheden af en korrekt timing mellem ynglens fremkomst og et rimeligt fødegrundlag. Dette synes især at være gældende i klarvandede søer, hvor årsynglen ligeledes er udsat for rov fra aborrer, og hvor svigtende rekruttering er regelen mere end undtagelsen hos de nævnte arter.

Fordeling

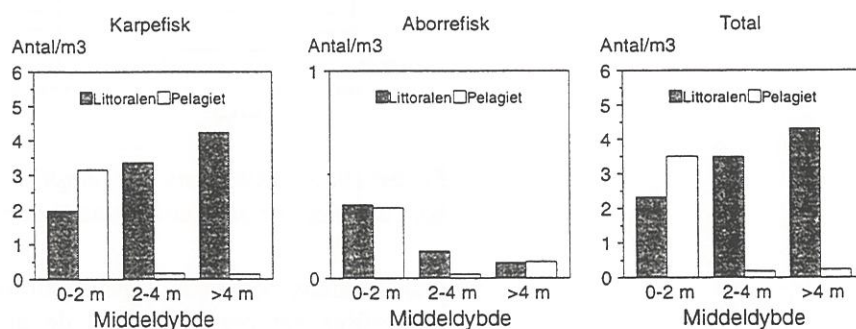
Forskellige forhold påvirker dog ynglens adfærd. Vandets klarhed er således tilsyneladende afgørende for valget af habitat hos både karpeskeyngel og aborrefiskeyngel, idet yngel af karpeskeyngel i stigende grad foretrak bredzonen med øget sigtdybde i de undersøgte søer, mens aborrer kun i mindre grad koncentreredes i bredzonen ved øget sigtdybde (fig.8). Generelt var der dog meget lidt fiskeyngel i pelagiet i søer med mere sigtdybder større end 2 m.

Middeldybden synes ligeledes at påvirke fiskeynglens mængde i bredzonen og i pelagiet. Således øgedes mængden af karpeskeyngel i bredzonen med øget middeldybde i de undersøgte søer, hvorimod karpeskeynglens mængde i pelagiet aftog voldsomt i søer dybere end 2 m (fig.9). Hos aborrefiskenes var der ingen væsentlig forskydning mellem pelagiet og bredzonen ved øget middeldybde.

Selv om konklusionerne er usikre som følge af de få undersøgte søer, er det generelle billede således, at karpeskeyngel er tæt knyttet til de lavvandede områder i juli måned, og kun i de uklare, lavvandede søer findes karpeskeynglen i pelagiet i nævneværdigt omfang.



Figur 8. Fiskeynglens arealtæthed i littoralen og i pelagiet i søer med forskellig sigtddybde.



Figur 9. Fiskeynglens arealtæthed i littoralen og i pelagiet i søer med forskellig middeldybde.

Disse iagttagelser understøttes af iagttagelser gjort ved feltundersøgelsen, hvor tætte stimer af karpfiskeyngel blev iagttaget inde i rørskovene - og derved udenfor rækkevidde af yngelnettet i Bastrup Sø og i Magle Sø, som begge er dybe og klarvandede.

Aborrefiskeynglen har ikke samme udprægede præference for bredzonen, men tætheden aftager dog tilsyneladende med øget middeldybde og især med øget sigtddybde.

Mængden af karpfiskeynglen i Borup Sø passer godt til det aktuelle billede af tætheden i lavvandede uklare søer med en stor tæthed både i bredzonen og især i pelagiet. Mængden af aborrefiskeyngel var dog forholdsvis beskedent især i pelagiet sammenlignet med de øvrige undersøgte søer.

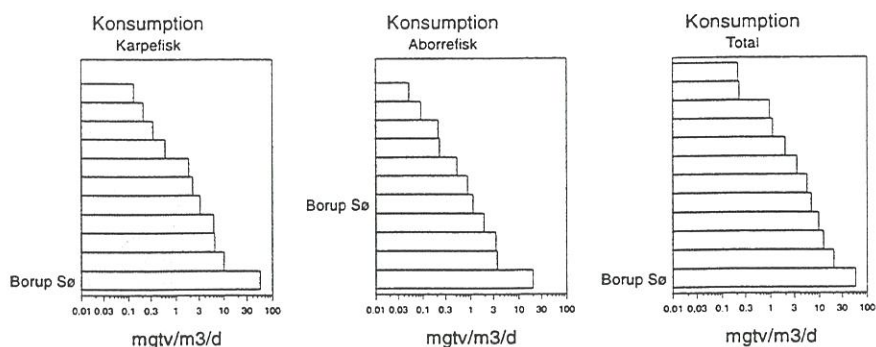
Påvirkning af dyreplankton

Fiskeynglens potentielle påvirkning af dyreplanktonet afhænger af deres daglige fødebehov, som igen afhænger af deres specifikke vækstrate og af udnyttelsen af føden. Bestemmelsen af vækstraten kræver naturligvis flere målinger, og de her anvendte skøn over middelstørrelse i starten af vækstsæsonen og i sensommeren er i sagens natur behæftet med stor usikkerhed. Ydermere er vækstraten ikke konstant over et større tidsforløb, men kraftigt afhængig af både fødeudbud og vandtemperatur, hvoraf sidstnævnte forhold ligeledes påvirker den økologiske effektivitet.

Endelig er fiskeynglens potentielle påvirkning af dyreplanktonet ikke synonymt med fiskebestandens påvirkning af samme, da etårige fisk ofte yder

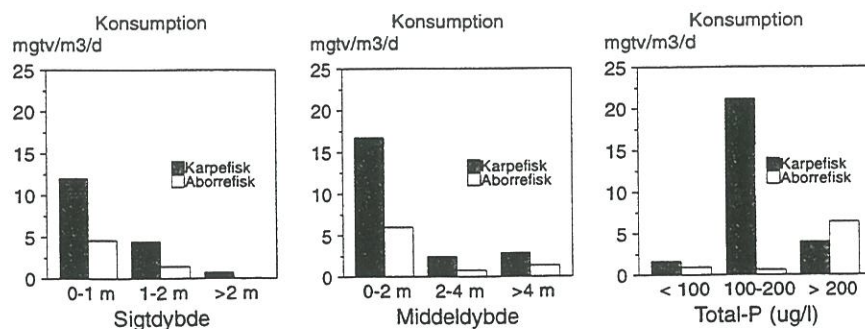
et meget betydeligt prædationstryk på dyreplanktonet.

I figur 10 er vist fiskeynglens skønnede daglige konsumtion i de undersøgte søer. I Borup Sø topper karpesfiskeynglens prædationstryk med ca. 56 mgtv/m³/d, hvilket er markant mere end i de øvrige undersøgte søer. Aborrefiskenes skønnede prædation er væsentligt mere beskednen med ca. 1 mgtv/m³/d, men mht. ynglens totale prædationstryk topper Borup Sø stadig listen.



Figur 10. Fiskeynglens konsumptionsrate i Borup Sø sammenlignet med konsumptionsraten fundet i andre danske søer.

Fiskeynglens skønnede konsumptionsrate er tilsyneladende forskellig i de forskellige søtyper (fig.11). I de uklare søer er både karpesfiskenes- og aborrefiskenes konsumtion størst, hvilket antageligt hænger sammen med en større produktion af dyreplankton, og fiskeynglens konsumtion falder tilsyneladende i søer med middeldybde større end 2 m. I de næringsbegrænsede søer (tot-P < 100 µg/l) er fiskeynglens konsumtion meget beskednen, mens konsumtionen topper for karpesfiskeynglen i de middelnæringsrige søer og hos aborrefiskenes i de mere næringsrige søer, hvor sandart ofte udgør en væsentlig andel af aborrefiskeynglen.



Figur 11. Fiskeynglens konsumptionsrate i littoralen og i pelagiet i søer med forskellig sigtddybde, middeldybde og tot-P koncentration over sommeren.

Med Borup Sø's status som lavvandet, uklar og middelnæringsrig sø er det således ikke overraskende, at især karpesfiskeynglens skønnede konsumptionsrate er betydelig.

Der foreligger endnu ikke data for søens dyreplankton i 1998, men i 1996-97 var dyreplanktonets middelsommerbiomasse i størrelsen 350-400 mgtv/m³, hvilket svarer til en middelfordybning på mindre end 80 mgtv/m³/d.

Med regnes konsumtionen hos de etårige karpefisk til årsynglens skønnede konsumtion på 56 mg/v/m³/d omkring 1. juli 1998, må småfiskenes prædation på dyreplanktonet antages at have været betydelig i 1998, såfremt dyreplanktonets produktion ikke væsentligt har overskredet de foregående to års niveau.

5. Referencer

- 1/ Lauridsen T.L. (1998). Fiskeyngelundersøgelser i søer.
- Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk anvisning fra DMU, nr. .
- 2/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Gundsømagle Sø juli 1998.
- Notat til Roskilde Amt.
- 3/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Magle Sø juli 1998.
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 4/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Tystrup Sø juli 1998.
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 5/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Tissø juli 1998.
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 6/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Bastrup Sø juli 1998.
- Notat til Frederiksborg Amt.
- 7/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Arresø juli 1998.
- Notat til Frederiksborg Amt.
- 8/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Bestemmelser af fiskeynglen i Furesø's dybe bassin og i Store Kalv og i Bagsværd Sø juli 1998.
- Notat til Københavns Amt.
- 9/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i St. Søgård Sø juli 1998.
- Notat til Sønderjyllands Amt.
- 10/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Ketting Nor juli 1998.
- Notat til Sønderjyllands Amt.

Bilag 12

- Borup sφ

1. Indledning

Med det formål at fremskynde en positiv udvikling i miljøtilstanden i Borup Sø, blev der i foråret 1996 påbegyndt en opfiskning af søens store bestand af skaller og brasener. I dette notat redegøres for de ændringer i fiskebestanden, som opfiskningen hidtil har medført.

Fiskeundersøgelsen i september 1998 er udført af Vandmiljøafdelingen, Roskilde Amt, mens databehandling og vurderinger er udført af Fiskeøkologisk Laboratorium.

2. Opfiskning

Siden starten i 1996 er der i alt opfisket 5.115 kg fisk i søen fordelt på 2.115 kg skaller og 3.000 kg brasener (tabel 1). Ved bundgarnsfiskeriet i perioderne maj-juli 1996 og 1997 blev der opfisket 2.545 kg fisk, mens der ved det efterfølgende vodfiskeri i henholdsvis september 1997 og juli 1998 blev opfisket yderligere 2.570 kg fisk.

Tabel 1. Skematisk oversigt over opfiskningen fordelt på redskaber i perioden 1996 - 1998.

Periode	Redskab	Skalle (kg)	Brasen (kg)	I alt (kg)
Maj-juli 1996	Bundgarn	550	1.160	1.710
Maj-juli 1997	Bundgarn	260	575	835
September 1997	Vod	825	995	1.820
Juli 1998	Vod	480	270	750
Samlet:	Bundgarn/vod	2.115	3.000	5.115

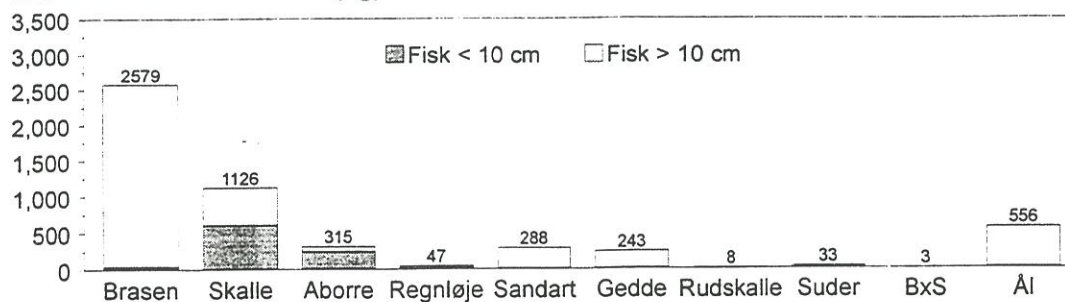
3. Udviklingen i fiskebiomassen i søen

Ud fra de vægtede CPUE-værdier fra fiskeundersøgelserne i 1988, -93, -96, -97 og -98 er fiskebiomassen i de nævnte år beregnet for de enkelte arter (tabel 2). Bemærk, at biomasserne de enkelte år kan afvige lidt fra de tidligere skøn som følge af ændrede omregningsfaktorer mellem CPUE-værdier og biomasser, samt at der ikke er beregnet biomasse af ål i 1996, hvor der ikke blev elektrofisket ved fiskeundersøgelsen. De skønnede biomasser er endvidere skematisk angivet på figur 1 næste side.

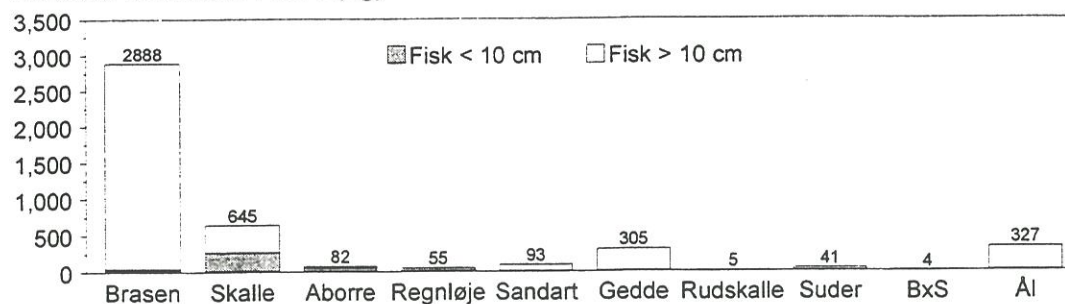
Tabel 2. Skønnet biomasse(kg) af de enkelte arter i Borup Sø 1988, 1993, 1996, 1997 og 1998.

	1988	1993	1996	1997	1998
Brasen	2.579	2.888	1.732	400	644
Skalle	1.126	645	1.183	571	784
Aborre	315	82	413	330	185
Regnløje	47	55	48	13	28
Sandart	288	93	8	0	0
Gedde	243	305	41	175	104
Rudskalle	8	5	9	29	41
Suder	33	41	0	39	32
Brasenskalle	3	4	21	1	14
Ål	556	327	0	171	141
SUM	5.197	4.446	3.455	1.730	1.972

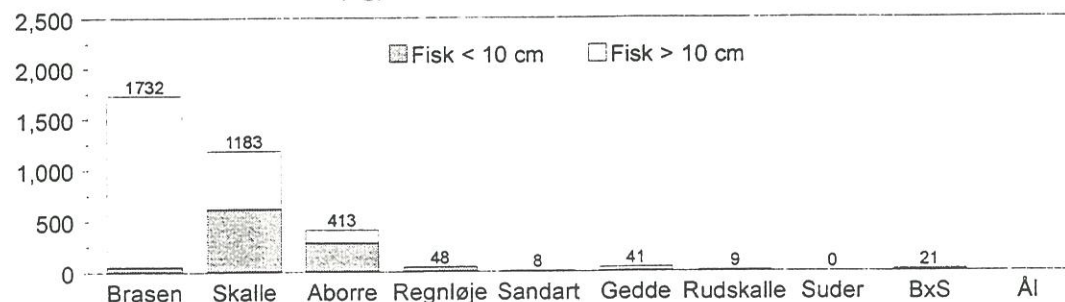
Skønnet biomasse i 1988 (kg)



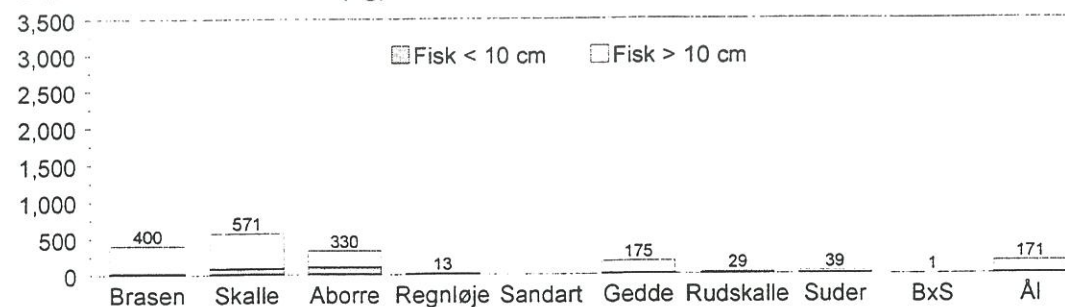
Skønnet biomasse i 1993 (kg)



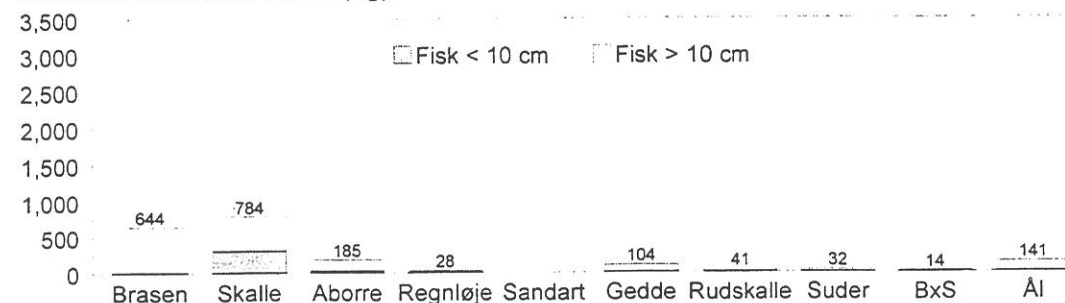
Skønnet biomasse i 1996 (kg)



Skønnet biomasse i 1997 (kg)



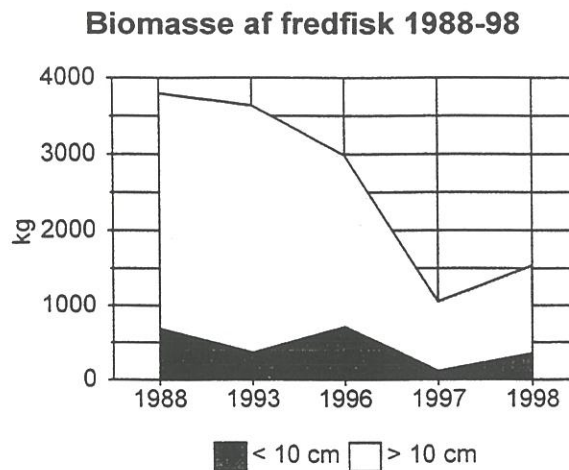
Skønnet biomasse i 1998 (kg)



Figur 1. Skønnede biomasser af de enkelte arter i Borup Sø 1988, -93, -96, -97 og -98.

Udviklingen i biomassen af fredfisk i perioden 1988-98 er vist i figur 2. Fra et niveau omkring 3,5 - 4,0 ton fredfisk i søen i 1988-93 faldt biomassen af fredfisk til ca. 1 ton i efteråret 1997. Trods opfiskning af 0,75 ton skaller og brasener i sommeren 1998 er biomassen af fredfisk i efteråret 1998 imidlertid steget ca. 0,5 ton i forhold til i efteråret 1997. Årsagen til denne stigning er en øget vækst og rekruttering blandt de tilbageværende fisk antagelig primært som følge af den reducerede fødekonekurrence blandt fiskene i søen.

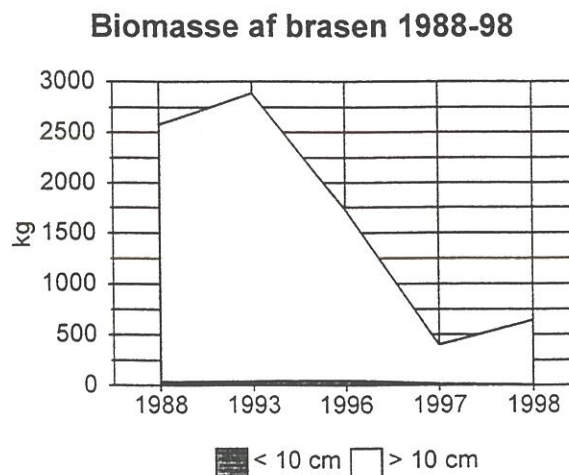
Figur 2. Skønnet biomasse af fredfisk (excl. ål) i perioden 1988-98.



3.1 Brasen

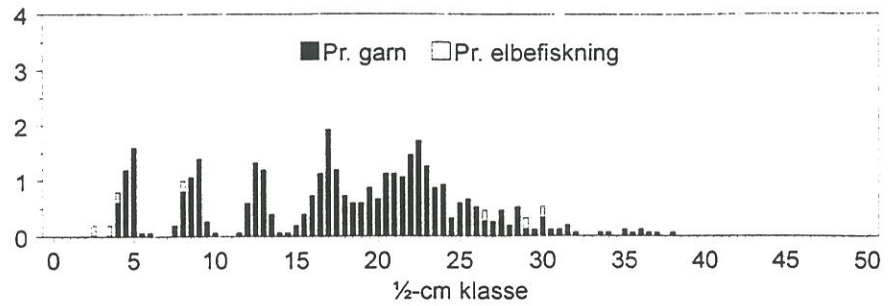
Udviklingen i biomassen af brasen i perioden 1988-98 er skematisk angivet i figur 3. Inden opfiskningen blev påbegyndt i 1996 lå den skønnede biomasse af brasen på et niveau omkring 2,5 - 3 ton. I efteråret 1997 var den skønnede biomasse af brasen nede på omkring 400 kg, men er herefter steget til ca. 650 kg på trods af, at der i sommeren 1998 blev opfisket 270 kg brasener.

Figur 3. Skønnet biomasse af brasen i perioden 1988-98.

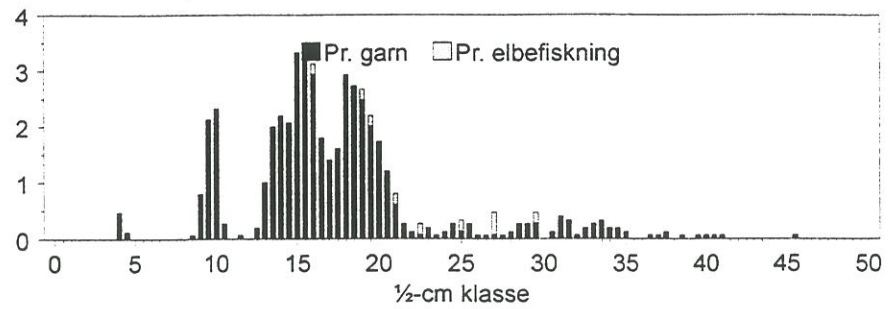


Brasenbestanden har således inden for det sidste år formået ikke alene at kompensere for opfiskningen i 1998, men også at øge biomassen. Årsagen hertil er primært en markant vægtforøgelse blandt de tilbageværende fisk. Gennemsnitsvægten af brasen > 10 cm er således steget fra 157 g i efteråret 1997 til 215 g i efteråret 1998. Udviklingen i brasenbestandens størrelsesstruktur i perioden 1988-98 er vist i figur 4.

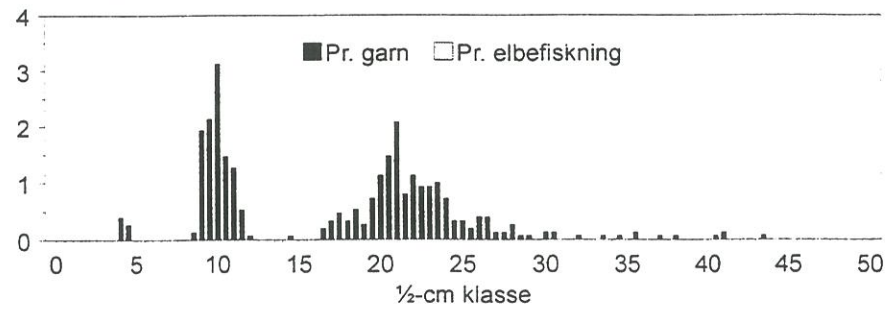
Antal brasener, 1988



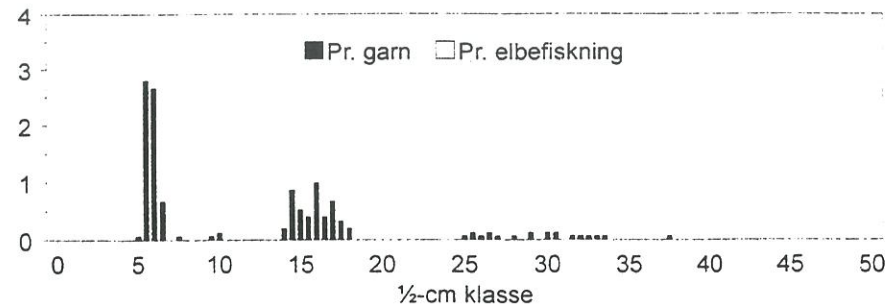
Antal brasener, 1993



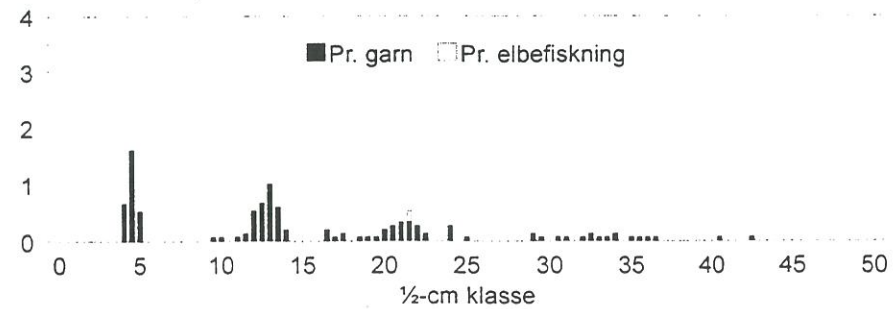
Antal brasener, 1996



Antal brasener, 1997



Antal brasener, 1998

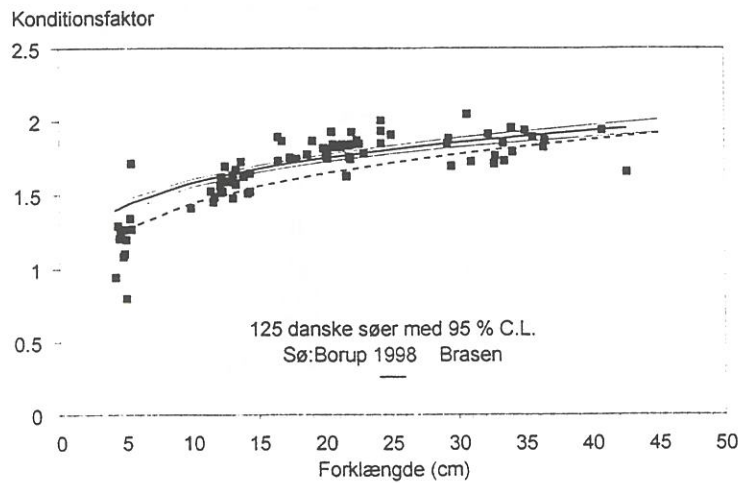


Figur 4. Størrelsesfordelingen af brasener i Borup Sø i perioden 1988-98.

I 1988 var størrelsesfordelingen af brasener relativt jævn, mens der i 1993 var en meget markant ophobning af fisk i størrelsen mellem ca. 12-23 cm svarende til 2-4 årige fisk. Efter opfiskningen af knap 1,2 ton brasen i maj-juli 1996 var antallet af brasener over 10 cm reduceret markant i efteråret 1996, men som følge af en god rekruttering i 1995 var der mange etårfsk (omkring 10 cm på figuren). Efter opfiskningen af yderligere knap 1,6 ton brasen i maj-september 1997 var brasenbestanden som det fremgår af figuren stærkt reduceret i forhold til før indgrebet. Der var dog stadig en pulje fisk i størrelsen ca. 14-18 cm samt en pulje af fisk mellem ca. 25-35 cm tilbage i søen. Disse to puljer genfindes i 1998 omkring henholdsvis 20 og 30-35 cm, mens endnu en betydende pulje af fisk større end 10 cm (toppen omkring 10-15 cm) er kommet til.

Brasenernes kondition i efteråret 1998 var generelt noget bedre end på samme tidspunkt i 1997 og specielt puljen af fisk omkring 15-25 cm havde en kondition over middel sammenlignet med konditionen fundet i en række andre søer (fig.5). Årsynglens kondition var dog noget under middel, som det også var tilfældet i 1997.

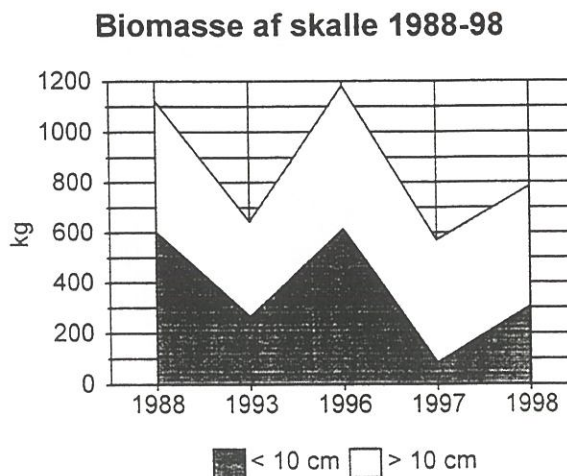
Figur 5. Kondition af brasen 1997 og -98.



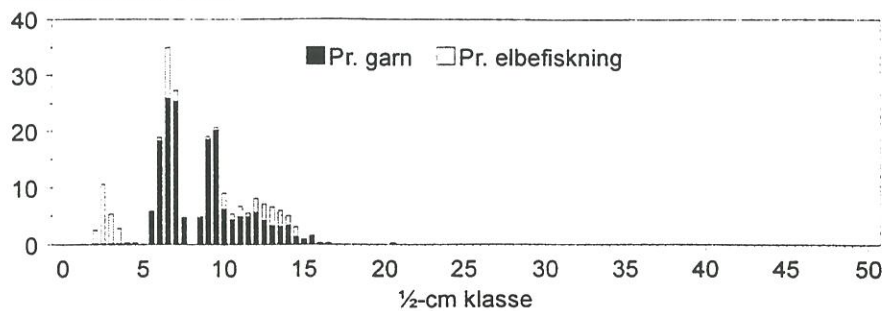
3.2 Skalle

Udviklingen i den skønnede biomasse af skaller i søen i perioden 1988-98 er angivet på figur 6.

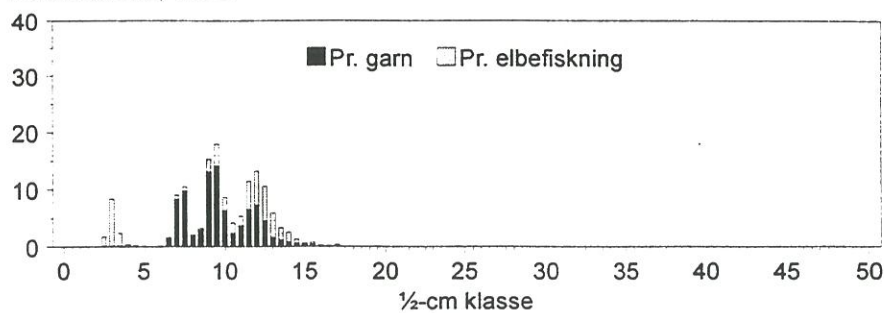
Figur 6. Skønnet biomasse af skalle 1988-98.



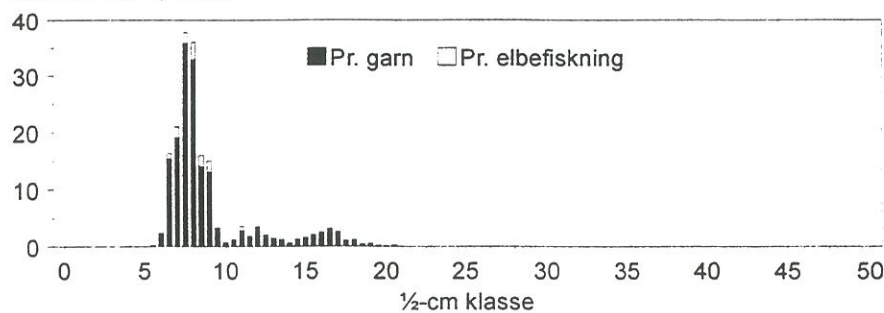
Antal skaller, 1988



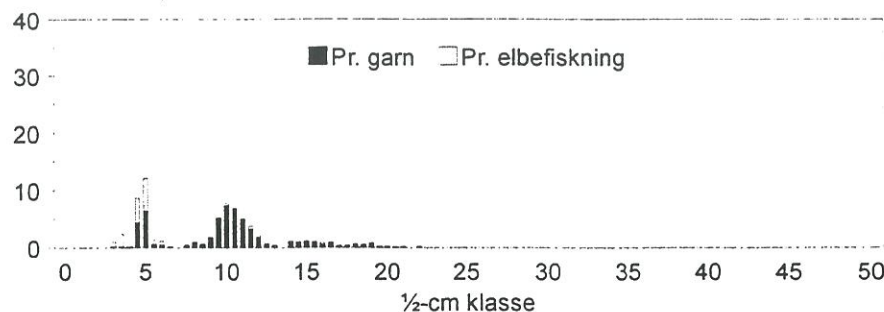
Antal skaller, 1993



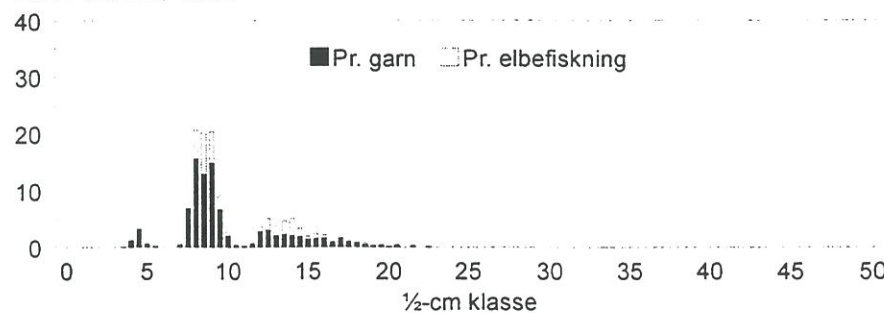
Antal skaller, 1996



Antal skaller, 1997



Antal skaller, 1998



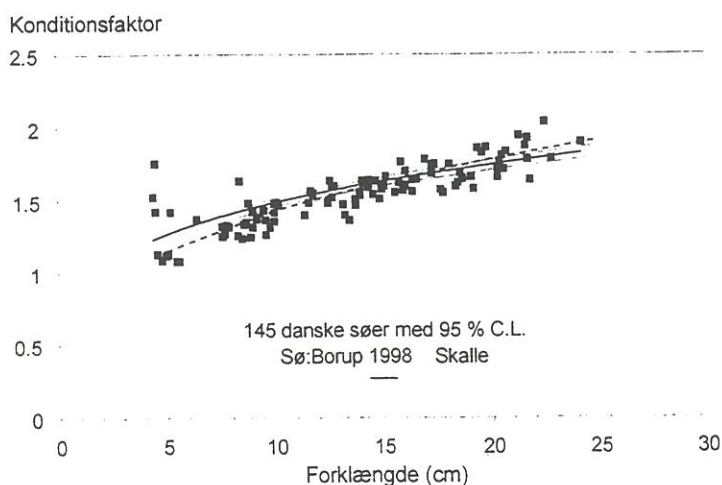
Figur 7. Størrelsesfordelingen af skaller i Borup Sø i perioden 1988-98.

Også for skallebestandens vedkommende er biomassen steget fra efteråret 1997 til efteråret 1998 på trods af opfiskningen af 480 kg skaller i juli 1998. Den skønnede biomasse i september 1998 er således på knap 0,8 ton mod en skønnet biomasse året før på omkring 0,6 ton. Som det fremgår af figur 6, kan stigningen i biomassen tilskrives en øget biomasse af fisk under 10 cm. Af figur 7, der viser udviklingen i skallebestandens størrelsesstruktur siden 1988, fremgår det, at den øgede biomasse af småskaller skyldes et stort antal etårige skaller, der på figuren ses som toppen omkring 7-10 cm.

Betragtes udviklingen i skallebestanden siden 1988 faldt den skønnede biomasse af skaller fra 1125 kg til 645 kg i 1993, primært som følge af et langt færre antal småfisk i sidstnævnte år. Karakteristisk for skallebestanden i denne periode var en udpræget mangel af fisk over 15 cm antagelig som følge af en kombination af dårlige vækstforhold og et stort prædationstryk fra søens gedder. I 1996 var skallebestanden vokset kraftigt sammenlignet med i 1993, fra 645 kg til 1342 kg, trods opfiskningen af omkring 550 kg skaller i foråret 1996. Denne stigning var dels forårsaget af et meget stort antal etårige fisk og dels af en væsentlig højere gennemsnitsvægt blandt skallerne over 10 cm. Fra 1996 til 1997 blev skallebestandens biomasse kraftigt reduceret fra godt 1,3 ton til knap 0,5 ton som følge af bundgarns- og vodfiskeriet i 1997 (i alt samlet 1083 kg). Ved vodfiskeriet i 1997 bestod skallefangsten på 825 kg næsten udelukkende af fisk omkring 10 cm og dermed hovedsageligt af toårige fisk fra den meget store 1995-årgang. Trods denne fangst var toårige skaller dog stadig relativt talrigt repræsenteret i 1997 som det fremgår af figur 7. I efteråret 1998 genfindes denne pulje af nu treårige fisk som toppen omkring 12-15 cm på figuren.

Skallernes kondition i efteråret 1998 var generelt under middel for de yngste årganges vedkommende, men herefter stigende med alderen, som det også var tilfældet i efteråret 1997 (fig. 8).

Figur 8. *Kondition af skalle i 1997 og 1998.*



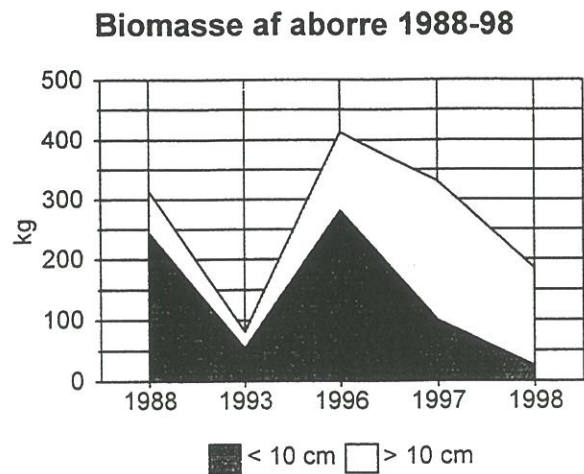
3.3 Aborre

Udviklingen i den skønnede biomasse af aborrer i søen i perioden 1988-98 er illustreret i figur 9. Fra 1988 til 1993 faldt biomassen af aborrer i søen fra godt 300 kg til knap 100 kg. Årsagen til denne nedgang var helt overvejende et fald i antallet af småfisk. Betragtes biomassen af aborrer over 10 cm, var denne begge årene meget lav, henholdsvis 71 kg i 1988 og 28 kg i 1993. Frem til efteråret 1996 steg biomassen af aborrer igen og var med godt 400 kg den hidtil største. Hovedparten af aborrebiomassen bestod imidlertid af småaborrer, men den skønnede biomasse

af aborrer over 10 cm (ca. 130 kg) var dog en væsentlig forbedring set i forhold til i 1993. I 1997 faldt den samlede biomasse af aborrer lidt, men dette fald skyldtes en markant nedgang i antallet af småaborrer i søen. Biomassen af aborrer større end 10 cm steg derimod til omkring 230 kg, hvilket var omkring 100 kg mere end året før.

I efteråret 1998 er den skønnede biomasse af aborrer igen faldet, både som følge af færre småaborrer i søen, men også som følge af et fald i biomassen af aborrer større end 10 cm.

Figur 9. Skønnet biomasse af aborre i perioden 1988-98.

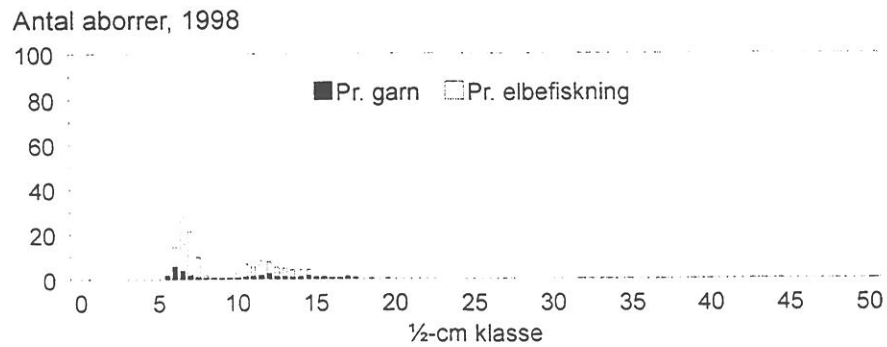
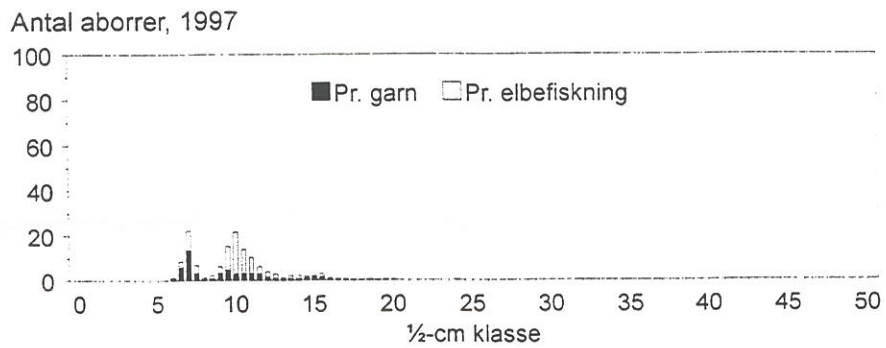
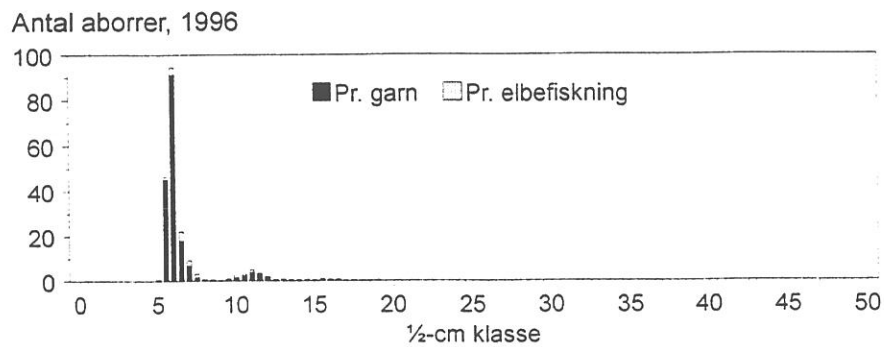
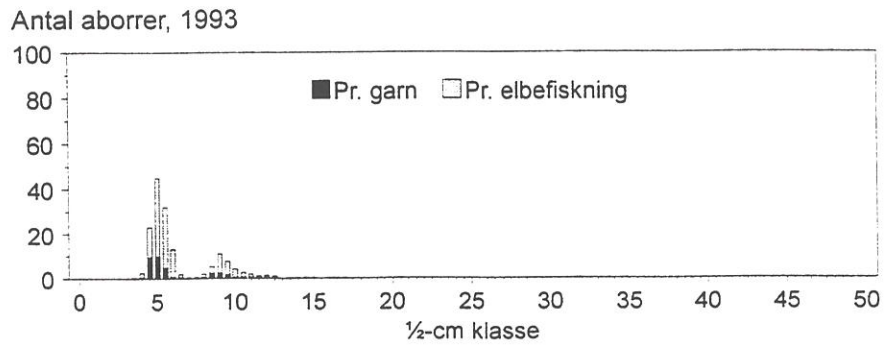
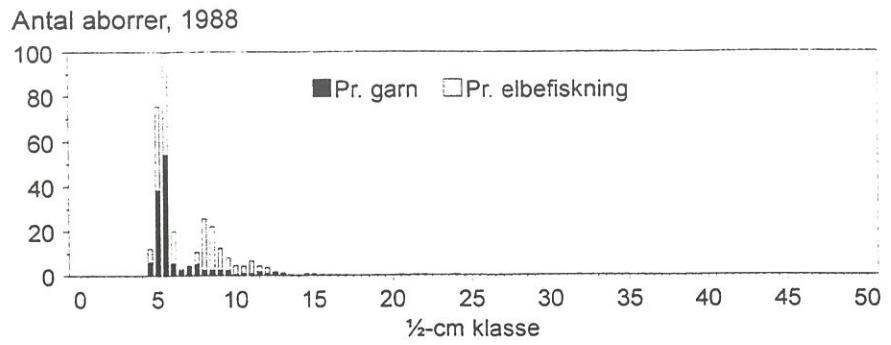


Betragtes størrelsesfordelingen i aborrebestanden gennem perioden 1988-98 som vist på figur 10 ses, at der de sidste par år har været et mindre antal årsyngel i søen, mens der omvendt har været flere aborrer større end 10 cm. Den forventede udvikling i aborrebestanden efter opfiskningen blev påbegyndt, med et stigende antal store aborrer og en stigende gennemsnitsvægt blandt disse, er imidlertid endnu ikke slået rigtigt igennem. Fra efteråret 1997 til efteråret 1998 viser CPUE-værdierne i antal og vægt, at bestanden af aborrer større end 10 cm faktisk er faldet i denne periode og at gennemsnitsvægten blandt aborrer større end 10 cm kun er steget meget lidt (tabel 3).

Tabel 3. CPUE-værdier i antal og vægt samt gennemsnitsvægt for aborrer > 10 cm i 1997 og -98.

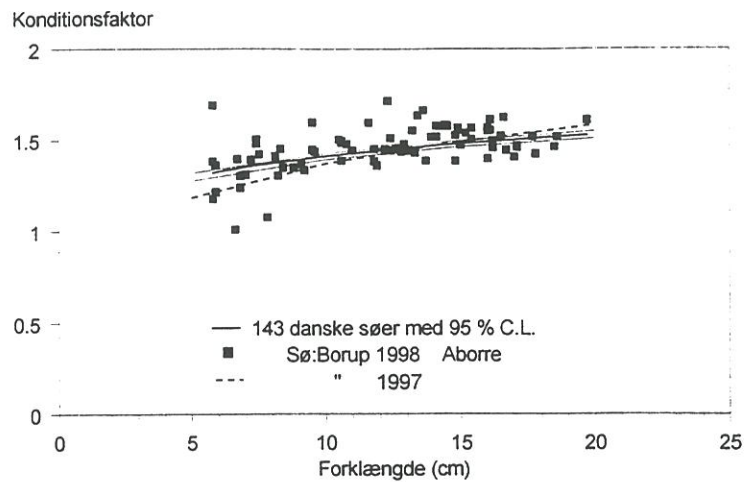
	Antal > 10 cm	Vægt > 10 cm	Gns.-vægt > 10 cm
1997	22,3	828	37,1
1998	14,4	587	40,8

Aborrernes kondition i efteråret 1998 er dog generelt bedre end på samme tidspunkt året før, men med en tendens til en ringere kondition blandt de største aborrer (fig.11).



Figur 10. Størrelsesfordelingen af aborrer i Borup Sø i perioden 1988-98.

Figur 11. *Kondition af aborre i 1997 og 1998.*



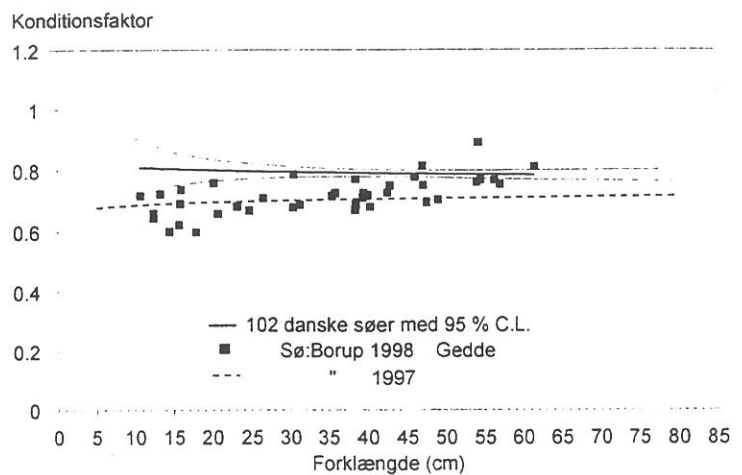
3.4 Gedde

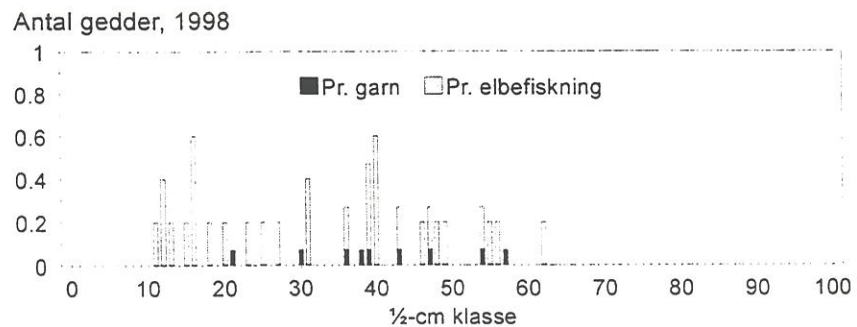
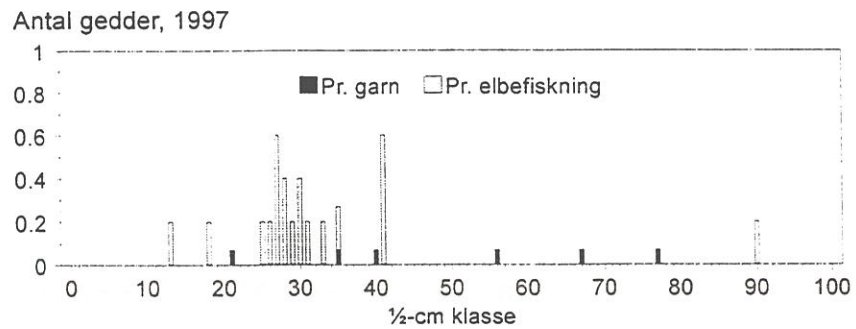
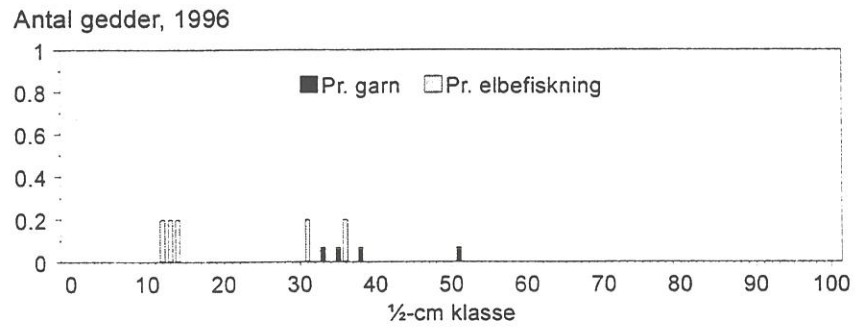
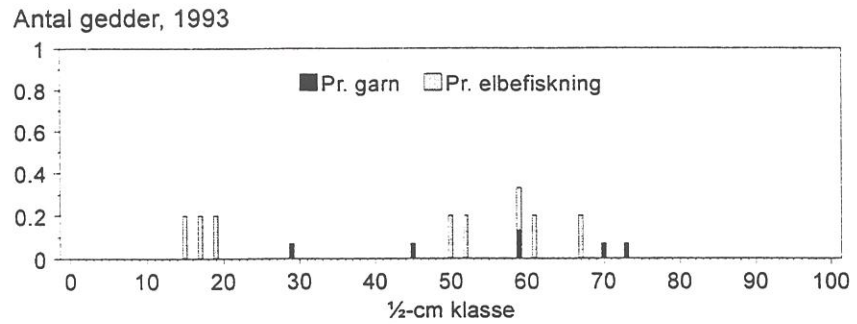
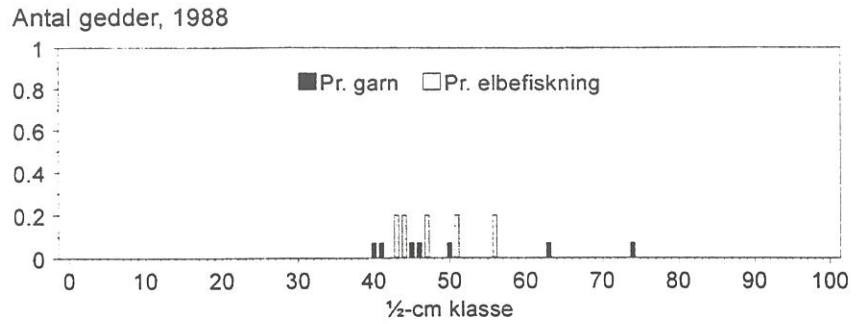
Fra 1993 til 1996 skete en væsentlig reduktion i biomassen af gedder. En del af årsagen til denne reduktion skyldtes givet en øget dødelighed blandt gedderne i forbindelse med bundgarnsfiskeriet i foråret 1996, men skallebestandens ændrede størrelsesstruktur fra 1993 til 1996 antyder, at geddebestanden allerede før bundgarnsfiskeriet blev indledt har været markant reduceret.

Siden 1996 er der årligt udsat geddeyngel i søen og geddebestanden er nu langt mere talrig end før indgrebet (fig.12).

Geddernes kondition var i efteråret 1998 generelt under middel, som det også var tilfældet i efteråret 1997 (fig.13). De største gedder havde dog generelt en bedre kondition end det var tilfældet året før.

Figur 12. *Kondition af gedde 1997 og -98.*





Figur 13. Størrelsesfordelingen af gedde i Borup Sø i perioden 1988-98.

3.5 Øvrige arter

Sandart. Bestanden har været konstant faldende i perioden 1988-96, fra en skønnet biomasse i 1988 på knap 300 kg til under 10 kg i 1996. Hverken i 1997 eller 1998 er der registreret sandart ved fiskeundersøgelserne og det er meget tvivlsomt, om der i dag er sandart tilbage i søen.

Regnløje. Den skønnede biomasse af regnløjer lå i perioden 1988-96 ret konstant omkring 50 kg, men har i 1997 og 1998 været betydeligt mindre. Årsagen til nedgangen er antageligt primært et øget prædationstryk som følge af dels den årlige udsætning af geddeyngel og dels stigningen i antallet af store aborrer.

Rudskalle. Bestanden af rudskaller er siden 1996 vokset lidt, men er med en skønnet biomasse under 50 kg stadig af mindre betydning i søen.

Suder. Biomassen af sudere er skønsmæssigt omkring 30-40 kg og dermed uændret i forhold til før indgrebet i fiskebestanden.

Ål. Den skønnede biomasse af ål har i 1997-98 været omkring 140-170 kg og dermed markant lavere end ved de første fiskeundersøgelser i 1988 og 1993. Største biomasse var i 1988, hvor bestandens samlede vægt blev skønnet til omkring 550 kg, men allerede i 1993 var biomassen skønsmæssigt faldet til lidt over 300 kg.

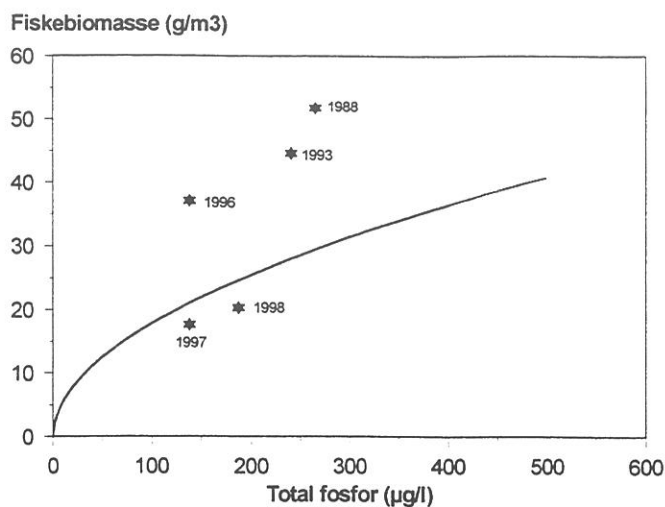
4. Vurdering af fiskefjernelsens effekt på fiskebestanden

Siden opfiskningen blev påbegyndt i 1996 er der i alt fjernet godt 5 ton skaller og brasener fra søen. I efteråret 1997 var brasenbestanden skønsmæssigt reduceret til omkring 400 kg mod en skønnet biomasse på knap 2,9 ton i 1993. Trods opfiskningen af yderligere 270 kg brasen i sommeren 1998 var den skønnede biomasse af brasen i efteråret 1998 imidlertid steget til knap 650 kg. På samme måde er den skønnede biomasse af skaller trods opfiskningen af knap et halvt ton i sommeren 1998 steget fra ca. 570 kg i efteråret 1997 til ca 780 kg i efteråret 1998. Samtidig viser fiskeundersøgelsen i 1998, at aborrebestanden ikke har udviklet sig i det seneste år.

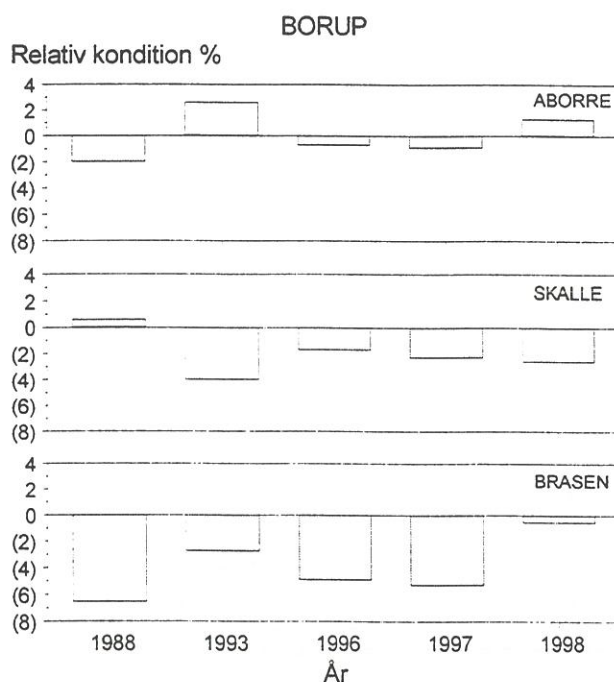
Som det fremgår af figur 14 var fiskebestandens tæthed i Borup Sø før opfiskningen meget betydelig sammenlignet med forholdene i andre danske søer med tilsvarende næringsniveauer. Bestanden var helt domineret af skaller og brasener og som følge af den store fisketæthed var fødekonkurrencen meget intensiv. Fiskene havde således generelt dårlige trivselsforhold, hvilket fremgår af figur 15, der viser den gennemsnitlige kondition for skaller, brasener og aborrer i forhold til middelkonditionen i en lang række andre danske søer.

Selvom opfiskningen har nedbragt fiskebestanden væsentligt var fiskebiomassen i 1997 og 1998 fortsat tæt på det forventede i forhold til søens næringsniveau. I kraft af et stort vækstpotentiale og især en vedvarende god rekruttering har skalle- og brasenbestanden i stor grad formået at kompensere for fiskeriet, og bestandene lider øjensynlig stadig af dårlige konditionsforhold. Selvom brasenernes kondition var væsentligt bedre i 1998 end i de foregående år skal niveauet ses i lyset af, at brasener i lighed med skaller og aborrer i andre biomanipulationssøer ofte opnår konditionsforbedringer på op mod 20-30 % bedre end normalt.

Figur 14. Empirisk sammenhæng mellem totalfosfor (sommergen-nemsnit) og fiskebestandens biomassetæthed i en række danske søer. Fiskebestandens beregnede biomasse i de respektive år i Borup Sø er vist med en stjerne.



Figur 15. Den relative kondition af aborrer, skaller og brasener i Borup Sø i forhold til middelkonditionen i en række danske søer.



Skønt søen udviser en række tegn på en mindsket fødekonekurrence om dyreplanktonet, vidner fiskenes vedvarende ringe trivsel om, at søens alternative fødeudbud i form af eksempelvis orme, snegle og andre smådyr er meget begrænset. Hvis dette er tilfældet skal bestanden antageligt reduceres mere radikalt, før en længerevarende positiv effekt på vandkvaliteten i søen vil kunne opnås. Så længe fiskene er fødebegrænsede vil det potentielle prædationstryk på både dyreplanktonet og bunddyrsfaunaen formodentligt være for højt til at kunne formidle det tilstandsskift i søen, som i sig selv er nødvendigt for at vende udviklingen i fiskebestanden.

En øget tilgængelighed af bunddyr vil ikke alene mindske de større fisks regulerende prædation på dyreplanktonet, men tillige være betingelsen for en vækst i aborrebestanden, som hidtil kun i begrænset omfang har reageret opfiskningen. Og en stor bestand af rovborrer er formodentligt en forudsætning for at hindre brasenernes og skallernes vedvarende gode rekruttering, hvor f.eks.

fangsten af karpeskeyngel ved yngelundersøgelsen foretaget i søen i 1998 placerede Borup Sø som absolut topscorer blandt 12 øvrige danske søer /1/. Det meget yngel søen øjensynlig fortsat producerer vil således ikke alene opretholde et relativt stort prædationstryk på dyreplanktonet men tillige bevirke en hurtig retablering af skalle- og brasenbestanden.

5. Vurdering af de foreløbige effekter af opfiskningen

I perioden 1996-97 skete der en forbedring af miljøtilstanden i søen sammenfaldende med reduktionen i fredfiskebestanden. Den gennemsnitlige sommersigtedybde steg således fra 0,54 m i 1995 til 0,71 m i 1996 og yderligere til 0,84 m i 1997. I samme periode faldt det gennemsnitlige fosforindhold i søvandet over sommeren fra 209 µg/l i 1995 til 138 µg/l i både 1996 og 1997.

Samtidig med at fredfiskebestanden atter voksede fra 1997 til 1998 kan der konstateres et mindre tilbageskridt i miljøtilstanden, idet sommermiddelsigtedybden i 1998 faldt til 0,67 m og det sommergennemsnitlige fosforniveau med 187 µg/l igen er steget lidt. Dyre- og planteplanktonprøver fra 1998 er endnu ikke oparbejdet, men faldet i sommersigtedybden og en stigning i det sommergennemsnitlige klorofylindhold fra 60 µg chl.a/l i 1997 til 78 µg chl.a/l i 1998 indikerer, at planteplanktonbiomassen igen er steget.

I overensstemmelse hermed antyder beregninger over ynglens konsumtion af dyreplankton i juli 1998, at prædationstrykket på dyreplanktonet dette år har været relativt højt /1/.

6. Fremtidig indsats

Erfaringerne fra den hidtidige opfiskning har vist, at et indgreb i fiskebestanden hurtigt påvirker miljøtilstanden i søen i en positiv retning. Det har som nævnt også vist sig, at genvæksten blandt de tilbageværende fisk forløber meget hurtigt således, at effekten af opfiskningen hidtil har været kortvarig. Samme erfaring er gjort i en række andre, lavvandede søer herhjemme, hvor genvæksten blandt de tilbageværende fredfisk ligeledes er forløbet meget hurtigt /1/. Det er samme sted angivet, at en længerevarende effekt antageligt dels kræver, at fredfiskebestanden nedfiskes inden for en relativ kort tidsperiode (1-2 år) og dels, at fredfiskebestandens biomasse reduceres ned til under 100 kg/ha.

I Borup Sø betød opfiskningen i 1996 af 1,7 ton, at fredfiskebiomassen blev reduceret til ca. 3 ton, svarende til ca. 285 kg/ha. Opfiskningen af yderligere 2,6 ton i 1997 reducerede fredfiskebestandens skønnede biomasse til godt 1 ton, svarende til 100 kg/ha men trods opfiskningen af 750 kg i sommeren 1998 var fredfiskebiomassen samme efterår omkring 1,5 ton eller knap 150 kg/ha. En reduktion i bestanden ned til 100 kg/ha har således ikke været nok i Borup Sø til at vende udviklingen i fiskebestanden. For at svække fødekurrencen tilstrækkeligt skal skalle- og brasenbestanden antageligt fiskes væsentligt ned under 100 kg/ha.

Fiskeriet kan med fordel udføres med vod, der tidligere har vist sig effektivt i søen. Trods den forholdsvist beskedne indsats på tre dages fiskeri i både 1997 og 1998 var effektiviteten overfor de fangbare skaller og brasener (> 7-8 cm) således i gennemsnit ca. 50 % for hver af arterne. Erfaringen fra det tidligere fiskeri viste desuden at fangsterne faldt sidst i perioden, antageligt fordi fiskene har søgt tilflugt i de mere lavvandede dele af søen. Det kan derfor anbefales at et eventuelt vodfiskeri forløber over flere perioder af eksempelvis 2-3 dages varighed.

Såfremt 2-3 dages vodfiskeri opnår samme effektivitet som tidligere vil bestandene kunne reduceres med 75 % ved to på hinanden følgende befiskninger. Eftersom kun en del af de aktuelle

skaller er fangbare vil skallerne skønsmæssigt blive reduceret til 300 kg, mens brasenerne reduceres til ca. 160 kg, svarende til en samlet tæthed på ca. 50 kg/ha. Med samme vækstrater som i de foregående år (0,5 for skallebestandens vedkommende og 0,6 for brasenbestandens vedkommende, hvor der er taget hensyn til opfiskningerne) vil bestandene næste sensommer have vokset til ca. 80 kg/ha. Regnes der med en lidt mindre effektivitet på eksempelvis 40 %, vil skalle- og brasenbestanden med de nævnte vækstrater derimod have en biomasse på ca. 100 kg/ha det efterfølgende år. For i tilstrækkelig grad at tage højde for genvæksten i bestanden kan det derfor anbefales at udføre mindst tre på hinanden følgende befiskninger á 2-3 dages varighed.

Referencer

- 1/ Fiskøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Borup Sø, juli 1998. - Notat til Roskilde Amt.
- 2/ Søndergaard, M. et al. (1998). Sørestaurering i Danmark. - Miljøstyrelsen, Miljønyt nr.28.

Resultater fra prøvfiskeriet i september 1998

Prøvfiskeriet blev udført som beskrevet i vejledningen for fiskeundersøgelser fra Danmarks Miljøundersøgelser. Søen blev således inddelt i 5 sektioner, der hver især blev befisket med 3 garn (program A i vejledningen) og elektrobefisket i bredzonen. Den totale fangst ved prøvfiskeriet er angivet i tabel 1. I alt blev der fanget 3295 fisk med en samlet vægt på 106 kg.

Tabel 1. Den samlede fangst i antal og vægt ved garn- og elektrofiskeri i Borup Sø 1998.

	Antal	Vægt (kg)
Skalle	1542	35,921
Aborre	998	19,195
Brasen	148	22,494
Regnløje	459	510
Rudskalle	77	4,233
Gedde	39	18,481
Suder	5	3,341
Ål	6	1,480
Brxsk	20	331
Spejlkarpe	1	419
Sum	3295	106,406

Beregnete CPUE-værdier for de enkelte arter fremgår af de følgende sider.

Beregnete CPUE-værdier for fiskebestanden i 1998 med tilhørende 95% konfidensgrænser samt de gennemsnitlige garnfangster i littoralzonen og på det åbne vand.

Tabel 2a. Beregnede CPUE-værdier i antal for fisk < 10 cm ved garn- og elfiskeriet i Borup Sø 1998 med angivelse af 95% konfidensgrænser samt den gennemsnitlige fangst i littoralzonen (G-lit) og på det åbne vand (G-pel).

Antal < 10 cm	Garn	Min.	Max.	El	Min.	Max.	G-Lit	G-Pel
SKALLE	62.7	17.1	229.2	22.6	2.9	179.1	57.0	74.0
ABORRE	13.5	10.7	17.0	66.4	30.7	143.8	16.7	7.2
BRASEN	2.9	0.8	10.6	0.0	0.0	0.0	2.5	3.6
REGNLØJE	16.2	2.1	122.4	43.2	2.5	754.4	9.8	29.0
RUDSKALLE	0.6	0.3	1.2	5.0	0.9	27.8	0.8	0.2
GEDDE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUDER	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.3	0.0	0.0
ÅL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BRXSK	1.1	0.6	1.8	0.0	0.0	0.0	0.7	1.8
SPEJLKARPE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUM	96.9	32.9	285.5	137.4	54.4	347.1	87.5	115.8

Tabel 2b. Beregnede CPUE-værdier i antal for fisk > 10 cm ved garn- og elfiskeriet i Borup Sø 1998 med angivelse af 95% konfidensgrænser samt den gennemsnitlige fangst i littoralzonen (G-lit) og på det åbne vand (G-pel).

Antal > 10 cm	Garn	Min.	Max.	El	Min.	Max.	G-Lit	G-Pel
SKALLE	26.9	18.5	39.2	17.0	3.2	91.5	21.9	37.0
ABORRE	14.4	9.4	22.1	49.4	14.2	171.6	16.3	10.6
BRASEN	6.9	2.1	23.3	0.2	0.1	0.3	7.3	6.2
REGNLØJE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RUDSKALLE	1.6	0.7	3.8	3.8	1.0	14.9	2.1	0.6
GEDDE	0.6	0.4	0.9	6.0	2.7	13.5	0.9	0.0
SUDER	0.1	0.1	0.1	0.6	0.3	1.1	0.1	0.0
ÅL	0.0	0.0	0.0	1.2	0.5	2.7	0.0	0.0
BRXSK	0.3	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2
SPEJLKARPE	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.3	0.0	0.0
SUM	50.8	32.0	80.7	78.4	20.9	294.2	48.9	54.6

Tabel 2c. Beregnede CPUE-værdier i vægt for fisk < 10 cm ved garn- og elfiskeriet i Borup Sø 1998 med angivelse af 95% konfidensgrænser samt den gennemsnitlige fangst i littoralzonen (G-lit) og på det åbne vand (G-pel).

Vægt < 10 cm (g)	Garn	Min.	Max.	El	Min.	Max.	G-Lit	G-Pel
SKALLE	549	147	2050	216	9	5141	510	626
ABORRE	55	42	70	324	163	644	66	31
BRASEN	5	1	22	0	0	0	5	5
REGLØJE	31	3	273	10	1	69	19	54
RUDSKALLE	7	1	42	47	2	997	9	2
GEDDE	0	0	0	0	0	0	0	0
SUDER	0	0	0	2	1	8	0	0
ÅL	0	0	0	0	0	0	0	0
BRXSK	12	2	59	0	0	0	8	21
SPEJLKARPE	0	0	0	0	0	0	0	0
SUM	657	206	2093	599	266	1348	617	738

Tabel 2d. Beregnede CPUE-værdier i vægt for fisk > 10 cm ved garn- og elfiskeriet i Borup Sø 1998 med angivelse af 95% konfidensgrænser samt den gennemsnitlige fangst i littoralzonen (G-lit) og på det åbne vand (G-pel).

Vægt > 10 cm (g)	Garn	Min.	Max.	El	Min.	Max.	G-Lit	G-Pel
SKALLE	1508	1045	2178	797	118	5364	1252	2022
ABORRE	587	376	918	1589	524	4820	678	407
BRASEN	1483	95	23103	36	2	653	1520	1410
REGLØJE	0	0	0	0	0	0	0	0
RUDSKALLE	112	7	1724	444	5	38614	144	49
GEDDE	363	12	10756	2606	121	55959	545	0
SUDER	111	3	3703	334	3	32267	166	0
ÅL	0	0	0	296	5	17369	0	0
BRXSK	10	1	83	0	0	0	13	4
SPEJLKARPE	0	0	0	84	3	2397	0	0
SUM	4175	2380	7324	6186	1172	32660	4317	3892

Tabel 3. Skønnede biomasser for de enkelte arter i perioden 1988-98.

	1988			1993			1996			1997			1998		
	< 10 cm	> 10 cm	I alt	< 10 cm	> 10 cm	I alt	< 10 cm	> 10 cm	I alt	< 10 cm	> 10 cm	I alt	< 10 cm	> 10 cm	I alt
Brasen	38	2.541	2.579	41	2.846	2.888	51	1.681	1.732	17	384	400	4	640	644
Skalle	603	523	1.126	265	380	645	615	568	1.183	85	486	571	306	478	784
Aborre	244	71	315	54	28	82	281	133	413	99	231	330	25	160	185
Regnløje	47	0	47	55	0	55	48	0	48	13	0	13	28	0	28
Sandart	0	288	288	0	93	93	0	8	8	0	0	0	0	0	0
Gedde	0	243	243	0	305	305	0	41	41	0	175	175	0	104	104
Rudskalle	2	6	8	1	5	5	1	9	9	2	27	29	4	37	41
Suder	0	33	33	0	41	41	0	0	0	0	39	39	0	32	32
BxS	0	3	3	1	3	4	1	21	21	0	1	1	11	3	14
AI	0	556	556	0	327	327	0	0	0	0	171	171	0	141	141
SUM	934	4.263	5.197	418	4.028	4.446	996	2.459	3.455	216	1.514	1.730	378	1.594	1.972

Bilag 13

- Borup sø

oversigt over udførte undersøgelser i Borup Sø i overvågningsperioden 1989-98.

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Vandkemi i sø	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vandkemi i tilløb	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vandkemi i afløb	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Planteplankton	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Dyreplankton	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fiskeundersøgelse*					x			x	x	x
Bundfauna og littoralfauna	x	x	x	x	x	x	x		x	
Sediment		x							x	
Miljøfremmede stoffer										x
Fiskeyngelundersøgelse										x

Fiskeundersøgelse efter det standardiserede program gennemført 1. gang i 1988. Fiskeundersøgelsen i 1996, 1997 og 1998 er udført efter et reduceret normalprogram i forbindelse med biomanipulationsprojekt.

Oversigt over udførte undersøgelser i Borup Sø før 1989.

1973: Vandkemi (1 vandprøve udtaget 11. september)

1980: Vandkemi (1 vandprøve udtaget 16. juni)

Bundfauna

Floraliste (planter langs bredden)

1983: Vandkemi i tilløb og afløb (x 12) samt sø (x 11); stofbalanceberegning

Bundfauna

Planteplankton

Floraliste (planter langs bredden)

Fugle

1988: Vandkemi i tilløb og afløb (x 16) samt sø (x 13); stofbalanceberegning

Fiskeundersøgelse (standardiseret program)

Undersøgelserne i perioden 1973-83 er rapporteret i "Forundersøgelser af de mindre søer i Roskilde Amtskommune" (Roskilde Amt, 1984). Undersøgelserne i 1988 (samt 1983) er rapporteret i Overvågningsrapporterne vedrørende Borup Sø.

Roskilde Amt . Køgevej 80 . 4000 Roskilde . Tlf. 46 32 32 32